

# Monte Carlo Simülasyonu ve Zaman Serisi Yöntemlerine Göre Bir Üretim Firmasında Tahminleme

*Forecasting In a Manufacturing Company According to Monte Carlo Simulation and Time Series Methods*

Fevzi Diker<sup>a</sup> , Emre Aslan<sup>b</sup> 

<sup>a</sup> PhD Candidate, Department of Business Administration, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey  
fezvidiker@hitit.edu.tr (Corresponding Author)

<sup>b</sup> Department of Business Administration, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

## Özet

Gelecekte ne olacağını tahmin etmek, özellikle rekabetin yoğun olduğu işletmeler için stratejik olarak önemlidir. Ancak tahminleme yapmak oldukça belirsiz ve karmaşık bir süreçtir. İşletmeler tarafından verilen tüm iş kararlarının ileriye dönük tahminlere bağlı olduğu söylenebilir. Bu nedenle gelecekte belirsiz durumlar için sağlıklı bir değerlendirme veya tahmin yapılmasının verilecek kararların güvenilirliği açısından önemlidir. İşletmeler harcamalarını nasıl planlayacaklarını ve üretim süreçlerini nasıl yöneteceklerini belirlemek için tahmin yöntemlerini kullanmaktadırlar. Kullanılan tahminleme yöntemlerinin doğru olması gerekir. Sağlıklı tahminlerde bulunmak ise ancak bilimsel çalışmalar ışığında mümkün olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı Çorum Organize Sanayinde faaliyet gösteren değirmen makinaları üretimi yapan bir işletmenin aspiratör üretim miktarını tahminleme yapmak ve kullanılan yöntemlerden hangisinin daha yakın sonuç verdiğini görmektir. Bunun için; Monte Carlo Simülasyonu, hareketli ortalama, ağırlıklı hareketli ortalama, üstel düzeltme ve trend analizi yöntemlerine göre analiz yapılmıştır. Ayrıca tahmin hatalarını ölçmek amacıyla MAD, MSE, MAPE ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak en uygun tahmin yönteminin trend analizi olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tahminleme, Monte Carlo Simülasyonu, Regresyon, Aspiratör, Üretim

## Abstract

Forecasting what will happen in the future is strategically important, especially for businesses with intense competition. However, forecasting is a rather uncertain and complex process. It can be said that all business decisions made by businesses depend on forward-looking forecasts. For this reason, it is important to make a healthy assessment or prediction for uncertain situations in the future for the reliability of the decisions to be made. Businesses use forecasting methods to determine how they will plan their expenditures and manage their production processes. The estimation methods used must be accurate. Making healthy forecast is only possible in the light of scientific studies. The aim of this study is to forecast the aspirator production amount of an enterprise that produces milling machines operating in Çorum Organized Industry and to see which of the methods used gives the closest results. For this; Analysis was carried out according to Monte Carlo Simulation, moving average, weighted moving average, exponential smoothing and trend analysis methods. In addition, MAD, MSE, MAPE and RMSE values were calculated to measure the estimation errors. As a result, it has been determined that the most appropriate estimation method is trend analysis.

**Keywords:** Forecasting, Monte Carlo Simulation, Regression, Aspirator, Production

## Acknowledgments

Bu çalışmanın verileri Fevzi Diker tarafından Doç. Dr. Emre Aslan'ın danışmanlığında, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde hazırlanan tamamlanmamış doktora tezinden elde edilmiştir.

**For Citation:** Diker, F. & Aslan, E. (2022). Monte Carlo Simülasyonu ve Zaman Serisi Yöntemlerine Göre Bir Üretim Firmasında Tahminleme. *Journal of Academic Value Studies*, 8(1), 26-36. <http://dx.doi.org/10.29228/javs.57398>

Received: 26.01.2022

Accepted: 17.03.2022

This article was checked by [intihal.net](http://intihal.net)



## 1. Giriş

Tahmin; akla, mantığa, sezgilere ve bazı verilere dayanarak gelecekte olabilecek durumları önceden öngörebilmektir (Tüzemen ve Yıldız; 2021: 1). Tahmin geçmiş zaman dilimlerinde meydana gelmiş olan durumların analiz edilmesiyle birlikte gelecekte meydana gelebilmesi muhtemel sonuçlarının öngörülmesi amacıyla hesaplanan bir süreç olarak ifade edilebilir (Ergün ve Şahin, 2017 : 471). İşletmeler, bütçelerini nasıl tahsis edeceklerini veya gelecek bir dönem için yapması gereken harcamalarını nasıl planlayacaklarını belirlemek için tahminden yararlanmaktadır. Özellikle stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlar almak için uzun, orta ve kısa vadeli tahminler kullanılmaktadır. Bu projeksiyonların işletmeler için doğru olması çok önemlidir ve sağlıklı tahmin yapılabilmesi bilimsel çalışmalar ışığında ancak mümkün olabilmektedir.

Tahminleme, üretim yönetiminde her zaman önemli bir konu olmuştur. Envanter yönetimi, ürün geliştirme, üretim ve tedarik zinciri planlaması gibi birçok karar verme sürecini etkin bir şekilde yönetebilmek için doğru tahminler yapmak gerekmektedir. Ancak günümüzde talep daha değişken ve belirsiz hale gelmiştir. Bu tür belirsiz talebi yönetmek, bazı endüstriyel sektörler için önemli sorunlar doğurmuştur (Kalchschmidt vd; 2006: 620).

Karar sürecinde kullanılan tahmin yöntemleri nitel ve nicel olarak sınıflandırılır. Karar vericiler öncelikle tahmin edilecek problemin yapısına en uygun tahmin yöntemini belirlemelidir. Ayrıca tahminin kapsadığı zaman aralığı, tahmin için gerekli bilgi kaynakları, tahmin sürecinde kullanılan kaynakların maliyeti ve olası hata payı da dikkate alınmalıdır.

Üretim yönetiminde talep tahmini, üretim planlamasının hazırlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Sosyal ve Ömürgönülşen; 2010:130). Talebinin tahmin edilmesi, ne kadar hammadde, işgücü ve diğer üretim faktörleri kullanılarak yapılacağına planlanması ve bulundurulması gereken stok düzeyinin belirlenmesi noktasında stratejik ve taktiksel kararlara rehberlik etmektedir.

Tahminlemenin, karar vericilerin geleceğe yönelik planlar yapmasına yardımcı olmak ve gelecekte karşılaşılabilecek sorunlara hazırlıklı olunmasını sağlamak gibi iki temel amacı olduğu söylenebilir. Tahminleme, amacın belirlenmesi, tahmin süresinin belirlenmesi, verilerin toplanması, bir tahmin yönteminin belirlenmesi ve belirlenen bu yöntemin uygulanması, gibi aşamalardan geçmektedir.

Bu çalışmada Çorum İlinde faaliyet gösteren un ve yem fabrikaları için pnömötik taşıma sistemleri üretimi yapan bir imalat işletmesinin gerçekleşmiş aspiratör üretim verileri baz alınarak gelecek yıllar için gerçekleşebilecek talebi Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ve zaman serisi yöntemleri kullanarak tahmin etmek amaçlanmaktadır. Söz konusu yöntemlere göre elde edilen tahminler MAD, MSE, MAPE ve RMSE yöntemlerine göre analiz edilmiş ve en uygun tahmin yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo Simülasyonu, sonuçları hesaplamak için tekrarlanan rastgele örnekleme ve istatistiksel analize dayanan bir simülasyon türüdür (Raychaudhuri, 2008:91). Monte Carlo Simülasyonu, araştırmacıların nicel analiz yapmalarına olanak sağlayan ve karar verme noktasında riskleri hesaba katmalarına imkan sunan bilgisayarlı bir matematiksel tekniktir. Bu teknik kullanılarak üretim, finans, enerji, proje yönetimi, mühendislik, araştırma-geliştirme, petrol, sigorta, ulaşım ve çevre gibi birbirinden oldukça farklı pek çok alanda çalışma yapılabilmektedir. Monte Carlo simülasyonu, karar vericinin bir dizi olası sonucu ve herhangi bir eylem seçimi noktasında ortaya çıkacak olasılıkları görmesini sağlar.

Monte Carlo Simülasyonu ilk olarak atom bombası üzerinde çalışan bilim adamları tarafından kullanılmıştır (Kochanski, 2005: 1). İsmi kumarhaneleriyle ünlü Monako tatil beldesi Monte Carlo'dan almıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndaki tanıtımından bu yana, Monte Carlo Simülasyonu çeşitli fiziksel ve kavramsal sistemleri modellemek için kullanılmıştır (Balogh vd.; 2013: 33-34).

Monte Carlo Simülasyonu, en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan simülasyon yöntemlerinden birisidir (Sağlamcı, 2021:359). Monte Carlo Simülasyonu, doğası gereği belirsizliğe sahip herhangi bir faktör için bir dizi değeri ikame ederek olası sonuçların modellerini oluşturarak risk analizi gerçekleştirir. Olasılık işlevlerinden farklı bir rastgele değer kümesi kullanarak sonuçları tekrar tekrar hesaplar. Belirsizliklerin sayısına ve onlar için belirtilen aralıklara bağlı

olarak, bir Monte Carlo Simülasyonu tamamlanmadan önce binlerce veya on binlerce yeniden hesaplama içerebilir (Türküm,2018: 67-68)

Monte Carlo Simülasyonu, doğası gereği belirsizliğe sahip herhangi bir faktör için bir dizi değeri bir olasılık dağılımı içerisinde ikame ederek olası sonuçların modellerini oluşturarak risk analizi gerçekleştirir. Daha sonra, her seferinde olasılık işlevlerinden farklı bir rastgele değer kümesi kullanarak sonuçları tekrar tekrar hesaplar. Belirsizliklerin sayısına ve onlar için belirtilen aralıklara bağlı olarak binlerce veya on binlerce yeniden hesaplama içerebilir.

Monte Carlo simülasyonu analitik olarak zor olan ve deney yapmanın çok zaman alıcı ve maliyetli olduğu veya pratik olmadığı problemler için çok kullanılan bir bilimsel araçtır (Harrison, 2010: 17-18). Araştırmacılar karmaşık sistemleri keşfeder, deneylerde saklı olan nicelikleri inceler ve deneyleri kolayca tekrarlar veya değiştirir. Monte Carlo Simülasyonun bazı dezavantajları da vardır. Bu dezavantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Çok büyük bilgi işlem kaynakları gerektirebilir;
- Kesin çözümler sunmaz;
- Sonuçlar yalnızca kullanılan model ve girdiler kadar iyidir
- Simülasyon için kullanılan yazılım hatalı sonuç verebilir

### 3. Zaman Serisi

Bir olayla alakalı değerlerinin kronolojik olarak alt alta sıralanmasıyla elde edilen diziye zaman serisi denir. Zaman serilerinin, bir olayın geçmişte nasıl bir eğilim gösterdiğini belirlemek için yapılan araştırma ve analizlerin temeli olduğu söylenebilir (Meydan, 2007:26) . Herhangi bir zaman serisi, genellikle yıl, ay, gün vb. şekilde eşit aralıklarla alınan gözlemlerden oluşur. Seride yer alan değerler gözlemler rastgele gözlemler değil, belirli zamanlarda sistematik olarak elde edilen verilerdir. Serilerde görülebilen çeşitli dalgalanmalar olduğu dönemlerde zaman serisi verilerini çeşitli unsurlara bölmek gerekebilir. Bu ayırma işleminin gerçekleştirilmesi, analizin beklenen farklı amaçlara ulaşılmasına katkıda bulunabilir.

Zaman serisi analizinde, belirli bir veri seyri elde etmek için tahmin edilecek değışkene ilişkin geçmiş veriler analiz edilir (Özdemir ve Özdemir; 2006:106). Bu nedenle tahmin, sadece bu amaçla tarihsel verilerin analizine ve yapılacak tahminlerde kullanılmasına dayanmaktadır. Bu özelliğinden dolayı zaman serisi analizi değışmeyen koşullar altında daha etkilidir. Zaman serisi analizinde kullanılan yöntemler; ortalama alma yöntemleri, üstel düzeltme yöntemleri ve en küçük kareler yöntemleri olarak sınıflandırılabilir.

Zaman serileri, üretim, mühendislik, sağlık, ekonomi, finans, eğitim... gibi birçok farklı alanda bilimsel ve farklı amaçlarla toplanmakta ve kullanılmaktadır. Özellikle istatistiksel ve ekonometrik çalışmalarda zaman serilerine yoğun bir ihtiyaç vardır.

### 4. Literatür

Literatürde Monte Carlo Simülasyonu Zaman Serisi Yöntemleri kullanılarak yapılmış çok sayıda tahminleme çalışması yer almaktadır.

Öztürk ve Özbek (2004) Monte Carlo Simülasyonu'nu rastgele sayıların kullanımıyla yapılan çözümler olarak tanımlamaktadır. Donatelli ve Konrath'a (2005) göre Monte Carlo simülasyonu, rastgele istatistiksel örneklemede etkinliği yüksek bir teknik olduğu için öngörülemeyen bilgi kaynaklarının olduğu durumlarda analitik bir çözüme imkan tanıyabilen matematiksel sistemlerdedir. Taha (2007) Simülasyonun uygulamaları genel olarak Monte Carlo Simülasyonundaki örnekleme düşüncesine dayanmaktadır. Aktan, (2007) yaptığı çalışmada, Monte Carlo Simülasyonun ihtimal dağılımları ile modellenebileceğini ifade etmiştir.

Öztürk 2004, iplik fabrikasındaki makineleri gözlemleyerek topladığı veriler ışığında Monte Carlo Simulasyon modeli ile işletmenin hangi durum ve şartlarda en yüksek verimliliğe ulaşabileceğini tahmin etmeye çalışmıştır. Demirdöğen (1998), Monte Carlo Simülasyon uygulamalarında dikkat edilmesi gerektiğini özellikle mevsimsel dalgalanmalar gösteren verilerde dönem dönem uygun olmayan sonuçlar verebileceğini ifade etmiştir.

Özdemir ve Özdemir (2006) yaptıkları analizler sonucunda zaman serisi analizi ile bulunan modelin tahminlerinde anlamlı sonuçlar vermediğini ve çoklu regresyon analizinin daha doğru sonuçlar verdiğini ifade etmiştir. Calp (2019) günlük yemek çıkararak bir işletmenin yemekhane veritabanından elde ettiği 2 yıllık veriyi kullanarak

geliştirilen modelin performansını Regresyon, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ve Ortalama Karesel Hata dikkate alınarak belirlemiştir.

Sosyal ve Ömürgönülşen (2007) çalışmasında 2000 ile 2007 yılları arasında turizm işletme belgesine sahip tesislerde konaklayan yerli ve yabancı olmak üzere toplam turist sayısını kullanarak 2008 yılında Türkiye'deki işletme belgeli tesislere gelen turist sayısına ilişkin altı aylık tahminde bulunmuştur. Söz konusu çalışmada zaman serisi yöntemlerinden Hareketli Ortalama, Basit Üstel Düzleştirme, Holt ve Winter yöntemleri karşılaştırılmış ve yapılan değerlendirme sonucunda Holt Winter yönteminin, mevsimselliği ve trendi ele alıyor olması sebebiyle daha iyi performans gösterdiğini tespit edilmişlerdir.

Garcia, Lustosa ve Barros (2010), sanayi şirketlerinin üretim maliyetlerini tahmin etmek Monte Carlo Simülasyonunu ve Regresyon Yöntemlerini karşılaştırmalı olarak uygulamışlardır. Mendes, Silva ve Kawamoto Júnior (2016), insan davranışının neden olduğu kapasite değişkenliğini analiz etmek için Monte Carlo simülasyonunu kullanmıştır.

Fabianova, Janekova ve Michalik (2018), kurumsal performans tahmininin geliştirilmesi ve analizinde Monte Carlo simülasyonlarının uygulamasını kullandığı çalışmada simülasyon sonuçlarının analizi, tahminin güvenilirliğinin ne olduğuna ve temel risk faktörlerinin neler olduğuna işaret etmiştir. Fabianova, Kacmary ve Janekova (2019) bilgisayar simülasyonları ve optimizasyon kullanılarak yapılan planlamanın toplam maliyetlerin düşmesine yol açtığını göstermektedir.

Karahan ve Ütkür (2015) döküm sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmenin geçmiş yıllardaki arıza verileri kullanılarak, gelecekte ortaya çıkabileceği öngörülen arızaları tahmin edilmeye çalışılmışlar ve yaptıkları değerlendirmeler sonucunda, daha önce 920 dakika olarak gerçekleşen toplam arıza süresinin gelecek 392 gün için 840 dakika olacağını tahmin edilmişlerdir.

Can ve Gersil (2018) Zaman Serisi ve Yapay Sinir Ağı teknikleri kullanılarak 2017 yılına ait pamuk fiyatların değer tahminleri yapmıştır. Yapılan tahminler MAE, MAPE ve RMSE değerleri üzerinden karşılaştırılarak hangi tekniğin daha başarılı tahmin performansı gösterdiğine karar verilmiştir.

Yıldırım ve İnel (2018) çalışma verilerini elde ettiği işletmede yöneticilerle gerçekleştikleri görüşmeler sonucunda hatalı kumaş miktarına ait veriler toplanmışlar ve toplanan bu verilerle kusur israfının işletmeye olan olumsuz etkilerini ve geleceğe yönelik değişimi planlayabilmesi için Monte Carlo simülasyonu uygulanmışlardır. Sonuç olarak Operasyonel mükemmellik için yalın üretim, altı sigma, yalın altı sigma tekniklerinden yararlanarak sürecin iyileştirilmesi ve israf miktarının minimum seviyeye indirilmesi planlanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

## 5. Materyal Metod

Bu çalışmada Çorum Organize Sanayinde faaliyet gösteren değirmen makinaları üretimi yapan bir fabrikanın aspiratör talebi tahmin edilmiştir. Kullanılan tahmin yöntemleri Monte Carlo Simülasyonu ve Zaman Serisi Yöntemlerinden; Hareketli Ortalama Yöntemi, Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi, Üstel Düzeltme Yöntemi ve En Küçük Kareler Yöntemine göre yapılmış Trend Analizi olmuştur. Bu tahminlemeler için söz konusu işletmenin 2019 ve 2020 Aspiratör talep miktarları kullanılmıştır.

Monte Carlo Simülasyonun genel olarak adımlarını şekilde özetlemek mümkündür (Heizer ve Render; 2017:784)

- Olasılık dağılımını belirleyin
- Kümülatif olasılık dağılımını belirleyin
- Her bir değişken için rassal sayı aralığı belirleyin
- Olasılık dağılımıyla ilişkilendirmek için rasgele sayı aralıklarını tanımlayın
- Rastgele sayı üretin
- Bir dizi denemeyi simüle edin
- Sonuçları yorumlayın

Hareketli Ortalama Yöntemi; yaygın olarak kullanılan bir tahmin tekniğidir. Hareketli ortalama yöntemi, uzak geçmişten ziyade yakın zamana vurgu yapar ve buna dayanarak, yalnızca bir dönem için satışları tahmin eder. Örneğin

geçmiş dönem verilerinin üç, dört veya beş tanesi alınır ve bunlara en yakın dönem eklenir. Daha sonra bu verilerin ortalaması bir sonraki dönem için satış tutarı olarak kabul edilir (Çekerol, 2013: 121).

#### Formül 1. Hareketli Ortalama Talep Tahmini

$$\text{Hareketli Ortalama} = \frac{\text{Önceki } n \text{ Periyodunda Bulunan } \Sigma \text{ Talep}}{n}$$

Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi; Hareketli ortalama yönteminin bazı dezavantajları, ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılarak giderilebilir. Bu yöntemde en yakın veriye en büyük ağırlık verilir. (Heizer ve Render, 2017: 111).

#### Formül 2. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Talep Tahmini

$$\text{Ağırlıklı Hareketli Ortalama} = \frac{\Sigma((n \text{ Döneminin Ağırlığı})/(n \text{ Dönemindeki Talep}))}{\Sigma(\text{Ağırlıklar})}$$

Üstel Düzeltme Yönteminin kullanılmasındaki temel fikir, talepteki rastgele dalgalanmaların etkilerini ortadan kaldırmak ve genel eğilime uygun bir tahminde bulunmaktır( Çekerol, 2013: 124). Bu yöntemin en önemli özelliği serideki trendin davranışlarını takip ederek tahmin yapmasıdır (Tüzemen,2020:369)

#### Formül 3. Üstel Düzeltme Yöntemi Talep Tahmini

$$\text{Yeni Tahmin} = \text{Son dönemin tahmini} + \alpha (\text{Son Dönemin Gerçek Talebi} - \text{Son Dönemin Tahmini})$$

( $\alpha$  tahminci tarafından seçilen 0 ile 1 arasında ağırlık ya da düzeltme sabitidir.)

Trend Analizi; genel zaman serisi verilerini trend modeline uyarlar ve tahmin sağlar. Bu yöntem, seride mevsimlik bir bileşen olmadığında kullanılır. Trend analizi için iki tür vardır; doğrusal eğilim ve doğrusal olmayan eğilim analizi.

Doğrusal trend, zaman serisi veri grafiğindeki birkaç zaman serisi değerinde düz bir çizgi olarak tanımlanan bir işlevdir. Doğrusal eğilim, içinde verilen şekilde ortak bir formüle sahiptir (Tirkes vd. 2017: 504). Trend analizi yapmak için en sık kullanılan yöntem, karekök hata ortalamasını en aza indirmek suretiyle eğilim denkleminin (a ve b) katsayı değerlerini bulan en küçük kareler yöntemidir.

#### Formül 4. Trend Analizi Yöntemi Talep Tahmini

$$b = \frac{n \Sigma YtTt - \Sigma Yt \Sigma Tt}{n \Sigma Yt^2 - \Sigma (Yt)^2}$$

$$a = \bar{Yt} - b\bar{Tt}$$

$$Tt = a + bYt$$

Tt= t döneminin eğilim değeri

a= baz periyodundaki eğilim değerinin sabiti

b= eğilim çizgisi yönünün birim katsayısı

Yt= bağımsız değişken.

Yapılan tahminleme sonuçları hata ölçüm kriterleri temel alınarak değerlendirilmektedir (Tüzemen ve Yıldız; 2017:12). Bu nedenle elde edilen değerler MAD, MSE, MAPE ve RMSE hata ölçüm yöntemlerine göre değerlendirilmiştir.

Ortalama mutlak hata yani MAD gerçekleşen değerlerden tahmin edilen değerlerin çıkartılarak elde edilen hatalarının tek tek mutlak değerlerinin toplanıp dönem sayısına bölünmek suretiyle elde edilir (Makridakis vd, 1998: 31).

**Formül 5. MAD (Ortalama Mutlak Hata)**

$$MAD = \frac{\sum |Gerçekleşen - Tahmin|}{n}$$

Ortalama kareler hatası yani MSE ise tahmin hatalarının karelerinin toplanarak elde edilen değer n yani dönem sayısına bölünmesiyle bulunur (Heizer ve Render, 2017: 115).

**Formül 6. MSE (Ortalama Kareler Hatası)**

$$MSE = \frac{\sum (Gerçekleşen - Tahmin)^2}{n}$$

Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), gerçek değer yüzdesi olarak ifade edilir. Tahmin ile gerçek değer farkının mutlak değerinin hesaplanmasına dayanmaktadır (Makridakis vd, 1998: 31).

**Formül 7. MAPE (Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi)**

$$MAPE = \frac{\sum |Gerçekleşen - Tahmin| / Gerçekleşen}{n}$$

Ortalama hata kerelerinin karekökü RMSE tahmin hatalarının tek tek karelerinin toplanıp dönem sayısına bölünüp kare kökünün alınmasıyla bulunan tahmin hatalarını ölçmede kullanılan yöntemlerden birisidir (Shcherbakov vd, 2013: 172)

**Formül 8. RMSE (Ortalama Hata Karelerinin Karekökü)**

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Gerçekleşen - Tahmin)^2}{n}}$$

**6. Araştırma Bulguları**

Bu çalışmada Çorum Organize Sanayinde faaliyet gösteren değirmen makinaları üretimi yapan bir fabrikanın 2019 yılı ve 2020 yılı aspiratör satış verileri kullanılmıştır. Bu veriler Tablo1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1. İşletmenin 2019-2020 Yılları Aspiratör Satış Adetleri**

|                   | OCAK | ŞUBAT | MART | NİSAN | MAYIS | HAZİRAN | TEMMUZ | AĞUSTOS | EYLÜL | EKİM | KASIM | ARALIK |
|-------------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| 2019 ÜRETİM ADEDİ | 21   | 27    | 30   | 26    | 31    | 32      | 42     | 29      | 40    | 34   | 30    | 25     |
| 2020 ÜRETİM ADEDİ | 33   | 33    | 37   | 32    | 36    | 40      | 52     | 35      | 48    | 40   | 35    | 25     |

Monte Carlo Simülasyonu yapılarak ulaşılan tahminleme sürecinin birinci adımı olarak olasılık dağılımı geçmiş iki yılın satış rakamları üzerinden belirlenmiştir. Daha sonra üretim adetlerinin frekans yüzdesi belirlenmiştir. Değişkenlerin her bir olası çıktısını belirlemek için her ay için gözlenen değerler, 2 yılın toplam ay sayısı olan 24'e bölünmüştür. İkinci adımda ise her bir değişken için kümülatif olasılık dağılımı belirlenmektedir. Elde edilen frekans değerleri bir önceki kümülatif frekans değerine eklenerek bulunmaktadır. Üçüncü adımda ise rassal sayıların değer aralığı belirlenmiştir. Elde edilen veriler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Değer Aralığı Tablosu

| Aspiratör Talebi | Frekans | Olasılık | Kümülatif Olasılık | DEĞER ARALIĞI |
|------------------|---------|----------|--------------------|---------------|
| 21               | 1       | 0,042    | 0,042              | 0-4           |
| 25               | 2       | 0,083    | 0,125              | 5-13          |
| 26               | 1       | 0,042    | 0,167              | 14-17         |
| 27               | 1       | 0,042    | 0,208              | 18-21         |
| 29               | 1       | 0,042    | 0,250              | 22-25         |
| 30               | 2       | 0,083    | 0,333              | 26-33         |
| 31               | 1       | 0,042    | 0,375              | 34-38         |
| 32               | 2       | 0,083    | 0,458              | 39-46         |
| 33               | 2       | 0,083    | 0,542              | 47-54         |
| 34               | 1       | 0,042    | 0,583              | 55-58         |
| 35               | 2       | 0,083    | 0,667              | 59-67         |
| 36               | 1       | 0,042    | 0,708              | 68-71         |
| 37               | 1       | 0,042    | 0,750              | 72-75         |
| 40               | 3       | 0,125    | 0,875              | 76-88         |
| 42               | 1       | 0,042    | 0,917              | 89-92         |
| 48               | 1       | 0,042    | 0,958              | 93-96         |
| 52               | 1       | 0,042    | 1,000              | 97-100        |
| Toplam           | 24      | 100,0%   |                    |               |

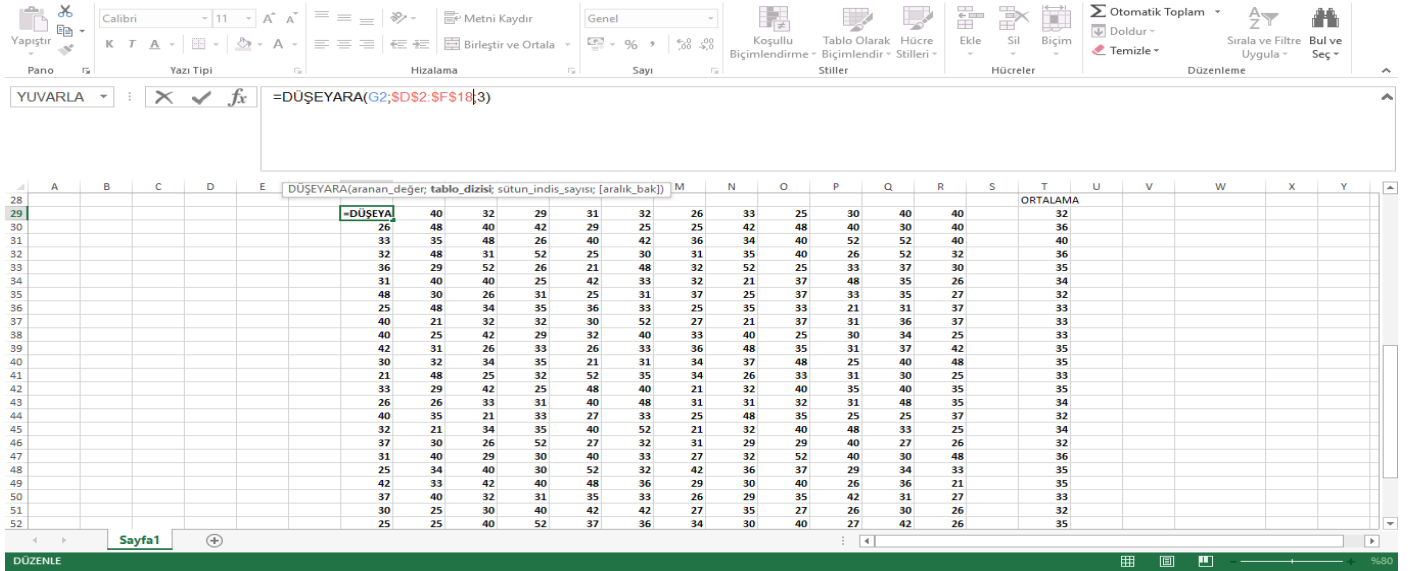
Çalışmanın üçüncü adımında rassal sayılar üretilmiştir. Rassal sayı üretme işlemi Microsoft Excel Programından faydalanılarak elde edilmiştir. Excel Uygulamasında “=S\_SAYI\_ÜRET()” formülü kullanılarak rassal sayılar elde edilmiştir. 24 Aylık zaman dilimi gösterilerek her bir ay için 12 adet rassal sayı elde edilmiştir. Elde edilen sayılar Resim 1’de gösterilmektedir.

Resim 1. Rassal Sayı Üretimi

| ÜRETİM | FREKANS | YÜZDE  | KÜMÜLATİF YÜZDE | DEĞER |
|--------|---------|--------|-----------------|-------|
| 21     | 1       | 0,042  | 0,042           | 21    |
| 25     | 2       | 0,083  | 0,125           | 25    |
| 26     | 1       | 0,042  | 0,167           | 26    |
| 27     | 1       | 0,042  | 0,208           | 27    |
| 29     | 1       | 0,042  | 0,250           | 29    |
| 30     | 2       | 0,083  | 0,333           | 30    |
| 31     | 1       | 0,042  | 0,375           | 31    |
| 32     | 2       | 0,083  | 0,458           | 32    |
| 33     | 2       | 0,083  | 0,542           | 33    |
| 34     | 1       | 0,042  | 0,583           | 34    |
| 35     | 2       | 0,083  | 0,667           | 35    |
| 36     | 1       | 0,042  | 0,708           | 36    |
| 37     | 1       | 0,042  | 0,750           | 37    |
| 40     | 3       | 0,125  | 0,875           | 40    |
| 42     | 1       | 0,042  | 0,917           | 42    |
| 48     | 1       | 0,042  | 0,958           | 48    |
| 52     | 1       | 0,042  | 0,998           | 52    |
| Toplam | 24      | 100,0% |                 |       |

Excel Uygulaması üzerinde elde edilen veriler “=DÜŞEYARA(G2;ŞD\$2:ŞF\$18;3)” kullanılarak geçmiş yıl verileri üzerinden elde edilen rassal sayı aralıklarına dönüştürülmüştür.

## Resim 2. Monte Carlo Simülasyonu Talep Tahmini



Hareketli Ortalama yöntemine göre yapılan talep tahmininde gerçekleşen veriler ışığında dörder aylık ortalamalar alınmıştır. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemine göre yapılan talep tahmininde ise tahmin yapılan aya en yakın olan ay için %40, ikinci ay için %30, üçüncü ay için %20 ve dördüncü ay için ise %10 ağırlık verilerek ortalamalar alınmıştır. Üstel Düzeltme Yöntemine göre ise tahminci tarafından seçilen  $\alpha$  düzeltme sabiti 0,1 olarak belirlenmiştir. Bu yöntemlere göre hesaplanan ortalama tahminler sonucu elde edilen değerlerler küsürlü çıkması halinde tahmin işlemi yapılan aspiratörlerin tam makine olarak üretimi yapıldığı için yuvarlama işlemi yapılmıştır.

Trend analizi yaptığımız En Küçük Kareler Yöntemi baz periyodundaki eğilim değerinin sabiti (a) ve eğilim çizgisi yönünün birim katsayısı (b) değerlerini bulma işleminden ibarettir. 2019 ve 2020 yıllarında gerçekleşen üretim adetlerine göre a katsayısı 27,5652173913043, b katsayısı 0,504782608695652 olarak hesaplanmış çıkan sonuçlar küsürlü çıkması halinde yuvarlama işlemi yapılmıştır. Buna göre hesaplanan tahmin değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Tahmin Değerleri

| ZAMAN  | GERÇEKLEŞEN | MONTE CARLO SİMÜLASYONU | HAREKETLİ ORTALAMA | AĞIRLIKLI HAREKETLİ ORTALAMA | ÜSTEL DÜZELTME | TREND ANALİZİ |
|--------|-------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|----------------|---------------|
| Oca.20 | 21          | 32                      |                    |                              |                | 28            |
| Şub.20 | 27          | 36                      |                    |                              |                | 29            |
| Mar.20 | 30          | 40                      |                    |                              | 20             | 29            |
| Nis.20 | 26          | 36                      |                    |                              | 27             | 30            |
| May.20 | 31          | 35                      | 26                 | 27                           | 30             | 30            |
| Haz.20 | 32          | 34                      | 29                 | 29                           | 26             | 31            |
| Tem.20 | 42          | 32                      | 30                 | 30                           | 31             | 31            |
| Ağu.20 | 29          | 33                      | 33                 | 35                           | 31             | 32            |
| Eyl.20 | 40          | 33                      | 34                 | 34                           | 43             | 32            |
| Eki.20 | 34          | 33                      | 36                 | 36                           | 28             | 33            |
| Kas.20 | 30          | 35                      | 36                 | 36                           | 41             | 33            |
| Ara.20 | 25          | 35                      | 33                 | 33                           | 34             | 34            |
| Oca.21 | 33          | 33                      | 32                 | 30                           | 31             | 34            |
| Şub.21 | 33          | 35                      | 31                 | 30                           | 24             | 35            |
| Mar.21 | 37          | 34                      | 30                 | 31                           | 33             | 35            |
| Nis.21 | 32          | 32                      | 32                 | 34                           | 33             | 36            |
| May.21 | 36          | 34                      | 34                 | 34                           | 38             | 36            |
| Haz.21 | 40          | 32                      | 35                 | 35                           | 32             | 37            |
| Tem.21 | 52          | 36                      | 36                 | 37                           | 36             | 37            |



|        |    |    |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|
| Ağu.21 | 35 | 35 | 40 | 43 | 39 | 38 |
| Eyl.21 | 48 | 35 | 41 | 41 | 54 | 38 |
| Eki.21 | 40 | 33 | 44 | 44 | 34 | 39 |
| Kas.21 | 35 | 32 | 44 | 43 | 49 | 39 |
| Ara.21 | 25 | 35 | 40 | 39 | 41 | 40 |

Hareketli Ortalama ve Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemlerine göre ilk 4 ay için tahmin değerleri dörder aylık ortalamalar üzerinden değerlendirme yapıldığı 2019 öncesi satış verileri olmadığı için hesaplanamamıştır. Ayrıca Üstel Düzeltme yönteminde de 2 aylık tahmin hesaplaması yapılamamıştır. Tahmin hatası hesaplamaları bu tahmin yapılamayan aylar dikkate alınmadan yapılmış elde edilen bulgular Tablo 4’de gösterilmiştir.

**Tablo 4. Tahmin Hata Hesaplamaları**

| TAHMİNLER                     | MAD   | MSE      | MAPE     | RMSE     |
|-------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| MONTE CARLO SİMÜLASYONU       | 6,125 | 57,375   | 0,189592 | 7,574629 |
| HAREKETLİ ORTALAMA            | 5,95  | 53,45    | 0,171084 | 7,310951 |
| AĞIRLIKLIL HAREKETLİ ORTALAMA | 6,2   | 52,3     | 0,179135 | 7,231874 |
| ÜSTEL DÜZELTME                | 8,167 | 110,25   | 0,265241 | 10,5     |
| TREND ANALİZİ                 | 4,625 | 40,29167 | 0,140817 | 6,347572 |

Tahminlemeler arasında yapılan karşılaştırmalarda hata değerleri düşük olan tercih edilmelidir. Tablo 4’de de görüldüğü gibi yapılan hesaplamalarda Trend Analizi ile yapılan tahminleme hata değerleri diğer tahminleme hesaplamalarına göre daha düşük düzeydedir. Bu nedenle gelecek yıl perspektifinde yapılacak tahmin Trend Analizine göre yapılmıştır ve bu hesaplama sonuçları Tablo 5’de gösterilmiştir.

**Tablo 5. Trend Analizine Göre Yapılmış Gelecek İki Yıl İçin Tahminleme**

| AYLAR | ÜRETİM TAHMİNİ | AYLAR | ÜRETİM TAHMİNİ |
|-------|----------------|-------|----------------|
| 1     | 40             | 13    | 46             |
| 2     | 41             | 14    | 47             |
| 3     | 41             | 15    | 47             |
| 4     | 42             | 16    | 48             |
| 5     | 42             | 17    | 48             |
| 6     | 43             | 18    | 49             |
| 7     | 43             | 19    | 49             |
| 8     | 44             | 20    | 50             |
| 9     | 44             | 21    | 50             |
| 10    | 45             | 22    | 51             |
| 11    | 45             | 23    | 51             |
| 12    | 46             | 24    | 52             |

## 7. Sonuç

Tahminlemenin amacı, işletmelerin gelecekte karşılaşılabilecekleri durumları farklı veri ve teknikler kullanarak önceden öngörmek ve gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Bu çalışmada, Monte Carlo simülasyonu ve Zaman Serisi Tahminleme Yöntemlerinden Hareketli Ortalama, Ağırlıklı Hareketli Ortalama, Üstel Düzeltme ve Trend Analizi Yöntemleri kullanılarak uyarlanabilir ve kısa vadeli bir talep tahmini önerilmiştir. Önerilen yöntem kısa süreli değerlendirmeler için faydalı olabilir. Doğru üretim yönetimi planları oluşturmasına ve uygun pazarlama ve finansman imkanlarını elde etmesine yardımcı olabilecektir.

Çalışmada ele alınan modellerin talep tahmininde başarılı sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Üretim süreçlerinde görev alan karar vericilere yardımcı bir araç olarak kullanmalarının yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Makine üretimini etkileyen faktörlerin ortaya koyacak çalışmaların yapılması ve sektörün yapısal gelişmelerin önünü açacak akademik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışma ile aynı zamanda bundan sonra makine imalat sanayinde talep tahmini konusunu ele alacak nicel araştırmalara bir temel oluşturulması amaçlanmıştır.

Tahmin yöntemleri sayesinde üretim süreçleri bütünsel olarak değerlendirilmeli ve üretim süreci yönetimi daha bilimsel hale getirilmelidir. İşletmelerin tahminleme çalışmalarını kurum kültürü haline getirerek modern yöntemlerle tahmin yapmanın önemi ve gerekliliğinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir.

Sonuç olarak Çorum İlinde faaliyet gösteren un ve yem fabrikaları için pnömatik taşıma sistemleri üretimi yapan bir imalat işletmesinin aspiratör üretim verileri baz alınarak gelecek yıllar için gerçekleştirilecek talebi Monte Carlo Simülasyonu, Hareketli Ortalama, Ağırlıklı Hareketli Ortalama, Üstel Düzeltme ve Trend Analizi yöntemleri kullanılarak 2020 ve 2021 yılları için tahminleme yapılmıştır. Söz konusu yöntemlere göre elde edilen tahminler MAD, MSE, MAPE ve RMSE yöntemlerine göre analiz edilmiş ve bu hesaplamalara göre en uygun tahmin yönteminin Trend Analizi olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular ışığında gelecek iki yıl için Trend Analizi yöntemine göre tahminleme yapılmıştır.

### Kaynakça

- Aktan, B. (2007). Ticari bankalarda risk yönetimi ve Monte Carlo VaR simülasyon yöntemiyle portföy riskinin hesaplanması (Doctoral dissertation, Adnan Menderes Üniversitesi).
- Balogh, P., Golea, P., & Inceu, V. (2013). Profit Forecast Model Using Monte Carlo Simulation in Excel. *Romanian Statistical Review*, 61(12), 33-40.
- Calp, M. H. (2019). İşletmeler için personel yemek talep miktarının yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmesi. *Politeknik dergisi*, 22(3), 675-686.
- Çekerol, G.S. (2013) 'Tedarik Zinciri Talep Tahmini', Editörler: Mehmet Necdet Timur ve Gülseren Serap Çekerol, *Tedarik Zinciri Yönetimi, AOF Ders Kitabı*, Ankara.
- Demirdöğen, O. (1998). Talep Tahmininde Monte-Carlo Simülasyon Tekniğinin Kullanılması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1-2).
- Donatelli, G. D.; Konrath, A. C. (2005) Simulação de Monte Carlo na avaliação de incertezas de medição. *Revista de Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 5.
- Ergün, S. Şahin, S. (2017). İşletme talep tahini üzerine literatür araştırması. *Ulakbilge*, 5(10), 469-487.
- Fabianova, J., Janekova, J. ve Michalik, P. (2018) Papplication Of Monte Carlo Simulations In Enterprise Performance Forecasting, 8th Carpathian Logistics Congress on Logistics, Distribution, Transport and Management (CLC), 8th Carpathian Logistics Congress ss.:422-428
- Fabianova, J., Kacmary, P. & Janekova, J. (2019). Operative production planning utilising quantitative forecasting and Monte Carlo simulations. *Open Engineering*, 9(1), 613-622.
- Garcia, S., Lustosa, P. R. B., Barros, N. R. (2010). Aplicabilidade do método de simulação de Monte Carlo na previsão dos custos de produção de companhias industriais: o caso da Companhia Vale do Rio Doce, *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 4, n. 10, p. 152-173.
- Harrison, R. L. (2010). Introduction to monte carlo simulation. In AIP conference proceedings (Vol. 1204, No. 1, pp. 17-21). American Institute of Physics.
- Heizer, J. & Render, B. (2017) Üretim Yönetimi Sürdürülebilirlik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, Çeviri: Umut Rifat Tuzkaya, Palme Yayıncılık, Ankara.
- İnanç, Ş., & Şenaras, A. E. (2018). Makine Arızalarının Monte Carlo Benzetimi İle Tahmin Edilmesi. *Cataloging-In-Publication Data*, 524.
- Kalchschmidt, M., Verganti, R., & Zotteri, G. (2006). Forecasting demand from heterogeneous customers. *International Journal of operations & Production management*.

- Karahan, M., & Ütkür, Ö. (2015). Monte Carlo Simülasyonu ile Makine Arızalarının Tahmini: Döküm Sanayisinde Bir Uygulama. *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(3).
- Kochanski, G. (2005). Monte Carlo Simulation. URL [www.ugrad.cs.ubc.ca/~cs405/montecarlo.pdf](http://www.ugrad.cs.ubc.ca/~cs405/montecarlo.pdf).
- Makridakis, S. vd. (1998) *Forecasting Methods and Applications*, Third Edition, John Wiley&Sons, New York.
- Mendes, A. S., Silva, A. M., Kawamoto J. L. T. (2016) Balance capacity with variability caused by human factor: An application in a line with monte carlo simulation. *Independent Journal of Management & Production*, v. 7, p. 627-642.
- Meydan, Y.A. (2007). Talep tahmin yöntemleri ve orta ölçekli bir işletmede uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, L., & Bölümü-Malatya, E. (2004). Monte-Carlo Simulasyon Metodu ve Bir İşletme Uygulaması. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 116-122.
- Öztürk, F. & Özbek, L. (2004). *Matematiksel Modelleme ve Simülasyon*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Raychaudhuri, S. (2008, December). Introduction to monte carlo simulation. In 2008 Winter simulation conference (pp. 91-100). IEEE.
- Sağlamcı, Y. (2021). Simülasyon; Editör: Tüzemen ve Aslan Karar Vericinin El Kitabı Yöneticiler İçin Karar Verme Teknikleri ve Örnek Problem Çözümleri, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Shcherbakov, M. V. (2013) A Survey of Forecast Error Measures, *World Applied Sciences Journal* 24 (Information Technologies in Modern Industry, Education & Society): 171-176.
- Soysal, M., & Ömürganülşen, M. (2010). Türk turizm sektöründe talep tahmini üzerine bir uygulama. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 21(1), 128-136.
- Can, Şengül. & Gerşil, Mustafa. (2018). Manisa pamuk fiyatlarının zaman serisi analizi ve yapay sinir ağı teknikleri ile tahminlenmesi ve tahmin performanslarının karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1017-1031.
- Taha, H. (2007) *Yöneylem Araştırması*. Literatür yayınları, İstanbul.
- Tirkes, G. (2017). "Demand Forecasting: A Comparison between the Holt-Winters, Trend Analysis and Decomposition Models." *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette* 24: 503-509.
- Türküm, Ahmet (2018). Kocaeli atmosferinde uçucu organik bileşiklerin ve inorganik gazların dağılımları, kaynakları ve sağlık risklerinin belirlenmesi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, Kocaeli.
- Tüzemen, A. Yıldız, Ç. (2018). Holt-Winters Tahminleme Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi: Türkiye İşsizlik Oranları Uygulaması, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(1), 1-18.
- Tüzemen, A. (2020). Cumhuriyet Altını Fiyatlarının Arıma Yöntemi Kullanılarak İleri Tahmini, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(20), 361-381.
- Tüzemen, A. Yıldız, Ç. (2020) *Tahminleme Yöntem ve Uygulamalar*, Pegem Akademi, Ankara.
- Yıldırım, H. İnel, M.N. (2018) Operasyonel Mükemmellik İçin İsrar Simulasyonu Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(2), 64-73.