

# Siparişe Göre Üretim Yapan Firmalarda Sipariş Sıralaması ve Teslim Tarihi Problemi İçin Bir Karar Modeli

## A Decision Model for the Order Sequence and Delivery Date Problem in Companies Manufacturing According to the Order

Alperen Calapoğlu<sup>1</sup> , Melike Şişeci Çeşmeli<sup>2</sup> , İhsan Pençe<sup>3</sup> , Özlem Çetinkaya Bozkurt<sup>4</sup> 



<sup>1</sup> (Arş. Gör.), Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bayburt, Türkiye

<sup>2</sup> (Dr. Öğr. Üyesi), Burdur Mehmet Akif Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye

<sup>3</sup> (Dr. Öğr. Üyesi), Burdur Mehmet Akif Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye

<sup>4</sup> (Prof. Dr.), Burdur Mehmet Akif Üniversitesi, Bucak İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Burdur, Türkiye

ORCID: A.C.0000-0002-7307-644X;  
M.Ş.Ç. 0000-0001-9541-2590;  
İ.P. 0000-0003-0734-3869;  
Ö.Ç.B. 0000-0002-6218-2570

### Corresponding author:

Alperen CALAPOĞLU

Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bayburt, Türkiye

E-mail address: alperencalapoğlu@bayburt.edu.tr

Submitted: 16.05.2021

Revision Requested: 08.07.2021

Last Revision Received: 18.08.2021

Accepted: 25.08.2021

Published Online: 19.11.2021

Citation: Calapoğlu, A., Şişeci Çeşmeli, M., Pençe, İ., Çetinkaya Bozkurt, O. (2021). Siparişe göre üretim yapan firmalarda sipariş sıralaması ve teslim tarihi problemi için bir karar modeli. *Acta Infologica*, 5(2), 341-357.  
<https://doi.org/10.26650/acin.947747>

### ÖZ

Siparişe göre üretim yapan firmalarda alınan siparişler gelen talep sırasına göre üretilmektedir. Ancak zamanında üretilmeyen veya müşterinin talebinden daha ileri bir tarihte üretilmesi planlanan siparişler müşteri kaybına neden olmaktadır. Bu durumda firmanın hangi müşterinin siparişinin daha önce üretilmesi gerektiğine karar vermesi gerekmektedir. Ancak bu karar değerlendirilmesi gereken farklı kriterler sebebiyle oldukça karmaşık bir probleme dönüşebilmektedir. Bu çalışmada sipariş üzerine üretim yapan firmalar için firmanın karlılığı ile müşterilerin memnuniyeti arasında bir denge kuracak ve bu kurulan dengeye göre maksimum faydayı esas alarak kısıtlı bir süre içindeki bölünmez siparişler arasından seçim yapabilecek bütünsel bir karar modeli önerilmiştir. Oluşturulan model, siparişe göre üretim yapan bir firma üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölünmez siparişler arasından kısıtlı bir kapasite altında nasıl bir seçim yapılabileceği belirlenirken sezgisel optimizasyonun hızlı ve makul çözümler üretme kabiliyetinden faydalanılmıştır. Kurulan modelde, aynı zamanda siparişlerin üretim süreleri ve teslim tarihleri de belirlenmektedir. Çalışmada firmanın karlılığı ve müşteri memnuniyeti arasında bir denge kurabilmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Kriterler ve önem dereceleri Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile belirlenirken TOPSIS yöntemi ile de müşteriler kriterler altında değerlendirilmiştir. Daha sonrasında ise matematiksel bir model kurularak genetik algoritma ile seçim işlemi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Siparişe üretim, Teslim tarihi, Sipariş sıralama, Analitik Hiyerarşi Süreci, TOPSIS, Genetik algoritma

### ABSTRACT

The orders received in the companies that manufacture according to the order are produced in the order of incoming demand. However, orders that cannot be produced on time or planned to be produced at a later date than the customer's demand cause customer loss. In this case, the company needs to decide which customer's order should be produced first. However, this decision can turn into a rather complicated problem due to different criteria that need to be evaluated. In this study, an integrated decision model has been proposed for companies that make production on order, to establish a balance between the profitability of the company and the satisfaction of customers, and to choose among indivisible orders within a limited time based on the maximum benefit according to this established balance. The created model has been carried out on a company that produces to order. While determining how to choose between indivisible orders under a limited capacity, the ability of heuristic optimization to produce fast and reasonable solutions is utilized. In the established model, the production times and delivery dates of the orders are also determined. In the study, multi-criteria decision-making methods are used to establish a balance between the profitability of the company and customer satisfaction. While the criteria and importance levels are determined by the Analytical Hierarchy Process method, the customers are evaluated under the criteria with the TOPSIS method. Afterwards, a mathematical model has been established, and the selection process is carried out with a genetic algorithm.

**Keywords:** Order production, Delivery date, Order sorting, Analytical Hierarchy Process, TOPSIS, Genetic algorithm

## 1. GİRİŞ

Mobilya, tekstil, manifatura, pencere üretimi gibi sektörlerde sermaye yetersizliği, ürünün müşteri tercihlerine göre şekillenmesi gibi sebeplerden dolayı siparişe yönelik üretim yapılmaktadır (Serin ve Şahin, 2020). Siparişe göre üretim yapan firmalar açısından ürünün fiyatı ve siparişin teslim tarihi çok önemli ve kritik kararlardır. Bu kararların en doğru şekilde verilmesi, firmanın hedefleri ve müşterilerinin bağlılığı açısından oldukça önemlidir. Mevcut durumda, yapılacak üretim gelen talepler doğrultusunda talep sırasına göre işleme alınmakta ve bu sıraya göre teslim tarihi yaklaşık olarak belirlenmektedir. Yetişmeyen siparişler için ise uzatma talep edilmekte bu da firmanın itibarını etkilemekte ve bazen firmayı cezalar ödemek zorunda bırakmaktadır. Aynı zamanda firmanın müşterilerini kaybetmesinde ve ileriki süreçlerde firmanın müşteriler arasında tavsiye edilmesini zorlaştırarak firmanın pazar payının azalmasına da neden olabilmektedir. Bu nedenle firmalar, ürün talep eden müşterileriyle anlaşma yapmadan önce firmanın politikaları, uzun vadede kârlılığı, firmanın kapasitesi, kaybetmemesi gereken müşterileri ve yeni müşterileri arasında bir politika belirleyerek anlaşma yapmaları gerekmektedir. Başta teslim tarihleri olmak üzere tüm diğer durumların göz önüne alınması firmanın kısa ve uzun vadede yararına olacaktır. Yoğun dönemlerde zamanında yetiştirilemeyecek bir siparişin kabul edilmeyip müşterinin başka bir tedarikçi aramasına izin verilmesi, müşteriye siparişi geç teslim etmekten daha iyi olabilmektedir. Mağazanın çok sıkışık olduğu durumlarda tüm siparişleri kabul etmek, mağazanın müşteri son tarihlerini karşılama yeteneğini de olumsuz yönde etkilemektedir (Philipoom ve Fry, 1992). Çok gecikecek bir siparişin söz konusu olduğu durumlarda firmanın bu siparişi hiç üretmemesi veya teslim tarihini tam olarak hesaplayabilmesi büyük önem arz etmektedir. Aksi halde firmanın itibar kaybı ihtimali doğabilmektedir. Bu nedenle, siparişe dayalı üretim yapan birçok işletme için sipariş teslim zamanının belirlenerek üretimin buna göre programlanması büyük önem taşımaktadır. Bu durumda firmanın, müşterilerinin siparişlerini kabul ederken ve teslim tarihi belirlerken hem uzun vadede kârlılığını hem de müşterilerinin memnuniyetini dikkate alarak bir karar destek sistemi üzerinden değerlendirme yapması oldukça önemli olmaktadır. Bu düşünceden hareketle çalışmada; özellikle küçük ve orta ölçekli siparişe göre üretim yapan işletmeler için firmanın kârlılığı ile müşterilerin memnuniyeti arasında bir denge kurabilecek ve bu kurulan dengeye göre maksimum faydayı esas alarak kısıtlı bir süre içindeki bölünmez siparişler arasından seçim yapabilecek bütünlüklü bir karar modeli oluşturulması amaçlanmıştır.

## 2. KONUYLA İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI

Teslim tarihi problemiyle ilgili literatürde pek çok çalışma bulunmakla beraber oldukça yeni bir çalışma alanı olduğu söylenebilir. Konuyla ilgili ilk çalışma 1967 yılında Conway ve arkadaşları tarafından yayınlanan bir kitap çalışmasıdır. Kitap, zamanlama teorisinin altında yatan matematiksel modelleri araştırmaktadır (Conway, Maxwell ve Miller, 1967). Çizelgeleme problem türüne göre organize edilmiş üç çözüm tekniğini incelemektedir. Bunlar; cebirsel, olasılıklı ve bilgisayarla Monte Carlo simülasyonudur. 1968 yılında Senju ve Toyoda çalışmalarında çok sayıda bölünmez ve farklı sipariş teklifi arasından belirli kısıtlar altında en uygun olanları seçmeyi amaçlamışlardır. İlgili çalışmada sıralı ölçekler kullanılarak 30 kısıtlayıcı koşula sahip 60 teklif değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda çok sayıda kısıtlayıcı ve sipariş teklifi olması durumunda Lineer programlama metodu kullanmanın oldukça yararlı olacağı ifade edilmiştir (Senju ve Toyoda, 1968). Weeks (1979), mağaza durum bilgisi ile iş özellikleri arasında bir denge bulmaya çalışan bir kuralı araştırmıştır. Baker ve Bertrand (1981a ve 1981b), hem dâhili hem de harici son tarihler için bir son tarih sıklık faktörünü hesaplamak için mağazanın iş yükü durumunu kullanmışlardır. Ölçeklendirme faktörü, mevcut mağaza tıkanıklığını ortalama mağaza tıkanıklığıyla ilişkilendirilmiştir. Bu çalışma, son tarihler belirlenirken hem mağaza hem de iş bilgilerinin birleştirilmesinin uygun olduğunu doğrulamaktadır. Bertrand'ın (1983) başka bir araştırmasında iki iş özelliğine (toplam işlem süresi ve işlem sayısı) ek olarak iş yükü bilgilerinin kullanılmasının, gecikmenin varyansını azalttığı ortaya konmuştur.

1990'lı yıllardan sonra teslim tarihi konusuyla ilgili çalışmalarda bir artış gözlemlenmektedir. Vig ve Dooley (1991) iki yeni dinamik son tarih atama kuralı sunmaktadır. Yeni kurallar, yakın zamanda tamamlanan işlerin bir örneğine dayalı olarak iş akış zamanını tahmin etmektedir. Bu araştırmanın sonuçları, yakın zamanda tamamlanan işlerden gelen akış zamanlarının, bir iş atölyesi ortamında etkili son tarihler oluşturmak için çok yararlı bilgiler sağladığını açıkça göstermektedir. Duenyas (1995), her biri farklı teslim süresi ve farklı fiyatlara sahip müşteriler için sipariş sıralama problemini ele almış ve geliştirdiği formül ile problemi çözmeye çalışmıştır. Çalışmada öncelikle ilk gelen siparişi ilk üretecek şekilde bir formül geliştirilmiştir.

Geliştirilen formül çalışması ile müşteri tercihlerini planlamada dikkate alınmanın çok başarılı sonuçlar verdiğini ortaya konmuştur. Easton ve Moodie (1999), literatürde az tartışılan teslimat süresi belirsizliğinin kaynağını modellemeye çalışmışlardır. Koşullu siparişleri olan siparişe göre üretim yapan firmalar için aynı anda fiyatlandırma ve teslim süresi kararlarını optimize eden bir tekniği tanıtmışlardır. Çalışmada koşullu siparişleri olan siparişe göre üretim yapan firmalar için sözleşme fiyatı, teslim tarihi ve beklenen katkı arasındaki ilişkiyi karakterize etmeye çalışmışlardır.

Siparişe göre üretim yapan firmalarda teslim tarihi konusuyla ilgili çalışmalardaki artışın 2000'li yıllarda da devam ettiği söylenebilir. Bazı çalışmalarda elde edilecek kâra odaklanılırken bazı çalışmalarda da maliyetleri azaltmaya önem verildiği görülmektedir. Örneğin Keskinocak ve arkadaşları (2001) temel bir model geliştirerek dört versiyon üzerinde çalışmışlardır. Buna göre müşterilerin sipariş talebine verilecek fiyat tekliflerinde siparişin teslim süresi hassasiyeti olduğu durumlarda fiyatlandırma politikasının değiştirilerek yüksek gelir getirici siparişlerin acil olarak üretilebileceğini kanıtlamışlardır. Lewis ve Slotnick (2002) ise işletmenin mevcut siparişlerinden elde edeceği iş başına net gelir ile siparişlerin gecikmesinden ödenecek cezaların maliyetini hesaplayarak kârı maksimize edecek bir dinamik programlama algoritması sunmuşlardır. Gharehgozli ve arkadaşları (2008), sipariş üzerine üretim yapılan bir firmayı ele alarak çok sayıda gelen siparişlerin farklı kriterler açısından değerlendirilmesini önermişlerdir. Yapılacak değerlendirmenin, daha doğru kararlar verebilmek adına etkili bir değerlendirme yaklaşımı olması için iki aşamalı bir yaklaşım öne sürmüşlerdir. İlk aşamada yeni gelen siparişlerin teslim tarihine ve varış saatlerine göre değerlendirilip, ikinci aşamada ise Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemlerini kullanarak hibrit bir kabul metodolojisi önermişlerdir. Pibernik ve Yadav ise (2008), iki sınıf müşteriden gelen rastgele taleple karşı karşıya kalan bir üretici firmayı göz önüne alarak yüksek öncelikli müşterilerden gelecekteki sipariş gelişlerini tahmin etmek ve gelen siparişler için bitiş tarihleri belirlemek amacıyla kapasiteyi ayırmak için entegre bir model geliştirmişlerdir. Oğuz ve arkadaşları (2010), toplam geliri en üst düzeye çıkarmak için tek makineli üretim ortamındaki siparişlerle ilgili verileri (giriş tarihi, bitiş tarihi, teslim süresi, sıraya bağlı kurulum süresi, gelir) kullanarak eş zamanlı sipariş kabul ve zamanlama kararlarını incelemişlerdir. Büyük boyutlu problemlerin çözümü için ise üç sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Önerilen algoritmanın 300 siparişe kadar olan durumlarda bile etkili olduğunu belirtmişlerdir. Lu ve arkadaşları (2013) çalışmalarında, bir üretici için ortak fiyat teklifi ve üretim çizelgeleme sorununu incelemişlerdir. Çok sayıda farklı sipariş için ayrıntılı sıralama kararını birleşik bir çerçevede ele almışlar ve dinamik programlama algoritmaları geliştirerek problemi çözmeye çalışmışlardır. Baker ve Trietsch (2015) sıralanmış işlerin ve teslim tarihlerinin gecikmemesi arasında bir denge kurmak amacıyla stokastik tek makine model durumları için bir değiş-tokuş formül çalışması oluşturup birkaç yüz test probleminde gerçekleştirmişlerdir. Shabtay ve arkadaşları (2016), tek makineli bir çizelgeleme problemini inceleyerek yöneticilere teslim tarihi teklifi gibi daha yüksek seviye kararlarını, planlama ve kaynak tahsisi gibi daha düşük seviye (operasyonel) kararlarla en uygun şekilde koordine etmek için pratik bir araç geliştirmişlerdir. Bu amaçla, polinom algoritması tekniğini kullanarak problemi çözmeye çalışmışlardır. Aktürk ve Gülseçen (2017) teslim tarihi problemi hakkında literatürdeki yapılan önceki araştırmaları kapsamlı bir şekilde inceleyerek teslim tarihi probleminde bir çözüm önerisi getirmek amacıyla inovatif bir doğrusal karar modeli önermişlerdir. Daha sonrasında Aktürk ve Gülseçen (2018), bu sefer teslim tarihi problemini çok kriterli bir karar yapısı ile modelleyerek 6 farklı yöntem ile kullanıcıya karar desteği sağlayan bir yazılım geliştirmişlerdir. Literatürdeki çalışmalarını incelendiğinde Aktürk ve Gülseçen, üretilecek siparişin seçiminin sadece kârlılık açısından değil aynı zamanda müşteri memnuniyeti açısından da göze alınarak yapılması gerektiğini önermişlerdir.

Son yıllarda gerçekleştirilen sipariş sıralaması ve teslim tarihi problemleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde ise; Aktürk (2019), çalışmasında lojistik maliyetleri dikkate alınarak teslim tarihinin belirlenmesi üzerine bir karar modeli önermiştir. Gelen siparişler için üretim süreleri dikkate alınarak müşteriler tarafından talep edilen teslim tarihleri doğrultusunda sipariş teslim tarihi hesaplanmıştır. Triki ve arkadaşları (2020), çalışmalarında nakliye tedarikini üretim planlaması ile ilgili kararlarla bütünleştirmek için genetik algoritmanın (GA) bir uzantısı olan memetik algoritma ile sezgisel çözüm önermişlerdir. Yağmur ve Kesen (2020), müşteri siparişleri gibi ortak bir üretim ve dağıtım problemini ele alıp memetik algoritma ile sezgisel biçimde çözmeye çalışmışlardır. Bektur (2021), plastik parça üreten bir üretim işletmesindeki çizelgeleme problemi üzerine çalışmış olup ilgili problemde işler sıra bağımlıdır. Önerilen tavlama benzetimi tabanlı sezgisel algoritma ile 10 işin olduğu test problemlerinde tüm etkin çözümler bulunabilmiştir. Sezgisel bir algoritma önermelerinin sebebi problemin polinom

zamanda çözülememesi sonucu büyük boyutlu problemlerin çözümünü gerçekleştirebilmektedir. Viloria ve arkadaşları (2021), üretim sıralaması problemi için bir simülasyon modelinin GA ile çözümünü çalışmışlardır. Simülasyon modeli 8 makineden ve önceden tanımlanmış rotalara sahip 10 iş türünden oluşmuştur. Villarinho ve arkadaşları (2021), çalışmalarında teslimat tarihleri ve kümülatif getiriler dikkate alınarak permütasyon akış- mağaza problemini ele almışlardır. Örnek veriseti üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında işlem sürelerinin stokastik oluşunu vurgulayıp gerekli çözümü Monte Carlo Simülasyonu ile gerçekleştirmişlerdir. Demir ve arkadaşları (2021), süreç planlaması ve son tarih çizelgeleme problemlerini hibrit tavlama benzetimi algoritmaları ile incelemişlerdir. Entegre bir çizelgeleme probleminin çözümünün zor olması sebebi ile sezgisel optimizasyon kullanmışlardır.

Son yıllardaki çalışmalarda özellikle sipariş sıralaması ve teslim tarihi problemlerinin NP-Hard türünden zor problemler olduğu ve sezgisel optimizasyon algoritmaları ile çözümlenmesi gerektiği üzerinde durulmuştur (Bektur, 2021; Demir, Phanden, Kökçam, Erkayman ve Erden 2021; Triki, Piya ve Fu, 2020). İlgili çalışmalar genellikle verisetlerini kullanmışlardır. Fakat gerçek hayat problemlerinde bu denli iyi tasarlanmamış zor durumlarla karşılaşılabilir. Bu sebeple problem çözümünde gerçek işletmelerden yararlanmak uygulama aşamasında gerçeği daha çok yansıtmaktadır. Bunun yanında, ilgili çalışmalarda müşterilerin memnuniyetleri dikkate alınmayıp çoğu çalışmada herhangi bir kısıtta çözüme dâhil edilmemiştir.

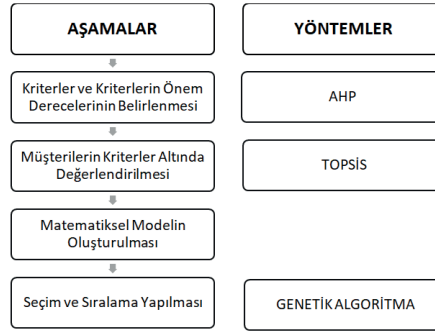
Görüldüğü üzere siparişlerin teslim tarihi problemleriyle ilgili literatürde yer alan çalışmaların neredeyse tamamı sayısal analizler ve formülizasyon çalışmalarından oluşmaktadır. Siparişlerin teslim tarihi belirleme perspektifindeki planlama problemlerine olan ilginin artmasıyla işletmelerin siparişlerini hangi kriterlere göre kabul veya ret kararı verdiği, hangi kriterlere göre sıraladığı gibi konular, 2008 yılı ve sonrasında ilgi odağı olmuştur. Bir siparişin sıralanmasında birden fazla kriterin rol oynaması, araştırmacıları çok kriterli karar yapıları kullanarak probleme çözüm bulmaya sevk etmiştir. Bu çalışmanın amacı ise, sipariş üzerine üretim yapan firmalar için firmanın kârlılığı ile müşterilerin memnuniyeti arasında bir denge kurabilecek ve bu kurulan dengeye göre maksimum faydayı esas alarak kısıtlı bir süre içindeki bölünmez siparişler arasından seçim yapabilecek bütünleşik bir karar modeli önermektir. Sipariş sıralamasının gerçekleştirilmesi aşamasında sadece kârlılık değil müşteri memnuniyetinin de dikkate alınması düşüncesinde Aktürk ve Gülseçen'nin çalışmalarından yararlanılmıştır (Aktürk ve Gülseçen, 2018). Oluşturulan modelde, aynı zamanda siparişlerin üretim süreleri ve teslim tarihleri de belirlenmektedir. Önerilen çalışmada, sipariş seçimi problemine hem kârlılık hem de müşteri kaybını önlemek açısından yaklaşmış ve her ikisi arasında bir denge kurulmaya çalışılmıştır. Literatürdeki araştırmalardan farklı olarak, İzmir ilinde faaliyet gösteren bir firma ile bölünmez siparişler arasından kısıtlı bir kapasite altında nasıl bir seçim yapılabileceği belirlerken sezgisel optimizasyonun hızlı ve makul çözümler üretme kabiliyetinden faydalanılmıştır. Bu sayede müşteri memnuniyetinin de dahil edildiği bir gerçek hayat probleminin kısıtlı optimizasyon ile çözümü gerçekleştirilebilmiştir.

### 3. YÖNTEM

Çalışmada önerilen karar modeli İzmir ilinde faaliyet gösteren bir firma üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, firmanın verdiği bilgiler doğrultusunda müşterilerin bir profili çıkartılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarının hesaplanmasında esnekliği ve karar problemlerinin çözümündeki yeterliliğiyle bilinen ve literatürde yoğun olarak kullanılan AHP yöntemi tercih edilmiştir (Arıbaş ve Özcan, 2016). İkinci aşamada, müşteriler firma tarafından belirlenen kriterler açısından puanlanmış ve daha önce AHP yönteminde belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. AHP yöntemi ikili karşılaştırmalar yaptığından kriter ve alternatif sayısı fazla olduğunda çok sayıda karşılaştırma ile uğraşılacaktır. Bu sebeple sadece kriter ağırlıklarının belirlenmesinde tercih edilip alternatiflerin tespiti işlemi ise TOPSIS'e bırakılır. Literatürdeki popülaritesi ve önerilen çalışmada nicel verinin bulunması TOPSIS yönteminin uygulanmasını daha uygun kılmıştır (Elgün ve Aşıkoğlu, 2016). Üçüncü aşamada, sezgisel bir yöntem olan GA için kullanılacak parametreler ve matematiksel model oluşturulmuştur. Son aşamada ise kurulan matematiksel model yardımıyla elde edilen amaç fonksiyonu, GA ile maksimize edilerek firmanın kapasite kısıtı altında kabul etmesi önerilen en uygun siparişler belirlenmiştir. En uygun siparişlerin belirlenmesi işlevi NP-Hard problem sınıfında olup belirli kısıtlara sahip bir problemin çözülmesi çok daha zordur. Küçük problemler için kesin çözümler matematiksel programlama teknikleri ile bulunabilir. Bu alanda Simplex yöntemi en çok kullanılan matematiksel programlama tekniklerinden biri olmasına rağmen en uygun çözüm elde edilinceye kadar bir prosedürün sistematik bir şekilde tekrarlanmasından oluşan bir süreç içerdiği için

problem boyutu arttıkça pratikliği azalmaktadır (Binay, Aygüneş, Çetin, Oral, Güneri ve Dalgıç 2001). Sipariş sayısındaki artış problemin matematiksel programlama teknikleri ile çözümünü zorlaştıracak olup, modelin daha genel bir sonuç üretebilmesi için bu çalışmada sezgisel yöntem kullanımı daha uygun görülmüştür (Demir ve ark., 2021). Sezgisel yöntem olarak ise, NP-Hard problemleri için çözüm bulma yeteneğine sahip ve literatürde popüler olan GA tercih edilmiştir (Panchal ve Panchal, 2015). Oluşturulacak karar modelinin gerçek zamanlı siparişleri kullanacak olması sebebiyle de planlama problemlerindeki performansı açısından GA ön plana çıkmaktadır (Azamathulla ve ark., 2008; Wardlaw ve Bhaktikul, 2004).

Çalışmanın aşamaları ve kullanılan yöntemler Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışma Aşamaları ve Kullanılan Yöntemler

Çalışmada kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri için Microsoft EXCEL programı, GA Yöntemi için Matlab R2017b programı kullanılmıştır.

### 3.1. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

AHP yöntemi T. Saaty tarafından geliştirilmiş olup, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olarak literatürde sıklıkla tercih edilmektedir (Wind ve Saaty, 1980). Bu yöntemin seçim yapmak amacıyla kullanılmasında en büyük neden, nitel ve nicel tüm kriterlerin değerlendirilmesini sağlayan bir yöntem olmasıdır. Yöntemde, çalışmanın amacı ve çalışmanın amacı doğrultusunda kullanılmak üzere en uygun kriterler belirlenir. Seçilen en uygun kriterlerin açık ve anlaşılabilir olması çok büyük önem taşımaktadır. Karar hiyerarşisinin en üstünde amaçlar, hiyerarşinin en alt kademesinde ise alternatifler yer almaktadır (Saaty, 2008a).

Yöntemin birinci aşamasında kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması yapıp, daha sonra ise alternatifler kriterlerle karşılaştırılır. Karşılaştırma yapılırken genellikle Tablo 1’de gösterilen ölçek kullanılmaktadır. Karşılaştırma yapılırken bir kriter diğer kriterden daha önemli ise önem derecesine 1’den 9’a kadar bir değer verilmektedir (Saaty, 2008b).

Tablo 1

İkili karşılaştırma ölçeği

Sayısal Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki kriter amaca eşit katkıda bulunuyor
3	Biraz daha önemli	Bir kriter diğerine göre amaca biraz daha katkıda bulunuyor
5	Fazla önemli	Bir kriter diğerine göre amaca fazla katkıda bulunuyor
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine göre amaca çok fazla katkıda bulunuyor
9	Aşırı derecede önemli	Bir kriter diğerine göre amaca aşırı derecede katkıda bulunuyor
2-4-6-8	Ara değerler	1-3, 3-5, 5-7, 7-9 arası

İkinci aşamada önem dereceleri Tablo 1’e göre belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılır. İkili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra normalleştirme yapılarak sütunlar toplanır. Her sütundaki değer, olduğu sütunun toplamına bölünür. Son olarak her bir satırdaki değerlerin ortalaması alınarak kriter ağırlıkları bulunur.

Karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar vermek için ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranının (CR) hesaplanması da gerekmektedir. Kriter ağırlık değerlerinin kabulü, bu tutarlılık oranının 0.10 değerinin altında olduğu durumda uygundur. CR değerini elde etmek için matrisin en büyük özdeğerini ( $\lambda_{max}$ ) hesaplamak gerekmektedir olup Denklem (1) 'de verilmiştir (Supçiller ve Çapraz, 2011).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i} \quad (1)$$

CR değerinin bulunması için alternatif sayısına göre uygun değeri değişen Rastgele Değer İndeksi (RI)'nin seçilmesi gerekmektedir.

Tablo 2

Rastgele Değer İndeksi Verileri (Saaty ve Özdemir, 2003)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

RI değerleri Tablo 2'de gösterilmiş olup bu değere göre CR, Denklem (2)'ye göre hesaplanmaktadır.

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1) \cdot RI} \quad (2)$$

### 3.2. TOPSIS

TOPSIS yöntemi karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanmakta olup Hwang ve Yoon tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Yöntemin uygulama adımları şu şekildedir (Günay ve Ünal, 2016) ;

#### 1. Karar matrisinin oluşturulması:

$$A = \begin{pmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

#### 2. Karar matrisindeki kriterlerin değerlerinin kareleri toplamının karekökü alınarak matrise normalizasyon işlemi yapılır.

$$Z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}}, R = \begin{pmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & \cdots & z_{mn} \end{pmatrix} \quad (i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, k) \quad (4)$$

3. Normalizasyon işlemine tabi tutulmuş karar matrisinin elemanlarının kriterlere verilen öncelikler doğrultusunda görelî ağırlık değerleri elde edilir. Belirlenen ağırlıklar ( $w_i$ ) ile standart karar matrisinin çarpılmasıyla elde edilen matris, ağırlıklı standart karar (V) matrisi olmaktadır.

$$V = \begin{pmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \cdots & w_{mn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Her bir sütunun en yüksek ve en düşük değerleri  $A^+$  ve  $A^-$  ideal noktaları tanımlanır.

$A^+ = \{X_1^+, X_2^+, \dots, X_k^+\}$  : maksimum değerler,

$A^- = \{X_1^-, X_2^-, \dots, X_k^-\}$  : minimum değerler.

#### 4. Maksimum ideal noktaya uzaklık hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k k(x_{ij} - x_j^+)^2} \quad (6)$$

5. Minimum ideal noktaya uzaklık hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^+)^2} \quad (7)$$

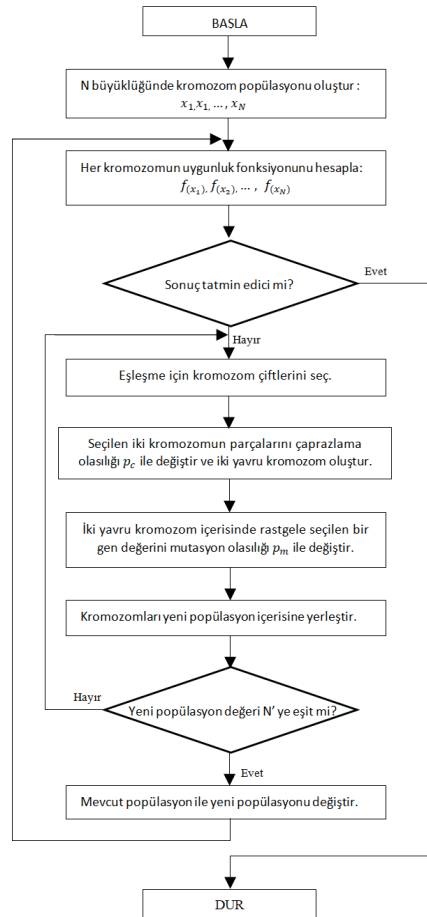
6. Her bir alternatifin göreceli puanı yakınlık katsayılarının hesaplanması ile bulunur.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad 1 \geq C_i \geq 0 \quad (8)$$

Elde edilen ( $C_i^+$ ) değerlerine göre alternatifler sıralanır. Değerler 0 ile 1 arasında hesaplanmış olur. En yüksek değere sahip alternatif en iyi olarak kabul edilir.

### 3.3. GENETİK ALGORİTMA

GA, ilk olarak 1970'li yıllarda John Holland ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda ortaya çıkmıştır (Holland, 1975). GA, evrimsel süreçlerden esinlenerek rastgele bir şekilde seçilen ebeveynler ve bireylerden yeni nesiller meydana gelmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde önceden belirlenmiş olan bir koşula göre yeni nesillerin devam edip en kötülerin elenmesiyle sürekli yeni bir nesil oluşturulma süreci tekrar edilmektedir (Dikmen ve ark., 2014). Şekil 2'de GA'nın temel çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 2. Genetik Algoritma Temel Çalışma Prensibi (Negnevitsky, 2006).

GA paralel olarak çalışan ve olasılık üzerine kurulu bir yöntem olup, tek bir çözüm üzerinde arama yapmak yerine problem uzayının birçok noktasında en uygun veya en uygun çözüme yaklaşık olan değerler üzerinde arama yapar (Dikmen ve ark., 2014).

### 3.3.1. Genetik Algoritma Etmenleri

GA'ya ait olan ve evrimsel süreçte önemli rol oynayan bazı etkenler bulunmaktadır. Bu etkenler arasında şunlar bulunmaktadır:

**Kromozom:** GA yönteminde problemin çözümü için oluşturulan ve bitlerle temsil edilen parçalardır.

**Topluluk:** Kromozomların oluşturduğu kümelere verilen isimdir. GA için problemin olası çözümlerinden oluşmaktadır.

**Çaprazlama:** Çaprazlama, bir kromozomun veya kromozomların programlanmasını bir nesilden diğerine değiştirmek için kullanılan genetik bir operatördür ve olası çözümlerin farklı bölümlerini birleştirerek daha iyi çözümlere ulaşmak amacıyla gerçekleştirilen bir işlemdir. GA için tek noktalı çaprazlama, çift noktalı çaprazlama ve düzgün çaprazlama gibi farklı tür çaprazlama yöntemleri bulunmaktadır.

**Mutasyon:** Çaprazlama işlemi mevcut gen potansiyelini araştırmayı sağlarken mutasyon işlemi GA için çeşitliliği sağlamayı amaçlamaktadır. Mutasyon işlemi oluşturulan yeni nesillerde genellikle 1 ve 0 sıfır değerlerini değiştirerek yeni nesillerin yerel minimum veya yerel maksimum noktalarına takılmasını önlemektedir.

## 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada önerilen karar modeli İzmir ilinde elektrik malzemeleri sektöründe faaliyet gösteren bir firma ile gerçekleştirilmiş olup, önerilen model maksimum faydayı esas alarak kısıtlı bir sürede siparişler arasından seçim yapabilme özelliğine sahiptir. Siparişlerin üretim süreleri ve teslim tarihlerinin de belirlendiği modeli oluşturmak için öncelikle müşterilerin profilleri çıkarılarak ağırlıklar bulunmuş olup sonraki aşamalarda müşteriler firma tarafından belirlenen kriterler açısından puanlanmış ve sıralanmıştır. Son olarak ise GA yöntemi ile en uygun siparişler belirlenmiştir.

### 4.1. MÜŞTERİLERİN DEĞERLENDİRME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Üretilecek siparişlerin seçiminde müşterilerin siparişinin ve müşterilerin kendisinin firma için ne kadar önemli olduğunu belirlemek karara etki edecek oldukça hassas bir konudur. Siparişlerin değerleri ise getirdikleri kâr oranlarıyla doğru orantılıdır. Ancak bir müşterinin değeri birden çok faktör altında belirlenmektedir. Bu faktörler müşteriye tam olarak temsil etmeli ve değerlendirme açısından anlaşılabilir olmalıdır. Çalışmada firma ile yapılan değerlendirme sonucunda ilgili kriterler; Müşterinin Saygınlığı (MS), Yıllık Kâr Getirisi (YKG), Çalışılan Süre (CS) ve Ödeme Vadesi (OV) olarak belirlenmiştir. Konuyla ilgili literatürdeki araştırmalar (Aktürk ve Gülseçen, 2017; Aktürk ve Gülseçen, 2018; Gharehgozli ve ark., 2008; Wei, 2010). sipariş kabulünü-reddini veya sıralamasını etkileyen önemli kriterleri müşteri, firma ve siparişe ilişkilendirerek belirlemişlerdir. Bu çalışmada belirlenen kriterler literatürle de örtüşmektedir. Firma müşterinin saygınlığını müşterinin talep oranına, müşterinin firma büyüklüğüne ve endüstrideki nüfuzuna dayalı olarak belirlemektedir (Kalantari, Rabbani ve Ebadian, 2011). Yıllık Kâr Getirisi (YKG) bir sipariş işletme açısından yeterli kâr getirisine sahipse kabul edilmekte olup oldukça önemlidir. Eğer bir sipariş yüksek kâr getirisine sahipse öncelik verilmelidir (Gharehgozli ve ark., 2008; Aktürk ve Gülseçen, 2017). Çalışılan süre kriterinde müşteri ile çalışılan yıl sayısı ifade edilmektedir (Gharehgozli ve ark., 2008; Aktürk ve Gülseçen, 2017; Aktürk ve Gülseçen, 2018; Wei, 2010). Ödeme vadesi ise işletme için siparişleri sıralamasında da önemli bir kriter olarak görülmektedir (Aktürk ve Gülseçen, 2018).

### 4.2. KRİTERLERİN ÖNEM DERECELERİNİN BELİRLENMESİ

Kriterlerin önem seviyelerini belirlemede T. Saaty tarafından geliştirilen ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP yönteminden yararlanılmıştır (Wind ve Saaty, 1980). Firma ile yapılan görüşmelerle belirlenen kriterler, Firma'nın Genel Müdürü tarafından ikili karşılaştırma ölçeğine göre derecelendirilmiştir. İkili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin önem dereceleri Tablo 3'te verilmiştir.



Tablo 3  
Kriterler ve Önem Dereceleri

KRİTERLER	MS	YKG	CS	OV	Önem Derecesi
MS	1	1/4	1/2	3	0.1431
YKG	4	1	2	9	0.5308
CS	2	1/2	1	5	0.2724
OV	1/3	1/9	1/5	1	0.0537
<b>Tutarlılık Oranı</b>		0.0629		<b>Toplam</b>	1.00

AHP Yönteminin uygulanmasından sonra tutarlılık değerini belirten CR=0.0629 olarak bulunmuş ve 0.10 değerinden küçük olduğu için kriterlerin önem derecelerinin tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

### 4.3. MÜŞTERİLERİN KRİTERLER ALTINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinden sonra göz önünde bulundurulması gereken kriterler için Genel Müdür tarafından her bir müşterinin bilgisi doldurulmuştur. YKG ve CS kriterleri doğrudan müşteri ile çalışılan toplam yıl ve müşteriye ait yıllık kâr getirisi bilgileri ile doldurulmuştur. MS ve OV kriterleri Genel Müdür tarafından 1 ile 10 arasında puanlanmıştır. Örneğin müşteriler birlikte çalışılan toplam yıl sayısı, ödeme şekli ve kurumsal olup olmaması gibi faktörler Genel Müdür tarafından göz önünde bulundurularak Genel Müdür'ün kanaatlerine göre iyi, orta ve kötü olarak düzenlenip, iyi olanlara 7-10, orta olanlara 4-7, kötü olanlara 1-4 arasında puanlar verilmiştir. Sıralamalarının yapılması aşamasında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS yönteminden faydalanılmıştır (Wei, 2010). Çalışmada TOPSIS yönteminde kullanılacak olan ağırlıklar AHP yöntemi ile elde edilerek kullanılmıştır. TOPSIS yöntemini uygulamak için 1 aylık süre içerisinde sipariş veren 10 müşteri kullanılmıştır. Kullanılan müşteri bilgileri ve puanlamalardan MS kriteri Tablo 4'te verilmiş olup, diğer kriterler Firmanın gizli kalmasını istediği bilgileri içerdikleri için sadece normalize edilmiş değerleri verilmiştir. Müşteri bilgileri ve puanlamaların geometrik ortalama yöntemiyle normalize edilmiş hali Tablo 5'te verilirken ağırlıklandırılmış normalize veriler ise Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 4  
TOPSIS Yönteminde müşteri bilgileri ve puanlamalardan MS kriteri değerleri

Kriterler / Müşteriler	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$
MS	10	6	4	5	5	7	9	3	8	8

Tablo 4'te de görüldüğü gibi MS kriteri değerlerini geometrik ortalama yöntemiyle normalize etmek için her bir MS değeri, tüm MS değerlerinin kareleri toplamının kareköküne bölünür.  $M_1$  örneği incelendiğinde; normalize değer

$$\frac{10}{\sqrt{10^2+6^2+4^2+5^2+5^2+7^2+9^2+3^2+8^2+8^2}} = 0.4618$$
 olarak elde edilmektedir. Bu işlem tüm müşteri değeri için ve kriter bazında uygulanarak Tablo 5 elde edilir.

Tablo 5  
TOPSIS Yönteminde Elde Edilen Normalize Edilmiş Matris

Müşteriler / Kriterler	MS	YKG	CS	OV
$M_1$	0.4618	0.3906	0.3747	0.4252
$M_2$	0.2771	0.2343	0.2676	0.3402
$M_3$	0.1847	0.0013	0.2676	0.1701
$M_4$	0.2309	0.0625	0.2676	0.2126
$M_5$	0.2309	0.0781	0.2676	0.2126
$M_6$	0.3232	0.2109	0.3747	0.4252
$M_7$	0.4156	0.3437	0.3747	0.4252
$M_8$	0.1385	0.0656	0.1071	0.2126
$M_9$	0.3694	0.4531	0.3747	0.2977
$M_{10}$	0.3694	0.6406	0.3747	0.2977

Tablo 6  
TOPSIS Yönteminde Elde Edilen Ağırlıklandırılmış Matris

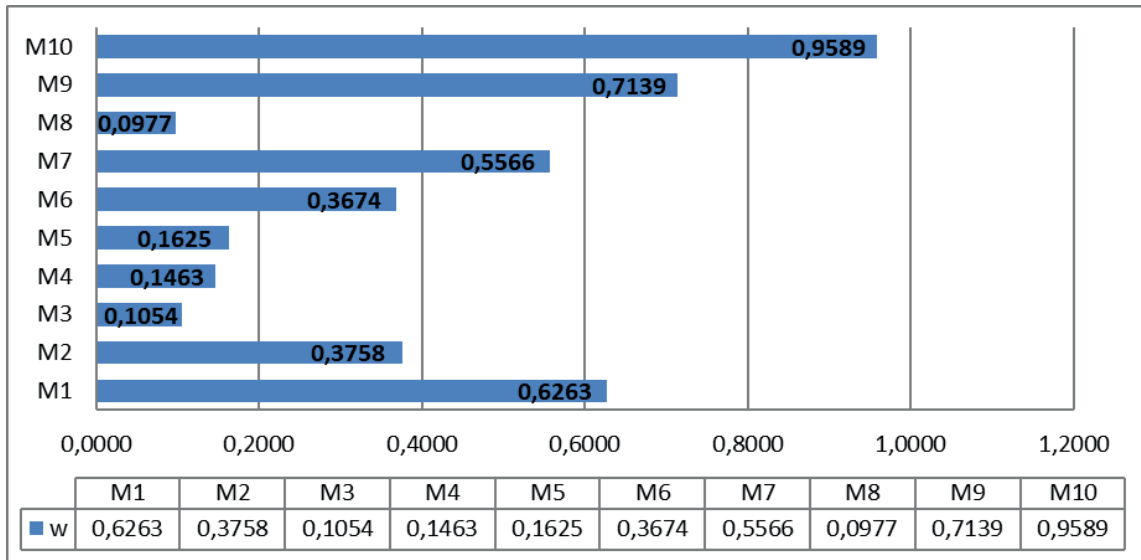
AĞIRLIKLAR	0.1431	0.5308	0.2724	0.0537
Müşteriler / Kriterler	MS	YKG	CS	OV
$M_1$	0.0676	0.2125	0.0953	0.0235
$M_2$	0.0406	0.1275	0.0681	0.0188
$M_3$	0.0270	0.0007	0.0681	0.0094
$M_4$	0.0338	0.0340	0.0681	0.0117
$M_5$	0.0338	0.0425	0.0681	0.0117
$M_6$	0.0473	0.1147	0.0953	0.0235
$M_7$	0.0609	0.1870	0.0953	0.0235
$M_8$	0.0203	0.0357	0.0272	0.0117
$M_9$	0.0541	0.2465	0.0953	0.0164
$M_{10}$	0.0541	0.3485	0.0953	0.0164

Yöntemde elde edilen ideal uzaklık değerleri sırasıyla,  $A^+$  ve  $A^-$  aşağıda gösterilmiştir.

$$A^+ = \{0.1360; 0.2243; 0.3515; 0.3177; 0.3093; 0.2346; 0.1616; 0.3238; 0.1031; 0.0152\}$$

$$A^- = \{0.2279; 0.1351; 0.0414; 0.0545; 0.0600; 0.1363; 0.2029; 0.03507; 0.2574; 0.3561\}$$

TOPSIS yöntemi sonucunda müşteriler sıralanmış ve 0-1 aralığında değerleri elde edilmiştir. Bu değerler üzerinde normalizasyon işlemi yapıp siparişlerin sıralanmasında kullanılmıştır. Müşterilerin sıralamaları Şekil 6'da görülürken normalize edilmiş ağırlıklar ise Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Alternatif Müşterilerin Sıralama Değerleri

Tablo 7

*Müşterilerin Normalize Edilmiş Ağırlıkları*

Alternatifler	Ağırlık	Sıralama
$M_{10}$	0.2333	1
$M_9$	0.1737	2
$M_1$	0.1523	3
$M_7$	0.1354	4
$M_2$	0.0914	5
$M_6$	0.0894	6
$M_5$	0.0395	7
$M_4$	0.0356	8
$M_3$	0.0256	9
$M_8$	0.0238	10
TOPLAM	1.00	

Tablo 7’de de görüldüğü gibi en iyi alternatif olarak 10 numaralı müşterinin belirlendiği görülmektedir. Tablo 7’de elde edilen normalize edilmiş ağırlıklar siparişlerin belirlenmesi için oluşturulacak matematiksel model içinde kullanılmıştır.

#### 4.5. MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞTURULMASI

Müşterilerin önem dereceleri ve ağırlıkları AHP ve TOPSIS yöntemleri ile belirlendikten sonra sipariş seçim ve sıralama işlemi için ise diğer parametrelerin belirlenip matematiksel modelin kurulması gerekmektedir. Oluşturulacak modelde firmanın 1 aylık süre içindeki siparişleri ve siparişleri veren müşterileri göz önünde bulundurulmuştur. Fabrikada ürünlerle ilgili 3 otomasyon makinesi olmakla beraber her ürünün üretim sürelerinin aynı (60sn) olduğu belirlenmiştir. Matematiksel modelde sıralama için gerekli diğer parametreler, Aktürk ve Gülseçen’in çalışmalarında belirlediği parametrelere benzer olarak seçilmiştir (Aktürk ve Gülseçen (2017)). Matematiksel modelde kullanılacak diğer parametreler ise şu şekildedir:

**Toplam üretim kapasitesi (TUK):** Üretim kapasitesi fabrikanın aylık maksimum kaç gün çalışabildiği (GS), makine sayısı (MS) ve her bir makinenin günlük çalışma süresi (CS) kullanılarak Denklem (9)’daki gibi belirlenmiştir. Toplam üretim kapasitesi daha sonra GA için bir kısıt olarak kullanılacaktır.

$$TUK = MS * CS * GS \quad (9)$$

**Toplam sipariş süresi (TS<sub>i</sub>):** Toplam sipariş süresi her bir siparişin birim miktarlarının üretildiği sürelerin toplamı olup, her bir sipariş için ayrı ayrı işlem yapılarak hesaplanmaktadır. Siparişlerin tamamı firmanın ürettiği 3 ürün çeşidi için verilmiştir.  $U_j$ , j ürününün, Müşteri ( $M_i$ )’e ait sipariş içindeki j ürünü miktarını ve  $US_j$  ise j ürününün birim miktarının üretim süresini (sn) ifade etmektedir. Toplam sipariş süresi Denklem (10) ile hesaplanmaktadır.

$$TS_i = \sum_{j=1}^m (U_j) * (US_j) \quad (10)$$

**Toplam kâr oranı (TKO<sub>i</sub>):** Toplam kâr oranı, her bir siparişi oluşturan ürün miktarlarının ( $U_j$ ), o ürüne ait birim kâr oranıyla ( $KO_j$ ) çarpılıp, siparişin dk cinsinden toplam üretim süresine ( $TS_i$ ) bölünmesiyle elde edilmekte olup Denklem (11)’de görülmektedir. Bir sipariştan elde edilecek kâr’ın, ne kadar önemli olduğu, sadece miktarıyla değil fabrika’nın kaynaklarını ne kadar kullandığıyla da ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan ürünlerin üretim süreleri aynı olup kâr oranları farklı olduğu için siparişlerden edilecek kârların ağırlıklarını daha isabetli tespit etmek amacıyla, toplam siparişlerden birim zamanda elde edilen kâr oranı baz alınmıştır. Farklı durumlar için farklı şekilde kâr oranı hesapları kullanılabilir.

$$TKO_i = \sum_{j=1}^n \frac{(U_j * KO_j)}{TS_i} \quad (11)$$

**Müşteri ağırlığı ( $M_j$ ):** Müşteri ağırlığı, daha önce TOPSIS yönteminden elde edilmiş olan ağırlıklardır.

**Sipariş kriter ağırlığı (SW) ve Müşteri kriter ağırlığı (MW):** Sipariş kriter ağırlığı ve müşteri kriter ağırlığı amaç fonksiyonu hesaplanırken sipariştten elde edilecek kâr ve müşterilerin hesaplanan ağırlıklarının amaç fonksiyonuna ne kadar etkileri olacağını temsil etmektedir. Firma ağırlıklar toplamını 1 olacak şekilde  $SW=0.3$  ve  $MW=0.7$  olarak belirlemiştir. Dolayısıyla siparişin değil siparişi veren müşterinin önemi daha çok ön planda tutulmuştur.

**Amaç fonksiyonu ( $f_i$ ):** Amaç fonksiyonu belirlenen parametrelerin ağırlıklı toplamı olmaktadır. Her bir siparişin hesaplanmasında kullanılacak olan amaç fonksiyonu Denklem (12)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$f_i = (SW * TKO_i) + (MW * M_i) \quad (12)$$

Siparişlerin hangi sırayla üretilmesi gerektiği problemi, herhangi bir süre veya kapasite kısıtı olmadığı durumlarda amaç fonksiyonu olan  $f_i$  yardımıyla doğrusal olarak hesaplanıp en yüksek değere sahip sipariştten en küçük değere sahip siparişe doğru sıralama yapılarak çözülebilmektedir. Teslim tarihi problemi ise üretim sürelerine göre hesaplanıp en yüksek değere sahip sipariş sıralaması yapılarak üretim sürelerine göre belirlenebilmektedir. Ortaya çıkan sonuçlara göre teslim tarihlerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Tablo 8'de bu çalışmadaki problemin kısıtlı kapasite altında olunmayan koşullardaki çözüm sonucu gösterilmektedir.

Tablo 8  
Sipariş Sıralamaları

Siparişler	Önem Sırası ( $f_i$ )	$TS_i$ (dk)	Süre (Gün)
S10	0.0155	9000	6
S9	0.0114	8500	11
S7	0.0102	6000	15
S1	0.0090	8000	20
S6	0.0062	5000	23
S2	0.0046	3000	25
S8	0.0017	1500	26
S5	0.0017	1500	27
S4	0.0015	1500	28
S3	0.0011	500	29
<b>TOPLAM</b>		44500	29

Tablo 8'de siparişlerin önemine göre sıralaması, üretim süresi  $TS_i$  (dk) ve yaklaşık kaç gün sonra teslim edilebileceği gösterilmektedir. Ancak bu hesaplama kısıtlı bir kapasite sınırı altında olunmayan koşula göre hesaplanıp gösterilmiştir. İlgili fabrika ayda 24 gün üretim yapabildiğinden aylık üretim süresi aşılmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında bu çalışmada, ilgili problemin kısıtlı koşullar altındaki duruma göre çözümünün gerçekleştirilmesi gerekmekte olup kısıtlı optimizasyonu gerçekleştirmek için GA kullanılmıştır.

#### 4.6. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Problemin belirli bir kapasite veya süre sınırı altında çözümünü GA ile gerçekleştirilmiştir. Problem yapısı itibarıyla literatürdeki NP-Hard türünden olan sırt çantası (0-1 knapsack) problemine benzerlik göstermekte olup çözüm için ilgili problem dikkate alınmıştır. Sırt çantası probleminde n adet madde ve bu maddelere ait ağırlık ve değerler vardır. Mevcut maddelerden her birinin çantaya konulması veya konulmaması olarak yalnızca iki seçenek bulunur. Çantanın belirli bir kapasite sınırı koşulu altında belirtilen ikili durum için maddenin alınması 1, alınmaması ise 0 olarak tanımlanır. Problemdeki amaç, kapasite kısıtı sağlanırken aynı zamanda faydayı maksimize edecek şekilde maddelerin seçilmesidir. Tablo 9'da ilgili probleme ilişkin bir örnek yer alırken, Denklem (13)'te ise bu örnek problemin amaç fonksiyonu bulunmaktadır.

Tablo 9  
0-1 Sırt Çantası Problemi Örneği

Nesneler (n)	Ağırlık ( $W_i$ )	Değer ( $V_i$ )
$n_1$	10kg	40 TL
$n_2$	20kg	10 TL
$n_3$	5kg	50 TL
$n_4$	30kg	13 TL
$n_5$	15kg	20 TL
Maksimum Kapasite (W)	60kg	

$$\text{Amaç Fonksiyonu} = \max \sum_{i=1}^n v_i * x_i \quad (13)$$

$$\text{Kapasite Kısıtı} = \sum_i w_i * x_i \leq W, \quad x_i \in \{0,1\} \quad (14)$$

Tablo 9’da verilen değerlere sahip örnek problemin amaç fonksiyonu Denklem (13)’te görülmekte olup, bu çalışmada için sipariş seçim problemi de sırt çantası problemine benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada, fabrikanın aldığı siparişler arasında hem en yüksek toplam faydayı sağlayacak hem de kapasiteyi aşmayacak şekilde en uygun seçim yapılması amaçlanmaktadır. Buna göre bir sipariş için seçilme veya seçilmeme durumu söz konusudur. Seçilen siparişler kapasite sınırını aşmamalı aynı zamanda da toplam değeri maksimize edecek siparişler olmalıdır. Fabrikanın tüm kapasitesi olabildiğince kullanılmalı fakat aynı zamanda da en yüksek fayda sağlanmalıdır. İlgili en optimum parametreleri belirtilen kısıtlar dahilinde hesaplamak için GA kullanılmıştır. Denklem (12) temel alınarak oluşturulan amaç fonksiyonunun sipariş seçimi de dâhil edilmiş hali Denklem (15)’te yer alırken, ilgili kısıtlar ise Denklem (16)’da bulunmaktadır.

$$f_i = \max \sum_{i=1}^n (SW * TKO_i + MW * M_i) * x_i \quad (15)$$

**Kısıt:**

$$\sum_i TS_i * x_i \leq TUK, \quad x_i \in \{0,1\} \quad (16)$$

Denklem (15)’te  $x_i$  sipariş seçimini ifade etmekte olup eğer  $i$  nolu sipariş seçilmişse 1 değerini; seçilmemişse ise 0 değerini almaktadır. Bu çalışma için belirtilen probleme ait parametre değerleri Tablo 10’da görülmektedir.

Tablo 10  
Problemin Parametre Değerleri

Siparişler	Süre (dk)	Değer ( $f_i$ )
S1	8000	0.0090
S2	3000	0.0046
S3	500	0.0011
S4	1500	0.0015
S5	1500	0.0017
S6	5000	0.0062
S7	6000	0.0102
S8	1500	0.0017
S9	8500	0.0114
S10	9000	0.0155
<b>Toplam</b>	44500	0.0627
<b>Kapasite</b>	38800	

Tablo 10’da her bir siparişe ait üretim süreleri ve her bir siparişin üretilmesinin firmaya hem kârlılık hem de müşteri memnuniyeti açısından getireceği toplam fayda değerleri gösterilmektedir. İlgili değerler amaç fonksiyonu ile hesaplanan ve GA için kullanılacak olan değerlerdir. Siparişler için gereken toplam süre 44500 dk ve fabrikanın üretim kapasitesi 38800 dk’dır. Verilen tüm siparişlerin bu süre içerisinde yetiştirilmesi mümkün olmamakla birlikte tüm siparişlerin kabulünde ise firma teslim tarihini aşarak müşteri kaybına uğramaktadır. Bu sebeple optimizasyon ilgili problem için önemlidir.

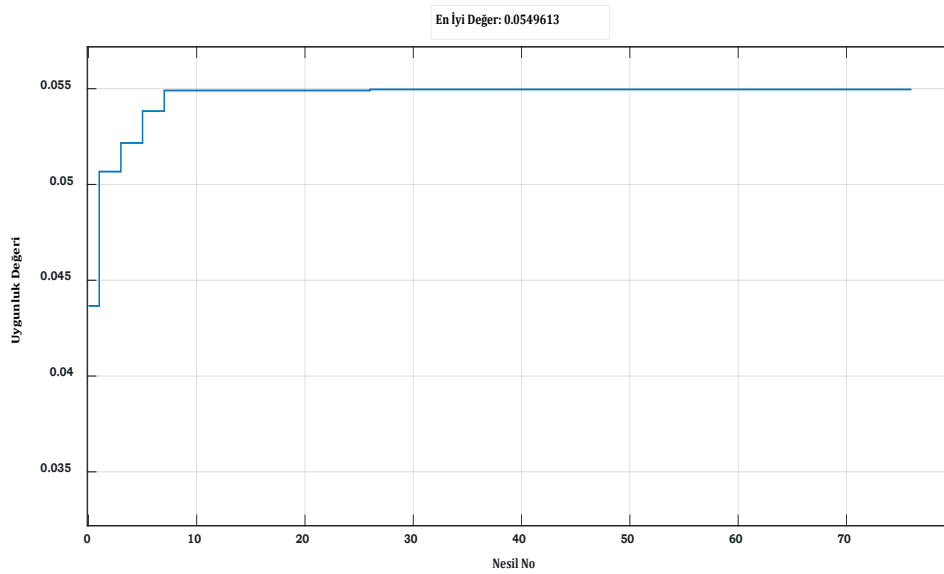
#### 4.7. PROBLEMİN GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

Bu çalışmada belirtilen probleminin çözümü için GA kullanılmış olup geliştirme ortamı olarak Matlab R2017b programından yararlanılmıştır. Denklem (15) ile belirtilen amaç fonksiyonunu optimize etmek için kullanılan GA parametreleri Tablo 11’de görülmektedir. Parametreler belirlenirken (Hassanat ve ark., 2019) ve (Panchal ve Panchal, 2015). çalışmaları ile birlikte önerilen matematiksel problemin yapısı da dikkate alınmıştır. Şekil 7’de görülen uygunluk değerleri belirli bir nesilden sonra iyileşmenin gerçekleşmediğini göstermekte olup parametrelerin yeterli olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 11  
Genetik Algoritma Parametreleri

Parametreler	Değerler
Popülasyon boyutu	10
Nesil sayısı	100
Popülasyon tipi	Bit
Çaprazlama fonksiyonu	Dağınk
Seçim fonksiyonu	Rulet
Mutasyon oranı	0.1
Çaprazlama oranı	0.8

Problemin çözümü için uygun olan parametre ayarları belirlendikten sonra optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 7’de GA için nesiller ve uygunluk değerleri gösterilmiştir.



Şekil 7. Genetik Algoritma için Nesiller ve Uygunluk Değerleri

Şekil 7’de de görüldüğü gibi GA düşük bir nesil sayısı ile maksimizasyonu gerçekleştirebilmiş olup en iyi değeri 0.0550 olarak elde etmiştir. Algoritmanın seçtiği siparişler, seçilen siparişlerin toplam faydası ve kullandığı kapasite Tablo 12’de gösterilmektedir.

Tablo 12  
Sipariş Seçimi

Siparişler	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Değerler	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Kapasite						38500				
Fayda						0.0550				

Tablo 12’de gösterilen 0 değerleri seçilmesi önerilmeyen, toplam faydayı düşürecek ve kapasiteyi işgal edecek siparişleri göstermektedir. 1 değerleri ise öncelikli olarak üretilmesi önerilen siparişleri göstermektedir. Kapasite ise seçilen siparişlerin toplam kapasite kullanımını göstermektedir. Algoritma kapasitenin neredeyse tamamını kullanırken elde edilecek faydayı da maksimize etmektedir. Siparişlerin seçimi yapıldıktan sonra seçilen siparişlerin sıralaması Tablo 13’te görülmektedir.

Tablo 13  
Sipariş Sıralaması

Siparişler	Önem Sırası ( $f_i$ )	$TS_i$ (dk)	Süre (gün)
S10	0.0155	9000	6
S9	0.0114	8500	11
S7	0.0102	6000	15
S1	0.0090	8000	20
S6	0.0062	5000	23
S8	0.0017	1500	24
S3	0.0011	500	24
<b>TOPLAM</b>		38500	24

Tablo 13'te siparişlerin önem sırasına göre üretilmesine bağlı kalınarak, her bir siparişin yaklaşık olarak kaç gün sonra teslim edilebileceği görülmektedir. Örneğin, S10 siparişinin üretimi 6 gün sonra tamamlanırken, S3 siparişi ise 24 gün sonra tamamlanmaktadır. Fabrika ayda 24 gün üretim yapabilmektedir. Dolayısıyla seçilen tüm siparişler 1 ay içinde üretilmiş olacak şekilde seçilmektedir. Bu çalışmada 1 ay içinde talep edilen sipariş teklifleri ve siparişleri veren müşteriler göz önünde bulundurulmuştur. Daha uzun süreçler veya daha fazla talebin olduğu durumlarda seçenekler çoğalıp, problem daha karmaşık bir hal alacaktır. Böyle bir durumda, kurulan modelin sezgisel bir algoritmanın gücünden yararlanması sebebiyle gayet hızlı ve makul çözümleri sunacağı düşünülebilir. Ayrıca kısıtlı bir süre için gelen tekliflerin daha hızlı değerlendirilip teslim tarihi verilmesine fayda sağlayacağı da düşünülmektedir.

## 5. SONUÇ

Teslim tarihine ve siparişlerin hangi sırayla üretilmesine karar vermek işletmeler için önemli ve karmaşık süreçlerdir. Özellikle siparişe göre üretim yapılıyorsa siparişlerin bölünme ihtimali yoktur. Bir sipariş ya tamamen üretilmeli yada üretilmemelidir. Dolayısıyla, siparişler bir bütünü oluşturan farklı büyüklükte ve farklı değerlere sahip parçalar olarak ele alınmaktadır. Bu durumda sipariş sayısının fazlalığı getireceği Kâr miktarını temsil etmemektedir. Aksine fazla miktarda olması işletmenin kaynaklarını meşgul edeceğinden diğer sipariş üretim seçeneklerine engel olmaktadır. Bu çalışmada ele alınan problemde ürünlerin üretim süreleri eşit ancak kâr oranları farklıdır. Sipariş seçimine ayrıca müşterinin profili de etki etmektedir. Sürekli çalışılan, Kâr getirisi yüksek ve diğer belirlenen özelliklerde olan bir müşteriye ait siparişin üretimde öncelikli olması gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı çalışmada, tüm bu farklı kriterler arasında bir denge kurularak sipariş üzerine üretim yapan işletmelerin karar sürecine destek olacak bütünlük bir karar modeli önerilmiştir. İlgili model dört aşamadan oluşmakta olup; ilk aşamada kriterler ve kriterlerin ağırlıkları, firma ile yüz yüze görüşülerek AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Daha sonra bu kriter ağırlıkları kullanılarak hangi müşterinin işletme için ne kadar önemli olduğu TOPSIS yöntemiyle sıralama yapılarak belirlenmiştir. Sonraki aşamada firmanın kapasitesi, ürünlerden elde edeceği kâr oranları gibi bilgiler ilgili firmadan alınarak matematiksel modelin kurulması gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise GA kullanılarak siparişlerin seçim işlemi ve sıralaması gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, kısıtlı bir kapasite altında toplam faydayı maksimize edecek siparişleri göstermektedir. Seçilmemesi önerilen siparişler ise işletmedeki karar vericiler için bir fikir oluşturmakta ve o siparişlerin seçilmesinin toplam faydayı azaltacağını göstermektedir.

Literatürde, özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda sipariş sıralaması ve teslim tarihi problemlerinin NP-Hard türünden zor problemler olduğu ve sezgisel optimizasyon algoritmaları ile çözümlenmesinin gerekliliği vurgulanmıştır (Triki, Piya ve Fu, 2020; Bektur, 2021; Demir ve ark., 2021). Bahsedilen çalışmalar genellikle verisetlerini kullanmışlardır. Fakat gerçek hayat problemlerinde bu denli iyi tasarlanmamış karmaşık durumlara karşılaşılabilmektedir. Bu sebeple problem çözümünde gerçek işletmelerden yararlanmak uygulama aşamasında gerçeği daha çok yansıtmaktadır. Bunun yanında, ilgili çalışmalarda müşterilerin memnuniyetleri dikkate alınmayıp çoğu çalışmada herhangi bir kısıtta çözüme dâhil edilmemiştir. Hem müşteri memnuniyetlerinin hem de karlılığın kısıtlı bir kapasite ve süre altında değerlendirilerek çözümünün sezgisel algoritma kullanılarak gerçekleştirilmesi açısından çalışma literatürdeki diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Ayrıca araştırmacılara farklı bir bakış açısı sunmaktadır.

Siparişlerin teslim tarihi problemleriyle ilgili literatürde yer alan çalışmaların neredeyse tamamı sayısal analizler ve formülizasyon çalışmalarından oluşmaktadır. Aktürk ve Gülseçen ise sipariş sıralamasının gerçekleştirilmesi aşamasında sadece mevcut siparişlerin getireceği en yüksek kâr miktarının değil müşteri memnuniyetinin de dikkate alınarak uzun vadede kârlılığın artırılması gerektiği fikrini sunmuşlardır. Yapılan çalışma bu açıdan Aktürk ve Gülseçen'in çalışmasına benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada, kısıtlı bir kapasite ve bölünmez siparişlerin olduğu durumlarda işletmelerin nasıl makul ve hızlı bir şekilde karar verebileceklerine dair bir çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Önerilen modelde, GA hızlı ve makul çözümler üretebilmiştir. Sonraki çalışmalarda yalnızca üretim süreleri değil, hammaddenin de kısıtlı olduğu daha karmaşık durumlar üzerinde çalışmalar yapılabilir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Çalışma Konsepti/Tasarım-A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Veri Toplama-A.C.; Veri Analizi/Yorumlama- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Yazı Taslağı- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Son Onay ve Sorumluluk- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Data Acquisition-A.C.; Data Analysis/Interpretation- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Drafting Manuscript- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Critical Revision of Manuscript- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.; Final Approval and Accountability- A.C., M.Ş.Ç.,İ.P., Ö.Ç.B.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar/References

- Aktürk, C. (2019). Lojistik maliyetlere göre teslim tarihi belirleme ve bir karar modeli önerisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 1–7.
- Aktürk, C. ve Gülseçen, S. (2017). Teslim tarihi problemi ve inovatif bir karar modeli önerisi. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 119-103.
- Aktürk, C. ve Gülseçen, S. (2018). Sipariş teslim tarihi problemi için çok kriterli ve çok yöntemli karar destek sistemi önerisi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 29(84) 65–78.
- Arıbaşı, M. ve Özcan, U. (2016). Akademik araştırma projelerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi, *Politeknik Dergisi*, 19(2),163–173.
- Azamathulla, H. M., Wu, F. C., Ghani, A. Ab., Narulkar, S. M., Zakaria, N. A., & Chang C. K. (2008). Comparison between genetic algorithm and linear programming approach for real time operation. *Journal of Hydro-environment Research*, 2(3), 172–181.
- Baker, K. R., & Bertrand, J. W. (1981a). A comparison of due date selection rules, *AIIE Transactions*, 13(2), 123-131.
- Baker, K. R., & Bertrand, J. W. (1981b). An investigation of due-date assignment rules with constrained tightness, *Journal of Operations Management*, 1(3), 109-120.
- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2015). Trading off due-date tightness and job tardiness in a basic scheduling model, *Journal of Scheduling*, 18(3), 305-309.
- Bektur, G. (2021). Enerji etkin ve sıra bağımlı hazırlık süreli tek makine çizelgeleme problemi için tavlama benzetimi algoritması tabanlı hibrit sezgisel çözüm önerisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(1), 407-420.
- Bertrand, J. W. (1983). The effect of workload dependent due dates on job shop performance, *Management Science*, 29(7), 799-816.
- Binay, S., Aygüneş, H., Çetin, A., Oral, H., Güneri, A. F. ve Dalgıç, N. (2001). *Yöneylem Araştırması*, Ankara: Kâra Harp Okulu Basımevi.
- Conway, R. W., Maxwell W. L., & Miller L. W. (1967). *Theory of scheduling*, Courier Corporation.
- Demir, H. I., Phanden, R. K., Kökçam, A., Erkeyman, B., & Erden, C. (2021). Hybrid evolutionary strategy and simulated annealing algorithms for integrated process planning, scheduling and due-date assignment problem, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 86-91.
- Dikmen H., Dikmen H., Elbir, A., Ekşi, Z. ve Çelik, F. (2014). Gezin satıcı probleminin karınca kolonisi ve genetik algoritmalarla eniyilemesi ve karşılaştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 13-8.
- Duenyas, I. (1995). Single facility due date setting with multiple customer classes, *Management Science*, 41(4), 608-619.
- Easton, F. F., & Moodie, D. R. (1999). Pricing and lead time decisions for make-to-order firms with contingent orders, *European Journal of operational research*, 116(2), 305-318.
- Elgün, M. N. ve Aşkoğlu, N. O. (2016). Lojistik köy kuruluş yeri seçiminde TOPSIS yöntemiyle merkezlerin değerlendirilmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 161-170.
- Gharehgozli, A. H., Rabbani, M., Zaerpour, S., & Razmi J. (2008). A comprehensive decision-making structure for acceptance/rejection of incoming orders in make-to-order environments, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(9-10), 1016–1032.



- Günay, Z. ve Ünal, Ö. (2016). AHP-TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi (Bir telekomünikasyon şirketi örneği), *PESA Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 53-37.
- Hassanat, A., Almohammadi, K., Alkafaween, E., Abunawas, E., Hammouri, A., & Prasath, V. B. (2019). Choosing mutation and crossover ratios for genetic algorithms - a review with a new dynamic approach, *Information*, 10(12), 390.
- Holland, J. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*, AnnArbor: University of Michigan Press.
- Kalantari, M., Rabbani, M., & Ebadian, M. (2011). A decision support system for order acceptance/rejection in hybrid MTS/MTO production systems, *Applied Mathematical Modelling*, 35(3), 1363-1377.
- Keskinocak, P., Ravi, R., & Tayur, S. (2001). Scheduling and reliable lead-time quotation for orders with availability intervals and lead-time sensitive revenues, *Management Science*, 47(2), 264-279.
- Lewis, H. F., & Slotnick, S. A. (2002). Multi-period job selection: planning work loads to maximize profit, *Computers & Operations Research*, 29(8), 1081-1098.
- Lu, L., Liu, Z., & Qi, X. (2013). Coordinated price quotation and production scheduling for uncertain order inquiries, *IIE transactions*, 45(12), 1293-1308.
- Negnevitsky, M. (2006). *Artificial Intelligence: A guide to intelligent systems*(2<sup>th</sup> ed.), Pearson Education.
- Oğuz, C., Salman, F. S., & Yalçın, Z. B. (2010). Order acceptance and scheduling decisions in make-to-order systems, *International Journal of Production Economics*, 125(1), 200–211.
- Panchal, G., & Panchal, D. (2015). Solving NP hard problems using genetic algorithm, *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 6(2), 1824-1827.
- Philipoom, P. R., & Fry, T. D. (1992). Capacity-based order review/release strategies to improve manufacturing performance,” *The International Journal Of Production Research*, 30(11), 2559-2572.
- Pibernik R., & Yadav, P. (2008). Dynamic capacity reservation and due date quoting in a make-to-order system, *Naval Research Logistics*, 55, 593-611.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making: Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors-the analytic hierarchy/network process, *Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics*, 102(2), 251-318.
- Saaty, T. L., & Özdemir, M. S. (2003). Why the magic number seven plus or minus two, *Mathematical and Computer Modeling*, 38, 233-244.
- Senju, S., & Toyoda, Y. (1968). An approach to linear programming with 0-1 variables, *Management Science*, 15(4), 196-207.
- Serin, H. ve Şahin, Y. (2020). Mersin ilindeki küçük ve orta ölçekli mobilya işletmelerinde hammadde sorunu üzerine bir araştırma, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 30(11), 258-263.
- Shabtay, D., Steiner, G., & Zhang, R. (2016). Optimal coordination of resource allocation, due date assignment and scheduling decisions, *Omega*, 65, 41-54.
- Supçiller, A. ve Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması, *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, 13, 1-22.
- Triki, C., Piya, S., & Fu, L. L. (2020). Integrating production scheduling and transportation procurement through combinatorial auctions, *Networks*, 76(2), 147-163.
- Vig, M. M., & Dooley, K. J. (1991). Dynamic rules for due-date assignment, *International Journal of Production Research*, 29(7), 1361-1377.
- Villarinho, P. A., Panadero, J., Pessoa, L. S., Juan, A. A., & Oliveira, F. L. C. (2021). A simheuristic algorithm for the stochastic permutation flow-shop problem with delivery dates and cumulative payoffs, *International Transactions in Operational Research*, 28(2), 716-737.
- Viloria, A., Varela, N., Herazo-Beltran, C., Lezama, O. B. P., Mercado, A., Ventura, J. M., & Palma, H. H. (2021). *Genetic system for project support with the sequencing problem*, In *Proceedings of International Conference on Recent Trends in Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications*, 977-983, Singapore: Springer.
- Wardlaw, R., & Bhaktikul, K. (2004). Comparison of genetic algorithm and linear programming approaches for lateral canal scheduling, *Journal of irrigation and drainage engineering*, 130(4), 311-317.
- Weeks, J. K. (1979). A simulation study of predictable due-dates, *Management Science*, 25(4), 363-373.
- Wei, J. (2010). TOPSIS method for multiple attribute decision making with incomplete weight information in linguistic setting, *Journal of Convergence Information Technology*, 5(10), 181-187.
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing application of the analytic hierarchy process, *Management Science*, 26(7), 641-658.
- Yağmur, E., & Kesen, S. E. (2020). A memetic algorithm for joint production and distribution scheduling with due dates, *Computers & Industrial Engineering*, 142, 106-342.

