



## Veri Analizi ve Optimizasyon Yöntemleri Kullanılarak Tam Zamanında Yaklaşımının Ağ Tasarım Modeline Uygulanması

Beren GÜR SOY<sup>1\*</sup>, Selin SONER KARA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Trabzon

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul

### Özet

Günümüzde tedarik zinciri ağının tasarımı ve yönetimi işletmelerin rekabet avantajını sağlamaları açısından oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Tedarik zinciri ağının verimli ve hızlı cevap verebilir şekilde tasarlanması işletmeleri rakipleri arasında ön plana çıkaran bir faktördür. Tedarik zinciri ağ tasarımı bu özellikleri sağlayabilmek için çeşitli stratejiler kullanılmaktadır. Bu stratejilerden birisi de çoğunlukla üretim faaliyetlerinde kullanılan "Just-in-Time (Tam Zamanında)" yaklaşımıdır. Yalın üretim sisteminin bir parçası olan Tam Zamanında yaklaşımı, tedarik zincirinde "Tam Zamanında Dağıtım" olarak benimsenmektedir. Tam zamanında dağıtım da önemli olan tedarik zinciri içinde fazla maliyet oluşturmadan doğru kalitedeki ürünün, doğru müşteriye tam zamanında ulaştırılmasını sağlamaktır. Bu çalışmada da iki farklı kalitedeki hammaddeden elde edilen ürünlerin tam zamanında dağıtımını gerçekleştirecek bir tedarik zinciri ağının tasarımı yapılmaktadır. Bu amaçla çok aşamalı karma tamsayı optimizasyon modeli oluşturulmuş ve GAMS programı kullanılarak çözümlenmiştir. Modelde kullanılan veri setinin Arena Input Analyzer programı ile dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Ayrıca K-Ortalamlar Algoritması kullanılarak perakendeciler birbirlerine olan uzaklıklarına ve talep miktarlarına göre kümelendirilmiştir. Bu analizde amaç elde edilen kümelerin kendi içinde benzerliklerinin maksimum, diğer kümelere olan benzerliklerinin ise minimum yapılmasıdır. Yapılan kümelendirme analizi sonucunda ise belirlenen dağıtım merkezi yerleri optimizasyon modelinin sonuçları ile karşılaştırılarak modelin etkinliği vurgulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı, Tam Zamanında Teslimat, K-Ortalamlar Algoritması, Optimizasyon Modeli

### Application of Just-in-Time Approach to Network Design Model Using Data Analysis and Optimization Methods

#### Abstract

Nowadays, the design and management of the supply chain network have become a very important issue for businesses to gain a competitive advantage. Designing the supply chain network efficiently and responsively is a factor that brings businesses to the forefront among their competitors. Various strategies are used to provide these features in supply chain network design. One of these strategies is the "Just-in-Time" approach, which is mostly used in production activities. The Just In Time approach, which is a part of the lean manufacturing system, is adopted as "Just In Time Delivery" in the supply chain.

\* e-posta: berengursoy@ktu.edu.tr

\*\*Bu çalışmanın bir kısmı IV. International Conference on Data Science and Applications (ICONDATA) 2021'de sözlü olarak sunulmuştur.

On-time distribution is also important to ensure that the right quality product is delivered to the right customer on time without creating too much cost in the supply chain. In this study, a supply chain network is designed that will deliver the products obtained from two different quality raw materials on time. For this purpose, a multi-stage mixed-integer optimization model has been created and analyzed using the GAMS program. The compatibility of the data set used in the model to the distribution was tested with the Arena Input Analyzer program. In addition, retailers have been clustered according to their distance from each other and the amount of demand using the K-Means Algorithm. The purpose of this analysis is to make the similarities of the obtained clusters to the maximum and the similarities to the other clusters to be minimum. As a result of the clustering analysis, the distribution center locations determined are compared with the results of the optimization model, and the effectiveness of the model is emphasized.

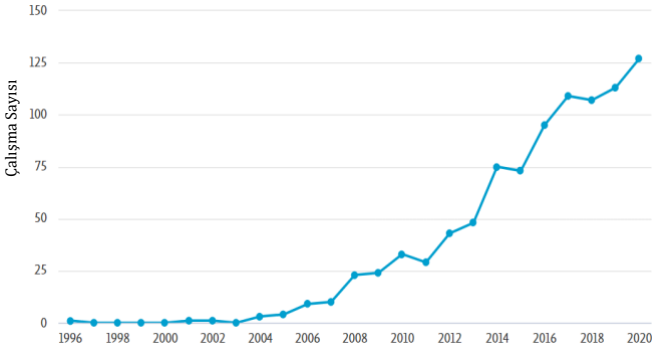
**Keywords:** Supply Chain Network Design, Just-in-Time Delivery, K-Means Algorithm, Optimization Model

## 1 Giriş

Tedarik zinciri sistemi, müşteri isteklerinin karşılanması için tedarikçilerin, üreticilerin, dağıtım merkezlerinin ve perakendecilerin birbirleri ile ilişkili süreçler içinde bulunduğu bir ağdan oluşmaktadır. 1980'lerin başında bu ağ üzerinden rekabet avantajı sağlamak isteyen şirketler "Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY)" kavramını ortaya çıkartmıştır [1]. Böylece TZY özellikle ticaretin küreselleşmesi ile birlikte rekabet avantajı sağlamak ve zaman ile hizmet kalitesi hedeflerine ulaşmak isteyen bütün şirketler için stratejik bir konu haline gelmiştir [2]. Giderek artan küreselleşme ve rekabet ise işletmeleri birden fazla şirketin yer aldığı tedarik zinciri yönetim yapısını daha verimli tasarlamaya yöneltmiştir [3]. Bu amaçla tesislerin sayısını, kapasitesini, yerini, tedarik zinciri şirketleri arasındaki gönderim miktarlarını belirlemek için tedarik zinciri ağ tasarımı problemleri oluşturulmaktadır [4]. Bu problemlerde şirketlerin amaçları tedarik zinciri ağı için oldukça önemlidir. Çünkü belirlenen amaçlara göre tedarik zinciri ağı ve ele alınan problemin parametreleri de değişiklik göstermektedir. Genellikle maliyetleri azaltmak ya da karı arttırmak olarak belirlenen amaçlar günümüzde rekabetin artması ile müşteri memnuniyetini arttırmak üzerinde farklılaşmaktadır. Bu amaçla çeşitli stratejik konular tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerine entegre edilmeye başlamıştır. Bu konulardan birisi de 1950'ler üretim sistemlerini yalınlaştırmak üzerine ortaya çıkan "Tam Zamanında (Just-in-Time)" anlayışıdır. Bu anlayışla üretimde yaşanan israfların ortadan kaldırılarak sistemin tam zamanında üretim yapması sağlanmaktadır. Bu anlayışın tedarik zinciri ağının tüm aşamalarına entegre edilmesiyle israfların ve maliyetlerin

azaltılarak müşteri memnuniyetinin artırılması amaçlanmaktadır. Şekil 1'de gösterildiği gibi tedarik zinciri ağ tasarımı problemleri konusunda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Giderek artan bu çalışmalar içerisinde ise tedarik zincirine "Tam Zamanında" anlayışının entegre edildiği çalışma sayısı ise oldukça azdır. Bu konuda yapılan çalışmaları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz; Memari, Ahmad ve Hassan [6] tam zamanında lojistik problemini çözmek için karma tamsayılı doğrusal optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde tam zamanında teslimatı sağlarken toplam lojistik maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanmaktadır. Çalışmada müşteri talebi ve tedarikçi kapasitelerindeki belirsizlik bulanık sayılarla ele alınmaktadır. Önerilen modelin çözümü için Parçacık sürü optimizasyonu ve Harmoni Arama Algoritması kullanılmaktadır. Yang, Ho ve Kao [7] çalışmalarında belirsiz teslim süresi ve kusurlu kalite kısıtları altında çok aşamalı tam zamanında envanter modelini geliştirmişlerdir. Geliştirilen model Karınca Kolonisi Algoritması ile çözümlenerek Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritması ile karşılaştırılmıştır. Ghasimi ve Ghodsi [8] çalışmalarında tam zamanında dağıtım gerçekleştiren tedarik zincirinde bozulabilir ürünler için üç yeni stok kontrol modeli sunmaktadır. Sunulan modellerde tedarik zincirinin toplam maliyetini minimize etmek amaçlanmaktadır. Bu modellerin çözümü için de Genetik Algoritma ve CPLEX programı kullanılmaktadır. Farahani ve Elahipanah [9] tam zamanında dağıtım yapan tedarik zinciri ağı için iki amaçlı karma tamsayılı matematiksel model oluşturmuşlardır. Birinci amaç toplam tedarik zinciri maliyetlerini minimize etmek iken ikinci amaç zincirdeki stok ve yoksatma miktarını minimize ederek tam zamanında dağıtımı

gerçekleştirmektir. Modelin çözümü için de hibrit bir genetik algoritma uygulanmıştır. Wang ve Sarker [10] ise Tam Zamanında anlayışı ile dağıtım yapan çok aşamalı bir tedarik zinciri sistemini incelemişlerdir. Bu tedarik zinciri sistemi, tam zamanında dağıtım politikası açısından karma tamsayı doğrusal olmayan programlama modeli ile formüle edilmiştir. Modelde amaç Kanban sayısı, parti büyüklüğü, parti sayısı ve toplam tedarik zinciri maliyetini minimize etmektir. Çözüm yöntemi olarak ise dal-sınır algoritması ve geliştirilen sezgisel yöntem kullanılmaktadır. Wang, Fung ve Chai [11] sınırlı tedarik kapasitesi altında tam zamanında bir dağıtım ağı sistemi önermektedir. Önerilen modelin amacı, toplam üretim ve taşıma maliyetlerinin yanı sıra, sınırlı depo kapasitesi altındaki perakendeci gereksinimlerinin karşılanmasında gecikme cezasını minimize etmektir. Model, matematiksel çıkarım kullanılarak doğrusal programlama problemine çevrilerek çözülebilmektedir.



Şekil 1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarım Çalışmalarının Yıllara Göre Sayısı[5]

Memari, Ahmad ve Rahim [12] tam zamanında teslimatı sağlarken çevresel faktörlere önem veren karma tamsayı doğrusal programlama modeli önermektedir. Önerilen iki amaçlı modelde; birinci amaç ürün teslim zamanını, ikinci amaç ise bütün tedarik ağında toplam karbon emisyonunu minimize etmektir. Çalışmada teslimat sayısını ve teslim zamanını azaltmanın çevreye olan etkisi incelenmektedir. Modeli çözüm içinde genetik algortma yöntemi kullanılmıştır.

Literatürde yer alan bu çalışmalara katkı sağlamak ve literatürdeki eksiklikleri tamamlamak amacıyla bu çalışmada da çok aşamalı ve çok periyotlu tedarik zinciri için ağ tasarımı modeli önerilmiştir. Bu modelde işletmenin, farklı kalitedeki hammadde temini ile elde ettiği ürünleri tam zamanında teslim etmesi için gerekli olan dağıtım merkezlerinin seçimi yapılarak, tedarik zinciri ağı tasarlanmaktadır. Bunun yanı sıra tercih edilen

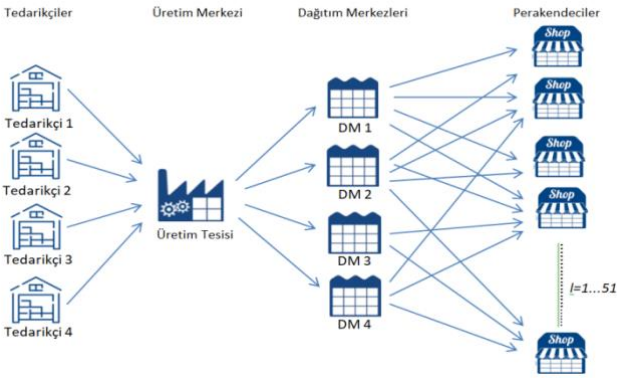
dağıtım merkezleri yeri K-Ortalamlar Algoritması kullanılarak model sonuçları ile de karşılaştırılmaktadır. K-Ortalamlar Algoritması 1967'de Mac Queen tarafından geliştirilen ve birçok alanda sıklıkla kullanılan bölümleyici kümeleme yöntemidir [13]. Bu algoritma fazla bilgi miktarına sahip olan veri setlerini gruplandırmak ve verilerdeki önemli bilgileri ortaya koymak için kullanılan önemli yöntemlerden birisidir. Kümelendirme işleminin sonucunda elde edilen kümeler içinde bulunan verilerin birbirleri ile maksimum benzerlik; farklı kümelere bulunan verilerle ise maksimum farklılık göstermesi beklenmektedir [14]. K-Ortalamlar Algoritması birçok alanda kullanıldığı için bu konuda yapılan çalışmaların sayısı 30 bini aşmaktadır. Bu çalışmada da uygulanabilirliği kolay ve büyük veri setlerinde hızlı cevap verebilir olması nedeniyle önerilen modelin etkinliğini ölçmek için kullanılmaktadır.

Çalışmanın bölümleri şu şekilde devam etmektedir. İkinci bölümünde problemin tanımı, kabulleri ve kurulan matematiksel modelin formülasyonu açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde karma tamsayı matematiksel model için kullanılacak verilerin analizler ve model çözümünün sonuçları yer almaktadır. Dördüncü bölümde K-ortalamlar Algoritmasının adımları ve uygulama sonuçları anlatılmaktadır. Son bölümde ise yapılan uygulamalar karşılaştırılarak çalışmada sunulan konunun sonuçlarına ve gelecek çalışmalar için önerilere yer verilmektedir.

## 2 Problemin Tanımlanması

Çalışmada ele alınan problem bir fındık işleme tesisinin tam zamanında teslimat gerçekleştirecek şekilde tedarik zinciri ağının tasarlanması için gerekli olan dağıtım merkezlerinin seçimidir. İşletmenin tedarik zinciri ağı Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu ağda işletme üretilen fındık ezmesi ürünü için 4 adet tedarikçiden 2 farklı kalitede hammadde temin etmektedir. Temin edilen hammaddeler tesiste kalitesine göre yeniden işlenmektedir. Bu işlem üretici için kalite maliyeti ve ek işlem süresi oluşturmaktadır. Bu nedenle üretici firma hammadde kalitesinin yaratmış olduğu satın alma maliyetleri ile kalite maliyetleri arasında ikilem yaşamaktadır. Ayrıca oluşan ek işlem süresi de ürünün perakendeciye erken ya da geç teslimine etki etmektedir. Üretimden sonra ürünler 51 adet perakendecinin talebini zamanında karşılamak için açılması planlanan 4 alternatif dağıtım merkezine direk

kanallarla ulaştırılmaktadır. Tedarik ağı boyunca tedarikçi, üretici, dağıtım merkezi ve perakendecilerde kapasite kısıtlıdır. Perakendeci ve dağıtım merkezlerinin ilk ve son dönem stokları bulunmamaktadır. Perakendecilerin satışı ilk taleplerin karşılanması ile başlamakta ve planlanan 4 dönem boyunca bütün talepler karşılanmaktadır. Tedarikçi, üretici ve perakendecilerin konumları belirlidir. Ürünler yeterli kapasitedeki kamyonlarla ve tek tip taşıma modu ile taşınmaktadır. Tedarikçi, üretici ve dağıtım merkezi arasındaki teslim süreleri, üretim ve ek işlem süreleri belirlidir. Problemin çözümü için önerilen karma tamsayılı matematiksel modelde amaç toplam tedarik zinciri maliyetini minimize etmektir.



Şekil 2. Tedarik Zinciri Ağ Yapısı

## 2.1 Model Formülasyonu

Bu bölümde önerilen karma tamsayılı modelin formülasyonu yer almaktadır.

### Notasyonlar

$i$ : Tedarikçiler	$i=\{1,2,\dots,I\}$
$j$ : Üreticiler	$j=\{1,2,\dots,J\}$
$k$ : Dağıtım merkezi	$k=\{1,2,\dots,K\}$
$l$ : Perakendeciler	$l=\{1,2,\dots,L\}$
$q$ : Kalite Düzeyi	$q=\{1,2,\dots,Q\}$
$p$ : Periyot	$p=\{1,2,\dots,P\}$

### Karar Değişkenleri

$X_{ijqp}$ : $i$ . tedarikçiden $j$ . üreticiye $q$ . kalitedeki hammaddenin $p$ . periyotta taşınan miktarı
$Y_{jkp}$ : $j$ . üreticiden $k$ . dağıtım merkezine $p$ . periyotta taşınan ürün miktarı
$Z_{klp}$ : $k$ . dağıtım merkezinden $l$ . perakendeciye $p$ . periyotta taşınan ürün miktarı
$R_{jqp}$ : $j$ . üreticinin $q$ . kalitedeki hammaddeyi $p$ . periyotta yeniden işleme miktarı

$TS_{klp}$ :  $k$ . dağıtım merkezinden  $l$ . perakendeciye  $p$ . periyotta ürünün taşıma süresi

$YM_{lp}$ :  $l$ . perakendecinin  $p$ . periyotta yoksatma miktarı

$S^1_{kp}$ :  $k$ . dağıtım merkezinin  $p$ . periyottaki stok miktarı

$S^2_{lp}$ :  $l$ . perakendecinin. periyotta stok miktarı

$O_{kp}$ : dağıtım merkezi açılırsa 1; aksi halde 0

$W_{klp}$ : dağıtım merkezi perakendeciye hizmet verirse 1; aksi halde 0

$Y1_{lp}$ : Perakendecide yoksatma oluşursa 1; aksi halde 0

### Parametreler

$C^1_{ijqp}$ :  $i$ . tedarikçiden  $j$ . üreticiye  $q$ . kalitedeki hammaddenin  $p$ . periyotta taşıma maliyeti

$C^2_{jkp}$ :  $j$ . üreticiden  $k$ . dağıtım merkezine  $p$ . periyotta taşınan ürünün taşıma maliyeti

$C^3_{klp}$ :  $k$ . dağıtım merkezinden  $l$ . perakendeciye  $p$ . periyotta taşınan ürünün taşıma maliyeti

$K^1_{iqp}$ :  $i$ . tedarikçinin  $q$ . kalitedeki hammaddenin  $p$ . periyottaki kapasitesi

$K^2_{jp}$ :  $j$ . üreticinin  $p$ . periyottaki ürün kapasitesi

$K^3_{kp}$ :  $k$ . dağıtım merkezinin  $p$ . periyottaki stok kapasitesi

$D_{lp}$ :  $l$ . perakendecinin  $p$ . periyottaki talebi

$P_{iqp}$ :  $i$ . tedarikçinin  $q$ . kalitedeki hammaddeyi  $p$ . periyotta satın alma maliyeti

$RQ_q$ :  $q$ . kalitedeki hammaddenin yeniden işleme oranı

$I^1_{kp}$ :  $k$ . dağıtım merkezinin  $p$ . periyotta stok tutma maliyeti

$I^2_{lp}$ :  $l$ . perakendecinin  $p$ . periyotta stok tutma maliyeti

$B_{lp}$ :  $l$ . perakendecinin  $p$ . periyotta yoksatma ceza maliyeti

$OC_{kp}$ :  $k$ . dağıtım merkezinin açılma sabit maliyeti

$U_{jp}$ :  $j$ . üreticinin  $p$ . periyotta üretim maliyeti

$YN_{jqp}$ :  $j$ . üreticinin  $q$ . kalitedeki hammaddeyi  $p$ . periyotta yeniden işleme maliyeti

$T^1_{ijp}$ :  $i$ . tedarikçiden  $j$ . üreticiye  $p$ . periyotta hammaddenin temin süresi

$T^2_{jp}$ :  $j$ . üreticinin  $p$ . periyotta üretim süresi

$T^3_{jqp}$ :  $j$ . üreticinin  $q$ . kalitedeki hammaddeyi  $p$ . periyotta yeniden işleme süresi

$T^4_{jkp}$ : j. üreticinin k. dağıtım merkezine p. periyotta ürünü temin süresi

$T^5_{klp}$ : k. dağıtım merkezinden l. perakendeciye p. periyotta maksimum taşıma süresi

$T^6_{klp}$ : k. dağıtım merkezinden l. perakendeciye p. periyotta minimum taşıma süresi

$T^7_{lp}$ : l. perakendeciye p. periyotta toplam tedarik zamanı

$$\begin{aligned} \text{Min ZET} = & \sum_i \sum_j \sum_q \sum_p Xijqp C^1_{ijqp} \\ & + \sum_j \sum_k \sum_p Yjpk C^2_{jkp} \\ & + \sum_k \sum_l \sum_p Zklp C^3_{klp} \\ & + \sum_j \sum_k \sum_p Yjpk Ujpk \\ & + \sum_j \sum_q \sum_p YNjqp Rjqp \\ & + \sum_k \sum_p OCkp Okp \\ & + \sum_i \sum_j \sum_q \sum_p Xijqp Piqp \\ & + \sum_k \sum_p I^1_{kp} S^1_{kp} + \sum_l \sum_p I^2_{lp} S^2_{lp} \\ & + \sum_l \sum_p Blp YMLp \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_j Xijqp \leq K^1_{iqp} \quad \forall_{i,q,p} \quad (2)$$

$$\sum_k Yjpk \leq K^2_{jp} \quad \forall_{j,p} \quad (3)$$

$$\sum_l Zklp \leq K^3_{kp} Okp \quad \forall_{k,p} \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_q Xijqp = \sum_k Yjpk \quad \forall_{j,p} \quad (5)$$

$$\sum_j Yjpk + S^1_{kp-1} = \sum_l Zklp + S^1_{kp} \quad \forall_{k,p} \quad (6)$$

$$\sum_k Zklp + S^2_{lp-1} = D_{lp} + S^2_{lp} + YML_{p-1} + YML_p \quad \forall_{l,p} \quad (7)$$

$$RQq \sum_i Xijqp = Rjqp \quad \forall_{j,q,p} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_j T^1_{ijp} + \sum_j T^2_{jp} + \sum_j \sum_q T^3_{jqp} + \sum_k T^4_{jkp} \\ + \sum_k TSkp = T^7_{lp} \quad \forall_{l,p} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\sum_k Okp \leq 4 \quad \forall_p \quad (10)$$

$$Wklp \leq Okp \quad \forall_{k,l,p} \quad (11)$$

$$TSklp \leq T^5_{klp} Wklp \quad \forall_{k,l,p} \quad (12)$$

$$TSklp - T^5_{klp} \leq Y1_{lp} * M \quad \forall_{k,l,p} \quad (13)$$

$$YMLp \geq Y1_{lp} \quad \forall_{l,p} \quad (14)$$

$$TSklp \geq T^6_{klp} Wklp \quad \forall_{k,l,p} \quad (15)$$

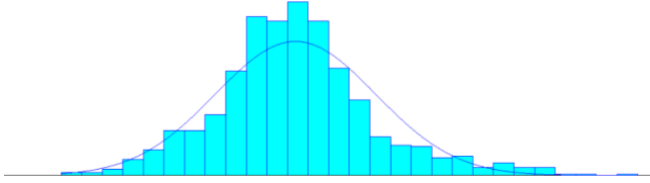
$$\begin{aligned} Xijqp, Yjpk, Zklp, Rjqp, S^1_{kp}, YMLp, TSkp \\ \geq 0 \text{ integer } \forall_{i,j,k,l,q,p} \end{aligned} \quad (16)$$

$$Okp, Wklp, Y1_{lp} \in \{0,1\} \quad (17)$$

Burada Denklem (1) amaç fonksiyonunu ifade etmektedir. Bu denklemde aşamalar arası taşımaların maliyetlerinin, satınalma maliyetlerinin, üretim ve kalite maliyetlerinin, açılan dağıtım merkezinin sabit maliyetlerinin, stok ve yoksatma maliyetlerinin minimum yapılması amaçlanmıştır. Denklem (2) tedarikçi, Denklem (3) üretici, Denklem (4) ise dağıtım merkezi için gönderilen ürünlerin aşamaların kapasitesini aşmamasını sağlamaktadır. Denklem (5) üreticilere gelen ürün miktarının giden ürün miktarına eşit olmasını sağlayan denge kısıtıdır. Denklem (6) ve Denklem (7) dağıtım merkezi ve perakendecilere gelen ürünler ile giden ürünlerin erken ya da geç gelmesini engelleyen ve tam zamanında teslimatı sağlayan denge kısıtıdır. Denklem (8) hammadde kalitesine göre üreticiye gelen hammaddenin yeniden işleme miktarını vermektedir. Denklem (9) dağıtım merkezinden perakendecilere gerçekleşen teslimatın süresini belirlemektedir. Denklem (10) her periyotta maksimum 4 dağıtım merkezinin açılmasını sağlarken Denklem (11) her perakendecinin açık olan dağıtım merkezinden hizmet almasını sağlamaktadır. Denklem (12) dağıtım merkezinden perakendeciye gerçekleşen teslimatın maksimum süreyi aşmamasını sağlayan kısıttır. Denklem (13) ve Denklem (14) ürünün teslim zamanının maksimum teslim süresini aştığı durumlarda perakendecide yoksatma durumunun gerçekleşmesini sağlamaktadır. Denklem (14) ise dağıtım merkezinden perakendeciye gerçekleşen teslimatın minimum süreden önce gelmesini engellemektedir. Denklem (16) modeldeki değişkenlerin pozitif olmasını, Denklem (17) ise tam sayılı değişkenlerin 0 ya da 1 değerlerini almasını sağlamaktadır.

### 3 Veri Analizleri ve Model Sonuçları

Önerilen model için işletmenin son 5 yıllık talep verileri Arena Input Analyzer programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizde yapılan Ki-kare testi sonucunda elde bulunan verilerin normal dağılıma uygunluğu Şekil 3'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 3. Talep Verilerinin Dağılım Analizi

Tablo 1'de ise analiz sonucunda veri setinden elde edilen ortalama, standart sapma, verilerin maksimum ve minimum değerleri yer almaktadır.

Tablo1. Veri Değerleri Tablosu

<b>Ortalama Değer</b>	3883
<b>Standart Sapma</b>	595
<b>Minimum Değer</b>	2143
<b>Maksimum Değer</b>	6413

Tabloda yer alan ortalama ve standart sapma değerleri işletmenin son dönemlerdeki talep verilerini oluşturmak için kullanılmıştır. Bu talep verileri ile önerilen model GAMS Distribution 23.5 programında ve 2.50 GHz işlemci ve 16 GB RAM içeren bir bilgisayarda çözümlenmiştir. Tablo 2' de model sonucunun istatistik verileri yer almaktadır.

Tablo 2. Model İstatistikleri

<b>Amaç Fonksiyonu</b>	56803738.4 TL
<b>Çözüm Süresi</b>	0,016 sn
<b>Sürekli Değişken Sayısı</b>	2945
<b>Kısıt Sayısı</b>	3808
<b>Kesikli Değişken Sayısı</b>	832
<b>İterasyon Sayısı</b>	3376

Modelin çözümüne göre 4 adet alternatif dağıtım merkezinden 1,2 ve 4 nolu dağıtım merkezleri açılmıştır. Açılan dağıtım merkezlerinin hizmet verdiği perakendeciler ve perakendecilerin toplam talepleri Tablo 3'de gösterilmektedir. Ayrıca model sonucunda ürünlerin üretimi için kullanılan hammaddenin %54'ü birinci kalite hammadde, %46'sının ise ikinci kalite hammadde olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar kaliteli hammadde temininin tam zamanında dağıtım için daha uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Açılan Dağıtım Merkezlerinin Hizmet Verdiği Perakendeciler

Perakendeci	Dağıtım Merkezi			
	1	2	3	4
1		15813	-	
2		15637	-	
3		15734	-	
4		15502	-	
5	15401		-	
6		15456	-	
7		15407	-	
8		15254	-	
9		15663	-	
10		15647	-	
11		15721	-	
12		15419	-	
13		15729	-	
14		15696	-	
15	15771		-	
16	15461		-	
17	15436		-	
18	15565		-	
19		15438	-	
20		15551	-	
21		15752	-	
22		15587	-	
23		15698	-	
24		15573	-	
25		15190	-	
26			-	15634
27			-	15328
28			-	15359
29			-	15648
30			-	15383
31			-	15733
32			-	15708
33			-	15346
34			-	15390
35			-	15532
36			-	15579
37			-	15508

38		15244	-	
39			-	15885
40			-	15742
41			-	15696
42			-	15499
43			-	15247
44		15546	-	
45		15670	-	
46		15492	-	
47		15414	-	
48		15493	-	
49		15496	-	
50		15236	-	
51		15562	-	

#### 4 K-Ortalama Algoritmasının Uygulanması

K-ortalama Algoritması, 50 yıldan daha fazla süredir en sık kullanılan bölümlenici yöntemlerden birisidir. Bu yöntem nesne sınıflandırma, görüntü bölümlenme, veri madenciliği, makine öğrenmesi gibi bilişim uygulamaları yanı sıra iktisat, pazarlama ve mühendislik araştırmaları gibi hemen her alanda kullanılmaktadır. K-ortalama algoritması aşağıda verilen fonksiyonu minimize etmeyi amaçlamaktadır [15];

$$JKO(X; V) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k D_{ij}^2 \quad (1)$$

Burada  $k$  küme sayısını,  $n$  nesne sayısını,  $D_{ij}$ , nesnelere ile küme merkezleri arasındaki uzaklık ölçüsünü ifade etmektedir. K-ortalama algoritması aşağıdaki adımlar ile uygulanmaktadır:

Adım 1:  $k$  adet küme merkezi,  $X$  veri setinden rastgele olarak seçilir.

Adım 2: Veri noktaları ile küme merkezleri arasındaki uzaklıklar hesaplanır. Burada uzaklık normu olarak genellikle Öklid uzaklıkları kullanılmaktadır.

Adım 3: Veri noktaları kendilerine en küçük uzaklığa sahip olan merkezlere ait kümelere atanır.

Adım 4: Küme merkezleri Denklem (2) ile yeniden hesaplanır:

$$v_j = \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}/n_j; \quad 1 \leq j \leq k \quad (2)$$

Adım 5: Kümede değişiklik gösteren veri noktaları yoksa ya da birbirini takip eden iki adımda hata karelerindeki artma miktarı tanımlanmış bir

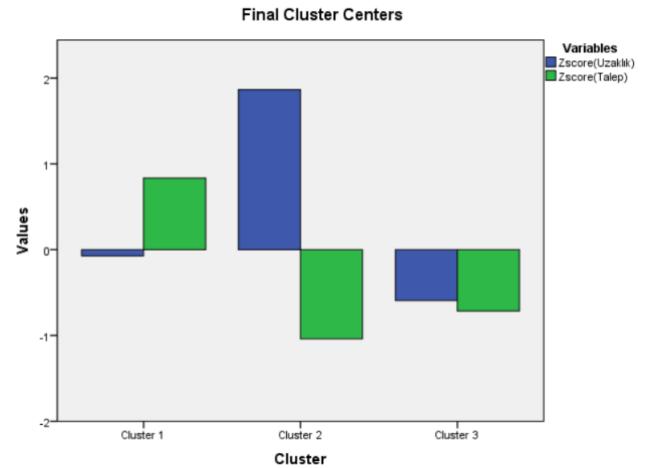
yaklaşma değerine eşit veya küçükse kümeleme analizi sona erdirilir, değilse 2. adıma geri dönülerek işlemler yeniden yapılır.

Çalışma kapsamında 51 adet perakendeci talep ve dağıtım merkezlerine uzaklıklarına göre 3 adet kümeye bölümlendirilmiştir. Veri setine SPSS programı kullanılarak 2.50 GHz işlemci ve 16 GB RAM içeren bir bilgisayarda K-Ortalama algoritması yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda Tablo 4'de gösterilen ANOVA testinde Sigma değerinin 0.05'ten küçük olması uzaklık ve talep değişkenlerinin yapılan kümeleme analizi için anlamlı değişkenler olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. ANOVA Testi

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Zscore(Uzaklık)	15,592	2	,392	48	39,778	,000
Zscore(Talep)	17,332	2	,320	48	54,246	,000

Kümelendirme analizi sonucunda Şekil 4'te verilen grafik veri noktalarının hangi değişkene önem verilerek atandıklarını göstermektedir. Küme 1 ve Küme 3 için talep değişkeni ön planda tutulurken küme 2 için uzaklık değişkeni ön planda tutulmuştur.



Şekil 4. Kümelendirme Analizi

Veri setine uygulanan K-ortalama algoritması sonucunda 51 adet perakendeci 3 kümede gruplandırılmıştır. Perakendecilerin hangi kümeye atandıkları Tablo 5'de gösterilmektedir. Burada kümelerin toplam uzaklıkları karşılaştırılarak hangi dağıtım merkezine ait olduğu hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar 1. kümenin 1. dağıtım merkezini, 2. kümenin 4. Dağıtım merkezini, 3. kümenin ise 2. dağıtım merkezini ifade ettiğini göstermektedir.

Tablo 5. Kümelere Atanan Perakendeciler

Perakendeciler	Kümeler		
	1	2	3
1	15813		
2	15637		
3	15734		
4			15502
5			15401
6			15456
7			15407
8			15254
9	15663		
10	15647		
11	15721		
12			15419
13	15729		
14	15696		
15	15771		
16			15461
17			15436
18	15565		
19			15438
20			15551
21	15752		
22	15587		
23	15698		
24	15573		
25			15190
26	15634		
27		15328	
28		15359	
29	15648		
30		15383	
31	15733		
32	15708		
33		15346	
34		15390	
35	15532		
36	15579		
37			15508
38			15244
39	15885		
40	15742		
41	15696		

42		15499	
43		15247	
44	15546		
45	15670		
46			15492
47			15414
48			15493
49			15496
50			15236
51			15562

## 5 Sonuçlar

Bu çalışma ile tedarik zinciri ağ tasarım problemlerine tam zamanında anlayışı entegre edilerek günümüz rekabet ortamında işletmelere avantaj sağlama olanağı sunulmaktadır. Önerilen model ile fındık işleme tesisinin tam zamanında teslimat gerçekleştirmek isteyen tedarik zinciri sistemi için tedarik zinciri ağ tasarım problemi çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçlar işletmeye istenen talebi istenilen zamanda ve doğru kalitede karşılamak için dağıtım merkezi yeri seçeneği göstermektedir. Bu çalışma ile hammadde kalitesinin tam zamanında tedarik zincirine etkisi de görülmektedir. Model sonuçları satın alma maliyeti yüksek olsa bile birinci kalite hammaddenin daha çok tercih edilmesi ile kalite maliyetlerinden kurtularak tam zamanında teslimat yapıldığını göstermektedir. Ayrıca uygulanan K-Ortalamlar Algoritma ile modelin dağıtım merkezi yeri seçimindeki etkinliği de ölçülmektedir. K-ortalamlar algoritması sonuçları ile model sonuçları karşılaştırıldığında açılan dağıtım merkezi yerinin aynı olduğu fakat dağıtım merkezlerine atanan perakendecilerin farklı olduğu görülmektedir. Modelde 2. ve 4. dağıtım merkezine yoğunluk varken K-Ortalamlar algoritmasında 1. dağıtım merkezine yoğunluk olduğu söylenebilir. Bunun nedeni ise modelde bulunan diğer değişkenlerin sonuçları etkilemesi olarak açıklanabilir.

Gelecek araştırmalar için makalede önerilen modele belirsiz değişkenler eklenerek model gerçek hayat problemlerine daha çok yaklaştırılabilir. Bu belirsizlikleri ortadan kaldırmak içinse çeşitli stokastik ve sezgisel yöntemler kullanılabilir. Modelde tek bir amaç yerine birden fazla amaç oluşturulup hedef programlama yöntemleri gibi çeşitli yöntemler ile çözümlenebilir. Ayrıca modelin etkinliğini ölçmek



için çeşitli yöntemler kullanılarak karşılaştırma yapılabilir.

### Kaynaklar

- [1] Govindan K., Fattahi M., Keyvanshokoo E., “ Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions” European Journal of Operational Research Vol. 263 pp. 108–141, 2017.
- [2] Eskandarpour M., Dejax P., Miemczyk J., Péton O., “Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review”, Omega 54, 11–32, 2015.
- [3] Özceylan E., Tedarik Zinciri Yönetiminde Üretim/Dağıtım Ağlarının Tasarımına Yeni Model Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2010.
- [4] Alglawe A., Schiffauerova A., Kuzgunkaya O. and Shiboub I., “Supply chain network design based on cost of quality and quality level analysis” The TQM Journal Vol. 31 No. 3, pp. 467-490, 2019.
- [5] <https://www.scopus.com/term/analyzer>
- [6] Memari A., Ahmad R., Rahim A., Hassan A., “ Optimizing a Just-in-Time Logistics Network Problem Under Fuzzy Supply and Demand: Two Parameter-Tuned Metaheuristics Algorithm”, Neural Comput & Applic, 30: 3221-3233, 2017.
- [7] Yang M., Lin Y., Ho L.H., Kao W.F., “ An Integrated Multiechelon Logistics Model with Uncertain Delivery Lead Time and Quality Unreliability”, Mathematical Problems in Engineering, Volume 2016, ss 13.
- [8] Ghasimi S.A., Ghodsi R., “ Improvement and Solving Three New Supply Chain Inventory Control Models for Perishable Items Using Just-in-time Logistic”, 11th International Conference on Computer Modelling and Simulation, 2009.
- [9] Farahani R.Z., Elahipanah M., “ A Genetic Algorithm to Optimize the Total Cost and Service Level for Just-in-time Distribution in a Supply Chain”, International Journal of Production Economics, 111, ss229-243, 2008.
- [10] Wang S., Sarker B.R., “ Optimal Models for a Multi-stage Supply Chain System Controlled by Kanban Under Just-in-time Philosophy”, European Journal of Operational Research, 172, ss 179-200, 2006.
- [11] Wang W., Fung R.Y.K., Chai Y., “ Approach of Just-in-time Distribution Requirements Planning for Supply Chain Management”, International Journal of Production Economics, 91, ss 101-107, 2004.
- [12] Memari A., Ahmad R., Rahim A., “ Multi-objective Genetic Algorithm in Green Just-in-Time Logistics”, 2014.
- [13] Khan S.S., Ahmad A., Cluster Center Initialization Algorithm for K-means Clustering, Pattern recognition letters, 25 (11), 1293-1302, 2004.
- [14] Çınaroğlu S., Bulut H., “K-ortalamlar ve Parçacık Sürü Optimizasyonu Tabanlı Kümeleme Algoritmaları için Yeni İklendirme Yaklaşımları”, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 33:2 , 413-422, 2018.
- [15] Cebeci Z., Yıldız F., Kayaalp G., “K-Ortalamlar Kümesinde Optimum K Değeri Seçilmesi” 2. Ulusal Yönetim Bilişim Sistemleri Kongresi, Erzurum, s. 231-242, 2015