



Analysis of two stage supply chain coordination under fuzzy demand

Hülya Torun^{1*}, Gülçin Canbulut²

¹Erciyes University, Industrial Engineering Department, Talas, Kayseri, 38039, Turkey

²Nuh Naci Yazgan University, Industrial Engineering Department, Erkilet, Kayseri, 38030, Turkey

Highlights:

- Analysis of two-stage supply chain coordination problem under fuzzy environment
- Determination of generalized closed form solutions for fuzzy cases of centralized and decentralized supply chain models
- Performance comparison of centralized and decentralized supply chain models

Keywords:

- Fuzzy demand,
- supply chain,
- coordination,
- optimization,
- modeling

Article Info:

Research Article
Received: 08.01.2018
Accepted: 28.05.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460528

Acknowledgement:

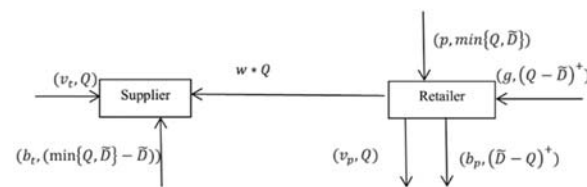
This work was supported by Research Fund of the Erciyes University. Project Number: FDK-2017-7394.

Correspondence:

Author: Hülya TORUN
e-mail:
hbehret@erciyes.edu.tr
phone: +90 352 207 6666

Graphical/Tabular Abstract

In a two-stage supply chain structure, each member of the supply chain such as supplier and retailer will have different objectives to optimize their individual performance. Thus coordination between the supply chain members is essential. According to this coordination, supply chains are classified into centralized and decentralized supply chains. Supply chain models may include large numbers of uncertainty types that must be overcome, and it is even more difficult to coordinate the supply chain members under such circumstances. This study proposes generalized closed-form solutions of optimal order quantity and supply chain members profit functions for the centralized and decentralized supply chain models when the demand parameter is a fuzzy variable.



w	Wholesale price
p	Retail price
g	Salvage value
$v = v_p + v_t$	Production cost
$b = b_p + b_t$	Goodwill cost
\tilde{D}	Demand(fuzzy)
Q	Optimum order quantity

Figure A. Supply Chain Structure with fuzzy demand.

Purpose: The purpose of the study is to propose fuzzy models that optimize the total performance of centralized and decentralized supply chain structures.

Theory and Methods:

For the centralized and decentralized supply chain models, generalized closed-form solutions of optimal order quantity and supply chain members profit functions are obtained using the expected value function and credibility theory when the demand parameter is a fuzzy variable. Then, in addition to the demand fuzziness, when the wholesale price is also considered as a fuzzy variable, supply chain members and supply chain total profits have been obtained for the decentralized supply chain model. Finally, proposed models are analyzed under numerical examples.

Results:

Numerical results of the proposed models indicate that, standard deviation value has a more effect on the variability of results than the fuzziness parameter. Both in the centralized and decentralized supply chain models, as the fuzziness increases, retailer's profit and total profit of the supply chain decrease and supplier's profit and optimum order quantity increase. Additionally, the values of supplier, retailer and total supply chain profit in the centralized supply chain model are higher than the responding values of decentralized model.

Conclusion:

This study proposes generalized closed-form solutions to centralized and decentralized supply chain models considering fuzzy demand and fuzzy wholesale price. These models could be extended considering other parameters as fuzzy variables. Additionally, this study examines a two stage supply chain model with single retailer and single supplier. Extended models could include more supply chain members or more stages.



İki aşamalı tedarik zinciri koordinasyonunun bulanık talep altında analizi

Hülya Torun^{1*}, Gülçin Canbulut²

¹Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Talas, Kayseri, 38039, Türkiye

²Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erketil, Kayseri, 38030, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Bulanık ortamda iki aşamalı tedarik zinciri koordinasyonu probleminin analiz edilmesi
- Merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modelleri için geliştirilmiş kapalı formülü çözümlerin elde edilmesi
- Merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerinin performanslarının karşılaştırılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 08.01.2018

Kabul: 28.05.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460528

Anahtar Kelimeler:

Bulanık talep,
tedarik zinciri,
koordinasyon,
optimizasyon,
modelleme

ÖZET

Çalışmada; bir tedarikçi ve bir perakendeciden oluşan iki aşamalı bir tedarik zinciri yapısı talep değişkeninin bulanık parametre olması durumunda incelenmiştir. Tedarik zinciri üyelerinin her birinin farklı hedefleri bulunmakta ve kendi performanslarını optimum yapmayı istemektedirler. Bu sebeple tedarik zinciri üyeleri arasındaki koordinasyon sağlanması gerekmektedir. Bu koordinasyona göre tedarik zincirleri; merkezi ve merkezkaç tedarik zincirleri olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modelleri için talep parametresinin bulanık değişken olması şartıyla optimum sipariş miktarı ve tedarik zinciri üyeleri kar fonksiyonlarının geliştirilmiş kapalı formülü çözümleri beklenen değer fonksiyonu ve güvenilirlik teorisi (credibility theory) kullanılarak elde edilmiştir. Ardından talep bulanıklığına ek olarak toptan satış fiyatının da bulanık değişken olması halinde merkezkaç tedarik zinciri modeli için tedarik zinciri üyeleri ve tedarik zinciri toplam karları elde edilmiştir. Son aşamada geliştirilen modeller sayısal değerler verilerek analiz edilmiştir.

Analysis of two stage supply chain coordination under fuzzy demand

H I G H L I G H T S

- Analysis of two-stage supply chain coordination problem under fuzzy environment
- Determination of generalized closed form solutions for fuzzy cases of centralized and decentralized supply chain models
- Performance comparison of centralized and decentralized supply chain models

Article Info

Research Article

Received: 08.01.2018

Accepted: 28.05.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460528

Keywords:

Fuzzy demand,
supply chain,
coordination,
optimization,
modeling

ABSTRACT

In this study; a two-stage supply chain structure consisting of a supplier and a retailer has been investigated when the demand variable is a fuzzy parameter. Each of the supply chain members has different goals and wants to optimize their performance. Thus coordination between the supply chain members must be confirmed. According to this coordination, supply chains are classified into centralized and decentralized supply chains. For the centralized and decentralized supply chain models, generalized closed-form solutions of optimal order quantity and supply chain members profit functions are obtained using the expected value function and credibility theory when the demand parameter is a fuzzy variable. Then, in addition to the demand fuzziness, when the wholesale price is also considered as a fuzzy variable, supply chain members and supply chain total profits have been obtained for the decentralized supply chain model. Finally, proposed models are analyzed under numerical examples.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: hbehret@erciyes.edu.tr, gcanbulut@nny.edu.tr / Tel: +90 352 207 6666 / 32461
1316

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tedarik zinciri hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcılık görevi yapan perakendecilerin oluşturduğu bir ağdır [1]. Tedarik zinciri yönetimi ise; malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar yönetimini kapsayan, firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir [2]. Tedarik zincirlerinde tedarikçi, perakendeci, dağıtıcı, vb. olmak üzere çok sayıda üye bulunmaktadır. Tedarik zincirinde yer alan her bir üye kendi performansını optimum yapmayı hedeflemektedir. Tedarik zinciri üyelerinin her birinin farklı hedefleri olması sebebiyle tedarik zinciri yönetimi zorlaşmakta ve performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin; perakendeci az miktarda sipariş ederek performansını artırmaya çalışırken; tedarikçi birim üretim maliyetini azaltmak amacıyla daha fazla miktarda üretim yapmak dolayısıyla daha fazla miktarda sipariş almayı isteyebilmektedir. Bu sebepten toplam tedarik zinciri performansını artırmak amacıyla üyeler arasındaki koordinasyonun sağlanması gerekmektedir [3]. Tedarik zincirleri karar vericilerine göre; merkezi (centralized) ve merkezkaç (decentralized) tedarik zinciri modelleri olarak ayırt edilebilir. Merkezi bir tedarik zinciri modelinde; tedarik zincirinin tamamının performansını optimum yapmayı hedefleyen tek bir karar verici bulunmaktadır. Tek karar vericinin amacı tüm sistem için maliyetleri minimize edip; tüm sistemin performansını maksimum yapmaktır. Diğer yandan; merkezkaç bir tedarik zinciri modelinde; hem tedarikçi hem de perakendeci ayrı ayrı kendi performanslarını optimize etmeye çalışmaktadır. Yani tedarik zinciri üyelerinin her birinin amacı kendi maliyetlerini minimize edip; performansını maksimum yapmaktır. Tedarik zincirleri tasarım ve planlama aşamalarında talep, üretim maliyeti, transfer maliyeti, işlem süresi, tedarik teslim süresi gibi birden çok parametre belirsizlik içerebilmektedir. Geleneksel tedarik zinciri modelleri çoğunlukla rassal belirsizlik üzerinde durmaktadır [4-6]. Tedarik zincirindeki belirsizliklerin modele yansıtılması için literatürde birçok olasılık modeli başarılı bir şekilde kullanılmıştır [7]. Gerçek hayat tedarik zinciri modellerinde üstesinden gelinmesi gereken önemli noktalardan bir tanesi talebin tahmin edilmesidir. Mevcut literatürdeki çalışmaların çoğunda, talep dağılımı ile ilgili uygun bir yaklaşımın yapılabilmesi için gerekli verinin mevcut olduğu varsayımı altında, tahminler olasılık dağılımları kullanılarak yapılmıştır. Ancak günümüzdeki rekabetçi pazar şartları nedeniyle gittikçe kısalan ürün yaşam döngüleri ürün talep yapılarını oldukça değişken hale getirebilmektedir. Bu değişken talep yapısına ait geçmiş istatistiksel verinin bulunabilirliği de gitgide daha da zorlaşmaktadır. Bu yüzden, bu gibi (geçmiş verinin yokluğu, elde edilmesinin zorluğu ya da muğlaklığı vb.) durumlarda

standart olasılık modellerini kullanmak iyi bir sonuç vermeyebilir, bu tip belirsizliklerin modellenmesinde ilk olarak 1965'te Lotfi A. Zadeh [8] tarafından önerilen bulanık küme teorisinin kullanımı alternatif bir yol olabilir [9]. Özellikle son yıllarda bulanık talep altında tedarik zinciri modellenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sang [10], yapmış olduğu çalışmada bir üretici, bir dağıtıcı ve bir perakendecinin olduğu üç basamaklı bir tedarik zincirinde; bulanık talep ortamında tedarik zinciri koordinasyon mekanizmasını incelemiştir. Talep uzmanlar tarafından yaklaşık olarak tahmin edilmiş ve bulanık rakamlarla gösterilmiştir. Bir diğer çalışmada, Sang [11]; bir tedarikçi ve birden fazla rakip perakendeciye sahip tedarik zinciri koordinasyonunu bulanık talep ortamında incelemiştir. Pazar talebi üçgen bulanık sayılarla ifade edilmiş ve perakendecilerin optimum sipariş miktarının bulanık talep merkezinde dalgalandığı gözlenmiştir. Zhang vd. [12] talebin bulanık rassal değişken ile ifade edildiği bir tedarik zinciri modeli incelemiştir. Çalışmada, merkezi ve merkezkaç sistemlerdeki optimum sipariş miktarı analiz edilmiştir. Ryu ve Yücesan [13], modellerinde sadece talebi değil; aynı zamanda toptan satış fiyatını ve perakende fiyatını da bulanık parametre olarak kullanmış ve tek tedarikçi ve birden çok perakendeci içeren tedarik zinciri yapısındaki koordinasyonu incelemiştir. Xu ve Zhai [14], koordinasyonun sağlandığı ve sağlanmadığı durumlar için bulanık karar modelleri geliştirmiştir. Bu çalışmada bulanık talebi açıklamak için sürekli bulanık talep değişkeni kullanılmıştır. Yine Xu ve Zhai [15] bir diğer çalışmalarında, koordinasyonun olduğu ve olmadığı durumlarda iki aşamalı bulanık tedarik zinciri modeli için optimum kar değerlerini araştırmış ve iki durum için karşılaştırmalar yapmışlardır. De ve Sana [16], çalışmalarında merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modelini bulanık stokastik ortamda incelemiştir. Çalışmalarında, talep stokastik olarak düşünülmüş ve bütün diğer parametreler bulanık olarak ele alınmıştır [16].

Literatürdeki bir çok tedarik zinciri modelinde, bulanık modellerin çözümünde α – kesimi kullanılarak optimum sonuçlar elde edilmiştir. Ele alınan çalışmamızda, yukarıdaki çalışmalardan farklı olarak model çözümünde, optimum sipariş miktarını bulmak için Xue vd. [17] tarafından bulanık güvenilirlik ölçümüne bağlı olarak geliştirilen beklenen değer bulma yöntemi kullanılmıştır. Güvenilirlik ölçümü, olasılık ölçümüne paralel bir kavram olarak düşünülebilir. Bulanık ortamda kullanılan güvenilirlik ölçümü, stokastik ortamdaki olasılık ölçümüne benzer özellikler gösterir ki bu durum bulanık modellerin daha anlaşılır olmasını ve stokastik modellerle karşılaştırılabilmesini sağlar. Literatürdeki bir diğer çalışmada, Xu ve Hu [18], gazeteci çocuk problemi için rassal bulanık talep içeren bir model geliştirmişler ve çözüm aşamasında güvenilirlik ölçümünü kullanmışlardır.

Bu çalışmamızda, bulanık talep genelleştirilmiş L-R tipi bir bulanık sayılarla ifade edilmiş ve merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri yapısı için tedarik zinciri toplam performansını optimize eden bulanık modeller

geliştirilmiştir. Geliştirilen bulanık modellerde performans kriteri olarak; tedarik zinciri toplam karının optimize edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla; optimum sipariş miktarı ve optimum tedarik zinciri kar fonksiyonu için geliştirilmiş kapalı formlu çözümler üretilmiştir. Ayrıca, talep bulanıklığına ek olarak, merkezkaç tedarik zinciri yapısı için önemli bir parametre olan, toptan satış fiyatının da bulanık olması durumu için üçüncü bir bulanık model geliştirilmiştir. Son aşamada geliştirilen modeller sayısal değerler verilerek analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde, öncelikle stokastik talep ve bulanık talep durumlarında tedarik zinciri toplam karının değişimi incelenmiştir. Diğer bir analizde, talep bulanıklığının merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerine etkisi incelenmiştir. Son olarak, talep parametresine ek olarak toptan satış fiyatı parametresinin de bulanık değişken olması halinde tedarik zinciri kar değerlerinin analizi yapılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekilde organize edilmiştir; ikinci bölümde; kullanılan yöntemlerle ilgili genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde; merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri yapısı için oluşturulmuş tedarik zinciri toplam karını optimize eden bulanık modeller anlatılmıştır. Yine aynı bölümde; talep bulanıklığına ek olarak toptan satış fiyatının da bulanık olması halinde merkezkaç tedarik zinciri yapısı için üçüncü bir bulanık model önerilmiştir. Dördüncü bölümde önerilen modeller için sayısal örneklerle duyarlılık analizleri yapılmış ve son olarak beşinci bölümde çalışma sonuçları ve gelecek çalışma önerileri sunulmuştur.

2. ÖN BİLGİLER (PRELIMINARIES)

Bu çalışmada, bulanık talep altında iki aşamalı bir tedarik zinciri yapısı incelenmiş, bulanık talep geliştirilmiş L-R tipi bir bulanık sayılarla ifade edilmiş ve merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri yapısı için tedarik zinciri toplam karını optimize eden bulanık modeller geliştirilmiştir. Bir geliştirilmiş L-R tipi bir bulanık sayı \tilde{D} aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilir (Eş. 1) [19].

$$\tilde{D}(x) = \begin{cases} L(x) & d_l \leq x \leq d_m \\ 1 & d_m \leq x \leq d_n \\ R(x) & d_n \leq x \leq d_u \\ 0 & \text{diğer hallerde} \end{cases} \quad (1)$$

Burada, d_l ilgili üyelik fonksiyonunun alt sınır değeri, d_u üst sınır değeri, $[d_m, d_n]$ ise en olası değer aralığıdır; $L(x)$ ve $R(x)$ ise sırasıyla artan ve azalan sürekli fonksiyonlardır.

Talep parametresinin bulanık olması oluşturulan tedarik zinciri kar fonksiyonunun da bulanık olmasını gerektirmiştir. Bu durumda, optimum sipariş miktarını bulmak için Xue ve diğ. [17] tarafından bulanık güvenilirlik ölçümüne bağlı olarak geliştirilen beklenen değer bulma yöntemi kullanılmıştır. Olabilirlik teorisi; ilk defa 1978'de Lotfi A.Zadeh [8] tarafından tanıtılmış ve bulanık küme teorisinin genişletilmesiyle geliştirilmiş, belirsizliklerin modellenmesinde kullanılan matematiksel bir araçtır.

Olabilirlik teorisinde (possibility theory); belirsizliği tanımlamak için olabilirlik (Π -possibility) ve gereklilik (N -necessity) olmak üzere iki ölçüm kullanılmaktadır. Genellikle olabilirlik ölçümü; olasılık ölçümüne paralel bir kavram olarak düşünülmektedir. Gereklilik ölçümü ise olabilirlik ölçümünün dualidir [20]. Buna rağmen; ne olabilirlik ölçümünün ne de gereklilik ölçümünün kendine özgü duallik (self dual) özelliği yoktur. Bu yüzden; hem pratikte hem de teoride kendine özgü duallik özelliğine sahip ölçüm ihtiyacı oluşmuştur. Güvenilirlik (C -credibility) ölçümü; bu kendine özgü duallik özelliğini tanımlamak için kullanılmıştır [21].

Varsayalım ki; $\tilde{D}; \tilde{D}(x)$ üyelik fonksiyonuna sahip bulanık bir değişken ve r gerçel bir sayı olsun. Bu durumda $\{\tilde{D} \leq r\}$ olayının olabilirlik ve gereklilik ölçümlerini aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

$$\Pi\{\tilde{D} \leq r\} = eküs_{x \leq r} \tilde{D}(x) \quad (2)$$

$$N\{\tilde{D} \leq r\} = 1 - \Pi\{\tilde{D} \leq r\} = 1 - eküs_{x \leq r} \tilde{D}(x) \quad (3)$$

Bu eşitliklerdeki (Eş. 2 ve Eş. 3), “ $eküs$ ” kısaltması “en küçük üst sınır”ı ifade etmektedir.

Güvenilirlik ölçümü; olabilirlik ve gereklilik ölçümünün ortalamasıdır [21]. Öyle ki, $\{\tilde{D} \leq r\}$ olayının güvenilirlik ölçümü aşağıda gösterildiği gibi elde edilir (Eş. 4):

$$C\{\tilde{D} \leq r\} = \frac{1}{2} (\Pi\{\tilde{D} \leq r\} + N\{\tilde{D} \leq r\}) \quad (4)$$

Benzer şekilde; $\{\tilde{D} \geq r\}$ olayının güvenilirlik ölçümü aşağıda gösterildiği gibi elde edilir (Eş. 5)

$$C\{\tilde{D} \geq r\} = \frac{1}{2} (\Pi\{\tilde{D} \geq r\} + N\{\tilde{D} \geq r\}) \quad (5)$$

Bulanık bir sayının beklenen değeri; beklenen aralığın merkezi olarak tanımlanmıştır [22]. Ayrıca; çeşitli sıralama yöntemleri de; bulanık sayıların beklenen değerini bulmak için kullanılmıştır [23-25]. Daha sonraki yıllarda Liu ve Liu, [21], bulanık bir sayının beklenen değerini güvenilirlik ölçümü kullanılarak tanımlamış ve bulanık programlama sürecinde uygulamışlardır. Öyle ki, \tilde{D} bulanık değişkeninin beklenen değeri $E[\tilde{D}]$; Eş. 6 gibi belirlenmiştir [21]:

$$E[\tilde{D}] = \int_0^\infty C\{\tilde{D} \geq r\} dr - \int_{-\infty}^0 C\{\tilde{D} \leq r\} dr \quad (6)$$

Yukarıdaki eşitlikte iki integralden en azından biri sonlu olmalıdır.

Xue vd. [17] bulanık bir değişken içeren bir fonksiyonunun beklenen değerini hesaplamak amacıyla Liu ve Liu [21]'nin çalışmasını referans olarak analitik bir metod geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem göre; varsayalım ki, $\tilde{D}; \tilde{D}(x)$ üyelik fonksiyonuna sahip bulanık bir değişken ve $f: \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ sürekli tekdüze olan (strictly monotonic) bir fonksiyon olsun. Eğer $\int_0^\infty C\{\tilde{D} \geq r\} dr$ ve $\int_{-\infty}^0 C\{\tilde{D} \leq r\} dr$

integralleri tanımlı ise; \tilde{D} bulanık değişkeninin bir fonksiyonunun beklenen değeri $E[f(\tilde{D})]$; Eş. 7 gibi belirlenir [17].

$$E[f(\tilde{D})] = \int_{-\infty}^{\infty} f(r) dC\{\tilde{D} \leq r\} \quad (7)$$

Varsayalım ki, \tilde{D} ; destek aralığı $[a, b]$ olan bulanık bir değişken ve $f: \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ sürekli tekdüze olan (strictly monotonic) bir fonksiyon olsun. Eğer $\int_0^{\infty} C\{\tilde{D} \geq r\} dr$ ve $\int_{-\infty}^0 C\{\tilde{D} \leq r\} dr$ integralleri tanımlı ise; \tilde{D} bulanık değişkeninin bir fonksiyonunun beklenen değeri $E[f(\tilde{D})]$; Eş. 8 gibi belirlenir [17].

$$E[f(\tilde{D})] = \int_a^b f(r) dC\{\tilde{D} \leq r\} \quad (8)$$

3. ÖNERİLEN BULANIK TEDARİK ZİNCİRİ MODELLERİ (PROPOSED FUZZY SUPPLY CHAIN MODELS)

3.1. Problem Tanımı (Problem Description)

Bir tedarikçi ve bir perakendeciden oluşan iki aşamalı bir tedarik zinciri yapısı düşünelim. Bu tedarik zincirinde; perakendeci tedarikçiden ürün satın almakta ve satın almış olduğu bu ürünleri son müşterisine satmaktadır. Tedarikçi satış sezonu başlamadan perakendeciye satın alacağı ürünler için toptan satış fiyatı (w) önermekte ve perakendeci tedarikçinin önermiş olduğu toptan satış fiyatına göre tedarikçiye vereceği sipariş miktarını (Q) belirlemektedir. Sezon sonunda perakendecinin satamamış olduğu ürünlerin sorumluluğu tedarikçiyi etkilememektedir; satılmayan ürünlerin elden çıkarılmasından tamamen perakendeci sorumludur ve perakendeci satamadığı bu ürünleri hurda değerine (g) elinden çıkarmaktadır. Bu tedarik zinciri yapısında; tedarikçi yapmış olduğu üretim için birim üretim maliyetine (v_t) ve karşılayamadığı siparişler sebebiyle ise tedarikçi yok satma maliyetine (b_t) katlanmaktadır. Aynı şekilde perakendeci ise perakendeci marjinal maliyeti (v_p) ve pazardaki son müşterinin karşılanamayan siparişleri sebebiyle perakendeci yok satma maliyeti (b_p) ile karşılaşmaktadır. Çalışmada, perakendeci talebinin geçmiş veri eksikliği sebebiyle belirlenemediği düşünülmüş ve genelleştirilmiş L-R tipi bulanık sayı ($\tilde{D} = (d_l, d_m, d_n, d_u)$) olarak kabul edilmiştir. Ayrıca sezon sonunda perakendeciden tedarikçiye yapmış olduğu sipariş miktarına bağlı; tedarikçinin sezon başında belirlemiş olduğu toptan satış fiyatı ile orantılı olarak bir transfer maliyeti ($w * Q$)

oluşmaktadır. Bu tedarik zinciri yapısını Şekil 1’de gösterildiği gibi düşünebiliriz.

Perakendeci talebi bulanık sayı olduğu için perakendeci ve tedarikçi kar fonksiyonları da bulanık sayı olarak elde edilecektir. $\tilde{\Pi}_p$;perakendeci bulanık karını ve $\tilde{\Pi}_t$;ise tedarikçi bulanık karını göstermek üzere; perakendeci ve tedarikçiye ait bulanık kar fonksiyonları aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Eş. 9 ve Eş. 10).

$$\tilde{\Pi}_p(Q) = \begin{cases} p\tilde{D} + g(Q - \tilde{D}) - v_p Q - wQ & \tilde{D} \leq Q \\ pQ - b_p(\tilde{D} - Q) - v_p Q - wQ & \tilde{D} \geq Q \end{cases} \quad (9)$$

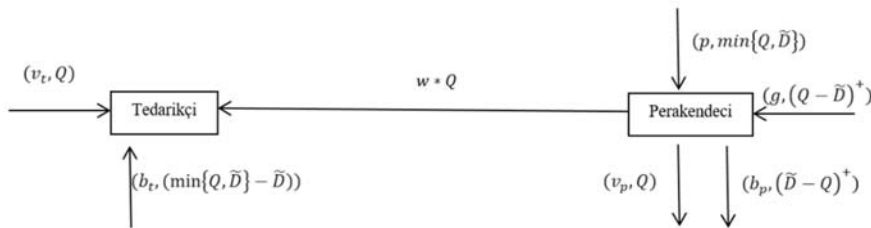
$$\tilde{\Pi}_t(Q) = \begin{cases} -v_t Q + wQ & \tilde{D} \leq Q \\ b_t(Q - \tilde{D}) - v_t Q + wQ & \tilde{D} \geq Q \end{cases} \quad (10)$$

Tedarik zincirinin toplam karı; tedarik zincirini oluşturan üyelerin karlarının toplamına eşittir. Ele aldığımız tedarik zinciri yapısında bir tedarikçi ve bir perakendeci bulunduğu için bu tedarik zincirinin toplam karı; tedarik zincirinin oluşturan perakendeci ve tedarikçinin karları toplamına eşit olarak elde edilecektir. Gösterimde kolaylık sağlamak için ($v = v_t + v_p$) ve ($b = b_t + b_p$) olarak kabul edilmiştir. Tedarik zinciri toplam karı; $\tilde{\Pi}$ ile gösterilmek üzere, Eş. 11 ile elde edilmektedir.

$$\tilde{\Pi} = \begin{cases} p\tilde{D} + g(Q - \tilde{D}) - Qv & \tilde{D} \leq Q \\ pQ - b(\tilde{D} - Q) - Qv & \tilde{D} \geq Q \end{cases} \quad (11)$$

3.2. Bulanık Merkezi Tedarik Zinciri Modeli (Fuzzy Centralized Supply Chain Model)

Merkezi bir tedarik zinciri modelinde; tedarik zincirinin tamamının performansını optimum yapmayı hedefleyen tek bir karar verici bulunmaktadır. Tek karar vericinin amacı tüm sistem için maliyetleri minimize edip; tüm sistemin performansını maksimum yapmaktır. Bu modelde tedarik zinciri üyeleri olan tedarikçi ve perakendeci arasında koordinasyon söz konusudur. Tedarik zinciri üyelerinin her ikisinin de amacı; tedarik zinciri toplam performansını optimum seviyeye çekmektir. Dolayısıyla; karar vericinin tedarik zinciri bulanık toplam karını maksimum yapan sipariş miktarı değerini bulması gerekmektedir. Tedarik zinciri toplam karının bulanık beklenen değerini bulabilmek için Xue ve diğ. [17] tarafından bulanık güvenilirlik ölçümüne bağlı olarak geliştirilen beklenen değer bulma yöntemi kullanılmıştır. Buna göre; Eş. 7 ve Eş. 8



Şekil 1. Tedarik Zinciri Yapısı (Supply Chain Structure)

kullanılarak; bulanık talep için toplam karın beklenen değeri aşağıdaki gibi elde edilir (Eş. 12).

$$\begin{aligned}
 E[\tilde{\Pi}(Q)] &= \int_{d_l}^Q [pr + g(Q - r) - Qv] dC\{\tilde{D} \leq r\} + \\
 &\int_Q^{d_u} [pQ - b(r - Q) - Qv] dC\{\tilde{D} \leq r\} \\
 &= -Qv + p \int_{d_l}^Q r dC\{\tilde{D} \leq r\} + gQ \int_{d_l}^Q dC\{\tilde{D} \leq r\} - \\
 &g \int_{d_l}^Q r dC\{\tilde{D} \leq r\} + pQ \int_Q^{d_u} dC\{\tilde{D} \leq r\} - \\
 &b \int_Q^{d_u} r dC\{\tilde{D} \leq r\} + bQ \int_Q^{d_u} dC\{\tilde{D} \leq r\} \quad (12)
 \end{aligned}$$

Bulanık toplam kar fonksiyonunun beklenen değerini maksimum yapan optimum sipariş miktarı değerinin bulunabilmesi için bulanık toplam kar fonksiyonunun beklenen değerinin sipariş miktarı değişkenine göre türevinin alınması gerekmektedir. Optimum sipariş miktarı değeri (Q^*); türev alma işlemi sonucunda elde edilen değeri sıfıra eşitleyen sipariş miktarı değeri (Q) olacaktır. Buna göre; $dE[\tilde{\Pi}(Q)]/dQ = 0$ olmalıdır.

Böylece; $dE[\tilde{\Pi}(Q)]/dQ = -v + g \int_{d_l}^Q dC\{\tilde{D} \leq r\} + p \int_Q^{d_u} dC\{\tilde{D} \leq r\} + b \int_Q^{d_u} dC\{\tilde{D} \leq r\} = -v + (g - p - b)C\{\tilde{D} \leq Q\} + p + b = 0$ elde edilir. Buradan da Eş. 13 elde edilir.

$$C\{\tilde{D} \leq Q^*\} = (p - v + b)/(p - g + b) \quad (13)$$

Optimum sipariş miktarı değerini bulmak için; $C\{\tilde{D} \leq Q\}$ değerini belirlemek gerekmektedir. Eş. 1’de belirtilen üyelik fonksiyonuna sahip bulanık talebin güvenilirliği (credibility) şu şekildedir (Eş. 14):

$$C\{\tilde{D} \leq Q\} = \begin{cases} 0 & Q \leq d_l \\ \frac{L(Q)}{2} & d_l \leq Q \leq d_m \\ \frac{1}{2} & d_m \leq Q \leq d_n \\ 1 - \frac{R(Q)}{2} & d_n \leq Q \leq d_u \\ 1 & Q \geq d_u \end{cases} \quad (14)$$

Bulanık talebin güvenilirlik değerini bulmak için optimum sipariş miktarı değerinin üç aralık için de analiz edilmesi gerekmektedir [15]; $Q \in (d_l, d_m)$, $Q \in (d_m, d_n)$ ve $Q \in (d_n, d_u)$:

Durum 1: $d_l \leq Q \leq d_m$ durumunda $C\{\tilde{D} \leq Q\} = (p - v + b)/(p - g + b) = (L(Q))/2$ şeklinde olacaktır. Böylece $L(Q) = 2(p - v + b)/(p - g + b)$ olacaktır ve Eş. 15 elde edilecektir.

$$Q^* = L^{-1}\left(\frac{2(p-v+b)}{p-g+b}\right) \quad (15)$$

$2(p - v + b)/(p - g + b)$ değerinin $[0,1]$ aralığında olması gerekmektedir; bu yüzden $p + b \geq v$ ve $p - v + b \leq v - g$ şartlarının sağlanması halinde; optimum sipariş miktarı değeri de $[d_l, d_m]$ aralığında olacaktır. Optimum sipariş

miktarı için tedarik zinciri beklenen bulanık toplam kar değeri Eş. 16’daki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 E[\tilde{\Pi}(Q^*)] &= (p - g) \int_{d_l}^{L^{-1}\left(\frac{2(p-v+b)}{p-g+b}\right)} rd\left(\frac{L(r)}{2}\right) - \\
 &b \int_{L^{-1}\left(\frac{2(p-v+b)}{p-g+b}\right)}^{d_m} rd\left(\frac{L(r)}{2}\right) - b \int_{d_n}^{d_u} rd\left(1 - \frac{R(r)}{2}\right) \quad (16)
 \end{aligned}$$

Durum 2: $d_m \leq Q \leq d_n$ durumunda $C\{\tilde{D} \leq Q\} = (p - v + b)/(p - g + b) = 1/2$ olacaktır. Burada $p - v + b \leq v - g$ şartı sağlanıyorsa; optimum sipariş miktarı değeri $[d_m, d_n]$ aralığında olacaktır. Bu aralıktaki talebin güvenilirlik değeri sabit olduğu için $p - v + b \leq v - g$ şartının sağlanması durumunda $[d_m, d_n]$ aralığındaki bütün değerler sipariş miktarı için optimum olacaktır. Optimum sipariş miktarı için tedarik zinciri beklenen bulanık toplam kar değeri de şu şekilde elde edilir (Eş. 17):

$$\begin{aligned}
 E[\tilde{\Pi}(Q^*)] &= p \int_{d_l}^{d_m} rd\left(\frac{L(r)}{2}\right) - g \int_{d_l}^{d_m} rd\left(\frac{L(r)}{2}\right) - \\
 &b \int_{d_n}^{d_u} rd\left(1 - \frac{R(r)}{2}\right) \quad (17)
 \end{aligned}$$

Durum 3: $d_n \leq Q \leq d_u$ durumunda $C\{\tilde{D} \leq Q\} = (p - v + b)/(p - g + b) = 1 - (R(Q))/2$ olacaktır. Böylece $R(Q) = 2(v - g)/(p - g + b)$ olacaktır ve Eş. 18 elde edilecektir.

$$Q^* = R^{-1}\left(\frac{2(v-g)}{p-g+b}\right) \quad (18)$$

$2(v - g)/(p - g + b)$ değerinin $[0,1]$ aralığında olması gerekmektedir; bu yüzden $p + b \leq v$ ve $p - v + b \geq v - g$ şartlarının sağlanması halinde; optimum sipariş miktarı değeri de $[d_n, d_u]$ aralığında olacaktır. Optimum sipariş miktarı için tedarik zinciri beklenen bulanık toplam kar değeri Eş. 19 gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 E[\tilde{\Pi}(Q^*)] &= (p - g) \int_{d_l}^{d_m} rd\left(\frac{L(r)}{2}\right) + \\
 &(p - g) \int_{d_n}^{R^{-1}\left(\frac{2(v-g)}{p-g+b}\right)} rd\left(1 - \frac{R(r)}{2}\right) - \\
 &b \int_{R^{-1}\left(\frac{2(v-g)}{p-g+b}\right)}^{d_n} rd\left(1 - \frac{R(r)}{2}\right) \quad (19)
 \end{aligned}$$

Her üç durum için de elde edilmiş bu denklemlere göre; talep genelleştirilmiş L-R tipi bulanık bir sayı ise; optimum sipariş miktarı Eş. 20’de verilmiştir.

$$Q^* = \begin{cases} L^{-1}\left(\frac{2(p-v+b)}{p-g+b}\right) & p - v + b \leq v - g \\ [d_m, d_n] & p - v + b = v - g \\ R^{-1}\left(\frac{2(v-g)}{p-g+b}\right) & p - v + b \geq v - g \end{cases} \quad (20)$$

3.3. Bulanık Merkezkaç Tedarik Zinciri Modeli (Fuzzy Decentralized Supply Chain Model)

Merkezkaç bir tedarik zinciri modelinde; hem tedarikçi hem de perakendeci ayrı ayrı kendi performanslarını optimize etmeye çalışmaktadır. Yani tedarik zinciri üyelerinin her

birinin amacı kendi maliyetlerini minimize edip; performansını maksimum yapmaktır. Merkezkaç bir modelde; tedarikçi ilk olarak toptan satış fiyatını (w) belirler. Daha sonra perakendeci bu toptan satış fiyatına göre maksimum karı elde edeceği sipariş miktarını belirler.

Merkezkaç bir tedarik zinciri modelinde optimum sipariş miktarını belirlemek için; perakendeci karını maksimize eden sipariş miktarı değerini belirlemek gerekmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi talep değişkeninin bulanık sayı olması; tedarik zinciri üyelerinin kar fonksiyonlarının da bulanık sayı olmasını gerektirmektedir. Tedarikçi ve perakendecinin bulanık kar fonksiyonları sırasıyla Eş. 9 ve Eş. 10'da gösterildiği gibidir.

Eş. 7 ve Eş. 8 kullanılarak; bulanık talep içeren perakendeci karının beklenen değeri Eş. 21'deki gibi elde edilir:

$$E[\widetilde{\Pi}_p(Q)] = \int_{d_l}^Q [pr + g(Q - r) - v_p Q - wQ] dCr\{\widetilde{D} \leq r\} + \int_Q^{d_u} [pQ - b_p(r - Q) - v_p Q - wQ] dCr\{\widetilde{D} \leq r\} = \int_{d_l} [(p - g)r + (g - v_p - w)Q] dCr\{\widetilde{D} \leq r\} + \int_Q^{d_u} [-b_p r + (p + b_p - v_p - w)Q] dCr\{\widetilde{D} \leq r\} \quad (21)$$

Perakendeci bulanık kar fonksiyonunun beklenen değerini maksimum yapan optimum sipariş miktarı değerinin bulunabilmesi için perakendeci bulanık kar fonksiyonunun sipariş miktarı değişkenine göre türevinin alınması gerekmektedir. Optimum sipariş miktarı değeri (Q^*); türev alma işlemi sonucunda elde edilen değeri sıfıra eşitleyen sipariş miktarı değeri (Q) olacaktır. Buna göre; $dE[\widetilde{\Pi}_p(Q)]/dQ = (g - v_p - w)Cr\{\widetilde{D} \leq Q\} + (p + b_p - v_p - w)(1 - Cr\{\widetilde{D} \leq Q\}) = 0$ olmalıdır. Buradan da; $Cr\{\widetilde{D} \leq Q^*\} = p + b_p - v_p - w/p + b_p - g$ elde edilir. Bulanık talebin güvenilirlik değerini belirlemek için optimum sipariş miktarının analizi için üç durum söz konusudur; $Q \in (d_l, d_m)$, $Q \in (d_m, d_n)$ ve $Q \in (d_n, d_u)$:

Durum 1: $d_l \leq Q \leq d_m$ durumunda $Cr\{\widetilde{D} \leq Q\} = p + b_p - v_p - w/p + b_p - g = L(Q)/2$ olacaktır. Böylece, $L(Q) = (2(p + b_p - v_p - w))/(p + b_p - g)$ olacaktır ve Eş. 22 elde edilecektir;

$$Q^* = L^{-1} \left(\frac{2(p + b_p - v_p - w)}{p + b_p - g} \right) \quad (22)$$

$(2(p + b_p - v_p - w))/(p + b_p - g)$ değerinin $[0,1]$ aralığında olması gerekmektedir; bu yüzden $p + b_p \geq v_p + w$ ve $p + b_p + g \leq 2 * v_p + 2 * w$ şartlarının sağlanması halinde; optimum sipariş miktarı değeri de $[d_l, d_m]$ aralığında olacaktır. Optimum sipariş miktarı için beklenen bulanık perakendeci kar değeri de şu şekilde elde edilir (Eş. 23);

$$E[\widetilde{\Pi}_p(Q^*)] = (p - g) \int_{d_l}^{L^{-1} \left(\frac{2(p + b_p - v_p - w)}{p + b_p - g} \right)} r d \left(\frac{L(r)}{2} \right) - b_p \left[\int_{L^{-1} \left(\frac{2(p + b_p - v_p - w)}{p + b_p - g} \right)}^{d_m} r d \left(\frac{L(r)}{2} \right) + \int_{d_n}^{d_u} r d \left(1 - \frac{R(r)}{2} \right) \right] \quad (23)$$

Aynı şekilde; beklenen bulanık tedarikçi kar değeri de Eş. 24 gibi elde edilir:

$$E[\widetilde{\Pi}_t(Q^*)] = -b_s \left[\int_{L^{-1} \left(\frac{2(p + b_p - v_p - w)}{p + b_p - g} \right)}^{d_m} r d \left(\frac{L(r)}{2} \right) + \int_{d_n}^{d_u} r d \left(1 - \frac{R(r)}{2} \right) \right] + L^{-1} \left(\frac{2(p + b_p - v_p - w)}{p + b_p - g} \right) \left[(b_t - v_t + w) + \left(\frac{p + b_p - v_p - w}{p + b_p - g} \right) (-b_t) \right] \quad (24)$$

Durum 2: $d_m \leq Q \leq d_n$ durumunda $Cr\{\widetilde{D} \leq Q\} = p + b_p - v_p - w/p + b_p - g = 1/2$ olacaktır. $p + b_p + g = 2 * v_p + 2 * w$ şartı sağlanıyorsa; optimum sipariş miktarı değeri de $[d_m, d_n]$ aralığında olacaktır. Optimum sipariş miktarı için beklenen bulanık perakendeci kar değeri Eş. 25 gibi hesaplanır;:

$$E[\widetilde{\Pi}_p(Q^*)] = (p - g) * \int_{d_l}^{d_m} r d \left(\frac{L(r)}{2} \right) - b_p * \int_{d_n}^{d_u} r d \left(1 - \frac{R(r)}{2} \right) \quad (25)$$

Durum 3: $d_n \leq Q \leq d_u$ durumunda $Cr\{\widetilde{D} \leq Q\} = p + b_p - v_p - w/p + b_p - g = 1 - R(Q)/2$ olacaktır. Böylece $R(Q) = 2(v_p + w - g)/(p + b_p - g)$ olacaktır ve Eş. 26 elde edilecektir;

$$Q^* = R^{-1} \left(\frac{2(v_p + w - g)}{p + b_p - g} \right) \quad (26)$$

$2(v_p + w - g)/(p + b_p - g)$ değerinin $[0,1]$ aralığında olması gerekmektedir; bu yüzden $v_p + w \geq g$ ve $p + b_p + g \geq 2v_p + 2w$ şartlarının sağlanması halinde; optimum sipariş miktarı değeri de $[d_n, d_u]$ aralığında olacaktır. Optimum sipariş miktarı için beklenen bulanık perakendeci kar değeri Eş. 27'deki gibi elde edilir:

$$E[\widetilde{\Pi}_p(Q^*)] = (p - g) \left[\int_{d_l}^{d_m} r d \left(\frac{L(r)}{2} \right) + \int_{d_n}^{R^{-1} \left(\frac{2(v_p + w - g)}{p + b_p - g} \right)} r d \left(1 - \frac{R(r)}{2} \right) \right] - b_p \int_{R^{-1} \left(\frac{2(v_p + w - g)}{p + b_p - g} \right)}^{d_u} r d \left(1 - \frac{R(r)}{2} \right) \quad (27)$$

Aynı şekilde; beklenen bulanık tedarikçi kar değeri de Eş. 28 gibi elde edilir:

$$E[\widetilde{\Pi}_t(Q^*)] = -b_t \int_{R^{-1} \left(\frac{2(v_p + w - g)}{p + b_p - g} \right)}^{d_u} r d \left(1 - \frac{R(r)}{2} \right) + R^{-1} \left(\frac{2(v_p + w - g)}{p + b_p - g} \right) \left[(b_t - v_t + w) + \left(\frac{p + b_p - v_p - w}{p + b_p - g} \right) (-b_t) \right] \quad (28)$$

Elde edilen bu denklemlere göre; talep genelleştirilmiş L-R tipi bulanık bir sayı ise; optimum sipariş miktarı Eş. 29’da verilmiştir;

$$Q^* = \begin{cases} L^{-1}\left(\frac{2(p+b_p-v_p-w)}{p+b_p-g}\right) & ; p + b_p + g \leq 2v_p + 2w \\ [d_m, d_n] & ; p + b_p + g = 2v_p + 2w \\ R^{-1}\left(\frac{2(v_p+w-g)}{p+b_p-g}\right) & ; p + b_p + g \geq 2v_p + 2w \end{cases} \quad (29)$$

3.4. Bulanık Toptan Satış Fiyatlı Tedarik Zinciri Modeli (Supply Chain Model With Fuzzy Wholesale Price)

Gerçek hayat problemlerinde talep parametresinin belirsiz olmasının yanı sıra; tedarik zincirine ait diğer parametreler de belirsizlik içerebilmektedir. Bu bölümde; sadece talep parametresinin bulanık değişken olduğu durum değil; aynı zamanda toptan satış fiyatı parametresinin ($\tilde{w} = w_l; w_m; w_u$) de üçgen bulanık sayı olması halinde; tedarik zinciri üyelerine ait kar fonksiyonlarının beklenen değerleri Eş. 30 ve Eş. 31’deki gibi elde edilmiştir.

$$E[\tilde{\pi}_p(Q)] = \int_{d_l}^Q [(p-g)r + (g-v_p-\tilde{w})Q] dCr\{\tilde{D} \leq r\} + \int_Q^{d_u} [-b_p r + (p+b_p-v_p-\tilde{w})Q] dCr\{\tilde{D} \leq r\} \quad (30)$$

$$E[\tilde{\pi}_t(Q)] = \int_{d_l}^Q [(-v_t + \tilde{w}) * Q] dCr\{\tilde{D} \leq r\} + \int_Q^{d_u} [-b_t r + (b_t - v_t + \tilde{w})Q] dCr\{\tilde{D} \leq r\} \quad (31)$$

Toptan satış fiyatı üçgen bulanık sayı olduğu için; tedarik zinciri üyelerinin beklenen kar fonksiyonları da üçgen bulanık sayı olacaktır: $E[\tilde{\pi}_p(Q)] = (E[\tilde{\pi}_p(Q)]_l; E[\tilde{\pi}_p(Q)]_m; E[\tilde{\pi}_p(Q)]_u)$ $E[\tilde{\pi}_t(Q)] = (E[\tilde{\pi}_t(Q)]_l; E[\tilde{\pi}_t(Q)]_m; E[\tilde{\pi}_t(Q)]_u)$

Daha önce de bahsedildiği gibi; perakendeci beklenen karının sipariş miktarına göre birinci türevini sıfır yapan değer optimum sipariş miktarını belirler. Tedarik zinciri üyelerinin beklenen kar fonksiyonları; üçgen bulanık sayı olması sebebiyle; bu fonksiyonlardan yararlanarak elde edilecek olan optimum sipariş miktarı değerleri de üçgen bulanık sayı olacaktır.

Tedarik zinciri parametrelerinden toptan satış fiyatının bulanık sayı olarak seçilmiş olması; tedarik zinciri üyeleri kar fonksiyonlarının ve optimum sipariş miktarı değerlerinin de bulanık sayı olmasını gerektirmiştir. İlgili değerleri tek bir kesin değere indirmek için istenirse son aşamada durulaştırma (defuzzification) yapılabilir. Literatürde bulanık olarak elde edilen sayıların tek değerli kesin bir sayıya dönüştürülmesi için farklı durulaştırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık sayıların kesin sayıya dönüştürülmesi için durulaştırma yöntemlerinden dereceli ortalama integrasyon gösterimi (graded mean integration representation-GMIR) yöntemi kullanılmıştır [26]. Bu yöntemle göre; Eş. 1’de tanımlanan genelleştirilmiş L-R tipi bir bulanık sayı $\tilde{D} = [d_l, d_m, d_n, d_u]$ için h

düzeyindeki dereceli ortalama $h[L^{-1}(h) + R^{-1}(h)]/2$ şeklindedir. GMIR yöntemine göre genelleştirilmiş L-R tipi bir bulanık sayının durulaştırılmış değeri işe aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$X_{GMIR} = \frac{\int_0^1 [L^{-1}(h)+R^{-1}(h)]/2 dh}{\int_0^1 h dh} \quad (32)$$

Burada $0 \leq h \leq 1$ dir. İşlem kolaylığı sağlaması açısından sayısal analiz kısmında kullanılan üçgen bulanık sayı $\tilde{D} = [d_l, d_m, d_u]$ için GMIR yöntemine göre durulaştırılmış değer ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$X_{GMIR} = \frac{d_l + 4 * d_m + d_u}{6} \quad (33)$$

4. SAYISAL ÖRNEKLER (NUMERICAL EXAMPLES)

Çalışmanın bu kısmında; daha önceki bölümlerde elde edilmiş olan merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri yapıları için genelleştirilmiş kapalı formulu çözümler; sayısal örneklerle desteklenmiştir. İlk olarak talebin stokastik değişken ve bulanık değişken olması halinde duyarlılık analizleri yapılmıştır. Ardından; talebin bulanıklık derecesine göre; merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modelleri için tedarik zinciri üyeleri ve tedarik zinciri toplam kar değerleri değişimi incelenmiştir. Bir diğer analizde ise; toptan satış fiyatının üçgen bulanık sayı olması halinde; bu değişkenin bulanıklık derecesine göre tedarik zinciri üyelerinin kar değerlerinin analizi yapılmıştır. Tedarik zincirine ait parametrelerin değerleri Tablo 1’de gösterildiği gibi kabul edilmiştir.

Tablo 1. Tedarik Zinciri Parametre Değerleri (Parameter Values of Supply Chain)

Parametre	Değer	
p	Perakende fiyatı	100
g	Hurda değeri	30
v_p	Perakendeci marjinal maliyeti	15
v_t	Tedarikçi üretim maliyeti	25
b_p	Perakendeci yok satma maliyeti	10
b_t	Tedarikçi yok satma maliyeti	20
w	Toptan satış fiyatı	40

Analiz 1: Tedarik zinciri yönetiminde önemli noktalardan birisi de talep değerinin elde edilmesidir. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi geçmişe ait verilerin olması halinde olasılık teorisi ve olasılık dağılımlarının kullanımı yaygındır. Ancak geçmişe ait verinin bulunmaması ve muğlaklık içermesi halinde olasılık teorisi ve dağılımları yetersiz kalmakta; alternatif olarak bulanık küme teorisi yerini almaktadır. Bu amaçla çalışmanın bu kısmında; stokastik ve bulanık talep parametreleri için duyarlılık analizleri yapılacaktır.

Stokastik durum için talebin $D \sim N(140, \beta)$ parametreleri olan normal dağılıma sahip bir değişken olduğunu ve bulanık durum için ise talebin $\tilde{D} = (140 - \Delta; 140; 140 + \Delta); \Delta \geq 0$ olan üçgen bulanık sayı olduğunu kabul edelim.

Talebin stokastik değişken olması durumunda; optimum sipariş miktarı ve tedarik zinciri beklenen toplam karı değerlerini bulmak için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (eşitliklerin ispatı için bakınız Silver vd. [27]) (Eş. 34 ve Eş. 35);

$$Q = F^{-1} \left(\frac{p-v+b}{p-g+b} \right) \quad (34)$$

$$E[\Pi(Q^*)] = (p-g)\mu - (v-g)Q^* - (p-g+b)\beta G(k) \quad (35)$$

Eş. 35'de $G(k)$ birim normal değişkenin tablolanmış fonksiyonudur [27].

Talebin bulanık değişken olması halinde ise; optimum sipariş miktarı değeri Eş. 20'de ve tedarik zinciri beklenen toplam kar değeri Eş. 19'da gösterildiği gibi elde edilmiştir. Elde edilmiş olan optimum sipariş miktarı ve tedarik zinciri toplam kar değerleri sonuçları Tablo 2'de gösterildiği gibidir. Buna analize göre; stokastik durumda talep deterministik duruma yaklaştıkça ve bulanık talep değişkeninde bulanıklık azaldıkça; tedarik zinciri beklenen toplam karı ve optimum sipariş miktarı her iki durum için birbirine yaklaşmaktadır. Ancak, Tablo 2'de görüldüğü üzere stokastik durumdaki standart sapma değişimleri, bulanıklık parametresindeki değişimlere göre optimum sonuçlar üzerinde çok daha fazla değişkenliğe sebep olmaktadır. Bu durumda, yapılan analiz sonuçlarına göre, standart sapma değerinin, bulanıklık parametresine göre sonuçlar üzerinde çok daha fazla değişkenliğe sebep olduğu söylenebilir.

Analiz 2: Tedarik zincirinde perakendeci ve tedarikçinin her birinin ayrı hedefleri bulunmaktadır ve ayrı hedefleri

bulunan tedarik zinciri üyelerinin varlığı tedarik zinciri toplam performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi; tedarik zinciri üyeleri hem kendi performanslarını hem de tedarik zinciri toplam performansını artırmak amacıyla tedarik zinciri içerisinde koordinasyonu sağlamaya çalışmaktadırlar. Bu amaçla oluşturulan merkezi tedarik zincirleri; hedefleri ayrı olan üyeleri kapsayan merkezkaç tedarik zincirlerine nazaran daha yüksek performans göstermektedirler. Çalışmanın bu kısmında; merkezi ve merkezkaç tedarik zincirlerinin performans değerlerinin talep parametresinin bulanıklığından nasıl etkilendiğinin araştırması yapılmıştır.

Talebin $\Delta \geq 0$ için $\bar{D} = (140 - \Delta; 140; 140 + \Delta)$ olan üçgen bulanık sayı olduğunu düşünelim. Talebin bulanıklık değerinin değişimine bağlı olarak merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modelleri için tedarikçi beklenen karı, perakendeci beklenen karı, tedarik zinciri toplam beklenen karı ve optimum sipariş miktarı değerleri Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterildiği gibidir.

Merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerinin her ikisinde de bulanıklık arttıkça; perakendeci karı ve tedarik zinciri toplam karı azalma gösterirken; tedarikçi karı ve optimum sipariş miktarı artış göstermektedir. Optimum sipariş miktarının; tedarikçi için üretim miktarının artmasını sağlar; dolayısıyla birim üretim maliyetini azaltarak tedarikçi karı artırmaktadır. Aynı şekilde perakendeci sipariş miktarını artırarak elde bulundurma maliyetinin de artmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla sipariş miktarının artması perakendeci karının azalmasına sebep olmaktadır.

Ayrıca; merkezi tedarik zinciri modelinde elde edilen tedarikçi, perakendeci ve tedarik zinciri toplam karı değerlerinin tamamı merkezkaç tedarik zinciri modelinde

Tablo 2. Stokastik Talep ve Bulanık Talep için Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analyses For Stochastic and Fuzzy Demand)

Stokastik Talep Değişkeni			Bulanık Talep Değişkeni				
Ortalama	Standart sapma (β)	Optimum sipariş miktarı	Tedarik zinciri toplam karı	Ortalama	Bulanıklık parametresi (Δ)	Optimum sipariş miktarı	Tedarik zinciri toplam karı
140	20	165,63	6343,69	140	20	156,00	8220,00
140	10	152,82	7371,84	140	10	148,00	8310,00
140	5	146,41	7885,92	140	5	144,00	8355,00
140	3	143,84	8091,55	140	3	142,40	8373,00
140	1	141,28	8297,18	140	1	140,80	8391,00
140	0,1	140,13	8389,72	140	0,1	140,08	8399,10

Tablo 3. Merkezi Ve Merkezkaç Model İçin Tedarik Zinciri Üyeleri Beklenen Karı (The Expected Profits of Supply Chain Members For Centralized And Decentralized Models)

Talep	Merkezkaç Tedarik Zinciri Modeli				Merkezi Tedarik Zinciri Modeli		
Δ	135	140	145	Perakendeci Karı	Tedarikçi Karı	Perakendeci Karı	Tedarikçi Karı
5				6214,06	2118,36	6230,90	2124,10
10				6128,13	2136,72	6161,61	2148,39
20				5956,25	2173,44	6022,42	2197,58
30				5784,38	2210,16	5882,39	2247,61
40				5612,50	2246,88	5741,49	2298,51

elde edilenden daha yüksek miktardadır. Bu duruma göre; tedarik zinciri üyelerinin tamamının amacı tedarik zincirinin toplam karını optimum yapmak olması halinde daha yüksek kar değerlerine ulaşılmaktadır. Ve tedarik zinciri üyelerinin amacının hem kendi karlarını hem de tedarik zinciri toplam karını optimize etmeyi hedeflemesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerinde tedarik zinciri beklenen toplam karını ve optimum sipariş miktarını birbirine eşitleyen toptan satış fiyatı parametresi Eş. 36'daki gibi hesaplanmaktadır [6].

$$w = \left(\frac{p-g+b_p}{p-g+b} \right) * (v - g) - (v_p - g) \quad (36)$$

Örneğimizdeki tedarik zinciri parametre değerlerine göre merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerinde tedarik zinciri beklenen toplam karını ve optimum sipariş miktarını birbirine eşitleyen toptan satış fiyatı parametresi $w = 23$ olarak elde edilmiştir. Buna göre; merkezkaç tedarik zinciri modelinde tedarikçi beklenen karı (-352) ve perakendeci beklenen karı (8392) olarak hesaplanmıştır. Toptan satış fiyatının tedarikçi üretim maliyetinden $w = 23 \leq v_t = 25$ daha düşük olması tedarikçinin zarar edeceği anlamına gelmektedir ki bu da tedarikçinin kabul edeceği bir durum değildir. Dolayısıyla toptan satış fiyatı sözleşmesi; tedarik zinciri koordinasyonunu sağlayamamaktadır. Toptan satış fiyatı sözleşmesinin etkili olması için ancak tedarikçinin toptan satış fiyatını; üretim maliyetinden daha düşük bir değer olması şartını kabul etmesi gerekmektedir.

Analiz 3: Gerçek hayat problemlerinde; tedarik zinciri yönetiminde birden çok parametre için kesin değerlerin elde edilmesi mümkün olmayabilmektedir. Daha önceki

bölmelerde; sadece talebin bulanık değişken olması halinde tedarik zinciri üyeleri ve tedarik zinciri toplam karı üzerindeki değişim incelenmiştir. Bu bölümde talep parametresine ek olarak toptan satış fiyatı parametresinin de üçgen bulanık sayı olması halinde tedarik zinciri toplam karı ve tedarik zinciri üyelerinin kar değerlerinin incelenmesi yapılmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında kullanılacak olan tedarik zinciri parametreleri Tablo 5'de gösterildiği gibi kabul edilmiştir:

Bulanık toptan satış fiyatı ve bulanık talep parametrelerinde yer alan $\alpha \geq 0$ ve $\Delta \geq 0$ değerlerinin değişimine bağlı olarak elde edilmiş olan tedarik zinciri üyeleri kar değerleri ve tedarik zinciri toplam kar değeri Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterildiği gibidir:

Elde edilmiş olan veriler incelendiğinde; toptan satış fiyatının bulanıklığının ($\alpha \geq 0$) artmasının; performans değerlerinin bulanıklığı üzerine olan etkisi; talep parametresi bulanıklığının ($\Delta \geq 0$) performans değerleri üzerine olan etkisinden daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla; bulanık talep ve bulanık toptan satış fiyatı parametrelerinden tedarik zinciri kar değerleri üzerine etkisi daha fazla olan toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklık değerinin mümkün olduğunca düşük seviyelerde tutulması istenecektir. Hatta tedarik zinciri üyeleri tarafından toptan satış fiyatı parametrenin tek değerli kesin bir sayı olarak belirlenmesi daha çok istenilen bir durum olacaktır. Daha sonra; talep parametresinin bulanıklığı ($\Delta = 10$) sabit iken; toptan satış fiyatı parametresi bulanıklığı ($\alpha \geq 0$) üzerine duyarlılık analizleri yapılmıştır. Toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklığı; perakendeci, tedarikçi ve tedarik zinciri toplam kar değerleri fonksiyonlarının da bulanık sayı

Tablo 4. Merkezi ve Merkezkaç Model için Tedarik Zinciri Beklenen Toplam Karı ve Optimum Sipariş Miktarı

(The Expected Profits of Supply Chain and Optimum Order Quantity For Centralized And Decentralized Models)

Talep		Merkezkaç Tedarik Zinciri Modeli		Merkezi Tedarik Zinciri Modeli	
Δ		Tedarik Zinciri Toplam Karı	Optimum Sipariş Miktarı	Tedarik Zinciri Toplam Karı	Optimum Sipariş Miktarı
5	135 140 145	8332,42	141,88	8355,00	144,00
10	130 140 150	8264,84	143,75	8310,00	148,00
20	120 140 160	8129,69	147,50	8220,00	156,00
30	110 140 170	7994,53	151,25	8130,00	164,00
40	100 140 180	7859,38	155,00	8040,00	172,00

Tablo 5. Bulanık Toptan Satış Fiyatlı Merkezkaç Tedarik Zinciri Modeli Parametreleri
(Parameter Values of Decentralized Supply Chain Model with Fuzzy Wholesale Price)

Parametre	Değer	
p	Perakende fiyatı	100
g	Hurda değeri	30
v_p	Perakendeci marjinal maliyeti	15
v_t	Tedarikçi üretim maliyeti	25
b_p	Perakendeci yok satma maliyeti	10
b_t	Tedarikçi yok satma maliyeti	20
\tilde{w}	Bulanık toptan satış fiyatı	$(40 - \alpha, 40, 40 + \alpha), \alpha \geq 0$
\tilde{D}	Bulanık talep	$(140 - \Delta, 140, 140 + \Delta), \Delta \geq 0$

Tablo 6. Bulanık Toptan Satış Fiyatlı Merkezkaç Tedarik Zinciri Modeli İçin Tedarik Zinciri Üyeleri Beklenen Karı (The Expected Profits of Supply Chain Members For Decentralized Supply Chain Model with Fuzzy Wholesale Price)

α	Δ	Perakendeci Karı			Tedarikçi Karı		
0	10	6128,13	6128,13	6128,13	2136,72	2136,72	2136,72
5	10	6850,00	6128,13	5412,50	1437,50	2136,72	2821,88
10	10	7578,13	6128,13	4703,13	724,22	2136,72	3492,97
0	15	6042,19	6042,19	6042,19	2155,08	2155,08	2155,08
5	15	6775,00	6042,19	5318,75	1456,25	2155,08	2832,81
10	15	7517,19	6042,19	4604,69	736,33	2155,08	3489,45

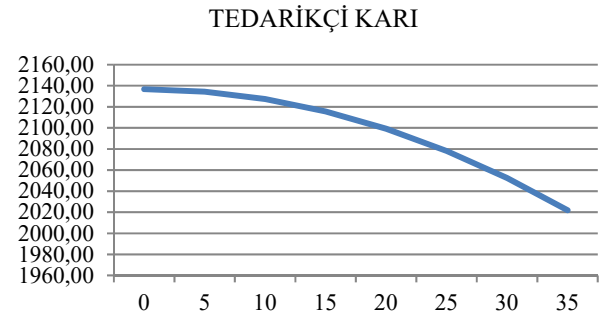
Tablo 7. Bulanık Toptan Satış Fiyatlı Merkezkaç Tedarik Zinciri Modeli İçin Tedarik Zinciri Beklenen Toplam Karı ve Optimum Sipariş Miktarı (The Expected Profits of Supply Chain Optimum Order Quantity For Decentralized Supply Chain Model with Fuzzy Wholesale Price)

α	Δ	Tedarik Zinciri Toplam Karı			Optimum sipariş miktarı		
0	10	8264,84	8264,84	8264,84	143,75	143,75	143,75
5	10	8287,50	8264,84	8234,38	145,00	143,75	142,50
10	10	8302,34	8264,84	8196,09	146,25	143,75	141,25
0	15	8197,27	8197,27	8197,27	145,63	145,63	145,63
5	15	8231,25	8197,27	8151,56	147,50	145,63	143,75
10	15	8253,52	8197,27	8094,14	149,38	145,63	141,88

olmasını gerektirmektedir. Elde edilmiş olan bulanık perakendeci ve tedarikçi kar değerleri durulaştırma yöntemlerinden dereceli ortalama integrasyon gösterimi (GMIR) yöntemi ile Eş. 33 kullanılarak durulaştırılmıştır. Elde edilmiş olan durulaştırılmış tedarikçi ve perakendeci performans değerleri Şekil 2 ve Şekil 3'te görüldüğü gibidir.

**Şekil 2.** Toptan Satış Fiyatı Parametresi Bulanıklığı için Perakendeci Durulaştırılmış Kar Değerleri (Defuzzified Profit Value of Retailer for Fuzziness of Wholesale Price Parameter)

Yapılan duyarlılık analizine göre; toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklığındaki artış tedarik zinciri üyelerinden tedarikçinin kar değerindeki değişimi daha fazla etkilemiştir. Bu parametre üzerindeki bulanıklığın artması; toptan satış fiyatının tedarikçi üretim maliyetinden yüksek ya da düşük olma belirsizliğini etkilemesi sebebiyle; tedarikçi için bu parametrenin belirliliği daha fazla önem arz etmektedir. Yine tedarikçi kar değerlerindeki değişim aralığı; perakendeci kar değerlerindeki değişim aralığından daha fazla olması sonucunda; toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklığının tedarik zinciri kar değerine olan etki; tedarikçi ile aynı yönde olmakta; yani azalış göstermektedir.

**Şekil 3.** Toptan Satış Fiyatı Parametresi Bulanıklığı için Tedarikçi Durulaştırılmış Kar Değerleri (Defuzzified Profit Value of Supplier for Fuzziness of Wholesale Price Parameter)

5. SONUÇLAR(CONCLUSIONS)

Tedarik zinciri hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcılık görevi yapan perakendecilerin oluşturduğu bir ağıdır [1]. Tedarik zincirlerinde tedarikçi, perakendeci, dağıtıcı, vb. olmak üzere çok sayıda üye bulunmaktadır. Tedarik zincirinde yer alan her bir üye kendi performansını optimum yapmayı hedeflemektedir. Tedarik zinciri üyelerinin her birinin farklı hedefleri olması sebebiyle tedarik zinciri yönetimi zorlaşmakta ve performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin; perakendeci az miktarda sipariş ederek performansını artırmaya çalışırken; tedarikçi birim üretim maliyetini azaltmak amacıyla daha fazla miktarda üretim yapmak dolayısıyla daha fazla miktarda sipariş almayı isteyebilmektedir. Bu sebepten toplam tedarik zinciri performansını artırmak amacıyla üyeler arasındaki koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Tedarik zincirleri karar vericilerine göre; merkezi (centralized) ve merkezkaç (decentralized) tedarik zinciri modelleri olarak ayırt edilebilir.

Merkezi bir tedarik zinciri modelinde; tedarik zincirinin tamamının performansını optimum yapmayı hedefleyen bir karar verici bulunmaktadır. Merkezkaç bir tedarik zinciri modelinde ise; tedarik zinciri üyelerinin her biri kendi performansını optimum yapmayı hedeflemektedir. Yani tedarikçi kendi performansını optimize etmeye çalışırken; perakendeci kendi performansını optimize etmeye çalışmaktadır.

Tedarik zincirleri tasarım ve planlama aşamalarında koordinasyonun sağlanması zorluğuna ek olarak talep, üretim maliyeti, transfer maliyeti, işlem süresi, tedarik teslim süresi gibi birden çok parametrenin belirsizlik içermesi sorunu ile de karşılaşabilmektedir. Gerçek hayat tedarik zinciri modellerinde üstesinden gelinmesi gereken önemli noktalardan bir tanesi bu parametrelerin özellikle de talebin tahmin edilmesidir. Talep dağılımı ile ilgili uygun bir yaklaşımın yapılabilmesi için gerekli verinin mevcut olduğu varsayımı altında, tahminler olasılık dağılımları kullanılarak yapılmıştır. Ancak günümüzdeki rekabetçi pazar şartları nedeniyle gittikçe kısalan ürün yaşam döngüleri ürün talep yapılarını oldukça değişken hale getirebilmektedir. Bu değişken talep yapısına ait geçmiş istatistiksel verinin bulunabilirliği de gitgide daha da zorlaşmaktadır. Bu yüzden, bu gibi (geçmiş verinin yokluğu, elde edilmesinin zorluğu ya da muğlaklığı vb.) durumlarda standart olasılık modellerini kullanmak iyi bir sonuç vermeyebilir, bu tip belirsizliklerin modellenmesinde alternatif bir yol olarak bulanık küme teorisi kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık talep altında, bir tedarikçi ve bir perakendeciden oluşan iki aşamalı bir tedarik zinciri yapısı incelenmiştir. Çalışmada bulanık talep genelleştirilmiş L-R tipi bir bulanık sayılarla ifade edilmiş ve merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri yapısı için tedarik zinciri toplam performansını optimize eden bulanık modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen bulanık modellerde performans kriteri olarak; tedarik zinciri toplam karının optimize edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla; optimum sipariş miktarı ve optimum tedarik zinciri kar fonksiyonu için genelleştirilmiş kapalı formlu çözümler üretilmiştir. Ayrıca, talep bulanıklığına ek olarak, merkezkaç tedarik zinciri yapısı için önemli bir parametre olan, toptan satış fiyatının da bulanık olması durumu için üçüncü bir bulanık model geliştirilmiştir. Son aşamada geliştirilen modeller sayısal değerler verilerek analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde, öncelikle stokastik talep ve bulanık talep durumlarında tedarik zinciri toplam karının değişimi incelenmiştir. Diğer bir analizde, talep bulanıklığının merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerine etkisi incelenmiştir. Son olarak, talep parametresine ek olarak toptan satış fiyatı parametresinin de bulanık değişken olması halinde tedarik zinciri kar değerlerinin analizi yapılmıştır.

Sayısal analiz sonuçlarına göre; stokastik durumda talep deterministik duruma yaklaştıkça ve bulanık talep değişkeninde bulanıklık azaldıkça; tedarik zinciri beklenen toplam karı ve optimum sipariş miktarı her iki durum için birbirine yaklaşmaktadır. Ayrıca bulanıklık ve standart sapma değerleri azaldıkça; optimum sipariş miktarı talep değişkeninin ortalamasına yakın değerler aldığı görülmektedir. Ve optimum sipariş miktarının, talep

değişkeni ortalamasına yaklaşması elde bulundurma ve yok satma maliyetlerini ortadan kaldıracak için; tedarik zinciri toplam karının da artışına sebep olmaktadır.

Yine sayısal örneklere göre; merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri modellerinin her ikisinde de bulanıklık arttıkça; perakendeci karı ve tedarik zinciri toplam karı azalma gösterirken; tedarikçi karı ve optimum sipariş miktarı artış göstermektedir. Optimum sipariş miktarının; tedarikçi için üretim miktarının artmasını sağlar; dolayısıyla birim üretim maliyetini azaltarak tedarikçi karı artırmaktadır. Aynı şekilde perakendeci sipariş miktarını artırarak elde bulundurma maliyetinin de artmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla sipariş miktarının artması perakendeci karının azalmasına sebep olmaktadır.

Ayrıca; merkezi tedarik zinciri modelinde elde edilen tedarikçi, perakendeci ve tedarik zinciri toplam karı değerlerinin tamamı merkezkaç tedarik zinciri modelinde elde edildenden daha yüksek miktardadır. Bu duruma göre; tedarik zinciri üyelerinin tamamının amacı tedarik zincirinin toplam karını optimum yapmak olması halinde daha yüksek kar değerlerine ulaşılmaktadır. Ve tedarik zinciri üyelerinin amacının hem kendi karlarını hem de tedarik zinciri toplam karını optimize etmeyi hedeflemesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Merkezi ve merkezkaç tedarik zinciri tedarik zinciri toplam kar ve optimum sipariş miktarı değerlerinin eşit olduğu sadece bir toptan satış fiyatı değeri bulunmaktadır. Ancak bu eşitliği sağlayan toptan satış fiyatı değeri; tedarikçinin üretim maliyetinden daha düşük bir değer olması sebebiyle; tedarik zinciri koordinasyonunu sağlama noktasında yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla toptan satış fiyatı sözleşmesinin; tedarik zinciri koordinasyonunu sağlayamadığı söylenebilir. Bu sözleşmenin etkili olması için ancak tedarikçinin negatif karı kabul etmesi gerekmektedir.

Yapılmış olan talep parametresi bulanıklığı ve toptan satış fiyatı parametresi bulanıklığı duyarlılık analizlerine göre; toptan satış fiyatının bulanıklığının ($\alpha \geq 0$) artmasının; performans değerlerinin bulanıklığı üzerine olan etkisi; talep parametresi bulanıklığının ($\Delta \geq 0$) performans değerleri üzerine olan etkisinden daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla; bulanık talep ve bulanık toptan satış fiyatı parametrelerinden tedarik zinciri kar değerleri üzerine etkisi daha fazla olan toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklık değerinin mümkün olduğunca düşük seviyelerde tutulması istenecektir. Hatta tedarik zinciri üyeleri tarafından toptan satış fiyatı parametrenin tek değerli kesin bir sayı olarak belirlenmesi daha çok istenilen bir durum olacaktır.

Daha sonra; talep parametresinin bulanıklığı ($\Delta = 10$) sabit iken; toptan satış fiyatı parametresi bulanıklığı ($\alpha \geq 0$) üzerine duyarlılık analizleri yapılmıştır ve sonuçlar şu şekilde elde edilmiştir: Toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklığındaki artış tedarik zinciri üyelerinden tedarikçinin kar değerindeki değişimi daha fazla etkilemiştir. Bu parametre üzerindeki bulanıklığın artması; toptan satış

fiyatının tedarikçi üretim maliyetinden yüksek ya da düşük olma belirsizliğini etkilemesi sebebiyle; tedarikçi için bu parametrenin belirliliği daha fazla önem arz etmektedir. Yine tedarikçi kar değerlerindeki değişim aralığı; perakendeci kar değerlerindeki değişim aralığından daha fazla olması sonucunda; toptan satış fiyatı parametresinin bulanıklığının tedarik zinciri kar değerine olan etki; tedarikçi ile aynı yönde olmakta; yani azalış göstermektedir.

Bu çalışmada önerilen modelde; sadece talep ve toptan satış fiyatı parametrelerinin bulanık değişken olması hali incelenmiştir. Model bu parametrelere ek olarak diğer parametrelerin de bulanık değişken olması durumu için genişletilebilir. Ayrıca stokastik ve bulanık belirsizliğe ek olarak farklı belirsizlik türlerini içeren parametreler bulunan tedarik zinciri yapıları da düşünülebilir. Bir diğer konu ise; çalışmada iki aşamalı, tek tedarikçi ve tek perakendeciden oluşan tedarik zinciri yapısı, tek ürün ve tek dönem için incelenmiştir. Geliştirilecek modeller; daha fazla ürün, daha fazla dönem, daha fazla tedarik zinciri üyesi içerebilir. Bu sayede; bulanık parametre içeren tedarik zinciri koordinasyon problemleri literatürüne katkı sağlanmış olacaktır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2017-7394.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Lee H.L. ve Billington C., Managing Supply Chain Inventory, Pitfalls and Opportunities, Sloan eManagement Review, 33 (3), 65-73, 1992.
- Tan K.C., Kannan, V.R., Handfield, R.B., Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance, International Journal of Purchasing and Material Management, 34 (3), 2-9, 1998.
- Harrison T.P, Principles for the strategic design of supply chains, The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge, International Series in Operations Research & Management Science, Editör: Harrison T.P, Lee H.L., Neale J.J., Springer, Boston, MA, 62, 3-12, 2004.
- Min H., Zhou G., Supply chain modeling: past, present and future, Computers and Industrial Engineering, 43 (1-2), 231-249, 2002.
- Yano C.A., Gilbert S.M., Coordinated pricing and production/procurement decisions: a review, Managing Business Interfaces. International Series in Quantitative Marketing, Editör: Chakravarty A.K., Eliashberg J., Springer, Boston, MA, 16, 65-103, 2005.
- Cachon, G.P., Supply chain coordination with contracts, Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation, Handbooks in OR & MS, Cilt 11, Editör: Graves, S.C., de Kok, A.G., Elsevier, Amsterdam, 227-339, 2003.
- Sarathi G., Sarmah S., Jenamani M., An integrated revenue sharing and quantity discounts contracts for coordinating a supply chain dealing with short-life cycle products, Applied Mathematical Modelling, 38 (15-16), 4120-4136, 2014.
- Zadeh L. A., Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility, Fuzzy sets and systems, 1, 3-28, 1978.
- Zadeh L.A., Toward a generalized theory of uncertainty-an outline, Information Sciences, 172, 1-40, 2005.
- Sang S., Coordinating a Three Stage Supply Chain with Fuzzy Demand, Engineering Letter, 22 (3), 109-117, 2014.
- Sang S., Supply Chain Contracts with Multiple Retailers in a Fuzzy Demand Environment, Mathematical Problems in Engineering, 2013, 0-12, 2013.
- Zhang B., Lu S., Zhang D., Wen K., Supply Chain Coordination Based on a Buyback Contract Under Fuzzy Random Variable Demand, Fuzzy Sets and Systems, 255, 1-16, 2014.
- Ryu K. ve Yücesan E., A Fuzzy Newsvendor Approach To Supply Chain Coordination, European Journal of Operational Research, 200, 421-438, 2010.
- Xu R. ve Zhai X., Optimal Models for Single-Period Supply Chain Problems with Fuzzy Demand, Information Sciences, 178, 3374-3381, 2008.
- Xu R. ve Zhai X., Analysis of Supply Chain Coordination Under Fuzzy Demand in a Two-Stage Supply Chain, Applied Mathematical Modelling, 34, 129-139, 2010.
- De S.K. ve Sana S.S., Two-layer supply chain model for Cauchy type Stochastic demand under fuzzy environment, International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics, 11 (2), 2018.
- Xue F., Tang W., Zhao R., The expected value of a function of a fuzzy variable with a continuous membership function, Computers and mathematics with applications, 55, 1215-1224, 2008.
- Xu Y.ve Hu J., Random Fuzzy Demand Newsboy Problem, Physics Procedia, 25, 924 – 931, 2012.
- Dubois D. ve Prade H., Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications, Academic Press, New York, A.B.D., 1980.
- Dubois s D. ve Prade H., Possibility theory, An Approach to Computerized Processing of Uncertainty, Springer, A.B.D., 1988.
- Liu B. ve Liu Y.K., Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value model, IEEE transactions on fuzzy systems, 10, 445-450, 2002.
- Heilpern S., The expected value of a fuzzy number, Fuzzy sets and systems, 47, 81-86, 1992.
- Yager R.R., A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval, Information sciences, 2 (24), 143-161, 1981.
- Campos L. ve Gonzalez A., A subjective approach for ranking fuzzy numbers, Fuzzy sets and systems, 29, 145-153, 1989.
- Gonzalez A., A study of ranking function approach through mean values, Fuzzy sets and systems, 35, 29-41, 1990.

26. Chen S.H. ve Hsieh C.H., Graded mean integration representation of generalized fuzzy number, Journal of Chinese Fuzzy systems, 2 (5), 1-7, 1999.
27. Silver E.A., Pyke D.F., Peterson R.P., Inventory management and production planning and scheduling, Wiley New York, A.B.D., 1998.