

KAR MAKSİMİZASYONU TEMELLİ ÜRETİM-TUTUNDURMA FAALİYETLERİ ENTEGRASYONU: BİR İŞLETME ÖRNEĞİ

Araş. Gör. Fatma Demircan KESKİN
Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi - İşletme Bölümü
fatma.demircan.keskin@ege.edu.tr

Araş. Gör. Miray BAYBARS
Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi - İşletme Bölümü
miray.baybars@ege.edu.tr

Özet: *Bu çalışmada, tutundurma ve üretim planlaması faaliyetlerine eşzamanlı olarak odaklanılarak, kar maksimizasyonu temelli bir üretim-tutundurma faaliyetleri modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu doğrusal programlama modeli, paslanmaz çelik soğuk şekillendirme sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin probleminde uygulanmış ve optimum çözüm elde edilmiştir. Modelin kodlaması Lingo 9.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve model ile işletme için 2015 yılının ikişer aylık, altı döneminde mümkün olan en yüksek karı elde etmek için hangi tutundurma faaliyetlerinin ne zaman yapılması gerektiği ve ne zaman hangi miktarda üretim yapılması gerektiği belirlenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *tutundurma, toplam üretim planlaması, doğrusal programlama, entegrasyon, kar maksimizasyonu*

PROFIT MAXIMIZATION BASED INTEGRATED AGGREGATE PRODUCTION PLANNING AND MARKETING PROMOTION: A CASE STUDY

Abstract: *In this paper, profit maximization based integrated model focusing on aggregate production planning and promotion activities is constructed simultaneously. This linear programming model was applied to a real problem of a company operating in stainless steel and cold forming sector and the optimum solution was found within Lingo 9.0 software. By using this model which promotion activities should be used, the amount of products to be produced and which one of the six two-month periods will provide maximum possible profit in is determined for 2015.*

Keywords: *promotion, aggregate production planning, linear programming, integration, profit maximization*

1. GİRİŞ

Tutundurma faaliyetleri işletmelerin satışlarını artırmak amacıyla gerçekleştirdikleri en önemli faaliyetlerden biridir. Bu faaliyetler işletmeler için önemli bir harcama kalemi oluşturmakla birlikte, sağlayabildikleri satış artışı nedeniyle işletmeler tarafından tercih edilmektedir. Tutundurma kararlarının üretim kararlarıyla entegre bir şekilde verilmesi kar optimizasyonunu sağlamak açısından oldukça yüksek bir önem taşımaktadır (Yenradee ve Piyamanothorn, 2011).

Esas olarak işletme içerisindeki fonksiyonların bütünleştirilebilmesi ve ortak bir amaca yönelik olarak birlikte çalışabilmesi bugüne kadar pek çok araştırmacının üzerinde durduğu bir noktadır (Davenport ve Short, 1990). Bu türden çalışmalar işletme faaliyetleri entegrasyonunu, kar maksimizasyonu ve sürdürülebilir karlılık için başta gelen faktörlerden biri olarak nitelerler. Bununla birlikte özellikle üretim faaliyetleri ve pazarlama faaliyetleri entegrasyonuna vurgu yapan çalışmalar da bulunmaktadır (bkz. Prabhaker, 2001). Promosyon planlamasının ana amacı satışları ve dolayısıyla karlılığı artırmak olarak nitelendirilebilirken, toplam üretim planlamasının amacı ise üretimden kaynaklanan maliyetleri minimuma indirmek olarak tanımlanmıştır (Nam ve Logendran, 1992). Bu çalışma, genel bir çerçeve olarak pazarlama faaliyetlerinin altında yer alan tutundurma ve üretim planlaması faaliyetlerine eşzamanlı olarak odaklanmayı ve kar maksimizasyonu temelli bir üretim-tutundurma faaliyetleri modeli kurmayı amaçlamaktadır.

2. TUTUNDURMA KARARLARI VE ENTEGRASYONU

Tutundurma kararları pek çok kararı bünyesinde barındıran çok değişkenli kararlardır. Bu kararlar, fiyat indirimleri, reklam harcamaları ve yayımları, mağaza içindeki tutundurma faaliyetleri gibi sıralanabilir (Van Heerde ve Neslin, 2008) ve üretim firmasının her bir stok tutma birimi için ayrı ayrı alınır (Silva-Risso vd., 1999). Aylar üzerinden ya da yıllık bazda incelendiğinde tüm bu kararlar satış tutundurma takvimini oluşturur. Toplam pazarlama tutundurma planlamasının ve toplam üretim planlamasının birçok işletmede entegre olmadığı bilinmektedir. Öncelikle tutundurma faaliyetlerinin öznel yöntemlerle ya da sezgisel olarak en yüksek karı getirecek biçimde planlanması, daha sonra da bu planlama üzerinden dönemsel satış tahminlerinin yapılması ve üretim planlamasında dayanan yöntemin kullanılması, aslında üretimden kaynaklanan sınırlılıkların ya da kısıtların ihmal edilmesi sonucunu doğurmaktadır (Yenradee ve Piyamanothorn, 2011). Bununla birlikte, üretim yapan firmalar genel olarak tutundurma faaliyetlerinin üretim faaliyetleri üzerindeki etkisini incelerken kısa dönemli bir analiz yapmakta, bir önceki ya da bir sonraki tutundurma faaliyeti ile birlikte entegre bir bakış açısı geliştirmekte yetersiz kalmaktadırlar (Silva-Risso vd., 1999).

Tutundurma faaliyetlerinin satış üzerindeki etkisi oldukça hızlı ve etkili bir biçimde gözlenebilmekle birlikte (Blattberg vd., 1995), bu faaliyetler satışları kısa dönemde artırabilmesi nedeniyle sonuç odaklı yöneticiler tarafından çokça benimsenebilmektedir (Neslin, 2002). Tutundurma karması kararları ve planlaması

kar optimizasyonuna, tutundurma etkinliğine (Krishna vd., 1991) ya da müşteri ile ilgili kararlara (müşteri memnuniyeti, müşteri sadakati vb.) (Nijs vd., 2001) odaklanabilir. Literatürde, tutundurma karması planlaması ile ilgili günümüze kadar yapılmış birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu çalışmalardan bazıları tutundurma karması kararlarında kar maksimizasyonuna odaklanmıştır (Neslin vd., 1985; Mulhern ve Padgett, 1995). Ancak tutundurma karması entegrasyonu birçok çalışmada genel olarak tutundurma elemanlarından olan satış tutundurma, reklam, halkla ilişkiler, doğrudan pazarlama vb. faktörlerin bütünleştirilmesi olarak ele alınmış (bkz. Shahriar, 2008; Pitta vd., 2006; Dupree, 2004; Caemmerer, 2009), üretim faaliyetleri ile entegrasyonuna vurgu yapılmamıştır.

3. ÜRETİM KARARLARI VE ENTEGRASYONU

Toplam üretim planlaması bir işletmenin üretim, stok ve istihdam seviyelerinin sınırlı bir süre zarfı için belirlenmesini içeren ve genel olarak iki ila on sekiz aylık bir süreyi kapsayan orta vadeli bir kapasite planlaması olarak tanımlanabilir (Liang vd., 2011). Bu planlama faaliyetinin ana amacı, zaman içerisinde değişkenlik gösteren tüketici taleplerini karşılarken, bir yandan da ilgili maliyetleri mümkün olan en düşük seviyeye indirmektir (Nam ve Logendran, 1992). Diğer ilişkili amaçlar da işgücü seviyesi ya da stok dalgalanmalarını azaltmak olarak ifade edilebilir. Toplam üretim planlamasında, üretim maliyeti, montaj maliyeti, dış kaynak kullanımı maliyeti, üretim araçlarının kapasite üstünde/altında çalıştırılma maliyeti, stok maliyeti ya da mevcut talebi karşılayamama maliyeti göz önünde bulundurulmuş maliyet öğeleri olarak sıralanabilir (Ayan, 2010).

Toplam üretim planlaması, kapasitenin ve talebin dengelenmesi süreci ile ilgilidir. İşletmeler, bu iki değişken üzerinde de etkilidirler: Belirli bir zaman dilimi içerisinde kapasiteleri üzerinde çalışmalar yaparak kapasiteyi değiştirebilir ya da talebi etkileyebilirler (Jamalnia ve Feili, 2011). İşletmeler kapasitelerini işçi istihdamını artırıp azaltarak, mesai sürelerini değiştirerek, yarı zamanlı-geçici işçi istihdamı ile, dış kaynak kullanımı ya da stok seviyelerindeki değişiklik ile sağlayabilirler. Bunun yanı sıra, işletme faaliyetlerinden bağımsız gibi düşünülen müşteri talebi de fiyat değişiklikleri, tutundurma faaliyetleri, sipariş biriktirme gibi yöntemlerle kontrol edilebilir (Heizer ve Render 2001); ancak yine de müşteri talebinin belirsiz olduğu ifade edilebilir, zira bu talep her ne kadar işletme tarafından yönetilmeye çalışılsa da tam olarak kestirilemez (Ayan, 2010).

Toplam üretim planlaması probleminin çözülmesine yönelik olarak literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar sezgisel yöntemlerden algoritmalara ve matematiksel modellemelere kadar, problem çözümü için birçok yöntem geliştirmiştir, ancak bununla birlikte kullanılacak yöntem amaçlara ve mevcut parametrelere göre değişiklik gösterebilir (Liang vd. 2011). Buna bağlı olarak, toplam üretim planlamasında çok çeşitli koşullar için geliştirilmiş farklı yöntemlerden söz etmek mümkündür. Örneğin, Wang ve Liang (2005) olasılıklı doğrusal programlama yöntemi (PLP) ile birden fazla ürün için toplam üretim planlaması modeli ortaya

koymuştur. Leung ve Ng (2007) ise işlem maliyetini, stok maliyetini ve işgücü seviyesi değişimini minimum olmasını öncelikli tutarak ana üretim planlaması modeli geliştirmişlerdir. Wang ve Fang (2001) ürün fiyatının, işgücü seviyesinin, dış kaynak kullanımıyla edinilen birim maliyetin, üretim kapasitesinin ve pazar talebinin değişken olduğu durumlar için bulanık doğrusal programlama yaklaşımıyla (FLP) toplam üretim planlaması probleminin çözümüne odaklanmıştır. Yenradee ve Sarvi (2007) ürün fiyatı ile talep arasındaki ilişkiyi göz önünde bulundurarak, elastik talep altında fiyat planlaması ve üretim planlamasını entegre eden bir çalışma yapmışlardır. Silva vd. (2006) ise maksimum kar, minimum geç teslimat ve minimum işgücü seviyesi değişimi için toplam üretim planlaması problemini çözmüştür. Baykasoğlu ve Göçken (2010) de bulanık matematiksel modelleme yoluyla toplam üretim planlaması probleminin dönüştürme sürecine gerek kalmaksızın çözülebileceğini ortaya koymuştur. Shi ve Haase (1996) birçok amaçlara bağlı olarak değişik talep-kapasite şartlarında birden fazla değişkene bağlı çok kısıtlı doğrusal programlama ile toplam üretim planlaması sorununu ele almıştır. Byrne ve Bakir (1999) ise tüm üretim sistemi için birden fazla dönemi ve ürünü kapsayan, matematiksel programlama ve simülasyon modellerini eşzamanlı olarak kullanan hibrid bir algoritma geliştirmiştir. Zhang vd. (2012) de kapasite artırımı söz konusu olduğu durumlar için toplam üretim planlaması modeli geliştirmiştir.

Belirsiz koşullar altında toplam üretim planlamasının yapılması da araştırmacılar tarafından çokça değinilmiş bir konudur (bkz. Mirzapour vd., 2011). Mortezaei vd. (2013), çok ürün ve periyotlu toplam üretim planlaması problemini ele almıştır. Problemin çözümü için bulanık parametrelili bir doğrusal programlama modeli oluşturmuş ve bu modeli belirli hale getirerek genetik algoritma ile çözmüştür. En iyi uzlaşık çözümü elde etmek için ise bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanmıştır. Chakraborty ve Hasin (2013), çok ürün ve periyotlu toplam üretim planlama problemini bulanık tabanlı genetik algoritma yaklaşımı ile ele almıştır. Silva ve Marins (2014), toplam üretim planlaması problemi için bir bulanık amaç programlama modeli geliştirmiştir.

4. MATEMATİKSEL MODEL

Bu çalışmada oluşturulan model, Yenradee ve Piyamanothorn (2011)'in geliştirmiş olduğu toplam üretim planlama ve tutundurma faaliyetlerini bütünleştiren model temel alınarak hazırlanmıştır. Bu bölümde öncelikle ele alınan problemden bahsedilecek, ardından oluşturulan matematiksel modelin parametreleri, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlarına değinilecektir.

4.1. Problem Tanımı

Çalışmada paslanmaz çelik soğuk şekillendirme sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin problemi ele alınmıştır. İşletmenin endüstriyel pazarlarda satışa sunulmakta olan yirmi farklı ürün kategorisi bulunmaktadır. İşletme satışlarda miktar aralıklarına bağlı satış indirimi, miktara bağlı satış indirimi ve tatil promosyonu olmak üzere üç farklı tutundurma türü uygulamaktadır; ve bu tutundurma faaliyetleri

ürünlere yönelik yıl içindeki talebi etkilemektedir. İşletme, her ürün grubu için en fazla bir tip tutundurma faaliyetini uygulamaktadır. Tutundurma faaliyetlerinin uygulanması için gerekli olan tüm koşullar, bu çalışmada ele alınan tüm periyotlar için geçerlidir. Bu tutundurma faaliyeti türleri ve uygulanabilecekleri ürün grupları ile ilgili bilgiler detaylı olarak verilecektir.

4.1.1. Miktar Aralığına Bağlı Satış İndirimi

Miktar aralıklarına bağlı satış indirimi, belirli ürün kategorileri için, ürün kategorilerinin satışlarının belirli miktar aralıklarına ulaştıkları durumlarda uygulanan bir promosyon türüdür. Bu promosyonun üç seviyesi bulunmaktadır. Tablo 1 ve Tablo 2’de, bu promosyon türünün uygulanabileceği ürün kategorileri, promosyonun seviyeleri, her seviye için miktar aralığı limitleri ve uygulanan indirimler verilmiştir.

Tablo 1: Miktar Aralığına Bağlı Satış İndirimi İçin Ürün Kategorileri ve Alt Limitler

Ürün Kategorisi	Miktar Aralığına Bağlı İndirim (Promosyon 1)		
	j=1	j=2	j=3
	Alt Limitler (adet/periyot)		
1	2.500	5.000	10.000
3	5.000	10.000	15.000
4	5.000	10.000	15.000
5	10.000	15.000	25.000

Tablo 2: Miktar Aralığına Bağlı Satış İndirimi İçin Limitlere Bağlı İndirim Miktarları

Ürün Kategorisi	Miktar Aralığına Bağlı İndirim (Promosyon 1)		
	j=1	j=2	j=3
	İndirim Miktarları (TL/adet)		
1	0,050	0,075	0,125
3	0,025	0,075	0,125
4	0,025	0,075	0,175
5	0,050	0,075	0,125

4.1.2. Miktarla Bağlı Satış İndirimi Promosyonu

Miktara bağlı satış indirimi promosyonu, belirli ürün kategorileri için satış miktarı belli bir seviyeye ulaşırsa, o ürünlerin satış fiyatlarında indirimle gitme şeklinde uygulanmaktadır. Bu promosyonun uygulanabileceği ürün kategorileri ve ilgili diğer bilgiler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: Miktara Bağlı Satış İndirimi Promosyonu Ürün Kategorileri ve İndirim Miktarları

Ürün Kategorisi	Satış Miktarı Limiti (adet/periyo)	İndirim Miktarı (TL/adet)
2	10.000	0,075
6	50.000	0,05
7	100.000	0,01
8	15.000	0,075
10	15.000	0,1
15	15.000	0,25
18	15.000	0,1

4.1.3. Toplam Miktara Bağlı Tatil Promosyonu

İşletmenin uyguladığı üçüncü promosyon türü olan tatil promosyonu, Tablo 4'te belirtilen ürün kategorilerinde, belirtilen satış seviyelerine ulaşıldığında uygulanmaktadır. Hediye edilen tatilin toplam maliyeti 5000 TL' dir.

Tablo 4: Toplam Miktara Bağlı Satış İndirimi Promosyonu Ürün Kategorileri ve Satış Miktarları

Ürün Kategorisi	Satış Miktarı (adet/periyo)
9	100.000
11	30.000
12	30.000
13	15.000
14	17.000
16	12.000
17	52.000
19	45.000
20	10.000

İşletmede üretim ve tutundurma faaliyetleri planlaması yıl içerisinde ikişer aylık dönemler halinde yapılmaktadır. Bu tutundurma karması bileşenleri kararları, yıl içindeki her bir dönem için herhangi bir optimizasyona tabi tutulmadan verildiğinden, yıl içerisindeki her bir dönem için uygun üretim miktarı ve tutundurma faaliyeti karması öznel yöntemler sayesinde belirlenmektedir. Tutundurma karması bileşenlerinin planlamasının satış üzerindeki hızlı etkisi, kar maksimizasyonu için üretim-tutundurma kararlarının entegre edilmesini gerektirmektedir. İşletmenin ürünlerine 2015 yılı için ikişer aylık dönemler bazındaki olan taleplerin bir kısmı, müşteriler ile yapılan satış anlaşmaları sonucunda kesinleşmiştir. Kesinleşen talepleri karşılamak için her dönemde ne kadar kapasite gerektiği işletme tarafından belirlenmiş, geriye kalan kullanıma elverişli kapasiteyi değerlendirmek için çeşitli tutundurma faaliyetleri kapsamında fazladan üretim yapılarak karlılığı artırmak amaçlanmıştır.

Gerçekleştirilebilecek tutundurma faaliyetlerine ilişkin talep artışları geçmiş yılların verileri temel alınarak belirlenmiştir. Üretim ve tutundurma karması kararlarının birbirinden ayrı alınması durumunda, işletme stoklarının artması, ya da

talebin karşılanamaması vb. sonuçlarla karşı karşıya kalınması mümkündür. Aynı zamanda, tutundurma faaliyeti bileşenlerinin türü ve zamanı belirlenirken, üretimden kaynaklanan kısıtların göz önünde bulundurulmaması ve bu kararların üretim kararlarından bağımsız olarak verilmesi işletme açısından çeşitli olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Bu iki bileşenin entegre bir şekilde düşünülmesinin karlılığa da olumlu olarak yansıtacağı düşünüldüğünde, işletme için her bir dönemin karlılığını maksimize edecek bir amaç fonksiyonu temelinde bir toplam üretim planlaması modeli geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu model geleneksel toplam üretim planlaması modeline tutundurma faaliyetlerinin de eklenmesi yoluyla elde edilmiştir. Model, işletme için 2015 yılının ikişer aylık altı döneminde hangi tutundurma faaliyetlerinin ne zaman yapılacağı ve buna bağlı olarak -üretimden kaynaklanan kısıtlar da göz önünde bulundurularak- yapılacak üretim miktarının belirlenmesini ve dolayısıyla mümkün olan en yüksek karı elde edebilecek üretim miktarı ve promosyon karması kararlarının verilmesini hedef almaktadır.

Model pazarlama planlaması ve üretim planlamasını kapsayan iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Pazarlama planı, tutundurma karması elemanlarının hangisinin ne zaman uygulanacağını belirlenmesi noktasında kullanılırken; üretim planı ise her bir dönem için üretim miktarını optimize etmektedir.

4.2. Model Parametreleri

- t : periyot (1-6)
- x : ürün kategorisi (1-20)
- i : tutundurma karması elemanı türü
 - i=1 miktar aralıklarına bağlı indirim
 - i=2 miktara bağlı indirim
 - i=3 tatil promosyonu
- j : tutundurma karması elemanı seviyesi (3)
- n(t): her bir periyottaki iş günü (gün)
- Sp(x) : x ürün kategorisinin birim satış fiyatı (TL.)
- Cu(x) : x ürün kategorisinin birim üretim maliyeti (TL.)
- W(x) : x ürün kategorisinin brüt ağırlığı (ton)
- WC(x) : x ürün kategorisinden bir saatte üretilebilecek miktar
- Cog : Tatil hediyesi maliyeti (5000 TL)
- D(x, t) : x ürününe yönelik t periyodundaki talep
- dis(x, i, j) : x ürün kategorisinde, i tutundurma karması elemanının j seviyesi için geçerli olan indirim miktarı (TL.)
- E(x, i, j, t) : x ürün kategorisinde, i tutundurma karması elemanının j seviyesi için gerçekleşecek t periyodundaki talep artış katsayısı
- WN(0) : başlangıçtaki işçi sayısı (43)

4.3. Karar Değişkenleri

- H(t) : t periyodunda işe alınan işçi sayısı
- F(t) : t periyodunda işten çıkarılan işçi sayısı
- WN(t) : t periyodunda çalışan işçi sayısı

- O(t) : t periyodundaki fazla mesai süresi (saat)
NM(t) : t periyodundaki normal mesai süresi (saat)
COT(t) : t periyodundaki fazla mesai maliyeti
I(t) : t periyodunda tutulan stok miktarı (ton)
CH(t) : t periyodunda işe alım maliyeti
CF(t) : t periyodunda işten çıkarma maliyeti
CL(t) : t periyodunda normal mesai süresi içinde işçilere ödenen ücret (saat bazında)
CI(t) : t periyodundaki stok maliyeti
time(t) : t periyodunda üretim için gereken süre (saat)
DA(x, t) : x ürün kategorisi için t periyodundaki uyarlanmış (tutundurma etkisi hesaba katılmış) talep
IU(x, t) : x ürün kategorisi için t periyodunun sonunda elde kalan stok miktarı (adet)
Q(x, t) : x ürün kategorisi için t periyodunda yapılan üretim miktarı (adet)
Y(x, i, j, t) : t periyodunda x ürün kategorisi için, i tutundurma karması elemanı j seviyesinde uygulanırsa 1, aksi halde 0
CP(i, t) : i promosyonunun t periyodundaki maliyeti

4.4. Amaç Fonksiyonu

Kar maksimizasyonu için hazırlanmış amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$\text{Kar} = \sum_{x=1}^{20} \sum_{t=1}^6 [DA(x, t) * (Sp(x) - Cu(x) - w(x) * 7.2)] - \left[\sum_{t=1}^6 CH(t) + CF(t) + CL(t) + COT(t) \right] - \sum_{t=1}^6 \sum_{i=1}^3 CP(i, t) \quad (1)$$

Toplam kar, satışlar, hammadde maliyeti, işçi alımı ve işçi çıkarma maliyetleri, işgücü maliyeti, fazla mesai maliyeti ve tutundurma maliyetleri göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Satışların hesaplanmasında ise satış tutundurma faaliyetlerinin etkisine göre uyarlanmış talep ve iskontodan önceki satış fiyatı ve hammadde maliyeti kullanılmıştır.

4.5. Tutundurma Kısıtları

İşletme prensip olarak her ürün kategorisi için her periyotta en fazla bir promosyon türünü uygulama kararı almıştır. Aşağıdaki kısıt bunu ifade etmektedir.

Her $x = 1, 2, \dots, 20$ ve $t = 1, 2, \dots, 6$ için

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 Y(x, i, j, t) \leq 1$$

Uyarlanmış Talep

Uyarlanmış talep (DA) tutundurma karması elemanlarının uygulanmasından sonra artan talebi ifade etmekte olup, formülü, Her $x = 1, 2, \dots, 20$ ve $t = 1, 2, \dots, 6$ için aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$DA(x, t) = \left[\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 [E(x, i, j, t) * Y(x, i, j, t)] \right] * D(x, t) \quad (2)$$

Birinci ve İkinci Tip Tutundurma Faaliyetleri için Maliyetler

$i = 1, 2$ ve $t = 1, 2, \dots, 6$ için tutundurma maliyetleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$CP(i, t) = \sum_{x=1}^{20} \sum_{j=1}^3 [DA(x, t) * dis(x, i, j)] \quad (3)$$

Üçüncü Tip Tutundurma Faaliyetleri için Maliyetler

$Cog = 5000$ TL., $i = 3$ ve $t = 1, 2, \dots, 6$ için tutundurma maliyetleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$CP(3, t) = \sum_{x=1}^{20} \sum_{j=1}^3 [Cog * Y(x, i, j, t)] \quad (4)$$

4.6. Stok Kısıtları

Örnek işletme için stok kapasitesi en fazla 1500 ton olarak belirtilmiştir, stoklar sadece hammadde stoklarından oluşmaktadır;

$$I(t) \leq 1500 \quad (5)$$

Her $x = 1, 2, \dots, 20$ ve $t = 1, 2, \dots, 6$ için dönem (periyot) sonunda elde kalan stok miktarı (adet) aşağıdaki fonksiyon ile ifade edilmiştir;

$$IU(x, t) = [Q(x, t) - DA(x, t) + IU(x, t - 1)] \quad (6)$$

$t = 1, 2, \dots, 6$ için tutulan stok miktarı (ton) aşağıdaki fonksiyon ile ifade edilmiştir;

$$I(t) = \sum_{x=1}^{20} \frac{Q}{2}(x, t) * W(x) \quad (7)$$

4.7. İşgücü Kısıtları

İşletme içerisinde fazla mesai süresi normal mesai saatinin dörtte biri ile sınırlıdır;

$$Q(t) \leq NM(t) * 0,25 \quad (8)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için periyot başına normal mesai saati günde dokuz saatten oluşmakta olup, aşağıdaki fonksiyon ile ifade edilmiştir;

$$NM(t) = WN(t) * 9 * n(t) \quad (9)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için gerekli çalışma saati aşağıdaki fonksiyon ile ifade edilmiştir;

$$NM(t) + O(t) = \sum_{x=1}^{20} \frac{Q(x, t)}{WC(x)} \quad (10)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için işçi sayısı başlangıç seviyesi için 43 olarak belirtilmiştir ve aşağıdaki fonksiyon ile ifade edilmiştir;

$$WN(t) = 43 + H(t) - F(t) \quad (11)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için işçi alma maliyeti her bir işçi için 1500 TL. ve işten çıkarma maliyeti her bir işçi için 3000TL olup, aşağıdaki fonksiyonlar ile ifade edilmiştir;

$$CH(t) = H(t) * 1500 \quad (12)$$

$$CF(t) = F(t) * 3000 \quad (13)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için işçi sayısı en fazla 60 olabilir;

$$WN(t) \leq 60 \quad (14)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için işçiler, normal mesai saatleri için saat başına 6 TL. fazla mesai saatleri için saat başına 9 TL. ücret almaktadır;

$$CL(t) = NM(t) * 6 \quad (15)$$

$$CO(t) = O(t) * 9 \quad (16)$$

$t=1,2,\dots, 6$ için toplam stok maliyeti stoğun ton cinsinden maliyetinin (7200 TL) 3%üne eşittir,

$$CI(t) = I(t) * 7200 * 0,03 \quad (17)$$

$t=1,2,\dots,6$ için bir ürün kategorisi üretilecekse en az 1500 adet üretilmelidir;

$$Q(x, t) \geq 1500 * Y(x, i, j, t) \quad (18)$$

Değişkenler için her $x = 1,2,\dots, 20$ ve $t= 1, 2, \dots, 6$ için negatif olmama ve tam sayı olma koşulları da aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$H(t), F(t)$ ve $Q(x, t)$ tamsayı

$Y(x, i, j, t) = 0$ veya $Y(x, i, j, t) = 1$

Tüm degiskenler ≥ 0

5. UYGULAMA ve BULGULAR

İşletmenin endüstriyel pazarlarda sunduğu yirmi farklı ürün kategorisi için 2015 yılı kesinleşmiş talepleri Tablo 5’te verilmiştir. Modelde kullanılması gereken işgücü, stok, hediye ve mesaiye ilişkin veriler ise Tablo 6’da sunulmuştur. Her bir tutundurma türüne ilişkin beklenen talep artış katsayısı Tablo 7- Tablo 9’da ifade edilmiştir.

Tablo 5: Dönemler Bazında Talep Çizelgesi

D(x,t)	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	2000	750	2000	800	2000	600
X ₂	3000	1200	3500	3000	900	2500
X ₃	1000	4000	3500	2500	3000	4000
X ₄	3000	3000	2500	2500	3500	3500
X ₅	7500	8000	8500	7000	7500	8000
X ₆	20000	25000	20000	22000	30000	25000
X ₇	50000	60000	64000	70000	35000	45000
X ₈	5000	5000	10000	10000	5000	5000
X ₉	60000	60000	60000	60000	60000	60000
X ₁₀	6000	2500	6000	1500	6000	2000
X ₁₁	1500	6000	1000	6000	2000	6000
X ₁₂	20000	20000	1800	20000	20000	1500
X ₁₃	5000	7500	5000	7500	1000	2000
X ₁₄	12000	12000	12000	12000	12000	12000
X ₁₅	6000	6000	6000	6000	6000	6000
X ₁₆	3000	3000	3000	3000	3000	3000
X ₁₇	28000	28000	28000	28000	28000	28000
X ₁₈	2200	2200	2200	2200	2200	2200
X ₁₉	13000	13000	13000	13000	13000	13000
X ₂₀	4000	4000	4000	4000	4000	4000

Tablo 6: Model İçin Gereken Diğer Veriler

Başlangıçtaki işçi sayısı	43
İşe alım maliyeti (TL)	1500
İşten çıkarma maliyeti (TL)	3000
Maksimum işçi sayısı	60
Normal mesai ücreti (TL/saat)	6
Fazla mesai ücreti (TL/saat)	9
Stok maliyeti(TL/ton)	216
Hediye Maliyeti (TL)	5000
Stok kapasitesi (ton)	1500
Maksimum fazla mesai	25%
Normal mesai saati	9 saat

Tablo 7: Miktar Aralıklarına Bağlı İndirim (i=1) Tutundurma Türüne İlişkin Beklenen Talep Artış Katsayısı

E(x _{i,j,t})	i=1																	
	j=1						j=2						j=3					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	1	2,33	1	2,13	1	3,17	3	5,67	3	5,25	3	7,33	5	12,33	4	14	4	19
X ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	4	0,88	1,14	1,80	1	0,88	9	1,75	2,14	3,80	3	2	14	3	3,29	5,4	4	3
X ₄	1	0,83	1,20	1,80	1,14	1	3,50	3	3,40	4,60	2,43	1,86	4	4	5,4	5	3,29	3,29
X ₅	0,60	0,50	0,41	0,71	0,6	0,5	1,93	1,5	1,35	1,57	1,40	1,13	2,33	2,38	1,94	2,86	2,33	2,38
X ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 8: Miktarla Bağlı İndirim (i=2) Tutundurma Türüne İlişkin Beklenen Talep Artış Katsayısı

E(x,i,j,t)	i=2																	
	j=1						j=2						j=3					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	2,33	7,33	2,43	2,33	10,11	3,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₆	1,50	1	1,50	1,50	1,83	1,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₇	1,50	1,92	1,56	1,43	2,14	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₈	1	1	1,50	1,50	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	1,50	5	1,50	9	1,67	6,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₅	1	1	1,33	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₈	5,36	5,82	5,36	5,82	5,36	5,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 9: Tatil (i=3) Tutundurma Türüne İlişkin Beklenen Talep Artış Katsayısı

E(x,i,j,t)	i=3																	
	j=1						j=2						j=3					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₉	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	19	4	29	4	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	1,50	1,50	15,67	1,50	1,50	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₃	2	1	2	1	14	6,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₄	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₁₉	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂₀	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ürün kategorilerinden bir saatte üretilebilecek miktar, ürün kategorilerinin birim ağırlık, birim satış fiyatı ve birim maliyeti ve her periyotta promosyon için ayrılan gün sayısı Tablo 10-12'de verilmiştir.

Tablo 10: WC(x) - x Ürün Kategorisinden Bir Saatte Üretilebilecek Miktar

Ürün Kat.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀
WC(x)	24	9	7	23	103	67	222	7	49	33	28	33	13	33	6	3	103	19	43	5

Tablo 11: Ürün Kategorilerinin Birim Ağırlık (Kg), Birim Satış Fiyatı ve Birim Maliyeti

w(x)	Sp(x)	Cu(x)
0,061	1,375	0,270
0,096	2,225	0,640
0,135	3,625	0,950
0,059	1,875	0,380
0,054	0,775	0,140
0,089	1,250	0,240
0,005	0,125	0,025
0,091	3,000	0,700
0,049	0,500	0,110
0,062	1,250	0,280
0,139	2,000	0,520
0,092	1,350	0,220
0,125	3,625	0,802
0,2	3,000	0,920
0,099	3,000	0,710
0,12	4,750	0,960
0,053	0,850	0,150
0,058	2,350	0,510
0,033	1,125	0,230
0,195	4,375	0,990

Tablo 12: n(t) - Her Periyotta Promosyon İçin Ayrılan Gün Sayısı

Periyot	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
n(t)	14	13	12	11	11	9

Olay çalışması için optimizasyon modeli oluşturulduktan sonra bu model LINGO 9.0 yazılımında kodlanmış ve sonuçlar bu program kullanılarak elde edilmiştir. Optimal çözümler, toplam üretim planlaması ve toplam tutundurma planlaması için saptanmış olup, sırasıyla Tablo 13 ve Tablo 14'te belirtilmiştir.

Tablo 13: Q (x,t) - Her Bir Ürün Kategorisi İçin Periyotlara Göre Üretim Miktarları (adet)

Q (x, t)	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	10000	9250	10700	1500	15911	3489
X ₂	0	0	0	0	0	0
X ₃	24500	11378	11500	13500	2122	12000
X ₄	12000	24000	1500	12500	11500	11500
X ₅	0	0	0	0	0	0
X ₆	30000	25000	30000	33001	54999	30000
X ₇	0	0	0	0	0	0
X ₈	5000	5000	15000	15000	5000	5000
X ₉	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	0	30000	0	0	30000	0
X ₁₃	19035	7500	10000	7500	16464	1501
X ₁₄	17002	17000	32500	6023	12475	17000
X ₁₅	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	52000	52000	52000	52000	52000	52000
X ₁₈	11800	12800	20171	4429	11801	12799
X ₁₉	32000	62500	1500	32000	32000	32000
X ₂₀	0	0	0	0	0	0

Tablo 14: Ürün Kategorilerine ve Periyotlara Göre Uygulanacak Tutundurma Faaliyetleri

Y(x,i,j,t)	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	i=1, j=3	i=1, j=2	i=1, j=2	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3
X ₃	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3
X ₄	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3	i=1, j=3
X ₆	i=2	i=2	i=2	i=2	i=2	i=2
X ₈	i=2	i=2	i=2	i=2	i=2	i=2
X ₁₂	X	i=3	X	X	i=3	X
X ₁₃	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3
X ₁₄	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3
X ₁₇	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3
X ₁₈	i=2	i=2	i=2	i=2	i=2	i=2
X ₁₉	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3	i=3

Tutundurma faaliyetleri, yalnızca 1, 3, 4, 6, 8, 12, 14, 17, 18 ve 19 numaralı ürün kategorileri için uygulanabilmektedir. Ürün kategorilerine göre uyarlanmış talep ve ürün kategorilerine ve periyotlara göre periyot sonlarında elde kalan stok miktarları sırasıyla Tablo 15 ve Tablo 16'da ifade edilmektedir.

Tablo 15: Ürün Kategorilerine ve Periyotlara Göre Uyarlanmış Talep

DA(x,t)	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	10000	4250	6000	11200	8000	11400
X ₂	0	0	0	0	0	0
X ₃	14000	12000	11500	13500	12000	12000
X ₄	12000	12000	13500	12500	11500	11500
X ₅	0	0	0	0	0	0
X ₆	30000	25000	30000	33000	55000	30000
X ₇	0	0	0	0	0	0
X ₈	5000	5000	15000	15000	5000	5000
X ₉	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	0	30000	0	0	30000	0
X ₁₃	10000	7500	10000	7500	14000	13000
X ₁₄	17000	17000	17000	17000	17000	17000
X ₁₅	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	52000	52000	52000	52000	52000	52000
X ₁₈	11800	12800	11800	12800	11800	12800
X ₁₉	32000	32000	32000	32000	32000	32000
X ₂₀	0	0	0	0	0	0

Stok miktarları periyot içerisinde yapılan üretim ve bir önceki periyodun stoğu göz önünde bulundurularak Tablo 16’da görüldüğü şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 16: Ürün Kategorilerine ve Periyotlara Göre Periyodun Sonunda Elde Kalan Stok Miktarı (Adet)

IU(x,t)	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
X ₁	0	5000	9700	0	7911	0
X ₂	0	0	0	0	0	0
X ₃	10500	9878	9878	9878	0	0
X ₄	0	12000	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0
X ₆	0	0	0	1	0	0
X ₇	0	0	0	0	0	0
X ₈	0	0	0	0	0	0
X ₉	0	0	0	0	0	0
X ₁₀	0	0	0	0	0	0
X ₁₁	0	0	0	0	0	0
X ₁₂	0	0	0	0	0	0
X ₁₃	9035	9035	9035	9035	11499	0
X ₁₄	2	2	15502	4525	0	0
X ₁₅	0	0	0	0	0	0
X ₁₆	0	0	0	0	0	0
X ₁₇	0	0	0	0	0	0
X ₁₈	0	0	8371	0	1	0
X ₁₉	0	30500	0	0	0	0
X ₂₀	0	0	0	0	0	0

Tablo 17: Periyotlara Göre Toplam Üretim Planı Bileşenleri

	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
CL(t)	45360	42120	38880	35640	35640	29160
CI(t)	1946,88	2036,31	1949,85	1421,77	2062,25	1488,06
TOPLAM ZAMAN (t)	9449,99	8774,94	8099,98	7411,54	7425	6074,99
NM(t)	7560	7020	6480	5940	5940	4860
O(t)	1889,99	1754,94	1619,98	1471,54	1485	1214,99
WN(t)	60	60	60	60	60	60
CH(t)	25500	0	0	0	0	0
H(t)	17	0	0	0	0	0
CF(t)	0	0	0	0	0	0
F(t)	0	0	0	0	0	0
Cp(t)	37525	40137,5	38625	40800	45187,5	37537,5
Cp(1,t)	8950	7062,5	7800	9275	7862,5	8712,5
Cp(2,t)	8575	8075	10825	11525	12325	8825
Cp(3,t)	20000	25000	20000	20000	25000	20000

Kar maksimizasyonu amacıyla kurulan model, 2015 yılı için tüm periyotlarda 60 işçi çalıştırılmasını öngörmüştür. Bu durumda, işçi maliyeti, stok maliyeti, çalışılan toplam zaman ve tutundurma faaliyeti maliyetleri Tablo 17’de gösterilmiş olup; optimal sonuçlar, 2015 yılı için maksimize edilen karı 352044.4 TL olarak ortaya koymuştur.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, üretim ve tutundurma faaliyetlerini bütünleşik olarak ele alan, karı maksimize etmeyi amaçlayan bir doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulmuş olan bu model, paslanmaz çelik soğuk şekillendirme sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin gerçek problemine uygulanmıştır. Bugüne kadar ayrı ayrı planlanan üretim ve tutundurma faaliyetlerinin bütünleşik olarak ele alınması ile talebi karşılayamama, gereğinden fazla stok tutma gibi olumsuzluklar ortadan kaldırılmıştır. Bütünleşik yapıdaki bu model ile, ele alınan planlama dönemi için karın maksimize edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada ürün kategorilerinin dönemlik taleplerinin ve dönemler bazında gerçekleştirilebilecek tutundurma faaliyetlerine ilişkin talep artışlarının deterministik olarak kullanılması bir kısıt oluşturmaktadır. Talep olarak kesinleşen siparişlerin, tutundurma faaliyetlerine ilişkin talep artışı olarak ise geçmiş yılların verilerinin temel olarak kullanılması gerçekçiliği artırsa da, ele alınan planlama döneminin taşımış olduğu belirsizlik yansıtılmamaktadır. Aynı zamanda, tüketici pazarlarında birden fazla tutundurma etkinliğinin eşzamanlı uygulanmakta olması, çalışmanın tüketici pazarları için geliştirilmesini gerektirmektedir.

Gelecek çalışmalarda, talep ve tutundurma faaliyetlerinin talep üzerindeki etkisi bulanık parametreler şeklinde ifade edilerek, içerdikleri belirsizlik göz önünde bulundurulabilir. Aynı zamanda modele eşzamanlı olarak birden fazla tutundurma faaliyetinin uygulanabilme özelliği kazandırılarak, modelin uygulanabilirliğinin daha geniş çaplı olması sağlanabilir.

KAYNAKÇA

Ayan, T. Y. (2010), "Toplam Üretim Planlaması Problemi için Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 34: 69-90.

Baykasoglu, A. and Gocken, T. (2010), "Multi-objective aggregate production planning with fuzzy parameters", *Advances in Engineering Software*, 41(9): 1124-1131.

Blattberg, R. C., Briesch, R. and Fox, E. J. (1995), "How Promotions Work", *Marketing Science*, 14(3, Part 2 of 2) g122-g132.

Byrne, M. and Bakir, M. A. (1999), "Production planning using a hybrid simulation-analytical approach," *International Journal of Production Economics*, 59: 305 - 311.

- Caemmerer, B. (2009), "The planning and implementation of integrated marketing communications", *Marketing Intelligence & Planning*, 27(4): 524-538.
- Chakraborty, R. K. and Hasin, A. A. (2013), "Solving an Aggregate Production Planning Problem by Fuzzy Based Genetic Algorithm (FBGA) Approach", *International Journal of Fuzzy Logic Systems (IJFLS)*, 3(1): 1-16.
- Davenport, T. H. and Short, J. E. (1990), "The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign", *Sloan Management Review*, 11-27.
- Dupree, J. (2004), "Total integrated marketing", *The Journal of Consumer Marketing*, 21(1): 70-72.
- Heizer, J. and Render, B. (2001), *Production and operations management: strategic and tactical decisions*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Jamalnia, A. and Feili, A. (2011), "A simulation testing and analysis of aggregate production planning strategies", *Production Planning & Control*, 1-26.
- Krishna, A., Currim, I. S., and Shoemaker, R. W. (1991), "Consumer Perceptions of Promotional Activity", *Journal of Marketing*, 55(2): 4.
- Leung, S. C. H. and Ng, W. (2007), "A goal programming model for production planning of perishable products with postponement", *Computers & Industrial Engineering*, 53: 531-541.
- Liang, T-F., Cheng, H-W, Chen, P-Y. and Shen, K-H. (2011), "Application of Fuzzy Sets to Aggregate Production Planning With Multiproducts and Multitime Periods", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 19(3): 465-477.
- Mirzapour Al-e-hashem, S. M. J., Malekly, H. and Aryanezhad, M. B. (2011), "A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty", *International Journal of Production Economics*, 134(1): 28-42.
- Mortezaei, N., Zulkifli, N., Hong, T. S. and Yusuff, R. M. (2013), "Multi-objective aggregate production planning model with fuzzy parameters and its solving methods", *Life Science Journal*, 10(4): 2406-2414.
- Mulhern, F. and Padgett, D. T. (1995), "The Relationship between Retail Price Promotions and Regular Price Purchases", *The Journal of Marketing*, 59(4): 83-90.
- Nam, S. J. and Logendran, R. (1992), "Aggregate Production Planning: A Survey of Models and Methodologies", *European Journal of Operational Research*, 61(3): 255-272.
- Neslin, S. A. (2002), *Sales Promotion*, Relevant Knowledge Series, Marketing Science Institute, Cambridge, Massachusetts.
- Neslin, S. A., Henderson, C: and Quelch, J. (1985), "Consumer promotions and the acceleration of product purchases", *Marketing Science*, 4: 147-165.
- Nijs, V. R., Dekimpe, M. G., Steenkamps, J.-B. E.M. and Hanssens, D. M. (2001), "The Category-Demand Effects of Price Promotions", *Marketing Science*, 20(1): 1-22.

- Pitta, D., Weisgal, M. and Lynagh, P. (2006), "Integrating exhibit marketing into integrated marketing communications", *The Journal of Consumer Marketing*, 23(3): 156-166.
- Prabhaker, P. (2001), "Integrated marketing-manufacturing strategies", *The Journal of Business & Industrial Marketing*, 16(2): 113-128.
- Shahriar, A. F. (2008), "Integrated Internal Marketing Communications", *The Marketing Review*, 8(3): 223-235.
- Shi, Y. and Haase, C. (1996), "Optimal trade-offs of aggregate production planning with multi-objective and multi-capacity-demand levels", *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 2: 127-143.
- Silva, C. G., Figueira, J., Lisboa, J. and Barman, S. (2006), "An interactive decision support system for an aggregate production planning model based on multiple criteria mixed integer linear programming", *Omega*, 34(2): 167-177.
- Silva, A. F. and Marins, F. A. S. (2014), "A Fuzzy Goal Programming model for solving aggregate production-planning problems under uncertainty: A case study in a Brazilian sugar mill", *Energy Economics*, 45: 196-204.
- Silva-Risso, J. M., Bucklin, R. E. and Morrison, D. G. (1999), "A Decision Support System for Planning Manufacturers' Sales Promotion Calendars", *Marketing Science*, Special Issue on Managerial Decision Making, 18(3): 274-300.
- Yenradee, P. and Sarvi, T. (2007), "An integrated model for aggregate production planning and pricing", In Proceedings of the 8th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference.
- Yenradee, P. and Piyamanothorn, K. (2011), "Integrated aggregate production planning and marketing promotion: model and case study", *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 6(2): 146-153.
- Van Heerde, H. J. and Neslin, S. A. (2008), "Sales Promotion Models" in *Handbook of Marketing Decision Models*, Ed: Hillier, Frederick S.vol. 121, pp:107-162. Springer US.
- Wang, R. C. ve Fang, H. H. (2001), "Aggregate production planning with multiple objectives in a fuzzy environment", *European Journal of Operational Research*, 133(3): 521-536.
- Wang, R. and Liang, T. (2005), "Applying possibilistic linear programming to aggregate production planning", *International Journal of Production Economics*, 98: 328-341.
- Zhang, R., Zhang, L., Xiao, Y. and Kaku, I. (2012), "The activity-based aggregate production planning with capacity expansion in manufacturing systems", *Computers and Industrial Engineering*, 62(2): 491-503.

Fatma Demircan Keskin, Ege Üniversitesi İşletme Bölümü Sayısal Yöntemler Ana Bilim Dalı'nda araştırma görevlisidir. Lisans derecesini Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde, yüksek lisans derecesini ise aynı üniversitenin İngilizce Finansman Bölümü'nde tamamlamıştır. Doktora eğitimine Ege Üniversitesi'nde işletme bölümünde devam etmektedir. Üretim yönetimi, yöneylem araştırması, optimizasyon ve çizelgeleme başlıca ilgi alanları arasındadır.

Fatma Demircan Keskin, a research assistant in the field of Quantitative Methods, has been working at Ege University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration. She received her B. S. in Industrial Engineering and Ms in Finance from Dokuz Eylül University. She is currently PhD student at Ege University, Faculty of Business Administration. Her main interest areas are operations management, operations research, optimization and scheduling.

Miray Baybars, Ege Üniversitesi İşletme Bölümü Üretim Yönetimi ve Pazarlama Ana Bilim Dalı'nda araştırma görevlisidir. Lisans ve yüksek lisans derecesini Dokuz Eylül Üniversitesi İngilizce İşletme Bölümü'nde tamamlamıştır. Doktora eğitimine Ege Üniversitesi'nde işletme bölümünde devam etmektedir. Pazarlama ve tüketici davranışları başlıca ilgi alanları arasındadır.

Miray Baybars, a research assistant in the field of Operations Management and Marketing, has been working at Ege University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business. She received her B.A. in Business Administration and MBA from Dokuz Eylül University. She is currently PhD student at Ege University, Faculty of Business Administration. Her main interest areas are marketing and consumer behavior.