

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR EKMEK ÜRETİM FİRNASINDA SİPARİŞ SEÇİMİNE
YÖNELİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

MELİS ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2014

**BİR EKMEK ÜRETİM FİRMASINDA SİPARİŞ SEÇİMİNE
YÖNELİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

**DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM
FOR ORDER SELECTION IN A BAKERY**

MELİS ÖZEL

Başkent Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ENDÜSTRİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2014

“BİR EKMEK ÜRETİM FİRMASINDA SİPARİŞ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 12/06/2014 tarihinde, ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç. Dr. Ergün ERASLAN

Üye (Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ

Üye

Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÜLŞEN

ONAY

12/06/2014

Prof. Dr. Emin AKATA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŐEKKÜR

Bu alıőma dönemim boyunca öncelikli olarak tezimde hem teorik hem teknik bilgisi ile rehberliğini, yardımlarını eksik etmeyen Yrd. Doç. Dr. Yusuf Tansel İ'e, almış olduğum eğitimle beraber ufkumu geniőleten Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ve hayatım boyunca sevgileri, destekleri ve inançlarıyla yanımda olan ŐENTÜRK ve ÖZEL ailelerine sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

ÖZ

BİR EKMEK ÜRETİM FİRMASINDA SİPARİŞ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Melis ÖZEL

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez çalışması kapsamında, Türkiye’de faaliyet gösteren bir ekmek üretim fabrikasında üretilen farklı tipte ekmeklerin üretilme önceliklerinin belirlenmesinde kullanılacak bir Karar Destek Sistemi (KDS) geliştirilmiştir.

Geliştirilen KDS yapısı içinde ekmek çeşitlerine ait maliyet, satış fiyatı, parti büyüklüğü, talep miktarı vb. bilgiler günlük olarak veri tabanında toplanmıştır. Ardından Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak belirtilen kriterler doğrultusunda ekmek çeşitlerinin sıralama puanları hesaplanmıştır. Elde edilen sıralama puanları Sirt Çantası Problemine aktararak, ekmek çeşidine göre parti büyüklüklerinin belirlenmesiyle sipariş seçim kararının alınması sağlanmaya çalışılmıştır.

Geliştirilen KDS MS Excel-Visual Basic ile programlanarak günlük olarak veri tabanının güncellenmesi sonucu sıralama puanlarının otomatik olarak hesaplanabileceği bir yapıda geliştirilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Sipariş Seçimi, Bulanık TOPSIS, Hazırlamalı Sirt Çantası Problemi, Üretim Planlama, Unlu Mamuller.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ORDER SELECTION IN A BAKERY

Melis ÖZEL

Başkent University Institute of Science and Engineering

Department of Industrial Engineering

In this study, a decision support system for determining the production priorities has been developed for a bakery located in Turkey.

The decision support system database combines cost, sales price, batch size, demand and other important daily data of the products. After combining these data, Fuzzy TOPSIS Method has been applied to determine the rankings of the bread types. Then, the ranking scores have been incorporated in the Knapsack Problem to determine the batch size, which orders to select.

With the help of Ms Excel-Visual basic program the decision support system daily updates data, ranks the products, determines the batch size and helps the decision maker with the selection of the orders.

KEY WORDS: Order Selection, Fuzzy TOPSIS, Knapsack Problem with Setup, Production Planning, Baked Goods

Advisor: Assistant Professor Yusuf Tansel İÇ, Başkent University, Industrial Engineering Department.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
2.1 Çok Ölçütlü Karar Verme	11
2.1.1 TOPSIS.....	15
2.1.2 Bulanık TOPSIS.....	15
2.1.3 Uygulama örnekleri	20
2.2 Sırt Çantası Problemi	20
2.2.1 Kısıtlandırılmış sırt çantası problemi	23
2.2.2 Hazırlamalı sırt çantası problemi.....	23
2.2.3 Hazırlamalı kısıtlandırılmış sırt çantası problemi.....	24
2.2.4 Literatürdeki sırt çantası problemi çalışmaları.....	25
2.3 Tez Kapsamında Kullanılacak Metodolojinin Belirlenmesi	27
3. METODOLOJİ	28
3.1 Bulanık TOPSIS	28
3.1.1 Bulanık TOPSIS algoritması	31
3.2 Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi	34
3.3 Kapasite Kısıtlı Çok Ürünlü Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi	39
3.4 Karar Destek Sistemleri.....	41

4. UYGULAMA	43
4.1 Problem Tanımı.....	43
4.2 Tez Kapsamında Geliştirilen Karar Destek Sisteminin Alt Bileşenleri.....	46
4.2.1 Veri tabanı	46
4.2.2 Ürünlerin önem derecelerinin belirlenmesi	46
4.2.2 Karar modeli.....	56
4.2.3 Bulanık TOPSIS ve karar modelinin çalışma örneği	61
4.2.4 Uygulama sonuçlarının tartışılması	67
4.2.5 Geliştirilen modelin karar destek sistemi haline dönüştürülmesi	74
4.2.6 Duyarlılık analizi.....	75
5. SONUÇLAR	79
KAYNAKLAR LİSTESİ.....	80
EKLER LİSTESİ	88

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 \tilde{a} Bulanık üçgen sayısı	29
Şekil 3.2 İki bulanık üçgen sayı	29
Şekil 4.1 Geliştirilen karar destek sisteminin akış şeması	45
Şekil 4.2 Duyarlılık Analizi sonuçları.....	77

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Sipariş Kabul Makaleleri Ve İlgili Araştırma Alanları[5]	8
Çizelge 2.2	ÇÖKV Metodların Karşılaştırılması[10].....	14
Çizelge 2.3	ÇÖKV Metodlarının Performans Karşılaştırmaları[11]	15
Çizelge 2.4	TOPSIS'le Birleştirilen Veya Karşılaştırılan Yöntemler[12]	19
Çizelge 3.1	Alternatif Değerlendirmeleri İçin Dilsel İfadeler	30
Çizelge 3.2	Kriter Değerlendirmeleri İçin Dilsel İfadeler.....	30
Çizelge 4.1	Ürünlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi için Kriterler	47
Çizelge 4.2	Kriterler İçin Dilsel Değerlendirmeler	47
Çizelge 4.3	Alternatifler İçin Dilsel Değerlendirmeler.....	48
Çizelge 4.4	Kriterler İçin Bütünleşik Bulanık Ağırlıklar	49
Çizelge 4.5	Alternatifler İçin Bütünleşik Bulanık Ağırlıklar	50
Çizelge 4.6	Alternatifler İçin Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	53
Çizelge 4.7	Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi, BİÇ ve BNİÇ.....	54
Çizelge 4.8	Alternatiflerin Uzaklıkları	55
Çizelge 4.9	Yakınlık Katsayıları	55
Çizelge 4.10	Örnek Çalışma Parametreleri	61
Çizelge 4.11	Örnek Çalışma Çözüm Tablosu.....	63
Çizelge 4.12	Excel Solver Çıktısı	64
Çizelge 4.13	Bir Haftalık Siparişler ve Önerilen Yöntemle Belirlenen Üretim Miktarları.....	68
Çizelge 4.14	Önerilen Yöntemle Seçilen Siparişler ve Kazançlar.....	69
Çizelge 4.15	Bir Haftalık Siparişler ve Çalışan Tecrübesiyle Belirlenen Üretim Miktarları	71
Çizelge 4.16	Çalışan Tecrübesiyle Seçilen Siparişler ve Kazançlar	72
Çizelge 4.17	Siparişlerin Karşılama Oranı Karşılaştırması	73
Çizelge 4.18	Kazanç ve Maliyet Karşılaştırması.....	74
Çizelge 4.19	Duyarlılık Analizi Deneyleri	77

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

KDS	Karar Destek Sistemi
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
BÇÖKV	Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme
SÇP	Sırt Çantası Problemi
KSÇP	Kısıtlandırılmış Sırt Çantası Problemi
HSÇP	Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi
HSSÇP	Hazırlamalı-Sürekli Sırt Çantası Problemi
THSÇP	Tamsayılı Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi
KTHSÇP	Karma Tamsayılı Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi
KKBPB	Kapasite Kısıtlı Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi
KKÇPBP	Kapasite Kısıtlı Çok Ürünlü Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi
SAW	Simple Additive Weighting-Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi
AHP	The Analytical Hierarchy Process-Analitik Hiyerarşi Süreci
SMART	The Simple Multi Attribute Rating Technique-Çok Ölçütlü Değer Teorisi
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality-Eleminasyon ve Gerçekçi Seçim
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution- İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği
BTOPSIS	Bulanık İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği
PCA	Principal Component Analysis-Temel Bileşenler Analizi
BİÇ	Bulanık İdeal Çözüm
BNİÇ	Bulanık Negatif İdeal Çözüm

1. GİRİŞ

1.1. Ekmek Üretiminin Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Devlet Planlama Teşkilatı'nın 9. Kalkınma Planı (2007-2013) Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu'na göre, Türkiye'de gıda sanayinde alt sektör dağılımı; %65'i un ve unlu ürünler, %12'si meyve-sebze isleme, %11'i süt ve süt ürünleri, %5'i içecekler, %4'ü hayvansal ve bitkisel yağlar, %2'si sekerli ve çikolatalı ürünler, %1'i et ve et ürünleri şeklinde oluşmaktadır. Genelde küçük ve orta ölçekli işletmeler olarak faaliyetlerine devam eden gıda işletmeleri, mülkiyet yapısı açısından daha çok özel sektör kuruluşları niteliğindedir [1].

Türkiye'nin unlu mamuller üretimi içinde en büyük kalemi ekmek oluşturmaktadır. Un ve unlu mamuller başlıca yaş ve kuru olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Kuru unlu mamuller; uzun süre depolanabilir, kırılğan, gevrek, yabancı tat-koku maddelerini çekebilien, su oranları düşük, higroskopik yapıda olup, oksidasyona, enzimatik tepkimelere, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına ve ışığa duyarlı gıdalardır. Yaş ürünler ise; orta ve uzun süre depolanabilir, kırılğan, tat-kokularını yitirebilir, yabancı tat-koku çekebilien, dış yüzeyleri depolama boyunca kuruyabilien, oksidasyona, enzimatik tepkimelere ve mikrobiyal değişikliklere duyarlıdır. Ekonomik açıdan ürettiği değer ve beslenme yönünden içerdiği besin maddeleri yanında hala en ucuz enerji kaynağı olması ekmeğin önemini vurgulamaktadır. Türkiye genelinde üretim yapan fırınların %60'a yakını hala kara fırın düzeyinde olup kapasite kullanımı fırınlarda %64,2, ekmek fabrikalarında %62,3 oranında gerçekleşmekte ve büyük bir atıl kapasite olduğu anlaşılmaktadır [2].

Toprak Mahsulleri Ofisi'nin verilerine göre Türkiye'de günde 25 bin ton, yıllık ise 9 milyon ton ekmek üretilmektedir. Günde 101 milyon, yılda ise 37 milyar adet ekmek üretimi gerçekleşmektedir. Buna karşılık günde 95 milyon ekmek tüketimi gerçekleşmektedir. Euromonitor International, Türkiye'de toplam ekmek satışlarının

2017 yılına kadar %3,1 oranında bir büyüme ile 31.197,7 milyon TL'ye ulaşacağını öngörmektedir [3].

Gıda üretim firmaları rekabetçi tedarik zincirlerinin üyeleri olmaları sebebiyle pazar paylarını korumak ve arttırmak için müşterilere çok sayıda ve farklılaştırılmış ürünle ulaşmaktadır. Perakendeciler ve toptancılar düşük miktarda ve sık teslimat talep etmektedir. Üretici olarak değişen/tahmin edilemeyen siparişlere hızlı cevap verilerek müşteriyi elde tutmak gerekir ki bu da üretim sistemlerini siparişe göre üretmeye zorlar.

1.2. Üretim Planlama

Üretim; ekonomide fayda yaratma, gereksinimleri karşılamayı sağlayan ve yararlı olan ürün ve hizmetleri oluşturma olarak tanımlanmaktadır. Üretim işlemini gerçekleştirebilmek için insan, makine ve malzemeden oluşan bir üretim sistemine ihtiyaç vardır. Bu sisteme verilen bir takım girdiler bir değiştirme ve dönüştürme işlevinden sonra çıktı olarak elde edilirler. Üretim sistemi işgücü, malzeme, bilgi, enerji, sermaye gibi girdilerin belirli bir dönüştürme sürecinden geçirilerek ürün ve hizmetin üretildiği bir sistemdir. Üretim sistemleri, en iyi girdileri kullanarak kaliteli üretimi gerçekleştirip, müşterilerinin tatminini en yüksek düzeye çıkarmayı hedefler [4].

Firmalar müşteri siparişlerinin karşılığında veya talepleri doğrultusunda üretim yaparlar. Bu yüzden üretim sistemleri genel olarak iki kategoride toplanır: Siparişe ve stoka dayalı üretim. Stok üretiminde, üretilecek ürünün özellikleri (yapısı, büyüklüğü, şekli, hacmi, vs.) sipariş gelinceye kadar belirsiz olup, planlamada belirsizlikler ve güçlükler vardır [4].

Üretim sistemlerini ayrıca kesikli ve sürekli olmak üzere iki ana gruba ayırmak mümkündür. Eğer üretim hızının talebe uyumu mümkünse ve üretim olanakları komple bir ürünün üretimine harcanıyorsa sürekli üretim sistemleri mevcuttur. Sürekli

Üretimde büyük miktarlarda üretim yapılmakta ve özel amaçlı makineler kullanılmaktadır. Bu tip üretim sermaye yoğun işletme özelliklerini taşımaktadır.

Üretim planlaması, işletmenin var olan kaynaklarının gelecekteki üretim faaliyetlerinin öngöreceği bir biçimde kullanarak, istenilen ürünün istenilen miktar ve en düşük maliyetle üretilmesine olanak sağlayan bir karar alma süreci biçiminde tanımlanmaktadır. Yani retim planlaması, işletmedeki üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer, zaman ve çalıştırılacak işgücü bakımından nelerin, nerelerde kimler tarafından, ne zaman ve nasıl yapılacağına ilişkin yapılacak faaliyetlerin tümünü içerir [4].

Bu sistemlerde planlama, planlanan dönemin uzunluluğuna göre üç ana kısımda incelenebilir.

Uzun Dönemli Planlama: Bu planlama süreci, üretim metodunun tarifi, müşteri hizmet politikasının belirlenmesi, dağıtım kanallarının seçimi, üretim ve depo kapasitelerinin belirlenmesi gibi kararları içerir. Bu tip kararlar bir ila beş yıllık bir planlama dönemi gz önünde tutularak verilir ve bu kararların verilebilmesi için, pazar araştırması, uzun dönemli tahminler ve kaynak planlaması gibi n çalışmaların yapılması şarttır.

Orta Dönemli Planlama: Uzun dönemli planlama süreci sonunda işyerinin genel politikası ve kaynak kısıtları belirlenir. Bu genel politika ve kısıtlar çerçevesinde üç ay ile 18 aylık bir planlama dönemi gz önünde tutularak orta dönemli kararlar verilir. Bu kararların verilebilmesi için tahminler, işgücü planlaması, üretim planlaması gibi n çalışmaların yapılması gerekir.

Kısa Dönemli Planlama: Bu planlama süreci üretim çizelgeleri, iş programlarının hazırlanması ve üretim kontrolü gibi faaliyetleri içerir. Genellikle bir ya da iki haftalık planlama dönemi gz önüne alınır. Kısa dönemli planlama süreci üretim miktarlarının, belirlenen hedeflere ulaşmak üzere sürekli kontrolü ve gerekirse yeniden

ayarlanması, malzeme eksikliği, malzeme bozulmaları gibi aksaklıkların giderilmesi, işçilerin üretim merkezlerine atanması önceliklerinin belirlenmesi, fazla mesai kararları ve üretim ara stok seviyelerinin belirlenmesi gibi kararları içerir [4].

Üretim Planlama ve Kontrol (ÜPK) sistemi, üretim yönteminin (malzeme, makine, insan ve tedarikçileri içeren) planlaması ve kontrolü ile ilgilendir. Hem ÜPK sistemi hem de imalat yöntemi, pazar taleplerini karşılamak için tasarlanırlar. Etkili bir ÜPK sistemi, kendi pazarı içindeki bir şirket için büyük rekabet avantajı sağlar. Bunun yanında günümüzde etkili olan gelecekte etkili olmayabilir. Pazar, teknoloji ve rekabet baskısı sürekli olarak değişecektir.

Üretim sisteminin başarısı için bütçe, zaman ve işçilik gibi gerçek dünya kaynak kısıtlarını dikkate alan doğru bir üretim planlama şarttır.

Klasik üretim planlama modellerinde genellikle üç temel varsayım bulunmaktadır;

- 1) Talep deterministik ve önceden bilinmektedir.
- 2) Üretim hızı veya çıktı miktarı, teslim süreleri, kaynakların kullanımına bağlı değildir. Kaynak kullanımı çok yüksek olsa bile yüksek sıkışıklık etkileri artan teslim süreleri olarak geri dönmektedir.
- 3) Talep birden çok müşteri siparişlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Talebin ileriki dönemlerde karşılanması veya kesintiler kabul edilse bile, müşteriler birbirinden ayırt edilememektedir.

Gerçek hayatta siparişler sipariş miktarı ve teslim zamanı açısından yüksek miktarda belirsizliğe sahiptir. Bu durum özellikle uzun teslim sürelerine sahip olan üreticiler için kritiktir.

Müşteri siparişlerini karşılayabilmek için üretici firmalar farklı üretim politikalarından faydalanmaktadır. En uygulanabilir üretim politikaları Stok için Üretim (Make To Stock), Sipariş Üzerine Üretim (Make To Order) üretim firmaları tarafından geniş kapsamlı olarak uygulanmaktadır. Stok için üretim yapan firmalarda, müşteri talepleri

bitmiş ürünlerin stoklarından karşılanır. Bu tür sistemlerin en ağır basan özellikleri kısa teslim süresi, yüksek saklama maliyetleri ve müşterilerin özelleştirilmiş taleplerine karşı düşük esnekliktir.

Sipariş üzerine üretim yapan firmalarda, ürünler müşteri siparişlerine göre üretilir. Uzun teslim süresi, düşük saklama maliyeti ve müşteri taleplerine cevap vermede yüksek esneklik bu sistemlerin temel özelliklerindedir [5].

Pazar rekabeti yoğun bir şekilde artarken, üretici firmalar geleneksel kitlesel imalattan kitlesel özelleştirmeye doğru anlık dönüşümler yaparak, üretim stratejilerini stok için üretimden sipariş üzerine üretime çevirmektedir.

Sipariş üzerine üretim stratejisinde, sipariş seçim kararı pik dönemler gibi belirli dönemlerde oluşan kapasite kısıtı sebebiyle artarak önem kazanmaktadır. Üretim firmaları firma stratejileri (belirli müşteri veya pazar segmentlerine yoğunlaşma), kapasite atamaları (kapasiteyi acil siparişler veya bölünmeler için rezerve etmek) gibi pek çok sebeple siparişleri kabul veya reddedebilir [6].

Buradaki yönetsel karar söz konusu olan siparişin getirisi ve bu siparişin işlenebilmesi için gerekli kaynaklar arasında karşılaştırma yapmaktır. Müşteri siparişleri çeşitli sebeplerden dolayı ayrılmalıdır;

- Öncelikle, bitmiş ürün aynı olsa bile, farklı müşterilerin farklı talepleri olabilmektedir. Örneğin hammadde durumu, kalite kontrol testleri gibi.
- İkincil olarak, planlamacıların talepleri kısmi olarak karşılaması gereken durumlar olmaktadır. Bu karlılık sebepleriyle veya kesinti durumlarında ortaya çıkmaktadır. Bu kesintiler kayıp satış veya ileriki dönemlerde karşılanacak bir biçimde oluşuyorsa, planlamacıların hangi siparişin tam olarak karşılanmayacağına karar vermesi gerekmektedir.

- Buna ek olarak, kesintiyi önleyecek kapasite olsa bile, siparişlerin tamamının kabul edilmesi konusu her zaman için net değildir. Bu durum için muhtemel iki argüman bulunmaktadır;
 - İlk sebep ölçek ekonomisiyle ilgilidir. Yüksek sabit veya hazırlık maliyetleri durumunda düşük miktartlı tek siparişi karşılamak ekonomik olmayabilir. Sipariş ek siparişlerle birleştirilerek, üretim hazırlığını dengelemelidir [7]. Geunes ve diğerleri [8] sipariş kabulü içeren bir üretim planlama problemini “sipariş seçimi” problemi olarak tanımlamaktadır. Bu problem kapasite kısıtlı veya kapasite kısıtı olmayan tek ürünlü parti büyüklüğü belirleme problemidir. Kapasite kısıtı olmayan model, polinom zamanı algoritması kullanılarak çözümlenmektedir. Kapasiteli durum içinse “Lagrangian Gevşetmesi” yaklaşımı öne sürülmektedir.
 - İkinci sebep üretim aşamasının iş yüküyle ilgilidir. Kefeli ve diğerleri [9] kapasite kısıtlı kaynakların marjinal fiyatlarının, kaynak kullanımının 1’den az olduğu durumlarda sifıra eşit olmadığını göstermektedir. Bu durumda kullanılabilir kapasite olması demek, ek bir sipariştten elde edilecek karın en azından değişken üretim maliyetleri ve kapasite kısıtı ikilinin toplamına eşit olması gerektiği anlamına gelmektedir.

Üretim planlama kararları ve sipariş kabul kararlarını entegre eden modeller firmanın genel karlılığını artırma potansiyeline sahiptir.

Son 20 yılda, sipariş kabul etme başlığı çizelgeleme çalışanları ve uygulayanlarının hatırı sayılır şekilde ilgisini çekmiştir. Karını maksimize edecek şekilde fonksiyonlarını düzenlemek isteyen firmalarda, kapasitenin taleple koordinasyonunu sağlayabilmek için siparişlerin bazen reddedilmesi gerekebilir. Hangi siparişlerin kabul edilip hangi siparişlerin reddedileceği firmanın stratejik yönüne, atama yapılmış olan kapasitenin güncel durumuna ve karar verilecek siparişin karlılığına bağlı olabilir [6].

Siparişin getirdiği kar ile ilgili tüm işleme, diğer işler için meydana gelebilecek olası gecikme, teslim tarihi aşımı maliyetleri düşünülmelidir. Kapasite maliyeti ve sipariş başına kar üretim kararı verdiriyorsa, firmalar kapasiteyi geçici olarak arttırmak, ekstra vardiya eklemek, alt sözleşmelerle üretmek, üretim kaynaklarını bölmek gibi pek çok yola başvurulmaktadır. Teslim tarihleri konusunda pazarlık bir diğer alternatiftir.

Sipariş kabul etme ve çizelgeleme problemi hangi siparişlerin kabul edileceği ve bunların nasıl çizelgeneceği konularında verilen bütünleşik bir karar olarak tanımlanmaktadır. Karar verici mevcut kapasiteyi aşan siparişlerle karşı karşıya kalarak, bu siparişlerin bazılarını reddedebilecektir. Eğer tüm siparişler kabul edilmeliyse, problem çizelgeleme kararı olarak daraltılmış olur. Eğer çizelgeleme gerekli değilse problem deterministik ya da stokastik sırt çantası problemi veya kuyruk teorisindeki giriş denetimidir. Sipariş kabul etme ile ilgili çalışmalar çizelgede verilmektedir (Çizelge 1.1).

Sipariş seçimi problemi ise firmanın geniş bir sipariş havuzundan, karını maksimize edecek şekilde oluşturulacak sipariş alt kümesinin belirlenmesi problemidir. Sipariş kabul etme problemine benzemektedir. Aralarındaki fark, sipariş kabul etme her bir siparişe odaklanır ve her gelen siparişte, kabul ya da reddetme kararı verilir.

Sipariş seçimi probleminde tüm siparişler mevcuttur ve karlılığı arttıracak sipariş alt kümesi seçilir. İşlem süresi ve teslim zamanı gibi parametreler bilindiğinde sipariş seçim problemi sırt çantası problemi (ve türevleri) olarak formülize edilebilir ve bu problemler için oluşturulan algoritmalar tarafından çözülebilir [10].

Sipariş seçimi, kapasite eniyilenmesi ve karlılık yönetimi açılarından uzunca bir süre çalışılmıştır. Gelen siparişlerin kabul ya da reddedilmesi problemi gibi karar verme problemleri, alternatifler arasından en iyi seçeneği bulma sürecidir. Çok fazla kriterin olması ve alternatiflerin verimliliğinin değerlendirilmesi problemi karmaşıktır. Bu sebeple karar vericiler genellikle Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemlerinden faydalanmaktadır.

Çizelge 1.1 Sipariş Kabul Makaleleri Ve İlgili Araştırma Alanları [6]

Başlık	Yazar/Yıl
Teslim Zamanı	Cheng and Gupta (1989), Gordon et al. (2002), Chatterjee et al. (2002), Keskinocak and Tayur (2004), Slotnick and Sobel (2005)
Kar/Talep Yönetimi	Weatherford and Bodily (1992) ,Deng et al. (2008)
Sırt Çantası	Senju and Toyoda (1968) ,Kleywegt and Papastavrou (2001)
Kuyruk	Matsui (1982, 1985), Matsui et al. (1999, 2000), Stidham and Weber (1993) ,Ormeci et al. (2001)
Sipariş Serbest Bırakma	Philipoom and Fry (1992), Bergamschi et al. (1997) ,Missbauer and Uzsoy (2010)
Muhasebe	Gietzmann and Monahan (1996), Wouters (1997), ,Verdaasdonk and Wouters (1999) and Leitch et al. (2005)
Pazarlık	Easton and Moodie (1999), Moodie (1999), ,Moodie and Bobrowski (1999) and Calosso et al. (2003)
Kapasite Planlama	Balakrishnan et al. (1996, 1999), Zijm and Buitenhok (1996),Geunes et al. (2006), Herbots et al. (2007), Hing et al. (2007),Chen et al. (2009)
İşyükü Kontrol	Kingsman (2000), Kingsman and Hendry (2002), Haskose et al. (2004)
Proje Seçimi	Kolisch and Meyer (2006, Chen and Askin (2009)
Geç Kalan İş Miktarı	Pinedo (1983), Potts and Van Wassenhove (1988), Lawler (1990), Kovalyov et al. (1994), Peridy et al. (2003), Sevaux andDauzere-Peres (2003), Kovalyov et al. (2007), Lin and Kononov (2007), Sadykov (2008) ,Steiner and Zhang (2009)
Aralıklı Çizelgeleme	Kroon et al. (1995, 1997), Santos and Zhong (2001), Kovalyov et al. (2007) and Bekki and Azizoğlu (2008)

Gelen tüm siparişlerin içinden en yüksek faydayı/kazancı sağlayacak siparişlerin seçiminin sağlanması, herhangi bir matematiksel model kullanmayan ve çalışan tecrübesine dayanan bir üretim planlama yapısından çıkıp, kar maksimizasyonuna yönelik sistemli bir planlama yaklaşımı elde edilmesi amaçlanmalıdır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Unlu mamullerde üretim planlama, hamur fermantasyonu sırasındaki kompleks biyokimyasal prosesler sebebiyle katı bir şekilde zamana karşı duyarlıdır. Aynı zamanda temizlik ve hazırlık süreleri de oldukça yüksektir. Siparişlerin günlük olarak karşılanması ve stoklu üretimin olabildiğince engellenmesi gerekmektedir. Bu da üretim planlama ve çizelgeleme açısından özel gereksinimlere ihtiyaç duyulması anlamına gelmektedir. Mevcut durumda matematiksel çizelgeleme metodları yerine, çalışanların pratik deneyimleriyle planlama yapılması firmaların en iyi performansı göstermemelerine yol açmaktadır.

Tez çalışması kapsamında Türkiye’de faaliyet gösteren bir ekmek üretim fabrikasında ekmek tiplerinin üretilme önceliklerinin tespiti ve her bir tip ekmek için üretilmesi gereken miktarların planlamasına yönelik kullanılacak olan bir Karar Destek Sistemi (KDS) geliştirilmiştir. Ürünlerin önem dereceleri Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemiyle belirlenmiştir. Ürünlerin önem dereceleri, ürüne olan talebin de bir kriter olarak ele alınmasından dolayı siparişlerin önem derecelerini oluşturmaktadır. Siparişlerin önem derecelerine göre sıralamaları yapıldıktan sonra elde edilen Bulanık TOPSIS sıralama puanları sırt çantası problemiyle birleştirilmiştir. Sırt çantası probleminde amaç mevcut kapasiteye maksimum fayda sağlayacak eşyaların yüklenmesidir. Burada sırt çantası hat kapasitesi olarak ele alınmıştır. Literatürde fazla mesainin dahil edildiği bir “hazırlamalı sırt çantası problemi” araştırmalar kapsamında ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır. Modelin çözümü Excel Solver’la gerçekleştirilmiş ve geliştirilen model, siparişi kabul edilecek ürünlerin belirlenebilmesine yönelik bir karar destek sistemine dönüştürülmüştür.

Çalışmanın ikinci bölümde literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde önerilen yöntemde faydalanılan Bulanık TOPSIS, Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi ve Kapasite Kısıtlı Çok Ürünlü Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi metodolojilerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde problemin tanımı, varsayımlar ve önerilen yöntem detaylı bir şekilde paylaşılarak önerilen yöntemin mevcut yöntemle karşılaştırması yapılarak gerçek hayatta uygulanabilirliği test edilmiştir. Beşinci ve son bölümde sonuçlara ilişkin değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde unlu mamüllerin üretimi ve kapasite planlamasına yönelik çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Unlu mamüller sektörü için planlama çok yeni bir konudur. İlk çalışma Hecker ve diğerleri tarafından 2013 yılında bir alman unlu mamüller üretim firmasında yapılmıştır [11]. Evrimsel algoritmalar kullanarak üretim planlama optimizasyonu üzerinde durularak, üretim sistemi beklemez melez akış tipi olarak tanımlanmış, literatürde çizelgeleme problemlerinin çözümünde sıkça kullanılan karınca kolonisi optimizasyonu ve parçacık sürüsü optimizasyonu algoritmalarıyla sonuçlar elde edilmiştir [11]. Devamında 2014 yılında ise aynı problem için genetik algoritma ve karınca kolonisi optimizasyonu uygulanmıştır [12]. Pazil ve diğerleri ise amaç programlamayla muffin, brownie gibi ürünler üreten küçük orta ölçekli firmalarda günlük satış karını ve makina kullanımını maksimize ederken fazla mesai sürelerini minimize eden bir model kurmuştur [13].

Bu tez çalışması kapsamında siparişe göre üretim yapan bir unlu mamüller üretim firmasında, çok ürünlü kapasite kısıtlı, hazırlamalı ve fazla mesaili bir parti büyüklüğü belirleme modeli literatürde ilk defa geliştirilmiştir. Mevcut durumda firmada üretim planlama kapsamında çalışanların deneyimlerinden yararlanılmakta olup, matematiksel metotların kullanımına yönelik bir çalışma işletmede ilk defa bu tez kapsamında gerçekleştirilmiştir.

2.1 Çok Ölçütlü Karar Verme

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) birden fazla ölçütün bulunduğu durumlarda karar verilmesini sağlayan bir süreçtir. Bu değerlendirme süreci kişisel seçim problemlerinden, bir kenti veya ülkeyi ilgilendiren çok büyük boyutlu projelerin seçimine kadar geniş bir alanda kullanılabilir. Çok ölçütlü değerlendirmenin yapılmasında her ölçütün ağırlığı aynı olmamaktadır. Bu ağırlıklar çoğu kez karar vericiye göre değişebilmektedir.

ÇÖKV, bir veya birden çok karar vericinin sonlu sayıda performans kriterlerinin, karar alternatiflerini objektif bir şekilde değerlendirebilmesi için matematiksel hesaplama araçları geliştiren, yönelem araştırmasının bir dalıdır. Matematik, davranışsal karar verme teorisi, ekonomi, bilgisayar teknolojisi, yazılım mühendisliği ve bilgi sistemleri gibi pek çok alandan bilgi kullanılır [6]. 1960'lı yıllardan beri pek çok teorik ve uygulamalı makale ve kitap üretilmiş olan aktif bir araştırma alanıdır.

ÇÖKV yönteminin ana odağı üç türlü karar problemidir. Seçim probleminde en uygun alternatifin seçimi yapılır, sıralama probleminde alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralaması gerçekleştirilir, ayırma problemlerinde liste içerisinde en iyi k alternatifi seçilir [14].

ÇÖKV'nin temel adımları;

- Sistem yeterliliklerini hedeflere ilişkilendiren sistem değerlendirme kriterlerini oluştur.
- Hedeflere ulaşmak için alternatif sistemler geliştir.
- Alternatifleri kriterlere göre değerlendir.
- Normatif ÇÖKV yöntemlerinden birini uygula.
- Bir alternatifi en iyi olarak kabul et.
- Eğer sonuç kabul edilmediyse yeni bilgi topla ve çok kriterli en iyilemenin bir sonraki iterasyonuna geç [15].

Pek çok ÇÖKV teknikleri arasında Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi (SAW), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği (TOPSIS), Çok Ölçütlü Değer Teorisi (SMART), Eleminasyon ve Gerçekçi Seçim (ELECTRE) en çok kullanılan yöntemler arasındadır. Bu metotların sınıflandırılması karar vericinin sahip olduğu bilginin türüne, veri türüne, hedeflenen sonuca göre yapılabilir [16].

- SAW: Bir seçeneğin genel puanı, ölçüt değerlerinin ağırlıklı toplamı olarak hesaplanır. Bu yöntemde ölçütler sayısal ve karşılaştırılabilir olmalıdır. Karar

vericinin ölçütlere önem ağırlıkları ataması gerekmektedir. Her seçenek için, her ölçütün ağırlığı ile o ölçüt için o seçeneğin aldığı değerle çarpılır ve tüm ölçütler için yapılarak toplamları alınır. En yüksek toplam değere sahip olan seçenek tercih edilir.

- TOPSIS: Alternatif seçeneklerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği en iyi ve en kötü değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılmaktadır. TOPSIS yönteminde en iyi alternatif, pozitif ideal çözüm noktasına en kısa mesafede ve negatif ideal çözüm noktasına en uzak mesafede olacağı olan alternatiftir.
- AHP: Karar amacı ile tepeden başlayarak karar hiyerarşisi oluşturulur. Orta seviyede kriterler ve en düşük seviyede ise alternatifler bulunur. Amaç, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karar verici kriter matrisi veya alternatif matrisi için kriterleri veya alternatifleri ikili olarak karşılaştırır. Her bir öğenin diğer öğelere göre önemi hesaplanır. Ardından hiyerarşinin en alt noktasından başlayarak hiyerarşi üste doğru takip edilerek herbir alternatifin AHP genel puanı hesaplanır. Alternatifler AHP puanlarına göre en yüksek puandan en düşük olana doğru sıralanır.
- SMART: AHP tekniğine benzemekle birlikte çeşitli farklılıkları bulunmaktadır. Farklı bir terminolojisi vardır.
- ELECTRE: Üstünlük ilişkilerinin kurulmasıyla “tercih edilen seçenekler” ve “tercih edilemeyenler” diye seçenekler ikiye ayrılır. Normalizasyon değerlerinin bulunması, uyumluluk ve uyumsuzluk kümelerinin bulunması, uyumluluk ve uyumsuzluk göstergelerinin belirlenmesi ve üstünlük ilişkilerinin belirlenmesi gibi oldukça uzun hesaplaması olan bir yöntemdir. Karar matrisinde bulunan tüm bilgiler kullanılır [14].

Çeşitli ÇÖKV metotlarının uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.2’de, literatürde en çok kullanılan ÇÖKV metotlarının performans karşılaştırmaları ise Çizelge 2.3’te verilmektedir.

Çizelge 2.2 ÇÖKV Metodların Karşılaştırılması [17]

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Uygulama Alanından Örnekler
AHP	Kullanımı kolay, Ölçülebilir, Hiyerarşik yapı farklı büyüklükteki problemlere kolayca uyum sağlar.	Kriterler ve alternatifler arasındaki karşılıklı bağımlılık problemlere yol açabilir, muhakeme ve kriter sıralama arasında tutarsızlıklara yol açabilir,	Performans tipli problemler, Kaynak Yönetimi, Kurumsal Politika ve Stratejiler.
ELECTRE	Belirsizlikleri dikkate alır.	Sürecin işleyişini ve çıktılarını meslektan olmayan birine anlatmak zor olabilir, Güçlü ve zayıf yönlerin net olarak tanımlanması zordur.	Enerji, Ekonomi,Çevresel Problemler,Su Yönetimi,Taşıma Problemleri
SAW	Kriterler arası denkleştirme yeteneği, karar vericiler için sezgisel olması, Hesaplaması kolay,Karmaşık bilgisayar programları gerektirmez.	Açığa çıkan tahminler her zaman gerçek durumu yansıtmaz, alınan sonuç mantıklı olmayabilir	Su Kaynakları Yönetimi, İşletme ve Finansal Yönetim
TOPSIS	Basit bir yöntemi vardır, Kullanımı ve programlaması kolaydır. Ölçüt sayısına bağlı kalmaksızın gereken adım sayısı aynı kalır	Öklit mesafesini kullanıyor oluşu ölçütlerin karşılıklı ilişkilerini hesaba katmaz. Karar vermenin ağırlıklandırılması ve sürekliliğinin sağlanması zor olabilir.	Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik, Mühendislik Problemleri, Üretim Sistemleri, İşletme ve Pazarlama, Çevresel Problemler.

Çizelge 2.3 ÇÖKV Metodlarının Performans Karşılaştırmaları [18]

Metot	Kararlılık	Matematiksel Hesaplama	Gerekli Hesaplama Süresi	Basitlik
TOPSIS	Orta	Ölçülü	Ölçülü	Ölçülü Kritik
AHP	Zayıf	Maksimum	Çok Yüksek	Çok Kritik
ELECTRE	Orta	Ölçülü	Yüksek	Ölçülü Kritik
PROMETHEE	Orta	Ölçülü	Yüksek	Ölçülü Kritik

2.1.1 TOPSIS

Yöntemin mantığı ve temel prensibinde; seçilen bir seçenek, ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak mesafede olmalıdır. Yöntemde ölçütler sayısal ve karşılaştırılabilir olmalıdır. Kullanımı ve anlaşılması oldukça kolaydır [17].

Ölçüt sayılarından bağımsız olarak adımlar aynı kalmaktadır [18]. Pozitif ideal sonuç fayda kriterini maksimize ederken, maliyet kriterini minimize eder. Negatif ideal çözüm maliyet kriterini maksimize ederken, fayda kriterini minimize eder [19].

TOPSIS konseptinin yüksek esnekliği çeşitli durumlarda en iyi kararı vermek için farklı değişikliklere müsaade edebilir yapıdadır. Pratikte TOPSIS ve modifikasyonları pek çok teorik ve gerçek hayat problemini çözmektedir. Buna ek olarak birden çok karar vericinin tercihi prosedüre entegre edilebilir.

2.1.2 Bulanık TOPSIS

İnsan düşüncesini kesin verilerle tanımlamak oldukça zordur. İnsan kararları pek çok koşul altında büyük bir çoğunlukla belirsizdir. Sosyo-ekonomik çevre daha da karmaşık hale gelmektedir. Kararların zaman baskısı, bilgi veya veri eksikliği, karar

vericilerin limitli bilgisi veya bilgi işleme kapasiteleri nedeniyle kararların belirsizlik içeren durumlarda verilmesi gerekebilmektedir.

Birbiri ile etkileşim içinde bulunan alternatiflerin ve kriterlerin söz konusu olduğu bir karar sürecindeki karmaşıklık ve belirsizliklerin modellenmesi için Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri(BÇÖKV) kullanılabilir. Bu kapsamda ÇÖKV problemleri iki türe ayrılır. Birincisi klasik kriterlerin değer ve ağırlıklarının kesin sayılarla ölçülebildiği problemler, bir diğeri ise tam olmayan bilgi, hatalı ölçüm, subjektif karar verme ve belirsizlik altında aralıklı sayılar, dilsel terimler ve bulanık sayılarla geliştirilen kriterlerdir.

Kriterler de ağırlıkları gibi dilsel değişkenlerle ifade edilebilir. Pek çok araştırmacı taraflı kritere sahip karar verme problemlerini, ÇÖKV yaklaşımıyla bulanık küme teorisi ya da gri sistem teorisi kullanarak genişletmiştir.

Eğer bir sistem bilgisi bilinmiyorsa bu sisteme “siyah sistem” , bilgi tam olarak biliniyorsa “beyaz sistem”, kısmi bilgiye sahip olunan sistemlere ise “gri sistem” denir. Bulanık küme teorisi eksik veri veya bilgiyi kabul edemez, fakat kesin olmayan veriyle başa çıkmak için uygundur [16].

Bulanık küme, Zadeh tarafından geliştirilen kişisel düşüncelerin sözel ifadelerle değerlendirilmesine olanak sağlayan, kesin sınırları olmayan, kademeli geçişleri öngören ve belirli üyelik derecelerine sahip olan bulanık sayıların oluşturduğu bir kümedir. Bu kümenin elemanlarının tanımlanmasında üye veya üye değildir gibi kesin ifadelerden ziyade sayının üyeliği üyelik derecesi tarafından belirlenen ve $[0,1]$ aralığında yer alan fonksiyonlarla tanımlanır. Bu üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında sayıların komşuluğu (yakınlığı) yaklaşımından yararlanır. Üyelik fonksiyonları genellikle bu komşuluğun durumuna göre üçgen üyelik fonksiyonları veya yamuk üyelik fonksiyonlarıyla gösterilebilir.

Bulanık ÇÖKV yöntemleri kriter ve alternatiflerin performans değerlerinin bulanık sayılarla ifade edildiği ve bulanık küme teorisine dayalı olarak gerçekleştirilen yöntemlerdir. Bu yöntemlerin mantığı dilsel (sözel) olarak ifade edilen değerlendirmelerin bulanık sayılara dönüştürülerek analizde kullanılmalarıdır. Bulanık sayılardan genellikle karmaşık ya da iyi tanımlanmamış durumların sözel (dilsel) ifadelerle belirtilmesinde yararlanır [20].

Bulanık ÇÖKV yaklaşımı çok fazla matematiksel hesaplama içerdiği için, matematiksel yeterliliği güçlü olmayan karar vericiler için pratik ve efektif olmayabileceği, maksimum hesaplama gereksiniminden ötürü hesaplama süresinin fazla olacağı açıktır [18].

Çok sayıda karar verici, kriter ve alternatifin bulunduğu ve alternatifler arasından seçim yapılmasının gerekli olduğu, nitel ve nicel kriterleri bir arada bulduran işletme problemlerinde Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulaması yapılabilmektedir. Bulanık ortamda ortaya çıkan, pek çok alternatifin ve kriterin bulunduğu problemler için TOPSIS algoritmasının sözel değişkenler kullanılarak uyarlaması yapılmıştır.

İç ve Yurdakul [21] tarafından yapılan bir çalışmada, pek çok durum için, TOPSIS yöntemi bulanık ve kesin sayılarla ayrı ayrı uygulanmıştır. Her bir durum için elde edilen sıralamaların istatistiksel anlamlılıkları Spearman'in sıralama-korelasyon testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, bulanıklık seviyesi arttıkça sıralamaların benzerliğinin azaldığı, bulanıklık seviyesi azaldıkça sıralama sonuçlarında kesin (crisp) sayılarla yapılan sıralama sonuçlarıyla benzerliğin arttığı görülmüştür. Çalışmada bulanıklık düzeyinin düşük olduğu durumlarda bulanık sayılar yerine kesin sayıların, bulanıklık düzeyinin fazla olduğu durumlarda ise bulanık sayıların kullanılabileceği belirtilmektedir [21].

Bulanık küme teorisine dayanarak oluşturulan TOPSIS yönteminde her alternatif, üçgen veya yamuk bulanık sayılarla ifade edilebilir. Her kriterin ağırlığı bulanık veya kesin değerlerle belirlenebilir.

Bu metodun temel avantajları aşağıdaki gibidir;

- Basit, rasyonel ve anlaşılabilir içerik
- İnsan seçiminin basit ve anlaşılır temsili
- Hesaplama kolaylığı ve verimi
- Her alternatif için hem iyi hem de kötü alternatifleri ölçebilen basit matematiksel form
- Görselleştirme imkanı

Literatür incelendiğinde bulanık küme yaklaşımının en çok TOPSIS yöntemiyle birlikte kullanıldığı görülmektedir. TOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmaların %52,2'sinde dilsel değişkenler ve bulanık sayılar kullanılarak problem çözümü sağlanmaya çalışılmaktadır (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4 TOPSIS'le Birleştirilen Veya Karşılaştırılan Yöntemler [19]

Karşılaştırılan veya Birleştirilen Teknikler	Adet	%
Bulanık küme yaklaşımı	139	52.2
Grup karar verme yaklaşımı	76	28.6
AHP	62	23.3
Entropi Metodu	20	7.5
Çok amaçlı optimizasyon	15	5.6
Diğer Matematiksel Programlama	14	5.3
Genetik Algoritma	14	5.3
ANP	13	4.9
Taguchi Yöntemi	12	4.5
VZA	8	3
Simülasyon Metodları	8	3
VIKOR	7	2.6
SAW	7	2.6
Gri teori/analiz	7	2.6
Delphi metodu	6	2.3
ELECTRE	5	1.9
YSA	5	1.9
Uzlaşık Programlama	4	1.5
DEMATEL	4	1.5
KFG	4	1.5
PCA	4	1.5
Nominal grup tekniği	3	1.1
Sinyal/Gürültü Oranı	3	1.1
PROMETHEE	3	0.8
MAUT	2	0.8
SERVQUAL	2	0.8

2.1.3 Uygulama örnekleri

Bulanık TOPSIS algoritmasını ilk kez bir sistem analizi mühendisi seçimi probleminde kullanmıştır. Daha sonra yöntemin uygulama alanları genişlemiş ve küçük ölçekli bir işletmenin araç seçimi, kuruluş yeri seçimi, robot seçimi, portföy seçimi, bankaların finansal oranları kullanılarak sıralanması, tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi, tedarikçilerin değerlendirilmesi, satış elemanının seçimi, örgütsel değişim ile ortaya çıkan insan davranışlarındaki direncin ölçümü, gelen siparişlerin yönetilmesi, proje seçimi, tedarikçi değerlendirme ve sipariş atama, alışveriş için kullanılan internet sitelerinin avantajlarının değerlendirilmesi, personel seçimi, dağıtım merkezi planlama, kredi limit atama, ERP seçimi gibi bir çok alanda Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [19].

2.2 Sırt Çantası Problemi

Birim kapasite kullanım miktarları ve seçilmeleri halinde ortaya çıkacak birim katkıları bilinen belirli sayıda nesneden hangilerinin, eldeki kapasiteyi aşmadan ve toplam katkıyı enbüyükleyecek şekilde, seçilmeleri gerektiğine dönük problemler, sırt çantası problemleri olarak bilinirler.

Bir çantaya, çanta kapasitesini aşmadan, en çok getiriye sağlayacak şekilde, satışa sunulabilecek ürünlerden, ağırlıklarını ve birim karlarını da düşünerek, hangilerinin konulmasının en iyi karar olacağı benzetmesi sebebiyle Sırt Çantası Problemi (SÇP) olarak adlandırılmaktadır. Farklı problemler de sırt çantası problemine benzetilebilmektedir. Örneğin, bir işletmenin, ilgilendiği belirli sayıda yatırım aracı olsun. Her bir yatırımın birim getirisi ayrıca yatırım maliyeti bilinmektedir. Yatırıma ayrılacak belirli bir sermaye söz konusu iken, toplam yatırım harcamasının sermayeyi aşmamasına dikkat ederek, gerçekleştirilecek yatırımlara ve miktarlarına karar vermek bir sırt çantası problemi olarak tanımlanabilir. Problemin, birden fazla kapasite kısıtının yer aldığı, çok boyutlu sırt çantası türleri de bulunmaktadır [22].

Sırt çantası problemi en çok çalışılan kombinatoriyel optimizasyon problemlerinden biridir. Aşağıdaki 0-1 doğrusal programla modeli SÇP için formülize edilebilir;

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq W \quad (2.1)$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad i = 1,2, \dots, n$$

kısıtları altında

$$\max \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (2.2)$$

Burada $n = |N|$ değişken sayısıdır (eşya). p_i ve w_i j eşyasına ilişkin kar ve ağırlıktır. W sırt çantasının kapasitesidir. Buna ek olarak aşağıdaki şartın sağlandığı varsayılır;

$$\max(w_i : i \in N) < W < \sum_{i=1}^n w_i \quad (2.3)$$

Sırt çantası ismi 0-1 doğrusal programın tercümesidir. Örnek verilecek olursa, bir tatilcinin sırt çantasına koyabileceği, tatilde kullanışlı olabilecek bir liste dolusu önemli eşya bulunmaktadır. n eşya içinden i .eşyanın değeri p_i ve sırt çantasının içinde kapladığı alan w_i olarak tanımlanmaktadır. Tatilci için problem, bu liste içerisinde, kapasite kısıtını aşmayacak şekilde, rahatını maksimize edecek eşya alt kümesini bulmaktır [5].

Sırt çantası probleminin NP-zor problemlerin “kolay” bir çeşidi olduğuna inanılmaktadır. Sözde-polinomsal zamanda çözülebileceği gibi, on yıllardır meydana gelen algoritmik gelişmeler literatürdeki hemen hemen tüm standart örnekleri çözebilir hale getirmiştir [23].

Sırt çantası problemlerinin pek çok varyantı bulunmaktadır. [24]

- Kısıtlandırılmamış SÇP: Klasik SÇP'nin her eşyanın sınırsız sayıda bulunduğu bir varyantıdır.
- Çok Boyutlu SÇP: SÇP'nin $m > 1$ olarak genelleştirildiği durumdur. M boyutlu SÇP, çok kısıtlı SÇP olarak da tanımlanmaktadır. Aynı zamanda genel tam sayılı doğrusal programlama probleminin tüm değişkenlerin 0-1 tamsayılı ve tüm katsayıların pozitif olduğu özel durumudur.
- Çok Seçimli SÇP: SÇP'nin eşyaların sınıflara bölüdüğü bir geliştirmesidir. Her sınıftan sadece bir eşya seçilebilir.
- Çok Seçimli Çok Boyutlu SÇP: Her sınıftan en az bir eşya seçiminin olduğu problemdir.
- Çoklu SÇP: Birden çok sırt çantası olduğu durumdur. Her eşya en fazla bir sırt çantasına atanabilir.
- Karesel SÇP: seçilen eşyanın karlılığının başka bir eşyanın seçimine dayandığı SÇP türüdür.
- Eşitlikli SÇP: Kapasitenin tam olarak doldurulması gereken varyanttır.
- Genişleyen SÇP: kapasitenin sonuca bağlı olduğu yapıdır.
- Kesirli SÇP: amaç toplam karın toplam maliyete oranını maksimize etmektir. Burada her bir eşyanın karı ilgili bir maliyetle olacaktır.
- Çok Dönemli SÇP: bütçe planlamada sıkça karşılaşılan çok boyutlu SÇP varyantıdır.
- Çok Amaçlı SÇP: Çoğu gerçek hayat problemi çelişen amaçlara/kriterlere sahiptir. Çelişen amaçlarda optimallik konsepti anlamsızlaşır. Burada amaç domine etmeyen uygun çözümlere ulaşmaktır.
- Çok Talepli Çok Boyutlu SÇP: Çok boyutlu SÇP'nin büyük eşittir kısıtı eklenen bir geliştirmesidir.
- Öncül Kısıtlı SÇP: SÇP'nin eşyaların kısmi siparişi olan bir geliştirmesidir. i eşyasının sadece ve sadece j eşyasının sırt çantasında olması koşuluyla çantaya eklenebileceği durum.

SÇP'nin pek çok formu, kıt kaynakların var olduğu ve bu kaynaklar için birden fazla rakibin olduğu ekonomi, mühendislik ve işletmede alanlarında görülmektedir. Kesme

problemlerinde de sıklıkla karşılaşılmaktadır. Örneğin kağıt fabrikaları, boyutların üretim prosesi tarafından belirlendiği büyük kağıt ruloları üretmektedir. Bu rulolardan, müşteri siparişlerini karşılamak adına daha küçük rulolar dilimlenmektedir ve değeri satış fiyatına bağlıdır. Benzer problemle fiber optik kablo üreticilerinde karşılaşılmaktadır. Amaç müşteri siparişlerini, her kablodan en yüksek değeri elde ederek karşılamaktır.

2.2.1 Kısıtlandırılmış sırt çantası problemi

Kısıtlandırılmış sırt çantası problemi, her biri pozitif tam sayı değeri alan n eşya türünün pozitif tam sayı ağırlığı ve mevcudiyetinin/kullanılabilirliğinin pozitif tam sayı ile kısıtlandırıldığı durum olarak tanımlanmaktadır. Sırt çantasının kapasitesini ve mevcut eşya sayısını aşmayacak şekilde toplam değeri maksimize etmek amaçlanmaktadır. 0-1 tam sayılı SÇP, KSÇP'nin her eşyadan sadece bir kopyanın mevcut olduğu özel bir durumudur [25].

2.2.2 Hazırlamalı sırt çantası problemi

Hazırlamalı sırt çantası probleminin (HSÇP) amacı, kapasite kısıtlı bir sırt çantasına koymak üzere aynı ürün ailesi kümesinde olan ürünler içerisinden değerini maksimize edecek spesifik eşyaları seçmektir. Ürün ailelerini sırt çantasına yerleştirebilmek için, belirli bir hazırlık maliyetine katlanma gereksinimi bulunmaktadır [26].

Kapasiteli makinaların çizelgelenmesi alt problemi olarak görünmekle birlikte, HSÇP pek çok kaynak atama problemlerinde de modellenebilir;

- Kapasiteli ulaştırma aracının taşıyabileceği, çok çeşitli ürün aileleri, ürün türü, nakliyecisi veya varış noktasının farklı olduğu bir yük birleştirme probleminde kullanılabilir. Problem amacı uzun mesafeli nakliyatın değerini maksimize edecek şekilde ürün ailelerinin ve eşya miktarlarının belirlenmesidir. Burada her ailenin, nakliyeye dahil edilebilmesi için bir hazırlık maliyeti (özel nakliye

maliyeti, soğutma-denetleme gibi özel taşıma servisi maliyetleri) bulunmaktadır.

- Ürün kategori yönetiminde, tedarikçiye limitli perakende raf kapasitesi verilmektedir. Tedarikçi ürün aileleri ve yüklenecek eşyaların karmasını belirlemelidir. Her ürün ailesinin rafta yer alabilmesi için sabit bir idari, envanter, bakım ve faturalandırma maliyeti bulunmaktadır. Buradaki karar, ürün kategorisinin beklenen değerini maksimize edecek şekilde ürün ailelerinin ve miktarlarının karmasını seçmektir.
- Diğer potansiyel uygulamalar ise her bir yatırımın hesap maliyeti, üyelik maliyeti ve beklenen geri dönüşün olduğu portföy yönetimidir. Burada amaç portföyün beklenen geri dönüşünü maksimize edecek şekilde yatırım karmasını ve her birinin miktarını belirlemektir.

2.2.3 Hazırlamalı kısıtlandırılmış sırt çantası problemi

Kısıtlandırılmış tam sayılı HSÇP'nin her sınıfın tek bir eşyaya sahip olduğu ve sürekli versiyonunda tam hazırlık durumunda bir eşyanın kesirli halinin seçilebileceği özel bir durumdur.

W kapasitesine ve n eşyaya sahip olan bir sırt çantasında her eşyanın b_i limitli kopyası bulunmaktadır. Her bir i eşyası bir birim kapasite tüketir ve p_i katkısı vardır. Buna ek olarak i . eşyanın sırt çantasına dahil edilmesi s_i birim kapasite tüketmektedir ve p_i katkısı bulunmaktadır. Buradaki problem kapasite yeterlilik kısıtlarına göre toplam katkıyı maksimize etmektir.

Bu problem Süral ve diğerleri [27] tarafından tanımlanmıştır. Kolay ve zor problemler arasındaki sınırın problemin özel durumları incelenerek elde edilmiştir ve görülmüştür ki tüm üst sınırların, tüm katkıların veya tüm hazırlıkların bire eşit olduğu durumlarda problem NP-zor olarak kalmıştır [27].

2.2.4 Literatürdeki sırt çantası problemi çalışmaları

Sırt çantası probleminin ilk yazılı belgesi 1957’de iki önemli yayında rastlanmıştır. SÇP için sürekli gevşetmeye dayalı ilk üst sınır, doğrusal programlamanın geliştiricilerinden ve yöneylem araştırmaları alanının yaratıcılarından George Dantzig tarafından sunulmuştur. Aynı yıl içerisinde Richard Bellman, SÇP’yi çözmek için dinamik programlamanın nasıl kullanılabileceğini tanımlamıştır. Bundan hızlı ve kısa bir süre sonra SÇP pek çok alanda uygulanmıştır.

İlk dal-sınır algoritmaları 1970’lerin başlarında ortaya çıkmıştır. Geçen 20 yılda Martello and Toth [28] kritik değişkene integrallik vererek daha sık bir üst sınır öne sürene kadar daha iyi üst sınırlar çalışılmamıştır.

1980’li yıllarda, optimal çözümü garanti etmeyen hızlı çözüm alabilmek adına kaliteden ödün verilen yaklaşık algoritmalarda çok sayıda çalışma yapılmıştır.

İlk polinomsal “yaklaşık polinomsal zaman kullanma” Sahni tarafından geliştirilmiştir. Bunun hemen ardından Ibarra ve Kim tarafından “yaklaşık tam polinomsal zaman kullanma,” olarak geliştirilmiştir.

Martello ve Toth [29] tarafından özelleştirilmiş çözüm teknikleri üretilmiştir. Yakın zamanda Kellerer gibi araştırmacılar daha büyük problemlerin kesin çözümü üzerinde çalışmıştır. Bunların çoğu çekirdek problemle ilgilenmekte ve elde edilen kısmi sonucu tam sonuç haline getirmektedir [24].

Martello ve Toth [29] tarafından yapılan algoritmaların karşılaştırmaları çalışması küçük örnekler için iyi sonuçlar alındığını göstermiştir [30]. Martello ve Toth ve Kellerer ve diğerleri SÇP’nin genel türleri, teorik sonuçları ve çözüm algoritmaları konularında geniş özetlemelerde bulunmuştur [29] [24].

Lin [31] iyi bilinen standart olmayan SÇP'yi araştırmış ve HSÇP'ni tanımlayarak ileriki araştırmalar için önemini vurgulamıştır [31]. Hazırlamalı sırt çantası problemi kapasite kısıtlı çizelgeleme problemleri için anlamlı bir alt problem olarak tanımlanmıştır.

Guignard [32] paralel bağımsız makinelerin hazırlamalı çizelgeleme probleminde, her bir makine için 0-1 HSÇP kullanmıştır. Chajakis and Guignard [33] HSÇP'yi sözde polinomsal zamanda çözmek için dinamik programlama algoritması kullanmıştır. Yakın zamanlarda Akinc [34] HSÇP'yi dal-sınır yöntemiyle çözmek için algoritmik bileşenler geliştirmiştir. Altay ve diğerleri [26] HSÇP'nin bir varyantı olan eşyaların sırt çantasına kesikli yüklenebildiği türünü çalışmıştır. Karma tamsayılı HSÇP, Chajakis and Guignard'ın HSÇP'nin ikili kısıtlarına sürekli gevşetme yapılmış durumuna eş değerdir. Burada aile hazırlıkları, limitli kaynaklarda herhangi bir tüketime yol açmamaktadır. KTHSÇP'nin ilk çalışmasıdır.

Michel ve diğerleri [22] çok sınıflı tam sayılı HSÇP'yi ele almışlardır. Burada eşyalar hazırlık maliyeti ve kapasite tüketimine göre sınıflara ayrılır. Bu çalışmanın Altay ve diğerlerinin [26] çalışmasından farkı, hazırlıkların kapasite kaybına yol açmasıdır.

Pek çok çizelgeleme problemi HSÇP olarak düşünülebilir. Makina zamanı en önemli kıl kaynaktır ve büyük sermaye yatırımını temsil etmektedir. HSÇP'nin bir uygulaması çizelgelemede gözlemlenebilir. Tek makina çizelgeleme probleminde amaç geç kalan işlerin minimize edilmesidir. [27].

HSÇP kaynakların üretim başlamadan hazırlanması gerektiği durumlarda pek çok üretim planlama probleminin alt problemi olarak görölmektedir. Problemin farklı versiyonlarını hazırlamalı çok ürünlü parti büyüklüğü problemiyle tanımlamıştır. Victor ve diğerleri [35] küçük bir döküm fabrikasındaki üretim planlama problemi için SÇP kullanmıştır. Deney sonuçlarında, önerilen yöntemin literatürdeki diğer çalışmalardan daha iyi sonuç verdiği görölmüştür [35].

2.3 Tez Kapsamında Kullanılacak Metodolojinin Belirlenmesi

Yukarıda sıralanan literatürdeki çalışmaların ışığında, tez kapsamında siparişe dayalı üretim yapan ekmek fabrikası için en uygun planlama yaklaşımının geliştirilebilmesi amacıyla iki aşamalı bir parti büyüklüğü belirleme modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. İlk aşamada yöntemin uygulama kolaylığı, adım sayısının problem büyüklüğüne göre değişmemesi, uygulama kolaylığı ve literatürdeki uygulama alanı genişliği sebebiyle diğer ÇÖKV yöntemleri arasından seçilen Bulanık TOPSIS yöntemiyle ürünlerin/siparişlerin önem derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İkinci aşamada ise, parti büyüklüklerinin belirlenmesi probleminin çözümü için literatürde farklı yöntemler olmakla beraber, ekmek üretimi için sipariş seçimi probleminin çözümüne yönelik olarak Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi'nin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararın sebebi, üretim hattında birden çok ekmek ürünü türünün bulunması ve bu ürünlerin geçişlerinde hazırlama kaynaklı kapasite kaybı yaşanmasıdır.

3. METODOLOJİ

Geliştirilen modelde faydalanılan Bulanık TOPSIS, Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi ve Kapasite Kısıtlı Çok Ürünlü Parti Büyüklüğü Belirleme metodolojilerinin detaylarına bu bölümde yer verilmektedir.

3.1 Bulanık TOPSIS

Bulanık TOPSIS yöntemine ilişkin olarak bulanık küme teorisiyle bağlantılı tanımlar aşağıda verilmektedir [36];

Tanım 1: X evreninde bulunan bulanık küme \tilde{a} , her bir x için $[0,1]$ aralığında gerçek sayı olarak eşleştiren $\mu_{\tilde{a}}(x)$ üyelik fonksiyonuyla karakterize edilmektedir. Fonksiyon değeri $\mu_{\tilde{a}}(x)$, x in \tilde{a} 'daki üyelik derecesi olarak belirlenmiştir. $\mu_{\tilde{a}}(x)$ değeri bire ne kadar yakınsa, x in \tilde{a} 'daki üyelik derecesi o kadar yüksektir.

Tanım 2: Bulanık üçgen sayılar $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ üçlüsü tarafından temsil edilmektedir. Bulanık sayı \tilde{a} 'nın üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{a}}(x)$ şu şekilde tanımlanmaktadır;

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3.1)$$

a_1, a_2, a_3 gerçekte sayılar ve $a_1 < a_2 < a_3$.

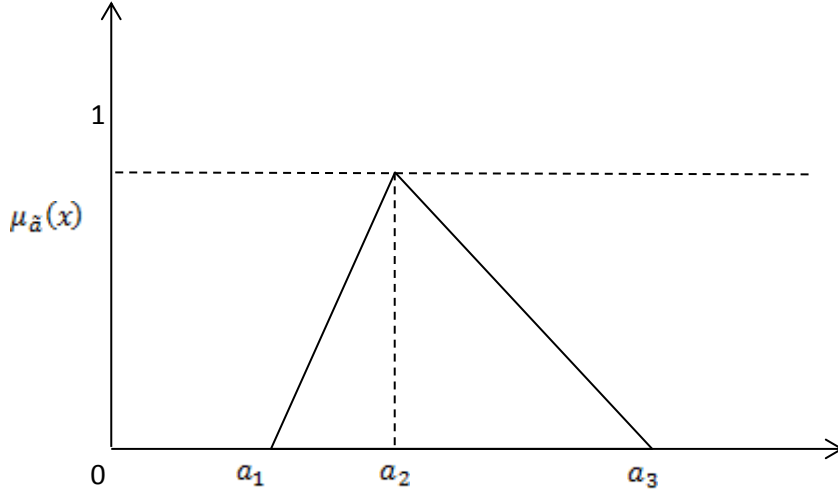
x 'in a_2 'deki değeri $\mu_{\tilde{a}}(x)$ 'in en büyük derecesini vermektedir.

Örneğin, $\mu_{\tilde{a}}(x)=1$; değerlendirilen verinin en yüksek olasılıklı değeridir (Şekil 3.1).

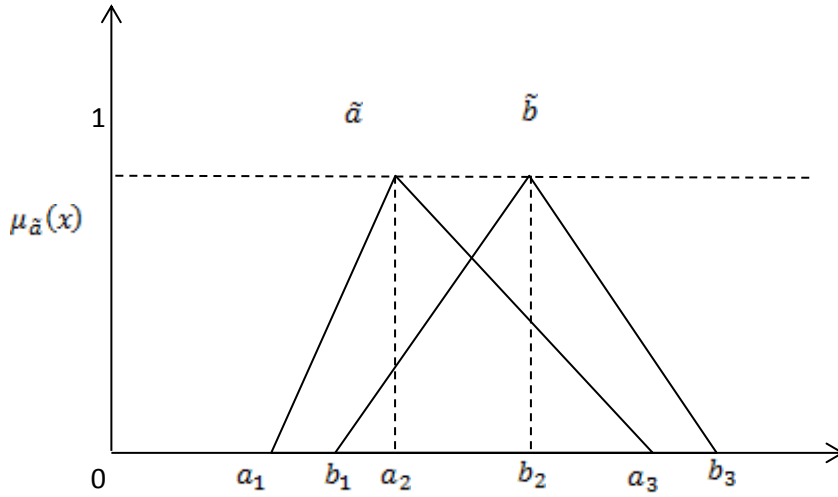
x 'in a_1 'deki değeri $\mu_{\tilde{a}}(x)$ 'in en küçük derecesini vermektedir.

Örneğin, $\mu_{\tilde{a}}(x) = 0$; değerlendirilen verinin en düşük olasılıklı değeridir.

a_1 ve a_3 sabitleri, değerlendirilen veri için uygun alanın alt ve üst sınırlarıdır. Bu sabitler verinin bulanıklığını yansıtmaktadır. $[a_1, a_3]$ aralığı ne kadar dar olursa, değerlendirilen verinin bulanıklığı o kadar az olmaktadır.



Şekil 3.1 \tilde{a} Bulanık üçgen sayısı



Şekil 3.2 İki bulanık üçgen sayısı

Bulanık üçgensayılar arasındaki uzaklık

$\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$ iki bulanık üçgen sayı olsun (Şekil 3.2). Bu sayılar arasındaki uzaklık vertex metodu ile bulunabilir:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (3.2)$$

Dilsel Değişkenler

Bulanık küme teorisinde, dönüşüm ölçekleri dilsel ifadelerin bulanık sayıya çevriminde kullanılır. Kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde 1'den 9'a kadar olan değerler kullanılacaktır.

Çizelge 3.1 tez kapsamında alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.2 tezde kriterler için kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık değerlerini göstermektedir.

Çizelge 3.1 Alternatif Değerlendirmeleri İçin Dilsel İfadeler

Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu
Çok Düşük	(1, 1, 3)
Düşük	(1, 3, 5)
Yeterli	(3, 5, 7)
İyi	(5, 7, 9)
Çok İyi	(7, 9, 9)

Çizelge 3.2 Kriter Değerlendirmeleri İçin Dilsel İfadeler

Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu
Önemsiz	(1, 1, 3)
Az Önemli	(1, 3, 5)
Orta Önemli	(3, 5, 7)
Önemli	(5, 7, 9)
Çok Önemli	(7, 9, 9)

3.1.1 Bulanık TOPSIS algoritması

Öncelikle değerlendirmede kullanılacak karar vericiler ve kriterler belirlenir.

Adım 1. Kriter ve Ağırlıkların Değerlendirilmesi

Kriterlerin önem ağırlıkları ve belirlenen kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi yapılır.

m kritere karşılık $C = (C_1, C_2, \dots, C_m)$ değerlendirilecek J olası aday $A = (A_1, A_2, \dots, A_j)$ olduğu kabul edilir.

Kriter ağırlıkları $w_i (i = 1, 2, \dots, m)$ olarak ifade edilmektedir.

Her bir karar vericinin $D_k (k = 1, 2, \dots, K)$, $C_i (i = 1, 2, \dots, m)$ kriterlere göre her bir alternatifi $A_j = (j = 1, 2, \dots, n) \mu_{\tilde{R}_k}(x)$ üyelik fonksiyonuyla değerlendirmesiyle $\tilde{R}_k = \tilde{x}_{ijk} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K)$ performans değerleri ifade edilir. Burada m kriter sayısı, n alternatif sayısı ve K karar verici sayısıdır.

Adım 2. Bütünleştirilmiş Bulanık Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması

Her bir karar vericinin kriter bazındaki değerlendirmeleri bütünleştirilir.

Eğer bulanık değerler tüm karar vericiler tarafından bulanık üçgen sayı olarak tanımlanırsa $\tilde{R}_k = (a_k, b_k, c_k)$, $k = 1, 2, \dots, K$ birleşik bulanık değer $\tilde{R} = (a, b, c)$ $k = 1, 2, \dots, K$ olarak verilir.

Burada;

$$a = \min_k a_k, \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, \quad c = \max_k c_k \quad (3.3)$$

k. karar vericinin bulanık değeri ve önem ağırlığı $\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ ve $\tilde{w}_{ijk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3})$ sırasıyla $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ ise, alternatiflerin her bir kritere karşılık bütünleşik bulanık değerleri $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ile ifade edilir.

Burada;

$$a_{ij} = \min_k a_{ijk} \quad , \quad b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk} \quad , \quad c_{ij} = \max_k c_{ijk} \quad (3.4)$$

Her kriterin bütünleşik bulanık ağırlıkları \tilde{w}_{ij} , $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ olarak hesaplanır.

Burada;

$$w_{j1} = \min_k w_{jk1} \quad , \quad w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2} \quad , \quad w_{j3} = \max_k w_{jk3} \quad (3.5)$$

Adım 3. Bulanık Karar Matrisi

Her bir alternatifin her bir kriter üzerinden ağırlıklandırılmış değeri matris formatında gösterilir.

Alternatifler (n)ve kriterler (m) için bulanık karar matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur;

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.6)$$

Adım 4. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Bulanık karar matrisini oluşturan farklı kriter ölçü değerleri karşılaştırılabilir ölçü değerlerine dönüştürülür. Karmaşık matematiksel işlemlerden kaçınmak için doğrusal ölçüm dönüşümünden yararlanılabilir. Kriterler böylece fayda kriteri (daha yüksek değere sahip olan daha çok tercih edilir) ve maliyet kriteri (daha küçük olan daha fazla tercih edilir) olarak iki şekilde değerlendirilir.

Ham veri doğrusal ölçüm dönüşümüyle çeşitli kriterlerin karşılaştırılabilir bir ölçeğe gelmesi amacıyla normalize edilir.

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi \tilde{R} ;

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \text{ ve } c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (\text{kazanç kriter türü için}) \quad (3.8)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}} \right) \text{ ve } a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (\text{maliyet kriter türü için}) \quad (3.9)$$

Adım 5. Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi

Her bir kriterin ağırlığı göz önünde bulundurularak \tilde{w}_j , normalize edilmiş bulanık karar matrisiyle \tilde{r}_{ij} çarpılması sonucu, ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi \tilde{V} elde edilir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \text{ olduğu durumda} \quad (3.10)$$

Adım 6. Bulanık İdeal Çözüm (BİÇ) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ)

Alternatifler için Bulanık İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}\} \text{ olduğu durumda, } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.11)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\} \text{ olduğu durumda, } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

Adım 7. Uzaklıklar

Bu adımda Bulanık İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm'e olan uzaklıklar hesaplanır.

Her bir ağırlıklandırılmış alternatifin $i = 1, 2, \dots, m$ BİÇ ve BNIÇ'e olan uzaklıkları sırasıyla d_i^* , d_i^- olup, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), i = 1, 2, \dots, m \quad (3.13)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (3.14)$$

$d_v(\tilde{a}, \tilde{b})$ iki bulanık sayı \tilde{a} ve \tilde{b} 'nin arasındaki uzaklık ölçümüdür.

Adım 8. Yakınlık Katsayıları (CC_i).

Uzaklıkların bulunmasından sonra adayların yakınlık katsayıları (CC_i) bulunur.

Yakınlık katsayıları olan CC_i , sırasıyla bulanık ideal çözüme (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklığı temsil etmektedir. CC_i aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.15)$$

Yakınlık katsayısı CC_i , 1'e yaklaştıkça A_i alternatifi BİÇ'den uzaklaşıp BNIÇ'e yaklaşır. yakınlık katsayısı 1'e yaklaştıkça alternatifin tercih edilme şansı artar.

Adım 9. Sıralama

Alternatifler yakınlık katsayısına CC_i göre en yüksekten azalan şekilde sıralanır.

3.2 Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi

Sipariş seçim probleminde tüm siparişler mevcuttur ve karlılığı arttıracak sipariş alt kümesi seçilir. İşlem süresi ve teslim zamanı gibi parametreler bilindiğinde, sipariş seçim problemi sırt çantası problemi (ve türevleri) olarak formülize edilebilir ve bu problemler için oluşturulan algoritmalar tarafından çözülebilir [10]. HSÇP kaynakların

Üretim başlamadan hazırlanması gerektiği durumlarda pek çok üretim planlama probleminin alt problemi olarak grlmektedir [35]. Tez kapsamında geliştirilen hazırlamalı sırt çantası problemi ve çok rnl parti büyüklüğü belirleme problemi modelleri birleştirilmiştir. HSP'ne göre, kapasite artırımını ve stok taşıma mümkün kılınmıştır.

Hazırlamalı ok Sınıflı Tam Sayılı Sırt antası problemi aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır. Sırt çantasının kapasitesi W 'dir. n adet ürün sınıfı bulunmaktadır ($i = 1, 2, \dots, n$).

İlgili hazırlık maliyetleri $f_i \in \mathbb{R}$ ve hazırlıkların kapasite tüketimi $s_i \in \mathbb{R}_+$. Her sınıfta ilgili sınıfa ait ürünler bulunmaktadır, ($(i, j) j = 1, 2, \dots, n_i \in \mathbb{N}$). İlgili karlar $p_{ij} \in \mathbb{R}$ ve üst sınırlar $u_{ij} \in \mathbb{N}$ 'dir.

(i, j) rnnn kapasite tüketimi sınıf ağırlığının $m_{ij} \in \mathbb{N}$ arpanıyla bir çarpımı olarak kabul edilir, [$w_i \in \mathbb{R}_+$ rneğin; $w_{ij} = m_{ij}w_i$ ($w_{ij} \leq W$ varsayımı altında)].

Buna ek olarak, her sınıf içerisinde seçilebilecek olan ürünlerin toplam çarpanlarının alt ve üst sınırları vardır ($a_i \leq b_i \in \mathbb{N}$). Amaç seçilen ürünlerin karlarından, sınıfların hazırlanmasıyla oluşan sabit maliyetleri çıkartarak maksimize etmektir [22].

HSÇP karar modeli aşağıda verilmektedir:

$$\sum_{i=1}^n \left(\left(\sum_{j=1}^{n_i} m_{ij} w_i x_{ij} \right) + s_i y_i \right) \leq W \quad (3.16)$$

$$a_i y_i \leq \sum_{j=1}^{n_i} m_{ij} x_{ij} \leq b_i y_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.17)$$

$$x_{ij} \leq u_{ij} y_i \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n_i \quad (3.18)$$

$$x_{ij} \in \mathbb{N} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n_i \quad (3.19)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.20)$$

kısıtları altında

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} p_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^n f_i y_i \quad (3.21)$$

x_{ij} i. sınıfa ait j. ürünün kopya sayısını göstermektedir ve eğer i. sınıf için hazırlık yapıldıysa $y_i = 1$ 'dir.

Varsayım 1 (kısıtlayıcı): $f_i \geq 0 \forall i$ ve sınıflar için alt sınır yoktur.

Varsayım 2 (kısıtlayıcı): $a_i = 0 \forall i$

Bu modelin özel durumları;

Her sınıfta tek bir ürün olduğu durumda, $n_i = 1$, model hazırlık olan tamsayılı sırt çantası problemine dönüşmektedir.

THSÇP karar modeli aşağıda verilmektedir:

$$\sum_{i=1}^n (w_i x_i + s_i y_i) \leq W \quad (3.22)$$

$$a_i y_i \leq x_i \leq b_i y_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.23)$$

$$x_i \in \mathbb{N} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.24)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.25)$$

kısıtları altında

$$\max \sum_{i=1}^n p_i x_i - \sum_{i=1}^n f_i y_i \quad (3.26)$$

x_i 'nin üzerindeki bütünlük kısıtının gevşetilmesiyle, Hazırlamalı-Sürekli Sırt Çantası Problemi (HSSÇP) ortaya çıkar.

Modelde $a_i = w_i = 0$ ve $b_i = 1 \forall i$ ise, problem standart 0-1 tamsayılı sırt çantası problemine dönüşür. Dolayısıyla bu modeller de en az 0-1 tamsayılı sırt çantası problemi kadar zordur.

Makina ürünün üretimi için hazırlanırken, hazırlama gerektirdiği durumda, HSSÇP modeli , kapasite kısıtlı çok ürünlü parti büyüklüğü belirleme problemi (KKÇPBP)'nin alt problemi olarak ortaya çıkar ve talep kısıtlarının ikileri oluşturulduktan sonra problem her dönem için HSSÇP'ye dönüşür.

Bundan sonra i ürünü için w_i , f_i ve s_i sırasıyla işlem zamanı, hazırlık maliyeti ve hazırlık süresi olur. p_i i . ürünün talebini karşılamanın ikili ve üretim maliyeti arasındaki farktır. W ilgili dönem için makine kapasitesidir. $[a_i, b_i]$ aralığı i . ürünü için geçerli olan

üretim seviyesi aralığıdır. a_i alt sınırı, amortisman için bir işletme kuralı olarak veya teknik kısıt olarak karşılaşılabilen minimum parti büyüklüğünü ifade etmektedir. Bu uygulamada Varsayım 1 doğal olarak yerine getirilmektedir.

HSSÇP'de ürün seçim değişkeni x sürekli değişken olabilir.

HSSÇP karar modeli aşağıda verilmektedir:

$$\sum_{i=1}^n (w_i x_i + s_i y_i) \leq W \quad (3.27)$$

$$a_i y_i \leq x_i \leq b_i y_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.28)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.29)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.30)$$

kısıtları altında

$$\max \sum_{i=1}^n p_i x_i - \sum_{i=1}^n f_i y_i \quad (3.31)$$

Burada a_i ve b_i 'nin tamsayı olması şart değildir.

Varsayım 2 (genellik kaybı olmadan) uygulanmaktadır. Eğer $a_i > 0$ ise problem aşağıdaki şekilde dönüştürülebilir;

$$a'_i = 0, b'_i = b_i - a_i, s'_i = s_i + w_i a_i, f'_i = f_i - a_i p_i$$

(x'_i, y'_i) aşağıdaki şekilde orijinal probleme çevrilir;

$$x_i = (a_i + x'_i) y'_i \text{ ve } y_i = y'_i$$

Varsayım 3 (genellik kaybı olmadan)

$p_i \geq 0 \forall i$, Eğer $p_i < 0$ olursa herhangi bir optimal sonuçta $x_i = 0$ olur.

Varsayım 4 (genellik kaybı olmadan)

$f_i \leq 0 \forall i$, Eğer herhangi bir i için $f_i \geq p_i b_i$ ise $x_i = y_i = 0$ olması optimaldir. Fakat eğer herhangi bir i için $0 < f_i < p_i b_i$ ise herhangi bir optimal sonuçta ya $x_i = y_i = 0$ ya da $x_i \geq \frac{f_i}{p_i}$ olmalıdır çünkü $0 < x_i < \frac{f_i}{p_i}$ yapılarak geliştirilebilir. Buradan hareketle, $\frac{f_i}{p_i}$ alt sınır a_i olarak tanımlanabilir.

$$b'_i = b_i - \frac{f_i}{p_i}$$

$$s'_i = s_i + w_i \frac{f_i}{p_i}$$

$$f'_i = f_i - \frac{f_i}{p_i} p_i = 0$$

Varsayım 5 (genellik kaybı olmadan): $w_i = 1 \forall i$ olur.

3.3 Kapasite Kısıtlı Çok Ürünlü Parti Büyüklüğü Belirleme Problemi

Bir planlama ufkunda hazırlık ve stokta taşıma maliyetlerini en küçükleme amacıyla parti büyüklüklerini planlama problemi, kapasite kısıtlı parti büyüklüğü belirleme problemidir. Zamanla değişen, deterministik ürün taleplerinin, belirli planlama ufkunda içerisinde yer aldığı varsayılmaktadır.

Limitli olan kapasite her periyotta üretilen tüm ürünler tarafından paylaşılmaktadır ve mevcut dönem talebin ileriki bir zamanda karşılanmasına müsaade edilmemektedir.

Bir ürünün üretildiği her periyotta hazırlık maliyeti meydana gelmektedir. Bu modelde KKPBP modeli fazla mesai kararları ve kapasite tüketen hazırlıklar kapsamında genişletilmiştir. Amaç fonksiyonunda stok taşıma maliyeti ve fazla mesai maliyetini minimize etmek amaçlanmaktadır. Bazı formülasyonlarda hazırlıklar aynı zamanda kapasite tüketmektedir [37].

KKÇPBP karar modeli aşağıda verilmektedir:

$d_{jt} =$	j ailesinin t dönemindeki talebi
$p_j =$	j ailesinin birim proses zamanı
$ov =$	Fazla mesai maliyeti (saat)
$h_j =$	j ailesinin dönem başına birim stokta tutma maliyeti
$C_t =$	t dönemindeki normal mesai kapasitesi
$CO_t =$	t dönemindeki fazla mesai kapasitesi
$I_{jt} =$	j ailesinin t dönemi sonundaki eldeki stok durumu
$Y_{jt} =$	j ailesinin t dönemindeki parti büyüklüğü
$O_t =$	t dönemde kullanılan fazla mesai kapasitesi
$s_j =$	j ailesi için gerekli olan hazırlık zamanı
$w_{jt} =$	İkili değişken
$M =$	Büyük sayı

olmak üzere;

$$I_{j,t-1} + Y_{jt} - I_{jt} = d_{jt} \quad \forall j, t \quad (3.32)$$

$$\sum_j (p_j Y_{jt} + w_{jt} s_j) \leq C_t + O_t \quad \forall t \quad (3.33)$$

$$O_t \leq CO_t \quad \forall t \quad (3.34)$$

$$Y_{jt} \leq M w_{jt} \quad \forall j, t \quad (3.35)$$

$$w_{jt} = 0,1 \quad (3.36)$$

$$Y_{jt}, I_{jt}, O_t \geq 0 \quad \forall j, t \quad (3.37)$$

kısıtları altında

$$\min \sum_t \sum_j I_{jt} h_j + \sum_t ov O_t \quad (3.7)$$

3.4 Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemleri (KDS), organizasyonlarda ilk defa 1970'li yıllarda kullanılmaya başlamıştır. Karar destek sistemleri, kavramı ve uygulama alanları 1972'de ortaya çıkmış, karar verme sürecinde yöneticiye destek sağlayan, ama karar verirken hiçbir zaman yöneticilerin yerini alamayan bilgi sistemlerini tanımlamak üzere kullanılmıştır [38]. Karar destek sistemleri tek bir ortak tanımlama henüz yapılmamıştır. Kendi başlarına karar vermeyen ve karar vericilere karar verme esnasında yardımcı olan bilgisayar tabanlı bilgi sistemleridir. Yönetimin karar verme sürecinde kullanacağı verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi, kolay erişilebilmesi, planlanması, stratejilerin belirlenmesinde kullanılmasını sağlamak amacıyla oluşturulur. Bu sistemler kendisinden daha önce geliştirilen veri işleme ve yönetim bilgi sistemlerinin eksikliklerinin tamamlanması ile ortaya çıkmıştır. KDS'nin gelişiminde, bilgisayarların yazılım ve donanım unsurlarındaki ilerleme, bilginin organizasyonlar için önemli bir karar alma aracı olmasında önemli rol oynamıştır.

Karar destek sistemleri, yönetim bilgi sistemlerinin bir parçası olarak düşünülmektedir. Farklı senaryolar üretebilmesi sebebiyle yönetim bilgi sistemlerinden ayrılmaktadır. Karar destek sistemleri, sonuçların belirlenmesine yardımcı olan verilerin incelenmesinde yöneticilere yardımcı olanaklı kılar.Çoğunlukla yeterlilik analizi, tahmin, istatistik, veri yönetimi, iletişim linkleri,raporlama ve grafik içerirler. Üç temel bileşeni bulunmaktadır [39];

- Veri yönetim sistemi
- Model yönetim sistemi
- Kullanıcı iletişim sistemi

Veri yönetim sistemi pek çok veritabanından oluşur. Çeşitli veri kaynaklarını, veri toplama ve özetleme prosesleriyle bir araya getirir. Veri kaynaklarını hızlı ve çabuk bir şekilde ekler ve siler. Veri yönetim fonksiyonlarıyla bu verileri kapsamlı bir şekilde yönetebilir.

Model yönetim sistemi karar destek sistemini, yönetim bilgi sisteminden ayırır. İstatistiksel ve yöneylem modellerini veri yönetim sistemine entegre ederek doğru karar verme kabiliyeti elde edilir. Model yönetim sistemleri yeni modelleri hızlı ve kolay oluşturur, geniş kapsamlı model katalogu bulunur. Modellerin veritabanıyla ilişkisini kurar.

Kullanıcı iletişim sistemi veri ve model yönetim sistemlerini birbirine bağlayarak, karar destek sisteminin gücünü ve esnekliğini sağlar [39].

4. UYGULAMA

4.1 Problem Tanımı

Firmada gerçekleştirilen üretimin büyük bir kısmı el işçiliğine dayanmaktadır. İki farklı ürün ailesine ait olmak üzere toplam yedi çeşit ürün üretilmektedir. Bir vardiya çalışan hattın, sekiz çalışanı bulunmaktadır. Günlük üretim kapasitesi 12 partiden oluşmaktadır. Parti büyüklükleri ürün çeşitlerine göre değişmekle beraber ortalama günlük 2200 paket ekmek üretim kapasitesi bulunmaktadır. Haftalık 6 vardiya çalışılmaktadır. Gerektiği durumlarda fazla mesai de yapılabilmektedir.

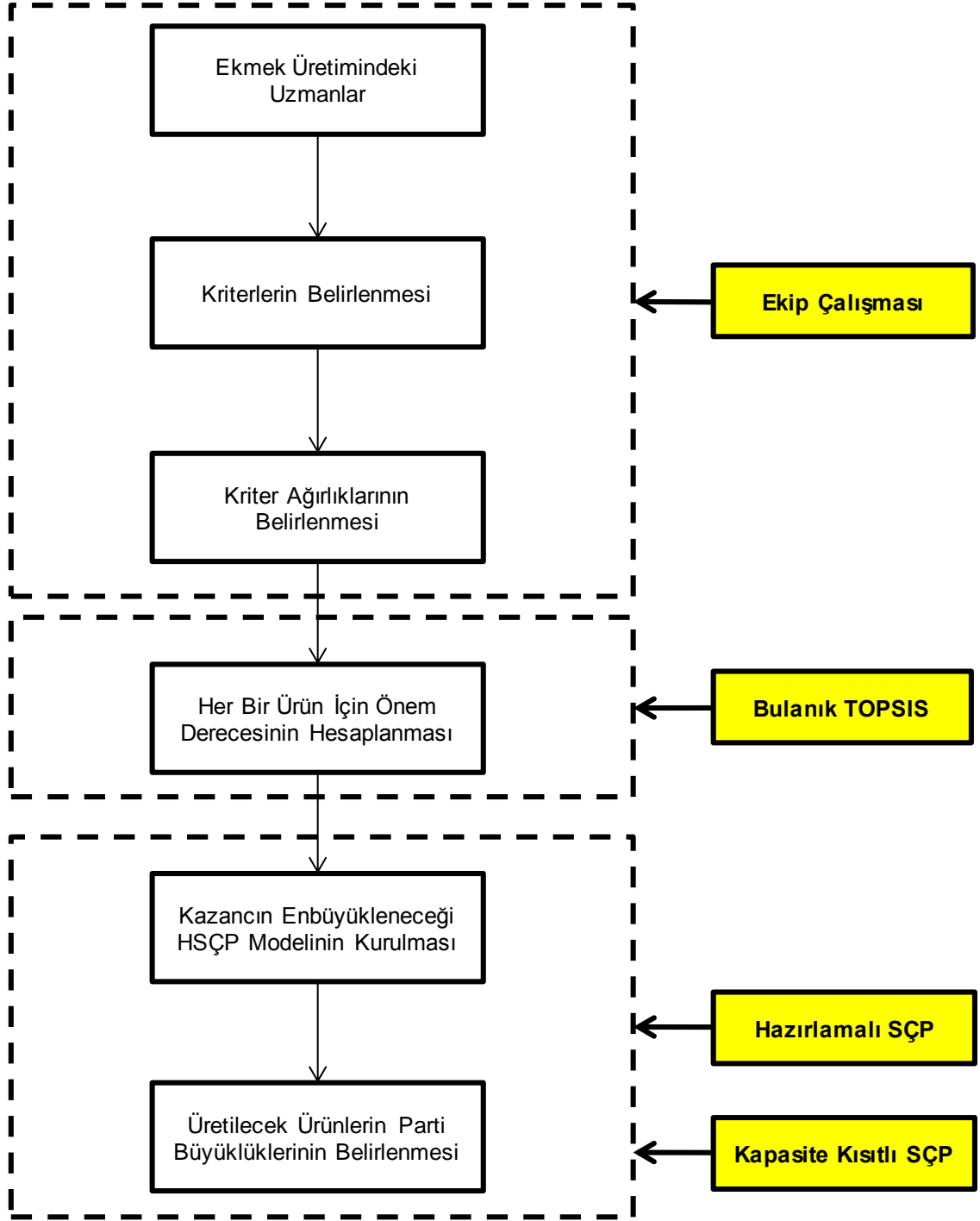
Üretilen ürünün raf ömürlü bir ürün olması nedeniyle, firmada stoklu çalışmak tercih edilen bir durum değildir ve ürün yaşlanma maliyeti barındırmaktadır.

Haftanın her günü sevkiyat yapılmaktadır. Taleplerin yoğun olduğu belirli günlerde fazla mesai yapılmasına karşılık siparişin arttırılmış kapasiteyi aşması sebebiyle ürün kesintisi gerçekleşmektedir. Buna karşılık talebin düşük olduğu günlerde ise artık kapasite meydana gelmektedir.

Bu kapsamda mevcut problem bir sipariş seçim problemi olarak değerlendirilerek, ürünlerin önem sırasına göre, hangi üründen ne kadar üretileceği ve hangi ürünlerin siparişlerinin karşılanmayacağı belirlenecektir. Önerilen yaklaşımla işletmenin planlama fonksiyonlarının daha verimli hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

Ürünlerin önem dereceleri Bulanık TOPSIS yöntemiyle belirlenecektir. Ardından karar modeli oluşturulacak ve ürünlerin üretim miktarları belirlenecektir. Bulanık TOPSIS yöntemi ve karar modelinin bir kullanıcı ara yüzü ve veri tabanı ile entegre edildiği karar destek sistemi oluşturularak, geliştirilen modelin günlük siparişlerin veri tabanında güncellenmesiyle ekmek türlerine göre parti büyüklüklerinin hızlı bir şekilde belirlenebileceği bir program oluşturulacaktır.

Tez kapsamında geliştirilen karar destek sisteminin işleyişine ilişkin akış şeması Şekil 4.1'de, karar destek sisteminin bileşenleri ve sistemin işleyişine ilişkin detaylı bilgilerse ilerleyen bölümlerde verilmektedir.



Şekil 4.1 Geliştirilen karar destek sisteminin akış şeması

4.2 Tez Kapsamında Geliştirilen Karar Destek Sisteminin Alt Bileşenleri

4.2.1 Veri tabanı

Veri tabanı “Ms Excel” ortamında kurulmuştur. Yedi ürün için tutulan bilgiler; ekmek türlerinin satış fiyatı, rekabet gücü, talep büyüklüğü, üretimdeki fire oranı ve maliyet, siparişler doğrultusunda günlük olarak güncellenmektedir.

4.2.2 Ürünlerin önem derecelerinin belirlenmesi

Örnek bir sipariş listesi için Bulanık TOPSIS yöntemiyle ürünlerin önem dereceleri sıralanmaktadır. İlk adım siparişlerin seçimi ve ürünlerin önem derecelerinin belirlenmesi için göz önünde bulundurulacak kriterlerin belirlenmesidir. Kriterlerin belirlenmesinde satış, pazarlama, üretim, planlama bölümlerinde çalışan uzmanların görüşlerinden faydalanılmıştır. Ürünün önem derecesine etki eden kriterler Satış Fiyatı(C1), Rekabet Gücü/Marka(C2), Talep/Parti Büyüklüğü(C3), Ürünün Fire Oranı(C4), Hammadde Maliyeti(C5), İşçilik Maliyeti(C6), Enerji Maliyeti(C7)'dir.C4, C5, C6 ve C7 kriterleri maliyet kategorisine aittir. Bu değerler ne kadar düşük olursa ürünün önem derecesi açısından o kadar tercih edilebilir olacaktır. Geri kalan kriterler fayda(kazanç) kategorisindedir. Kriter değerleri ne kadar yüksek olursa o kadar tercih edilebilir olması anlamına gelmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Ürünlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi için Kriterler

Kriter	Tanım	Kriter Türü
Satış Fiyatı	(C1) Satış fiyatı karlılığı doğrudan etkilediği için yüksek olmalıdır.	Fayda (arttıkça daha iyi)
Rekabet Gücü/Marka	(C2) Farklı markalar altında üretim yapan bir işletmede, marka değeri yüksek olan ürünün üretimi önemlidir.	Fayda (arttıkça daha iyi)
Talep/Parti Büyüklüğü	(C3) Ürünlerin sipariş miktarları ürün geçişlerinde yaşanan kayıpları minimize etmek adına yüksek olmalıdır.	Fayda (arttıkça daha iyi)
Ürünün Fire Oranı	(C4) Kayıpların azaltılması için ürün fire oranı düşük olmalıdır.	Maliyet (azaldıkça daha iyi)
Hammadde Maliyeti	(C5) Ürün için gerekli hammaddelerin maliyeti karlılığı doğrudan etkilediği için düşük olmalıdır.	Maliyet (azaldıkça daha iyi)
İşçilik Maliyeti	(C6) Üretim tekniği-işçilik gereksinimi düşük olmalıdır.	Maliyet (azaldıkça daha iyi)
Enerji Maliyeti	(C7) Ürünün üretimi için enerji tüketiminin düşük olmalıdır.	Maliyet (azaldıkça daha iyi)

Firmanın üretmekte olduğu ürünler, belirlenen kriterler kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Kriterlerin değerlendirilmesinde farklı bölümlerde çalışan uzmanlarla görüşülerek belirlenen yedi kriter için değerlendirme yapılmıştır(Çizelge 4.2). Kriter değerlendirmelerinde Çizelge 3.1'deki dilsel ifadeler kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 Kriterler İçin Dilsel Değerlendirmeler

Kriterler	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6
Satış Fiyatı (C1)	Önemli	Önemli	Önemli	Çok Önemli	Önemli	Çok Önemli
Rekabet Gücü/Marka (C2)	Az Önemli	Çok Önemli	Az Önemli	Önemli	Önemli	Çok Önemli
Talep/Parti Büyüklüğü (C3)	Önemli	Az Önemli	Çok Önemli	Çok Önemli	Çok Önemli	Önemli
Ürünün Fire Oranı (C4)	Çok Önemli	Önemli	Çok Önemli	Çok Önemli	Çok Önemli	Önemli
Hammadde Maliyeti (C5)	Az Önemli	Az Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Az Önemli
İşçilik Maliyeti (C6)	Az Önemli	Az Önemli	Önemli	Az Önemli	Önemli	Az Önemli
Enerji Maliyeti (C7)	Az Önemli	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	Önemli	Önemsiz

Alternatiflerin değerlendirilmesinde ise Çizelge 3.1'deki dilsel ifadeler kullanılmıştır. Alternatifler içerisinde bir kriter için dilsel değişken kullanılarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu kriter Rekabet Gücü/Marka(C2) kriteridir (Çizelge 4.3).

Kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinden sonra bütünleşik bulanık ağırlıklar kriterler için eşitlik (3.5), alternatifler için eşitlik (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Çizelge 4.3 Alternatifler İçin Dilsel Değerlendirmeler

Kriter	Alternatifler	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6
Rekabet Gücü/Marka (C2)	A1	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük
	A2	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük
	A3	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük
	A4	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük
	A5	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük
	A6	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
	A7	Çok İyi	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	İyi

Çizelge 4.4 Kriterler İçin Bütünleşik Bulanık Ağırlıklar

Kriter	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Bütünleşik Bulanık Ağırlıklar
(C1)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(5,7.67,9)
(C2)	(1,3,5)	(7,9,9)	(1,3,5)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(1,6.34,9)
(C3)	(5,7,9)	(1,3,5)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(5,7,9)	(1,7.34,9)
(C4)	(7,9,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(7,9,9)	(5,7,9)	(5,8.34,9)
(C5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,5.00,9)
(C6)	(1,3,5)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,4.34,9)
(C7)	(1,3,5)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	(5,7,9)	(1,1,3)	(1,2.34,9)

Bulanık karar matrisleri elde edildikten sonra eşitlik(3.7)-(3.9) kullanılarak normalize edilmiştir (Çizelge 4.6).

Eşitlik (3.10)kullanılarak ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi, eşitlik(3.11)-(3.12) kullanılarak bulanık ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüme ulaşılmıştır (Çizelge 4.7).

BİÇ ve BNIÇ hesaplamalarından sonra, eşitlik(3.2) ve (3.11)-(3.14) kullanılarak her alternatifin ideal çözüme uzaklıkları hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Uzaklıkların bulunmasından sonra alternatiflerin yakınlık katsayıları eşitlik(3.15) kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.5 Alternatifler için Bütünleşik Bulanık Ağırlıklar

Kri	Alt	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Bütünleşik Değerler
C1	A1	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	(1.5,1.5,1.5)
	A2	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	(1.75,1.75,1.75)
	A3	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	(1.5,1.5,1.5)
	A4	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	1.75,1.75,1.75	(1.75,1.75,1.75)
	A5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	1.5,1.5,1.5	(1.5,1.5,1.5)
	A6	2,2,2	2,2,2	2,2,2	2,2,2	2,2,2	2,2,2	(2,2,2)
	A7	2,2,2	2,2,2	2,2,2	2,2,2	2,2,2	2,2,2	(2,2,2)
C2	A1	1,1,3	1,3,5	1,3,5	1,1,3	1,3,5	1,3,5	(1,2.34,5)
	A2	1,1,3	1,3,5	1,3,5	1,1,3	1,3,5	1,3,5	(1,2.34,5)
	A3	1,1,3	1,1,3	1,3,5	1,1,3	1,3,5	1,3,5	(1,2,5)
	A4	1,1,3	1,1,3	1,1,3	1,3,5	1,3,5	1,1,3	(1,1.67,5)
	A5	1,1,3	1,1,3	1,1,3	1,3,5	1,3,5	1,1,3	(1,1.67,5)
	A6	7,9,9	7,9,9	7,9,9	7,9,9	7,9,9	7,9,9	(7,9,9)
	A7	7,9,9	5,7,9	5,7,9	7,9,9	5,7,9	5,7,9	(5,7.67,9)
C3	A1	240,240,240	240,240,240	240,240,240	240,240,240	240,240,240	240,240,240	(240,240,240)
	A2	40,40,40	40,40,40	40,40,40	40,40,40	40,40,40	40,40,40	(40,40,40)
	A3	280,280,280	280,280,280	280,280,280	280,280,280	280,280,280	280,280,280	(280,280,280)
	A4	40,40,40	40,40,40	40,40,40	40,40,40	40,40,40	40,40,40	(40,40,40)
	A5	52,52,52	52,52,52	52,52,52	52,52,52	52,52,52	52,52,52	(52,52,52)
	A6	600,600,600	600,600,600	600,600,600	600,600,600	600,600,600	600,600,600	(600,600,600)
	A7	400,400,400	400,400,400	400,400,400	400,400,400	400,400,400	400,400,400	(400,400,400)

Çizelge 4.5 Devam Ediyor

Kri	Alt	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Bütünleşik Değerler
C4	A1	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	(0.02,0.02,0.02)
	A2	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	(0.02,0.02,0.02)
	A3	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	(0.02,0.02,0.02)
	A4	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	(0.02,0.02,0.02)
	A5	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	0.02,0.02,0.02	(0.02,0.02,0.02)
	A6	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	(0.01,0.01,0.01)
	A7	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	0.01,0.01,0.01	(0.01,0.01,0.01)
C5	A1	0.2,0.2,0.2	0.2,0.2,0.2	0.2,0.2,0.2	0.2,0.2,0.2	0.2,0.2,0.2	0.2,0.2,0.2	(0.2,0.2,0.2)
	A2	0.27,0.27,0.27	0.27,0.27,0.27	0.27,0.27,0.27	0.27,0.27,0.27	0.27,0.27,0.27	0.27,0.27,0.27	(0.27,0.27,0.27)
	A3	0.17,0.17,0.17	0.17,0.17,0.17	0.17,0.17,0.17	0.17,0.17,0.17	0.17,0.17,0.17	0.17,0.17,0.17	(0.17,0.17,0.17)
	A4	0.23,0.23,0.23	0.23,0.23,0.23	0.23,0.23,0.23	0.23,0.23,0.23	0.23,0.23,0.23	0.23,0.23,0.23	(0.23,0.23,0.23)
	A5	0.38,0.38,0.38	0.38,0.38,0.38	0.38,0.38,0.38	0.38,0.38,0.38	0.38,0.38,0.38	0.38,0.38,0.38	(0.38,0.38,0.38)
	A6	0.26,0.26,0.26	0.26,0.26,0.26	0.26,0.26,0.26	0.26,0.26,0.26	0.26,0.26,0.26	0.26,0.26,0.26	(0.26,0.26,0.26)
	A7	0.25,0.25,0.25	0.25,0.25,0.25	0.25,0.25,0.25	0.25,0.25,0.25	0.25,0.25,0.25	0.25,0.25,0.25	(0.25,0.25,0.25)
C6	A1	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)
	A2	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)
	A3	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)
	A4	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)
	A5	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)
	A6	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)
	A7	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	0.16,0.16,0.16	(0.16,0.16,0.16)

Çizelge 4.5 Devam Ediyor

Kri	Alt	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Bütünleşik Değerler
C7	A1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)
	A2	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)
	A3	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)
	A4	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)
	A5	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)
	A6	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)
	A7	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	0.1,0.1,0.1	(0.1,0.1,0.1)

Çizelge 4.6 Alternatifler için Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Kriter	a_j^-	c_j^*	Normalize Edilmiş Değerler			
			A1	A2	A3	A4
C1	1.5	2	(0.75,0.75,0.75)	(0.88,0.88,0.88)	(0.75,0.75,0.75)	(0.88,0.88,0.88)
C2	1	9	(0.11,0.26,0.56)	(0.11,0.26,0.56)	(0.11,0.22,0.56)	(0.11,0.19,0.56)
C3	40	600	(0.4,0.4,0.4)	(0.07,0.07,0.07)	(0.47,0.47,0.47)	(0.07,0.07,0.07)
C4	0.01	0.02	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.5,0.5)
C5	0.17	0.38	(0.85,0.85,0.85)	(0.63,0.63,0.63)	(1,1,1)	(0.74,0.74,0.74)
C6	0.16	0.16	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
C7	0.1	0.1	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
			A5	A6	A7	
C1	1.5	2	(0.75,0.75,0.75)	(1,1,1)	(1,1,1)	
C2	1	9	(0.11,0.19,0.56)	(0.78,1,1)	(0.56,0.85,1)	
C3	40	600	(0.09,0.09,0.09)	(1,1,1)	(0.67,0.67,0.67)	
C4	0.01	0.02	(0.5,0.5,0.5)	(1,1,1)	(1,1,1)	
C5	0.17	0.38	(0.45,0.45,0.45)	(0.65,0.65,0.65)	(0.68,0.68,0.68)	
C6	0.16	0.16	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	
C7	0.1	0.1	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	

Çizelge 4.7 Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi, BİÇ ve BNIÇ

Kriter	Alternatifler				
	A1	A2	A3	A4	A5
C1	(3.75,5.75,6.75)	(4.38,6.71,7.88)	(3.75,5.75,6.75)	(4.38,6.71,7.88)	(3.75,5.75,6.75)
C2	(0.11,1.65,5)	(0.11,1.65,5)	(0.11,1.41,5)	(0.11,1.18,5)	(0.11,1.18,5)
C3	(0.4,2.93,3.6)	(0.07,0.49,0.6)	(0.47,3.42,4.2)	(0.07,0.49,0.6)	(0.09,0.64,0.78)
C4	(2.5,4.17,4.5)	(2.5,4.17,4.5)	(2.5,4.17,4.5)	(2.5,4.17,4.5)	(2.5,4.17,4.5)
C5	(0.85,4.25,7.65)	(0.63,3.15,5.67)	(1,5,9)	(0.74,3.7,6.65)	(0.45,2.24,4.03)
C6	(1,4.33,9)	(1,4.33,9)	(1,4.33,9)	(1,4.33,9)	(1,4.33,9)
C7	(1,2.33,9)	(1,2.33,9)	(1,2.33,9)	(1,2.33,9)	(1,2.33,9)
	A6	A7	BİÇ (A*)		BNIÇ (A⁻)
C1	(5,7.67,9)	(5,7.67,9)	(9,9,9)		(3.75,3.75,3.75)
C2	(0.78,6.33,9)	(0.56,5.4,9)	(9,9,9)		(0.11,0.11,0.11)
C3	(1,7.33,9)	(0.67,4.89,6)	(9,9,9)		(0.07,0.07,0.07)
C4	(5,8.33,9)	(5,8.33,9)	(9,9,9)		(2.5,2.5,2.5)
C5	(0.65,3.27,5.88)	(0.68,3.4,6.12)	(9,9,9)		(0.45,0.45,0.45)
C6	(1,4.33,9)	(1,4.33,9)	(9,9,9)		(1,1,1)
C7	(1,2.33,9)	(1,2.33,9)	(9,9,9)		(1,1,1)

Çizelge 4.8 Alternatiflerin Uzaklıkları

Kriter	$d_v(A_1, A^*)$	$d_v(A_2, A^*)$	$d_v(A_3, A^*)$	$d_v(A_4, A^*)$	$d_v(A_5, A^*)$	$d_v(A_6, A^*)$	$d_v(A_7, A^*)$
C1	3.79	3.05	3.79	3.05	3.79	2.43	2.43
C2	7.05	7.05	7.13	7.22	7.22	4.99	5.30
C3	6.83	8.62	6.51	8.62	8.50	4.72	5.64
C4	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	2.34	2.34
C5	5.50	6.20	5.16	5.83	6.92	6.12	6.02
C6	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35
C7	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01	6.01
Kriter	$d_v(A_1, A^-)$	$d_v(A_2, A^-)$	$d_v(A_3, A^-)$	$d_v(A_4, A^-)$	$d_v(A_5, A^-)$	$d_v(A_6, A^-)$	$d_v(A_7, A^-)$
C1	2.08	2.95	2.08	2.95	2.08	3.85	3.85
C2	2.96	2.96	2.92	2.89	2.89	6.28	5.98
C3	2.63	0.39	3.08	0.39	0.53	6.67	4.43
C4	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	5.24	5.24
C5	4.71	3.39	5.60	4.05	2.31	3.54	3.69
C6	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
C7	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68

Çizelge 4.9 Yakınlık Katsayıları

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
d_i^*	39.88	41.63	39.31	41.42	43.14	31.96	33.10
d_i^-	23.57	20.89	24.88	21.47	19.00	35.27	32.88
CC_i	0.3715	0.3341	0.3876	0.3414	0.3057	0.5246	0.4984
Sıralama	4	6	3	5	7	1	2

4.2.2 Karar modeli

Ürünlerin önem dereceleri BTOPSIS modeliyle belirlendikten sonra, hangi ekmek türünün/türlerinin üretiminin yapılacağıın belirlenmesi için karar modelinden yararlanılacaktır. Tez çalışmasında literatürde ilk defa BTOPSIS sonuçları SÇP'ye aktarılarak bütünleşik yeni bir model önerilmektedir. Karar modeli geliştirilirken üçüncü bölümdeki hazırlamalı sırt çantası problemi ve kapasite kısıtlı çok ürünlü parti büyüklüğü belirleme problemi çözüm yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Karar Değişkenleri;

- x_{it} i . üründen t . dönemde üretilecek miktar (parti)
 O_t t . dönemde yapılan fazla mesai (parti)
 I_{it} i . ürünün t . dönem sonu stok miktarı (parti)
 y_{it} i . ürünün t . dönemdeki hazırlık maliyetine ilişkin ikil değer
 LS_{it} i . ürünün t . dönemdeki kayıp satış miktarı (parti)

Parametreler;

- R_i i . ürünün BTOPSIS önem derecesi
 D_i i . ürüne olan talep (adet)
 w_i i . ürünün ağırlığı
 p_i i . üründen elde edilecek kar ya da kazanç
 pr_i i . ürünün satış fiyatı
 c_i i . ürünün maliyeti
 f_i i . ürünün hazırlık maliyeti
 h_i i . ürünü stokta taşıma maliyeti

- $prls_i$ i . ürünün kayıp satış maliyeti
- ov fazla mesai maliyeti
- s_i i . ürünün yol açtığı kapasite kaybı
- W Üretim kapasitesi
- I_{it-1} i . ürünün t . dönem başı stok miktarı
- bs_i i . ürünün parti büyüklüğü (adet)
- mbs_i minimum parti büyüklüğü (adet)

Bulanık TOPSIS yönteminden elde edilen CC_i , sırt çantası probleminde R_i olarak tanımlanmıştır. Hesaplama kolaylığı ve hızlı çözüm elde edebilmek için modelde tüm miktarlar parti üzerinden hesaplanmıştır. x_i parti cinsinden üretilecek miktarı temsil etmektedir.

Üründen elde edilen kazanç olarak ifade edilen p_i , ürünün satış fiyatıyla maliyeti arasındaki farkın parti büyüklüğüyle çarpımıyla hesaplanmıştır. Eşitliği aşağıda verilmektedir:

$$p_i = (pr_i - c_i) \times bs_i \quad (4.1)$$

Hazırlık maliyeti f_i , ilgili ürünün üretim kararı verilmesiyle ortaya çıkan hamur/ ekipman/teknik değişim maliyetidir. Her hazırlıkta 0,5 parti ürün kaybı meydana gelmektedir. Bu maliyet eşitliği aşağıda verilmektedir:

$$f_i = c_i \times 0,5 \times bs_i \quad (4.2)$$

Ürün stokta taşıma maliyeti h_i , üretilen ürünün bir sonraki dönemde kullanılmak üzere üretilmesini ifade etmektedir. Stokta taşıma maliyeti, ürün maliyetinin bir çarpanı olarak kabul edilmiştir. Stokta taşınacak miktar I_{it} olarak parti cinsinden, dönem başı ürün miktarı ise adet cinsinden I_{it-1} olarak tanımlanmıştır. Ürünün stokta taşıma maliyeti hesaplama eşitliği aşağıda verilmektedir:

$$h_i = c_i \times 0,6 \times bs_i \quad (4.3)$$

Ürünün kayıp satış maliyeti $prls_i$, modelin tek bir ürünü üretmeye yönelmemesi için tanımlanan, ürünün talebinin karşılanmadığı durumda katlanılacak maliyeti ifade etmektedir. Ürün fiyatının bir çarpanı olarak kabul edilmiştir. Hesaplama eşitliği aşağıda verilmektedir:

$$prls_i = pr_i \times 2 \quad (4.4)$$

Fazla mesai maliyeti ov , bir parti ürün üretmek için katlanılan maliyet olarak tanımlanmıştır. Fazla mesai ücreti, normal mesai ücretinin %70 fazlasıdır. Fazla mesai süresi parti cinsinden o_t olarak tanımlanmıştır.

Geliştirilen modelin kısıtları aşağıda verilmiştir:

$$\sum_{i=1}^n (w_i x_{it} + s_i y_{it}) \leq W + O_t \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.5)$$

$$O_t \leq 6 \quad t = 1, 2, \dots, t \quad (4.6)$$

$$\left(\frac{D_i - I_{it-1} - mbs_i}{bs_i} \right) y_{it} \leq x_{it} \leq \left(\frac{D_i - I_{it-1}}{bs_i} \right) y_{it} \times 1,2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.7)$$

$$t = 1, 2, \dots, t$$

$$I_{it} = \frac{I_{it-1} + x_{it}bs_i - D_i}{bs_i} + LS_{it} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.8)$$

$$t = 1, 2, \dots, t$$

x_{it}, O_t integer

$I_{it}, LS_{it} \geq 0$

$y_{it} \in \{0,1\}$

Kapasite kısıtı eşitlik (4.5)'de gösterilmektedir. $w_i x_i$ üretilen ürünün kapasite tüketimini ifade etmektedir. Bu problemde tüm w_i değerleri bire eşittir. $s_i y_i$ ürünün üretilmesi durumunda meydana gelecek kapasite kaybını göstermektedir. Her ürün değişimi ekstra kayıplara yol açacaktır. Hazırlıklar kapasite tüketir, işçilik maliyeti dışında başka bir maliyet oluşturmazlar. Bu problemde her bir hazırlığı 0,5 parti kapasite tüketeceği varsayılmıştır.

İki tür kapasite kaynağı vardır: Normal mesai ve fazla mesai. Bu durum kapasite homojenliğini bozar. $W + O_t$ ise mevcut kapasite ile arttırılabilir kapasitenin toplamı olup, toplam kullanılabilir kapasiteyi ifade etmektedir. O_t , t. dönemde fazla mesaiyle arttırılabilecek kapasite miktarıdır (Eşitlik 4.5, 4.6). Eşitlik (4.6)'daki üst sınır, fazla mesai kısıtıdır. Firmada yeni alınan karar gereği çalışanlar maksimum 4 saatlik mesai yaparak 6 partilik ek ürün kapasitesi yaratabilmektedir.

Eşitlik (4.7), üretim miktarlarının alt ve üst sınırlarıdır. Alt sınırdaki talepten dönem başı stok miktarı ve minimum parti büyüklüğü çıkartılarak parti büyüklüğüne oranlanır. Bunun sonucunda 0,5 partinin altındaki ürünler üretilmeyeceği için, böyle bir durumda kısıt alt sınırı üretim miktarını sıfır olmaya zorlayacaktır. Üst sınırdaki ise, yine talepten dönem başı stok miktarı çıkartılarak ihtiyaç bulunur.

Eşitlik (4.8), stok eşitliğini ifade etmektedir. Dönem sonu stok miktarı, dönem başı stok miktarı, üretim miktarı, talep ve kayıp satış miktarlarıyla elde edilmektedir.

Modelde stok taşıma bulunduğu için ve düşük talep olan günlerde bir gün sonrası için üretim yapılabilmesi adına üst sınıra talebin %20 fazlasının üretebilmesini sağlayan bir üst sınır eklenmiştir.

Amaç Fonksiyonu:

$$\max \sum_{i=1}^n R_i p_i x_{it} - \sum_{i=1}^n (1 - R_i) f_i y_{it} - \sum_{i=1}^n (1 - R_i) h_i I_{it} - \sum_{i=1}^n R_i p r l s_i L S_{it} - O_t o v \quad (4.9)$$

Amaç fonksiyonunda $\sum_{i=1}^n R_i p_i x_{it}$ üründen elde edilecek kazancı, $\sum_{i=1}^n (1 - R_i) f_i y_{it}$ hazırlık maliyetini, $\sum_{i=1}^n (1 - R_i) h_i I_{it}$ stokta taşıma maliyetini, $\sum_{i=1}^n R_i p r l s_i L S_{it}$ kayıp satış maliyetini ve $O_t o v$ fazla mesai maliyetini temsil etmektedir. Amaç karı maksimize etmektir.

Kapasite Artırımlı Hazırlamalı Sırt Çantası Problemi Karar Modeli:

Tek dönemli bir model olduğu için, uygulamalarda $t = 1$ olarak devam edilecektir.

$$\sum_{i=1}^n (w_i x_{it} + s_i y_{it}) \leq W + O_t \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.10)$$

$$O_t \leq 6 \quad t = 1, 2, \dots, t \quad (4.11)$$

$$\left(\frac{D_i - I_{it-1} - m b s_i}{b s_i} \right) y_{it} \leq x_{it} \leq \left(\frac{D_i - I_{it-1}}{b s_i} \right) y_{it} \times 1,2 \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \\ t = 1, 2, \dots, t \end{array} \quad (4.12)$$

$$I_{it} = \frac{I_{it-1} + x_{it} b s_i - D_i}{b s_i} + L S_{it} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \\ t = 1, 2, \dots, t \end{array} \quad (4.13)$$

x_{it}, O_t integer

$I_{it}, L S_{it} \geq 0$

$y_{it} \in \{0,1\}$

kısıtları altında,

$$\max \sum_{i=1}^n R_i p_i x_{it} - \sum_{i=1}^n (1 - R_i) f_i y_{it} - \sum_{i=1}^n (1 - R_i) h_i I_{it} - \sum_{i=1}^n R_i p r l s_i L S_{it} - O_t o v \quad (4.14)$$

4.2.3 Bulanık TOPSIS ve karar modelinin çalışma örneği

Bulanık TOPSIS yönteminde kullanılan örnek bir sipariş listesinde ürünlere olan talepler sırasıyla (240,40,280,40,52,600,400), dönem başı stok sıfır, normal mesai üretim kapasitesi 12 partidir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Örnek Çalışma Parametreleri

Ürün	w_i	R_i	p_i	f_i	h_i	$prls_i$	ov	bs_i	mbs_i
1	1	0.37	217.80	56.10	67.32	660	70.52	220	110
2	1	0.33	210.60	52.20	62.64	630	70.52	180	90
3	1	0.39	224.40	52.80	63.36	660	70.52	220	110
4	1	0.34	217.80	48.60	58.32	630	70.52	180	90
5	1	0.31	97.20	41.40	49.68	360	70.52	120	60
6	1	0.52	358.60	62.70	75.24	968	70.52	220	110
7	1	0.50	259.20	50.40	60.48	720	70.52	180	90

Örnek çalışma için karar modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

$$+ 0,5y_1 + 0,5y_2 + 0,5y_3 + 0,5y_4 + 0,5y_5 + 0,5y_6 + 0,5y_7 \leq 12 + O_1$$

$$O_1 \leq 6$$

$$\left(\frac{240 - 0 - 110}{220}\right)y_1 \leq x_1 \leq \left(\frac{240 - 0}{220}\right)y_1 \times 1,2$$

$$\left(\frac{40 - 0 - 90}{180}\right)y_2 \leq x_2 \leq \left(\frac{40 - 0}{180}\right)y_2 \times 1,2$$

$$\left(\frac{280 - 0 - 110}{220}\right)y_3 \leq x_3 \leq \left(\frac{280 - 0}{220}\right)y_3 \times 1,2$$

$$\left(\frac{40 - 0 - 90}{180}\right)y_4 \leq x_4 \leq \left(\frac{40 - 0}{180}\right)y_4 \times 1,2$$

$$\left(\frac{52 - 0 - 60}{120}\right)y_5 \leq x_5 \leq \left(\frac{52 - 0}{120}\right)y_5 \times 1,2$$

$$\left(\frac{600 - 0 - 110}{220}\right)y_6 \leq x_6 \leq \left(\frac{600 - 0}{220}\right)y_6 \times 1,2$$

$$\left(\frac{400 - 0 - 90}{180}\right)y_7 \leq x_7 \leq \left(\frac{400 - 0}{180}\right)y_7 \times 1,2$$

$$I_{11} = \frac{I_{10} + 220x_1 - 240}{220} + LS_{11}$$

$$I_{21} = \frac{I_{20} + 180x_2 - 40}{180} + LS_{21}$$

$$I_{31} = \frac{I_{30} + 220x_3 - 280}{220} + LS_{31}$$

$$I_{41} = \frac{I_{40} + 180x_4 - 40}{180} + LS_{41}$$

$$I_{51} = \frac{I_{50} + 120x_5 - 52}{120} + LS_{51}$$

$$I_{61} = \frac{I_{60} + 220x_6 - 600}{220} + LS_{61}$$

$$I_{71} = \frac{I_{70} + 180x_7 - 400}{180} + LS_{71}$$

x_{it}, O_t integer

$I_{it}, LS_{it} \geq 0$

$y_{it} \in \{0,1\}$

kısıtları altında;

$$\begin{aligned}
& \max 80,91x_1 + 70,36x_2 + 86,97x_3 + 74,35x_4 + 29,71x_5 + 188,12x_6 + 129,17x_7 \\
& -35,26y_1 - 34,76y_2 - 32,34y_3 - 32,01y_4 - 28,74y_5 - 29,81y_6 - 25,28y_7 \\
& -42,31I_{11} - 41,71I_{21} - 38,80I_{31} - 38,41I_{41} - 34,49I_{51} - 35,77I_{61} - 30,34I_{71} \\
& -245,17LS_{11} - 210,49LS_{21} - 255,81LS_{31} - 215,07LS_{41} - 110,05LS_{51} - 507,81LS_{61} \\
& - 358,81LS_{71} - 70,52O_t
\end{aligned}$$

Yedi ürüne olan talep değerlendirilmiş ve neticesinde bu ürünler içerisinde Ürün 1, Ürün 3, Ürün 6 ve Ürün 7 üretim planına alınmıştır (Çizelge 4.11). Modelin çözümünde Excel Solver kullanılmıştır (Çizelge 4.12). Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde Solver'da Generalized Reduced Gradient (GRG2) metodu kullanılmaktadır [40]. Elde edilen sonuçlara göre toplam kazanç:

$$\begin{aligned}
\text{Toplam Kazanç} = & \text{Toplam Satış} - \text{Üretim Maliyeti} - \text{Hazırlık Maliyeti} \\
& - \text{Stokta Taşıma Maliyeti} - \text{Fazla Mesai Maliyeti}
\end{aligned}$$

formülü kullanılarak;

$$\text{Toplam Kazanç} = 2780 - 896 - 222 - 68 - 0 = 1594 \text{ pb. olarak hesaplanmıştır.}$$

Çizelge 4.11 Örnek Çalışma Çözüm Tablosu

Ürün	D_i	x_i - Parti	x_i - Adet	I_{i1} - Parti	I_{i1} - Adet	LS_{i1} - Parti	LS_{i1} - Adet
1	240	1	220	0	0	0,1	20
2	40	0	0	0	0	0,2	40
3	280	1	220	0	0	0,3	60
4	40	0	0	0	0	0,2	40
5	52	0	0	0	0	0,4	52
6	600	3	660	0,3	60	0	0
7	400	3	540	0,8	140	0	0

Çizelge 4.12 Excel Solver Çıktısı

Microsoft Excel 14.0 Answer Report

Worksheet:

Calculations

Report Created: 11.05.14 11:56:53 PM

Result: Solver found a solution. All Constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine

Engine: GRG Nonlinear

Solution Time: 10.765 Seconds.

Iterations: 1 Subproblems: 18

Solver Options

Max Time Unlimited, Iterations Unlimited, Precision 0.000001, Use Automatic Scaling

Convergence 0.0001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Forward, Require Bounds

Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 0%, Assume

NonNegative

Objective Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$M\$22	Z Y1	729	729

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$M\$14	in batch X1	1.00	1.00	Integer
\$N\$14	in batch X2	0.00	0.00	Integer
\$O\$14	in batch X3	1.00	1.00	Integer
\$P\$14	in batch X4	0.00	0.00	Integer
\$Q\$14	in batch X5	0.00	0.00	Integer
\$R\$14	in batch X6	3.00	3.00	Integer
\$S\$14	in batch X7	3.00	3.00	Integer
\$M\$19	Pi Y1	1.0	1.0	Binary
\$N\$19	Pi Y2	0.0	0.0	Binary
\$O\$19	Pi Y3	1.0	1.0	Binary
\$P\$19	Pi Y4	0.0	0.0	Binary
\$Q\$19	Pi Y5	0.0	0.0	Binary
\$R\$19	Pi Y6	1.0	1.0	Binary
\$S\$19	Pi Y7	1.0	1.0	Binary
	Overtime			
\$N\$26	Y2	0	0	Integer
\$M\$28	Xi min	0	0	Contin
\$N\$28	Xi Y2	0	0	Contin

\$O\$28	Xi max	0	0	Contin
\$P\$28	Xi Y4	0	0	Contin
\$Q\$28	Xi Y5	0	0	Contin
\$R\$28	Xi Y6	0	0	Contin
\$S\$28	Xi Y7	0	0	Contin
\$M\$15	in batch X1	0.0	0.0	Contin
\$N\$15	in batch X2	0.0	0.0	Contin
\$O\$15	in batch X3	0.0	0.0	Contin
\$P\$15	in batch X4	0.0	0.0	Contin
\$Q\$15	in batch X5	0.0	0.0	Contin
\$R\$15	in batch X6	0.3	0.3	Contin
\$S\$15	in batch X7	0.8	0.8	Contin
\$M\$16	in batch X1	0.1	0.1	Contin
\$N\$16	in batch X2	0.2	0.2	Contin
\$O\$16	in batch X3	0.3	0.3	Contin
\$P\$16	in batch X4	0.2	0.2	Contin
\$Q\$16	in batch X5	0.4	0.4	Contin
\$R\$16	in batch X6	0.0	0.0	Contin
\$S\$16	in batch X7	0.0	0.0	Contin

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$M\$15	in batch X1	0.0	\$M\$15=\$M\$17	Binding	0
\$N\$15	in batch X2	0.0	\$N\$15=\$N\$17	Binding	0
\$O\$15	in batch X3	0.0	\$O\$15=\$O\$17	Binding	0
\$P\$15	in batch X4	0.0	\$P\$15=\$P\$17	Binding	0
\$Q\$15	in batch X5	0.0	\$Q\$15=\$Q\$17	Binding	0
\$R\$15	in batch X6	0.3	\$R\$15=\$R\$17	Binding	0
\$S\$15	in batch X7	0.8	\$S\$15=\$S\$17	Binding	0
\$M\$14	in batch X1	1.00	\$M\$14>=\$M\$27	Binding	0.00
\$N\$14	in batch X2	0.00	\$N\$14>=\$N\$27	Binding	0.00
\$O\$14	in batch X3	1.00	\$O\$14>=\$O\$27	Binding	0.00
\$P\$14	in batch X4	0.00	\$P\$14>=\$P\$27	Binding	0.00
\$Q\$14	in batch X5	0.00	\$Q\$14>=\$Q\$27	Binding	0.00
\$R\$14	in batch X6	3.00	\$R\$14>=\$R\$27	Not Binding	0.50
\$S\$14	in batch X7	3.00	\$S\$14>=\$S\$27	Not Binding	1.00
\$M\$14	in batch X1	1.00	\$M\$14<=\$M\$29	Not Binding	0.8
\$N\$14	in batch X2	0.00	\$N\$14<=\$N\$29	Binding	0
\$O\$14	in batch X3	1.00	\$O\$14<=\$O\$29	Not Binding	0.8
\$P\$14	in batch X4	0.00	\$P\$14<=\$P\$29	Binding	0
\$Q\$14	in batch X5	0.00	\$Q\$14<=\$Q\$29	Binding	0
\$R\$14	in batch X6	3.00	\$R\$14<=\$R\$29	Not Binding	0.6

\$\$14	in batch X7 Production	3.00	\$\$14<=\$29	Binding	0
\$N25	Capacity Y2	10	\$N25<=\$25	Not Binding	2
\$M15	in batch X1	0.0	\$M15>=0	Binding	0.0
\$N15	in batch X2	0.0	\$N15>=0	Binding	0.0
\$O15	in batch X3	0.0	\$O15>=0	Binding	0.0
\$P15	in batch X4	0.0	\$P15>=0	Binding	0.0
\$Q15	in batch X5	0.0	\$Q15>=0	Binding	0.0
\$R15	in batch X6	0.3	\$R15>=0	Not Binding	0.3
\$\$15	in batch X7	0.8	\$\$15>=0	Not Binding	0.8
\$M16	in batch X1	0.1	\$M16>=0	Not Binding	0.1
\$N16	in batch X2	0.2	\$N16>=0	Not Binding	0.2
\$O16	in batch X3	0.3	\$O16>=0	Not Binding	0.3
\$P16	in batch X4	0.2	\$P16>=0	Not Binding	0.2
\$Q16	in batch X5	0.4	\$Q16>=0	Not Binding	0.4
\$R16	in batch X6	0.0	\$R16>=0	Binding	0.0
\$\$16	in batch X7	0.0	\$\$16>=0	Binding	0.0
\$N26	Overtime Y2	0	\$N26<=\$26	Not Binding	6
\$M14:\$\$14=Integer					
\$M19:\$\$19=Binary					
\$N26=Integer					

4.2.4 Uygulama sonuçlarının tartışılması

Bu bölümde, geliştirilen modelin gerçek hayat uygulama sonuçlarıyla mukayese edilmesi amaçlanmıştır. Bir önceki bölümde gerçekleştirilen uygulamada 09-15 Ocak 2014 tarihleri arasındaki siparişler için karar modeli çalıştırılmıştır. Önerilen modelle bir haftalık siparişlerin %77'si karşılanmıştır (Çizelge 4.17). Ürün 6 ve Ürün 7'nin sipariş karşılanma oranlarının yüksek olması, geliştirilen modelin rekabet gücü en kuvvetli olan ürünlerin üretilmesini önerebildiğini göstermektedir. Bulanık TOPSIS yöntemiyle elde edilen ürün önem derecelerinin karar modeliyle bütünleştirilmesi, geliştirilen model sonuçlarının rekabet gücü yüksek ürünleri üretmeye yönlendirdiğinin bir göstergesidir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14).

Elde edilen sonuçlara göre haftalık toplam satış tutarı 33.822 pb'dir. Üretim maliyeti 9.406 pb, hazırlık maliyeti 1.478 pb, bir sonraki dönem için üretilen ürünlerin stokta taşıma maliyeti 514pb ve fazla mesai maliyeti 1.269 pb'dir. Toplam kazanç ise 21.155 pb olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13 Bir Haftalık Siparişler ve Önerilen Yöntemle Belirlenen Üretim Miktarları

Gün	Talep							Üretim Miktarı							Dönem Sonu Stok						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
09.01	240	40	280	40	52	600	400	220	0	220	0	0	660	540	0	0	0	0	0	60	140
10.01	320	80	340	60	90	600	400	220	0	440	0	120	660	180	0	0	100	0	30	120	0
11.01	725	170	293	120	500	2196	609	660	0	0	0	0	2200	540	0	0	0	0	0	124	0
12.01	400	120	330	95	80	517	520	440	180	220	180	0	220	540	40	60	0	85	0	0	20
13.01	756	221	537	64	80	2094	710	0	0	440	0	0	2200	720	0	0	0	21	0	106	30
14.01	264	47	300	46	57	466	368	220	0	220	0	0	660	540	0	0	0	0	0	300	202
15.01	1019	131	640	40	52	2939	1010	0	0	0	0	0	2640	900	0	0	0	0	0	1	92
∑	3724	809	2720	465	911	9412	4017	1760	180	1540	180	120	9240	3960							

Çizelge 4.14 Önerilen Yöntemle Seçilen Siparişler ve Kazançlar

Gün	Siparişi Seçilen Ürünler	Toplam Satış	Üretim Maliyeti	Hazırlık Maliyeti	Stokta Taşıma Maliyeti	Fazla Mesai Maliyeti	Toplam Kazanç	Kayıp Satış Tutarı
09.01	1,3,6,7	2780	896	222	68	0	1594	338
10.01	1,3,5,6,7	2935	883	263	82	0	1706	555
11.01	1,6,7	7096	1893	169	42	423	4568	1738
12.01	1,2,3,4,6,7	3103	959	323	67	0	1753	666
13.01	3,6,7	6964	1868	166	53	423	4453	1621
14.01	1,3,6,7	2458	896	222	170	0	1169	398
15.01	6,7	8486	2009	113	31	423	5910	2866
Σ		33822	9406	1478	514	1269	21155	8181

9 Ocak 2014 siparişlerini detaylı bir şekilde açıklamak gerekirse, 9 Ocak tarihi sipariş miktarlarının düşük olduğu bir gündür. 1652 adet(10 parti) siparişe karşılık 2200 adet(12 parti) retim kapasitesi bulunmaktadır. Tüm rnlerin üretilmesi durumunda yedi kere hazırlık yapılması gerekecek ve 12 parti üretim kapasitesinin 3,5 partisi hazırlık olarak tkutilmiş olacaktır. Bunun devamında kalan kapasite siparişlerin tamamını karşılamak için yeterli olmayacaktır. Buna ek olarak ürün 2, 4 ve 5 için siparişler minimum parti büyüklüğünün altında geldiği için reddedilecektir. Sipariş listesindeki ürün 1, ürün 3, ürün 6 ve ürün 7 üretim planına alınmiştır. Toplam satış tutarı 2.780pb'dir. Üretim maliyeti 896pb, hazırlık maliyeti 222pb, bir sonraki dönem için üretilen ürünlerin stokta taşıma maliyeti 68pb'dir. Toplam kazanç 1.594pb olarak hesaplanmiştır.

Aynı sipariş listesi için önerilen yöntemle, firmanın üretim planlama bölümü çalışanlarının tecrübeleriyle gerçekleşen üretim planları karşılaştırılmıştır. Çalışanların deneyimiyle belirlenen üretim planı sonucunda toplam kazanç 1.347pb olarak hesaplanmiştır (izelge 4.17).

Tecrübeye dayalı planlamada haftalık toplam satış tutarı 37.062pb'dir. Üretim maliyeti 10.818pb, hazırlık maliyeti 1.936pb, bir sonraki dönem için üretilen ürünlerin stokta taşıma maliyeti 1.061pb ve fazla mesai maliyeti 2.211pb'dir. Toplam kazanç 21.026pb olarak hesaplanmiştır (izelge 4.15, izelge 4.16).

Çizelge 4.15 Bir Haftalık Siparişler ve Çalışan Tecrübesiyle Belirlenen Üretim Miktarları

Gün	Talep							Üretim Miktarı							Dönem Sonu Stok						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
09.01	240	40	280	40	52	600	400	330	0	330	0	0	770	630	90	0	50	0	0	170	230
10.01	320	80	340	60	90	600	400	330	0	330	0	120	660	540	100	0	40	0	30	230	370
11.01	725	170	293	120	500	2196	609	660	180	330	180	480	1650	360	35	10	77	60	10	0	121
12.01	400	120	330	95	80	517	520	440	90	330	0	120	550	450	75	0	77	0	50	33	51
13.01	756	221	537	64	80	2094	710	770	180	550	0	0	2090	720	89	29	90	0	0	29	61
14.01	264	47	300	46	57	466	368	220	0	220	0	0	880	720	45	0	10	0	0	443	413
15.01	1019	131	640	40	52	2939	1010	990	180	660	0	0	1320	360	16	49	30	0	0	0	0
∑	3724	809	2720	465	911	9412	4017	3740	630	2750	180	720	7920	3780							

Çizelge 4.16 Çalışan Tecrübesiyle Seçilen Siparişler ve Kazançlar

Gün	Siparişi Seçilen Ürünler	Toplam Satış	Üretim Maliyeti	Hazırlık Maliyeti	Stokta Taşıma Maliyeti	Fazla Mesai Maliyeti	Toplam Kazanç	Kayıp Satış Tutarı
09.01	1,3,6,7	2900	1118	222	177	35	1347	218
10.01	1,3,5,6,7	3245	1088	263	258	35	1601	245
11.01	1,2,3,4,5,6,7	8139	2170	364	101	811	4693	695
12.01	1,2,3,5,6,7	3672	1083	316	94	71	2109	96
13.01	1,2,3,6,7	8306	2356	274	94	776	4806	280
14.01	1,3,6,7	2658	1123	222	307	0	1006	198
15.01	1,2,3,6,7	8142	1880	274	31	494	5464	3209
Σ		37062	10818	1936	1061	2221	21026	4941

Önerilen yöntem ve mevcut yöntemin karşılaştırılmasında siparişlerin karşılanma oranı, kazanç ve maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır. Siparişlerin karşılanma oranı açısından mevcut çalışan tecrübesine dayalı yöntem, %89'luk sipariş karşılama oranıyla önerilen yöntemle göre daha güçlüdür. Ancak mevcut yöntemde ürünlerin rekabet gücüne yönelik bir değerlendirme yapılmadan salt tüm siparişlerin üretilmesi gerektiğine odaklanılmaktadır. Her ne kadar sipariş karşılama oranı yüksek görünse de rekabet gücü açısından bir gösterge sunulamamaktadır. Önerilen yöntemde ise kapasite kısıtı altında sipariş seçim probleminin çözümü olduğu için, rekabet gücü yüksek olan ürünlerin üretilmesine odaklanılmaktadır ve bu ürünlerde (Ürün 6 ve Ürün 7) beklentiyi mevcut yöntemle göre daha iyi karşılamaktadır (Çizelge 4.17).

Yöntemlerin kazanç ve maliyet açısından karşılaştırılmasında, iki yöntem arasında 128pb farkla, önerilen yöntem mevcut yöntemden daha iyi sonuç vermiştir (Çizelge 4.18) . Mevcut yöntemde ele alınmayan konulardan bazıları, işletmenin kendi markası adı altında üretilen ürünlerin(ürün 6 ve 7) siparişlerinin eksiksiz karşılanması gerekliliği ve fazla mesai maliyetlerinin düşürülmesidir. Önerilen model bu iki yönetim kararını da dikkate almıştır ve mevcut yöntemle göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.17 Siparişlerin Karşılanma Oranı Karşılaştırması

Ürün	Talep	Mevcut Yöntem		Önerilen Yöntem	
		Üretim	%	Üretim	%
1	3724	3740	100%	1760	47%
2	809	630	78%	180	22%
3	2720	2750	101%	1540	57%
4	465	180	39%	180	39%
5	911	720	79%	120	13%
6	9412	7920	84%	9240	98%
7	4017	3780	94%	3960	99%

Çizelge 4.18 Kazanç ve Maliyet Karşılaştırması

Yöntem	Toplam Satış	Toplam Maliyet	Toplam Kazanç		
Önerilen	33822	12668	21154		
Mevcut	37062	16036	21026		
Yöntem	Üretim Maliyeti	Hazırlık Maliyeti	Stokta Taşıma Maliyeti	Fazla Mesai Maliyeti	Yok Satma
Önerilen	9406	1478	514	1269	8181
Mevcut	10818	1936	1061	2221	4941

4.2.5 Geliştirilen modelin karar destek sistemi haline dönüştürülmesi

Yukarıdaki bölümde detayları verilen model, günlük talepler doğrultusunda veri tabanında güncelleme yapıldığında günlük parti büyüklüklerinin hesaplanabildiği bir karar destek sistemine dönüştürülmüştür.

Karar destek sisteminde öncelikli olarak açılış/giriş ekranı bulunmaktadır. Burada çalışmaya ilişkin temel bilgiler kullanılan yöntemler ve açıklamalar yer almaktadır (EK 1).

Karşılama ekranından program başlatıldığında işlem seçim ekranı gelmektedir. Bu ekranda karar vericinin yapabileceği dört farklı işlem bulunmaktadır. Ürün bilgilerini güncellemek için “ürün bilgileri güncelleme” işlemi, sipariş girişi yapmak için “sipariş girişi” işlemi, Bulanık TOPSIS yöntemiyle ürün ağırlıklarını hesaplamak için “ürün ağırlıklarını hesaplama” işlemi, parti büyüklüklerinin belirlenmesi için “üretim miktarlarının belirlenmesi” işlemi seçilerek ilgili ekranlara yönlendirme yapılmaktadır. (EK 2).

Ürün bilgileri güncelleme ekranında, veritabanında ilgili yedi ürün için yer alan veriler bulunmaktadır. Bu verilerde değişiklik meydana geldiği durumlarda, ürün bilgileri güncelleme ekranı kullanılarak güncelleme yapılır. Burada satış fiyatı, fire oranı, hammadde maliyeti, işçilik maliyeti ve enerji maliyeti güncellemeleri yapılabilmektedir (EK 3).

Sipariş giriş ekranında, ürünlere olan talep ve dönem başı stok miktarları girişi yapılmaktadır (EK 4).

Ürün önem dereceleri hesaplama ekranında, ürünlere ilişkin veritabanında yer alan veriler ve uzman takımın belirlemiş olduğu kriter ağırlıkları bir araya getirilir ve dördüncü bölümde açıklanan ve Bulanık TOPSIS metodu adımları doğrultusunda hesaplanır, aynı ekranda karar vericiyle paylaşılır (EK 5).

Üretim miktarlarının belirlenmesi ekranlarında ürünlerin üretim miktarları, kazanç ve maliyet bilgileri “Hazırlamalı Kapasite Artırımlı Sırt Çantası Problemi” karar modeli kullanılarak hesaplanır. “Çalıştır” butonuna basıldığında, tanımlanmış bir makro aracılığıyla, ürünlerin önem dereceleri karar modeline aktarılır ve Excel Solver çalıştırılır (EK 6). Bu hesaplama sonucunda üretim miktarları ve dönem sonu stokları belirlenerek, ilgili dönemle ilgili maliyetlerle birlikte karar vericiyle paylaşılır (EK 7).

4.2.6 Duyarlılık analizi

Kriter ağırlıklarındaki değişikliklerin BTOPSIS’ten elde edilen sıralama sonuçlarının değişimi üzerindeki etkilerini araştırmak için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu amaçla farklı kriter ağırlıklarının kullanıldığı 14 farklı senaryo oluşturularak BTOPSIS sıralama puanları hesaplanmış ve sıralama sonuçlarındaki değişimler gözlenmiştir (Çizelge 4.19). Senaryo 1-5’de tüm kriterlerin değerlendirmeleri sırasıyla; önemsiz, az önemli, orta önemli, önemli ve çok önemli olarak değerlendirilmiş ve BTOPSIS sıralama puanları (yakınlık katsayıları) hesaplanmıştır. Senaryo 6-12 kriterlerin tek başına etkilerini ölçmek için tasarlanmıştır. Her deneyde kriterlerin biri “çok önemli” diğerleri “önemsiz” olarak değerlendirilerek BTOPSIS sıralama puanları hesaplanmıştır. Senaryo 13 fayda kriterlerinin etkilerini, Senaryo 14 ise maliyet kriterlerinin etkilerini ölçmek için tasarlanmıştır.

14 farklı senaryoya göre gerçekleştirilen BTOPSIS sıralama sonuçlarına göre, tüm senaryolarda A6 ürünü önem derecesi en yüksek olan ürün olarak kalmaya devam

etmiştir (Şekil 4.2). 14 senaryonun 13'ünde A7 ürünü önem derecesi sıralamasında 2. sırada yer almış, sadece Senaryo 10'da A3 ürünü A2 ürününün önünde 2. sırada yer almıştır. A2 ürünü ise Senaryo 10'da 3. sırayı almıştır. Senaryo 10'da "hammadde maliyeti" kriteri "çok önemli", diğer kriterler "önemsiz" olarak değerlendirilerek sıralama sonuçları elde edilmiş olup, "hammadde maliyeti" kriterinin önem düzeyinde yapılan değişikliğin diğer 13 senaryonun tersine ilk 3 sıralamada değişiklik yapabildiği görülmüştür.

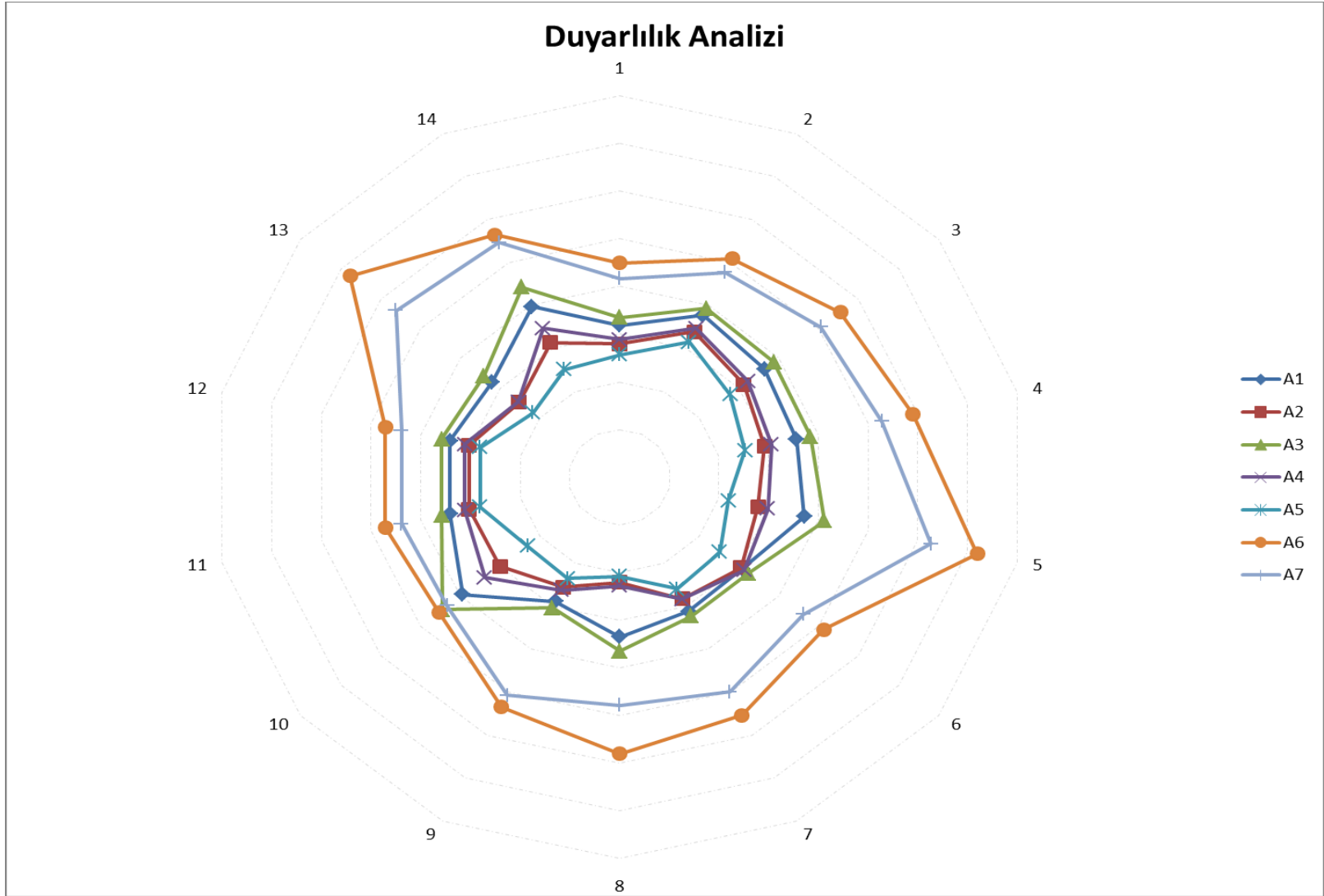
Senaryolar değerlendirildiğinde her senaryoda ilk 3 sırada önemli bir değişiklik olmamakla birlikte (10. Senaryo hariç) 4-7. sıralarda değişiklikler gerçekleşmektedir. Örneğin 6. senaryoda (Satış Fiyatı en önemli kriter) A4 alternatifi 4. sırada yer alan alternatifken, 7. senaryoda (Talep/parti büyüklüğü en önemli kriter) A1 alternatifi 4. sırayı almış, A4 alternatifi ise 5. sırada yer almıştır.

Yapılan bu analiz sonuçlarına göre, kriter ağırlıklarındaki değişiklikler alternatif ürünlerin sıralama puanlarında ve dolayısıyla sıralama sonuçlarında değişikliklere yol açmaktadır. Diğer taraftan kriter ağırlıklarındaki değişiklikler sıralama sonuçlarını fazla değiştirmese de, BTOPSIS sıralama puanlarının birbirine yaklaşmasına neden olabilmektedir (Senaryo 10-12). BTOPSIS puanlarındaki alternatiflerin birbirine nispeten yakın olan puanları, BTOPSIS puanlarının SÇP'ye aktarılması dolayısıyla seçilen alternatiflerin üretim miktarlarındaki değişikliklerde önemli bir etkidir.

Bu analiz sonuçları bize BTOPSIS yönteminde alternatif ürünlerin önem derecelerinin belirlenme sürecinin önemli bir süreç olduğunu göstermektedir. Uygun olarak belirlenemeyen kriter ağırlıkları hem alternatifler arasından hangilerinin üretilme kararının verilmesinde, hem de seçilen alternatiflerden ne kadar üretim yapılması gerektiğinin belirlenmesinde olumsuz etkilere neden olabilecektir.

Çizelge 4.19 Duyarlılık Analizi Deneyleri

Senaryo	BTOPSIS Sıralama Sonuçları							Kriter Ağırlıklarındaki Değişiklikler		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7			
1	0.318	0.280	0.335	0.288	0.257	0.449	0.417	Tüm Kriter Ağırlıkları	Önemsiz	(1,1,3)
2	0.377	0.339	0.393	0.346	0.314	0.509	0.477	Tüm Kriter Ağırlıkları	Az Önemli	(1,3,5)
3	0.364	0.312	0.387	0.323	0.278	0.554	0.505	Tüm Kriter Ağırlıkları	Orta Önemli	(3,5,7)
4	0.356	0.292	0.384	0.305	0.252	0.591	0.528	Tüm Kriter Ağırlıkları	Önemli	(5,7,9)
5	0.372	0.279	0.412	0.298	0.220	0.720	0.627	Tüm Kriter Ağırlıkları	Çok Önemli	(7,9,9)
6	0.308	0.305	0.324	0.312	0.251	0.513	0.462	Kriter 1	Satış Fiyatı	Çok Önemli (7,9,9)
7	0.313	0.283	0.323	0.284	0.260	0.553	0.500	Kriter 2	Rekabet Gücü/Marka	Çok Önemli (7,9,9)
8	0.335	0.221	0.365	0.228	0.207	0.580	0.478	Kriter 3	Talep/Parti Büyüklüğü	Çok Önemli (7,9,9)
9	0.289	0.255	0.304	0.263	0.235	0.535	0.507	Kriter 4	Ürünün Fire Oranı	Çok Önemli (7,9,9)
10	0.394	0.300	0.446	0.338	0.231	0.454	0.433	Kriter 5	Hammadde Maliyeti	Çok Önemli (7,9,9)
11	0.341	0.303	0.358	0.312	0.280	0.471	0.439	Kriter 6	İşçilik Maliyeti	Çok Önemli (7,9,9)
12	0.341	0.303	0.358	0.312	0.280	0.471	0.439	Kriter 7	Enerji Maliyeti	Çok Önemli (7,9,9)
13	0.320	0.253	0.341	0.254	0.217	0.676	0.561	Kazanç Kriterleri		Çok Önemli (7,9,9)
14	0.396	0.313	0.442	0.346	0.251	0.564	0.546	Maliyet Kriterleri		Çok Önemli (7,9,9)



Şekil 4.2 Duyarlılık Analizi sonuçları

5. SONUÇLAR

Üretim planlaması, işletmenin gelecekte üreteceği ürün ya da ürünler için gerekli olan olanaklar, izlenmesi gereken politika ve üretim süreçlerinin önceden saptanmasıdır. Aynı zamanda hem işletmenin sahip olduğu üretim kapasitesi sorunuyla, hem de gelecekle ilgili olan karmaşık bir karar verme sürecidir.

Bu çalışmada üretim olanakları çerçevesinde katma değeri yüksek olan ve işletme karlılığını arttıracak ürün karmasının belirlenmesi ve karar vericiye bu karmaşık süreçte yardımcı olacak bir metodoloji geliştirilmesi amaçlanmıştır. Literatürde sipariş seçimi konusuyla ilgili pek çok çalışma bulunmasına rağmen, unlu mamüller sektöründe kısıtlı çalışma bulunmaktadır. Bulanık TOPSIS ve Sırt Çantası problemini birleştiren bir çalışmaya ise mevcut araştırmalar kapsamında rastlanmamıştır.

Önerilen yöntemin uygulama kolaylığı yüksek olan iki ayrı metodolojinin bir araya getirilerek geliştirilmiş olması, üretim planlama kararlarının verilmesinde zaman kazancı sağlayacaktır. Öte yandan siparişlerin önem derecelerinin matematiksel modele aktarılabilmesini ve böylece üretim planlama açısından kapasitenin rekabet üstünlüğü olan ürünlere öncelik verilerek planlanabilmesini mümkün kılmıştır.

Firmada kullanılan çalışan tecrübesine dayalı yöntemde, planlamanın kişiye bağlı olması nedeniyle, karar verici değiştiğinde sistemin çalıştırılmasında aksamaların olabileceği, hatalı kararlar alınması ve her zaman istenilen düzede ve yüksek kazanç elde edilememe riski bulunmaktadır. İnsan odaklılıktan uzaklaşmak, katma değeri yüksek olan ürünleri üretmek, matematiksel yöntemler kullanmak ve karar verme sürecini etkin yönetmek adına önerilen yöntem firma tarafından benimsenmiştir. Geliştirilen yöntemden alınan sonuçların değerlendirilmesi neticesinde katma değeri düşük olan ürünler için üretilmeme kararı alınmış ve ürün listelerinden çıkartılmıştır.

İlerleyen çalışmalarda firmanın diğer üretim hatları için önerilen model genişletilerek üretim planlamada karar verme süreci daha etkin yönetilebilir.

KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] Devlet Planlama Teşkilatı, «DOKUZUNCU KALKINMA PLANI(2007 – 2013),» Ankara, 2006.
- [2] V. Demiraslan, «Türkiye'de ki Un ve Unlu Mamül İşletmelerinin Pazarlama Yöntemleri Açısından İncelenmesi: Edirne İli Örneği,» *Akademik Bakış Dergisi*, no. 34, 2013.
- [3] Euromonitor International, *Packaged Food*, 2011.
- [4] Ö. HASGÜL, «ANA ÜRETİM PLANLAMASINDA KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI VE STOKSUZ ÜRETİM YAPILAN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,» Eskişehir, 2005.
- [5] M. Kalantari, M. Rabbani ve M. Ebadian, «A Decision Support System For Order Acceptance/Rejection In Hybrid MTS/MTO Production Systems,» *Applied Mathematical Modelling*, no. 35, p. 1363–1377, 2011.
- [6] S. A. Slotnick , «Order acceptance and scheduling: A taxonomy and review,» *European Journal of Operational Research* , no. 212, p. 1–11, 2011.
- [7] J. Geunes, H. Romeijn ve K. Taaffe, «Requirements planning with pricing and order selection flexibility.,» *Operations Research*, cilt 2, no. 54, p. 394–401, 2006.
- [8] J. Geunes, K. Taaffe ve H. Romeijn, «Models for integrated production planning and order selection,» %1 içinde *Industrial Engineering Research*, Orlando, 2002.
- [9] A. Kefeli, R. Uzsoy, Y. Fathi ve M. Kay, «Using a mathematical programming model to examine the marginal price of capacitated resources.,» *International Journal of Production Economics*, cilt 1, no. 131, p. 383–391, 2011.
- [10] S. Huang, M. Lu ve G. Wan, «Integrated Order Selection And Production Scheduling Under MTO Strategy,» *International Journal of Production Research*, cilt 49, no. 13, pp. 4085-4101, 2011.
- [11] F. T. Hecker, W. B. Hussein, O. Paquet-Durand, M. A. Hussein ve T. Becker, «A case study on using evolutionary algorithms to optimize bakery,» *Expert Systems with Applications*, no. 40, pp. 6837-6847, 2013.

- [12] F. T. Hecker, M. Stanke, T. Becker ve B. Hitzmann, «Application of a modified GA, ACO and a random search procedure to solve the production scheduling of a case study bakery,» *Expert Systems with Applications*, 2014.
- [13] A. H. Md Pazil, N. Hassan, N. S. Idris ve N. F. Razman, «A Goal Programming Model for Bakery Production,» *Advances in Environmental Biology*, no. 7, pp. 187-190, 2013.
- [14] E. Roszkowska, «MULTI-CRITERIA DECISION MAKING MODELS BY APPLYING THE TOPSIS METHOD TO CRISP AND INTERVAL DATA,» %1 içinde *MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING '10-11*, Katowice, The University of Economics in Katowice, 2011, pp. 200-230.
- [15] C. Hwang ve K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and*, Berlin: Springer-Verlag, 1981.
- [16] S. Chen ve C. Hwang, *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods*, Berlin: Springer-Verlag, 1992.
- [17] M. Velasquez ve P. T. Hester, «An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods,» *International Journal of Operations Research*, cilt 10, no. 2, pp. 55-66, 2013.
- [18] Y. T. İç, «An experimental design approach using TOPSIS method for the selection of computer-integrated manufacturing technologies.,» *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, no. 28, pp. 245-256, 2012.
- [19] M. Behzadian, S. K. Otaghsara, M. Yazdani ve J. Ignatius, «A state-of the-art survey of TOPSIS applications,» *Expert Systems with Applications*, no. 39, pp. 13051-13069, 2012.
- [20] L. Zadeh, «Fuzzy sets,» *Information and Control*, no. 8, pp. 338-353, 1965.
- [21] Y. T. İç ve M. Yurdakul, «Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems,» *Journal Of Materials Processing Technology*, no. 209, pp. 310-317, 2009.
- [22] S. Michel, N. Perrot ve F. Vanderbeck, «Knapsack problems with setups,» *European Journal of Operational Research*, no. 196, pp. 909-918, 2009.
- [23] D. Pisinger, «Where are the hard knapsack problems?,» *Computers & Operations Research*, no. 32, pp. 2271-2284, 2005.

- [24] H. Kellerer, U. Pferschy ve D. Pisinger, Knapsack problems., Berlin: Springer, 2004.
- [25] L. A. McLay ve S. H. Jacobson, «Algorithms for the bounded set-up knapsack problem,» *Discrete Optimization*, no. 4, pp. 206-212, 2007.
- [26] N. Altay, P. E. Robinson Jr. ve K. M. Bretthauer, «Exact and heuristic solution approaches for the mixed integer setup knapsack problem,» *European Journal of Operational Research*, no. 190, pp. 598-609, 2008.
- [27] H. Sural, V. Wassenhove ve C. Potts, «The bounded knapsack problem with setups,» INSEAD working paper series, 1997.
- [28] S. Martello ve P. Toth, «An upper bound for the zero-one knapsack problem and a branch and bound algorithm,» *European Journal of Operational Research*, no. 1, pp. 169-175, 1977.
- [29] S. Martello ve P. Toth, Knapsack problems: Algorithms and computer implementations., Chichester,England: John Wiley and Sons, 1990.
- [30] S. Martello, D. Pisinger ve P. Toth, «New trends in exact algorithms for the 0±1 knapsack problem,» *European Journal of Operational Research*, no. 123, pp. 325-332, 2000.
- [31] E. Lin, «A bibliographical survey on some well-known non-standard knapsack problems.,» *INFOR*, no. 36, pp. 274-317, 1998.
- [32] M. Guignard, «Solving makespan minimization problems with Lagrangean Decomposition,» *Discrete Applied Mathematics*, no. 42, pp. 17-29, 1993.
- [33] E. G. M. Chajakis, «Exact Algorithms for the Setup Knapsack Problem,» *INFOR*, no. 32, pp. 124-142, 1994.
- [34] U. Akinc, «Approximate and exact algorithms for the fixed- charge knapsack problem,» *European Journal of Operational Research*, no. 170, pp. 363-375, 2006.
- [35] V. C. Camargo, L. Mattioli ve F. Toledo, «A knapsack problem as a tool to solve the production planning problem in small foundries,» *Computers & Operations Research*, no. 39, pp. 86-92, 2012.
- [36] C.-T. Chen, C.-T. Lin ve S.-F. Huang, «A fuzzy approach for supplier evaluation

and selection in supply chain management,» *International Journal of Production Economics*, no. 102, pp. 289-301, 2006.

- [37] L. Ozdamar ve M. A. Bozyel, «The capacitated lot sizing problem with overtime decisions and setup times,» *IIE Transactions*, no. 32, pp. 1043-1057, 2000.
- [38] B. C. MCNURLIN ve R. H. J. SPRAGUE, *Information Systems Management In Practice*, Prentice-Hall, 1989.
- [39] J. R. Evans, «Chapter 12 Operations Research and Decision Support Systems,» %1 içinde *International Handbook of Production & Operations Management*, Haworth Press Inc., 1989, pp. 194-209.
- [40] D. Flystra, L. Lasdon, J. Watson ve A. Waren, «Design And Use of the Microsoft Excel Solver,» *INTERFACES*, no. 28, pp. 29-55, 1998.
- [41] C. Wilbaut ve S. Hanafi, «A survey of effective heuristics and their application to a variety of knapsack problems,» *Journal of Management Mathematics*, no. 19, p. 227-244, 2008.
- [42] T. Aouam ve N. Brahimi, «Integrated production planning and order acceptance under uncertainty: A robust optimization approach,» *European Journal of Operational Research*, no. 228, pp. 504-515, 2013.
- [43] A. Awasthi, S. Chauhan ve S. Goyal, «A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty,» *Mathematical and Computer Modelling*, no. 53, pp. 98-109, 2011.
- [44] T.-C. Chu ve Y.-C. Lin, «A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection,» *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, no. 21, pp. 284-290, 2003.
- [45] C. A. Soman, D. P. v. Donk ve G. Gaalman, «Combined Make-To-Order And Make-To-Stock In A Food Production System,» *International Journal Of Production Economics*, no. 90, pp. 223-235, 2004.
- [46] C. Soman, D. v. Donk ve G. Gaalman, «Capacitated planning and scheduling for combined make-to-order and make-to-stock production in the food industry: An illustrative case study,» *International Journal Of Production Economics*, no. 108, pp. 191-199, 2007.
- [47] C. Soman, D. v. Donk ve G. Gaalman, «Capacitated planning and scheduling for

combined make-to-order and make-to-stock production in the food industry: An illustrative case study,» *International Journal Of Production Economics*, no. 108, pp. 191-199, 2007.

- [48] P. Farahani, M. Grunow ve H.-O. Günther, «Integrated production and distribution planning for perishable food products,» *Flexible Services and Manufacturing Journal*, no. 24, pp. 28-51, 2012.
- [49] A. H. Gharehgozli, M. Rabbani, N. Zaerpour ve J. Razmi, «A comprehensive decision-making structure for acceptance/rejection of incoming orders in make-to-order environments,» *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, no. 39, pp. 1016-1032, 2008.
- [50] J. Zhang, «Comparative Study of Several Intelligent Algorithms for Knapsack Problem,» *Procedia Environmental Sciences*, no. 11, pp. 163-168, 2011.
- [51] J. J. Bartholdi, «The Knapsack Problem,» %1 içinde *Building Intuition: Insights from Basic Operations Management Models and Principles*, Springer, 2008, pp. 19-31.
- [52] B. Karimi, S. Fatemi Ghomi ve J. Wilson, «The capacitated lot sizing problem: a review of models,» *The International Journal of Management Science*, no. 31, pp. 365-378, 2003.
- [53] M. L. Entrup, H.-O. Günther, P. Van Beek, M. Grunow ve T. Seiler, «Mixed-Integer Linear Programming approaches to shelf-life-integrated planning and scheduling in yoghurt production,» *International Journal of Production*, cilt 43, no. 23, pp. 5071-5100, 2007.
- [54] N. Absi ve S. Kedad-Sidhoum, «The multi-item capacitated lot-sizing problem with setup times and shortage costs,» *European Journal of Operational Research*, no. 185, pp. 1351-1374, 2008.
- [55] Y. T. İç, «Development of a credit limit allocation model for banks using an integrated Fuzzy TOPSIS and linear programming,» *Expert Systems with Applications*, no. 39, pp. 5309-5316, 2012.
- [56] G. Ulusoy, «Proje Planlamada Kaynak Kısıtlı Çizelgeleme, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Sabancı Üniversitesi, İstanbul,» 2002.
- [57] G. Özdemir, «Kısıtlı Kaynaklarla Proje Çizelgelemesinde Kullanılan Genetik Algoritma Metodları ve Bunların Karşılaştırılması, Ankara Üniversitesi Sosyal

Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,» Ankara, 2006.

- [58] C. T. Atasever, «Proje Çizelgelemede Kısıtlı Kaynakları ve Devresel Değişkenlikleri Dikkate Alan Bir Algoritma Önerisi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,» Eskişehir, 2009.
- [59] İ. Sarıca, «CPM ve PERT Teknikleriyle Planlama ve Bir İşletmede Uygulanması, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilimdalı Yöneylem Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,» Bursa, 2006.
- [60] T. Y. Ayan, «Kaynak Kısıtlı Çoklu Proje Programlama Problemi İçin Tavlama Benzetimi Algoritması,» *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, pp. 23 (2), 101-118, 2009.
- [61] E. Demeulemeester, B. D. Reyck, B. Foubert, W. Herroelen ve M. Vanhoucke , «New Computational Results on the Discrete Time/Cost Trade-Off Problem in Project Networks,» *The Journal of the Operational Research Society*, pp. 49 (11), 1153-1163, 1998.
- [62] E. Ece ve A. Kovancı, «Proje Yönetimi ve İnsan Kaynakları İlişkisi,» *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, pp. 1 (4), 75-85, 2004.
- [63] N. Nudtasomboon ve S. U. Randhawa, «Resource constrained project scheduling with renewable and non-renewable resources and time-resource tradeoffs,» *Computers ind. Engng*, pp. 32 (1), 227-242, 1997.
- [64] F. B. Talbot, «Resource Constrained Project Scheduling with Time-Resource Tradeoffs,» *The Nonpreemptive Case, Management Science*, pp. 28 (10), 1197-1210, 1982.
- [65] P. Wuliang ve W. Chengen, «A multi-mode resource-constrained discrete time–cost tradeoff,» *International Journal of Project Management*, pp. 27, 600–609, 2009.
- [66] R. Slowinski, «Two approaches to problems of resource allocation among project activities—A comparative study.,» *The Journal of the Operational Research Society*, pp. 31 (8), 711–723, 1980.
- [67] A. Schirmer ve A. Drexel, «Allocation of partially renewable resources ± concept, models and application, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel,» 1997.

- [68] B. D. Reyck ve W. Herroelen, «The multi-mode resource-constrained project scheduling problem with generalized precedence relations,» *European Journal of Operational Research*, pp. 119, 538-556, 1999.
- [69] J. C. Zapata, B. M. Hodge ve G. V. Reklaitis, «The Multimode Resource Constrained Multiproject Scheduling Problem: Alternative Formulations,» *Wiley InterScience*, pp. 2101-2119, 2008.
- [70] A. Sprecher ve A. Drexl, «Multi-mode resource-constrained project scheduling by a simple, general and powerful sequencing algorithm,» *European Journal of Operational Research*, pp. 107, 431-450, 1998.
- [71] J. Y. Kim, C. W. Kang ve I. Hwang, «practical approach to project scheduling: considering the potential quality loss cost in the time–cost tradeoff problem,» *International Journal of Project Management*, pp. 30, 264-272, 2012.
- [72] R. Heilmann, «A branch-and-bound procedure for the multi-mode resource-constrained project scheduling problem with minimum and maximum time lags,» *European Journal of Operational Research*, pp. 144, 348-365, 2003.
- [73] H. R. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*, Canada, 2009.
- [74] A. Sprecher, «Resource-Constrained Project Scheduling: Exact Methods for the Multi-Mode Case, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems,» pp. Springer, Berlin, 409, 1994.
- [75] D. B. Khang ve Y. M. Myint, «Time, Cost and Quality Trade-Off in Project Management: A Case Study,» pp. *International Journal of Project Management* 17 (4), 249–256., 1999.
- [76] J. Blazewicz, J. K. Lenstra ve A. H. G. Rinnoy Kan, «Scheduling Subject to Resource Constraints: Classification and Complexity,» pp. *Discrete Applied Mathematics*, 5, 11-22., 1983.
- [77] T. S. Kyriakidis, G. M. Kopanos ve M. C. Georgidas, «MILP Formulations For Single- and Multi-Mode Resource-Constrained Project Scheduling Problems,» *Computers and Chemical Engineering*, pp. 36, 369–385, 2012.
- [78] S. Liu, M. Wang ve L. Tang, «Genetic Algorithm for the Discrete Time/Cost Tradeoff Problem in Project Network,» pp. *J. Northeastern Univ. in China*; 21 (3): 257-9, 2000.

- [79] S. Sen ve H. D. Sherali, «Decomposition with Branch-and-Cut Approaches for Two Stage Stochastic Mixed-Integer Programming,» *Math. Program., Ser. A*, pp. 106, 203-223, 2006.
- [80] K. Neumann ve J. Zhan, «Heuristics For the Mnimum Project-Duration Problem With Minimal and Maximal Time-Lags Under Fixed Resource Constraints,» *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 6, 145–154, 1995.
- [81] B. Franck, K. Neumann ve C. Schwindt, «Truncated Branch-and-Bound, Schedule-Construction and Schedule-limprovement Procedures for Resource-Constrained Project Scheduling,» *OR Spektrum*, pp. 23, 297-324, 2001.
- [82] Y. Gökşen, «Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme,» *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, pp. 5 (4), 32 - 48, 2003.
- [83] S. S. Erengüç, T. Ahn ve D. G. Conway, «The Resource Constrained Project Scheduling Problem with Multiple Crashable Modes: An Exact Solution Method,» *Naval Research Logistics*, pp. 48, 107-127, 2001.
- [84] A. ALİCAN, «GIDA SEKTÖRÜNDE ÜRETİM PLANLAMA: RAF ÖMRÜNÜN HESABA KATILMASI, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,» İstanbul, 2009.
- [85] The Federation of Bakers, 2014. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.bakersfederation.org.uk>.
- [86] PRYTHERCH, Harrod's Librarians' Glossary and Reference Book, 9 dü., Aldershot: Gower Yayıncılık, 2000.

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
EK 1 Karşılama Ekranı	89
EK 2 İşlem Seçim Ekranı.....	90
EK 3 Ürün Bilgileri Güncelleme Ekranı	91
EK 4 Sipariş Giriş Ekranı	92
EK 5 Ürün Ağırlıklarını Hesaplama Ekranı	93
EK 6 Üretim Miktarlarının Belirlenmesi Ekranı.....	94
EK 7 Üretim Miktarlarının Belirlenmesi Ekranı-2	95
EK 8 Karar Modeli Çalıştırma Makrosu	96

EK 1 Karşılama Ekranı

SİPARİŞ SEÇİMİ KARAR DESTEK SİSTEMİ

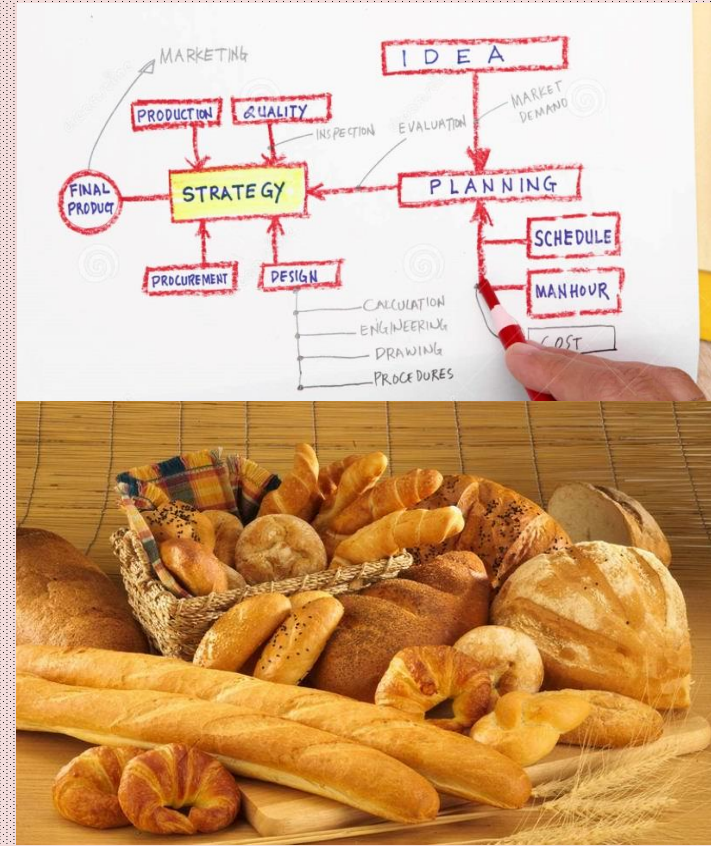
Bu çalışmada, geliştirilen KDS yapısı içinde ekmekek çeşitlerine ait maliyet, satış fiyatı, parti büyüklüğü, talep miktarı vb. bilgiler günlük olarak veri tabanında toplanmıştır.

Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemi kullanılarak belirtilen kriterler doğrultusunda ekmekek çeşitlerinin sıralama puanları hesaplanmıştır. Elde edilen sıralama puanları Sırt Çantası Problemine aktararak ekmekek çeşidine göre parti büyüklükleri hesaplanarak sipariş kararının alınması sağlanmaya çalışılmıştır.

Üretim miktarlarını belirlemek için, talep ve dönem sonu stok bilgileri girilerek program çalıştırılır.

Ürün bilgilerinde değişiklik mevcutsa, bilgi güncellendikten sonra program tekrar başlatılmalıdır.

BAŞLAT



EK 2 İşlem Seçim Ekranı

SİPARİŞ SEÇİMİ KARAR DESTEK SİSTEMİ

Yapmak istediğiniz işlemi seçiniz.

ÜRÜN BİLGİLERİ
GÜNCELLEME

SİPARİŞ GİRİŞİ

ÜRÜN ÖNEM DERECELERİ
HESAPLAMA

ÜRETİM MİKTARLARININ
BELİRLENMESİ

EK 3 Ürün Bilgileri Güncelleme Ekranı

ÜRÜN BİLGİLERİ GÜNCELLEME EKRANI

Bu alanda ürünlerle ilgili bilgilerin güncellemesi yapılmaktadır.
Tanımlı olan bilgilerde değişiklik yapmak için lütfen sağ sütünlara giriş yapınız ve "Kaydet" tuşuna basınız.
Değişiklik yapılmayacaksa işlemler ekranına geri dönünüz.

Ürün	Satış Fiyatı	Fire Oranı	Hammadde Maliyeti	İşçilik Maliyeti	Enerji Maliyeti
1	1.50	2%	0.20	0.16	0.10
2	1.75	2%	0.27	0.16	0.10
3	1.50	2%	0.17	0.16	0.10
4	1.75	2%	0.23	0.16	0.10
5	1.50	2%	0.38	0.16	0.10
6	2.20	1%	0.26	0.16	0.10
7	2.00	1%	0.25	0.16	0.10

Ürün	Satış Fiyatı	Fire Oranı	Hammadde Maliyeti	İşçilik Maliyeti	Enerji Maliyeti
1	1.50	2%	0.20	0.16	0.10
2	1.75	2%	0.27	0.16	0.10
3	1.50	2%	0.17	0.16	0.10
4	1.75	2%	0.23	0.16	0.10
5	1.50	2%	0.38	0.16	0.10
6	2.20	1%	0.26	0.16	0.10
7	2.00	1%	0.25	0.16	0.10

GERİ

KAYDET

EK 4 Sipariş Giriş Ekranı

SİPARİŞ GİRİŞ EKRANI

Bu alanda ürünlerin siparişleri ve dönem başı stok girişleri yapılmaktadır.
Lütfen giriş yapınız ve "Kaydet" tuşuna basınız ve işlemler ekranına geri dönünüz.

	ÜRÜN	ADET	PARTİ
TALEP	1	240	1.5
	2	40	0.5
	3	280	1.5
	4	40	0.5
	5	52	0.5
	6	600	3.0
	7	400	2.5

	ÜRÜN	ADET	PARTİ
DÖNEM BAŞI STOK	1	0	
	2	0	
	3	0	
	4	0	
	5	0	
	6	0	
	7	0	

GERİ

KAYDET

ÜRÜN AĞIRLIKLARINI HESAPLAMA EKRANI

BULANIK TOPSIS

Bu alanda BULANIK TOPSIS metoduyla ürünlerin önem dereceleri hesaplanır. Çok sayıda karar verici, kriter ve alternatifin bulunduğu ve alternatifler arasından seçim yapılmasının gerekli olduğu, nitel ve nicel kriterleri bir arada bulunduran işletme problemlerinde Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulaması yapılabilmektedir. Bulanık ortamda ortaya çıkan, pek çok alternatifin ve kriterin bulunduğu problemler için TOPSIS algoritmasının sözel değişkenler kullanılarak uyarlaması yapılmıştır.

Uygulama Adımları

- Adım 1. Kriter ve Ağırlıkların Değerlendirilmesi
- Adım 2. Bütünleştirilmiş Bulanık Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması
- Adım 3. Bulanık Karar Matrisi
- Adım 4. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi
- Adım 5. Ağırlıklandırılmış Bulanık Karar Matrisi
- Adım 6. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm
- Adım 7. Uzaklıklar
- Adım 8. Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması
- Adım 9. Sıralama

	ÜRÜN	Yakınlık Katsayısı
Önem Dereceleri	1	0.37
	2	0.33
	3	0.38
	4	0.34
	5	0.30
	6	0.53
	7	0.49

GERİ

HESAPLA

ÜRETİM MİKTARLARININ BELİRLENMESİ EKRANI

Hazırlamalı Kapasite Arttırımlı Sırt Çantası Problemi

Sipariş seçimi probleminde tüm siparişler mevcuttur ve karlılığı arttıracak sipariş alt kümesi seçilir. İşlem süresi ve teslim zamanı gibi parametreler bilindiğinde, sipariş seçim problemi sırt çantası problemi olarak formülize edilebilir ve bu problemler için oluşturulan algoritmalar tarafından çözülebilir.

Bu alanda BULANIK TOPSIS metoduyla elde edilen ürün önem derecelerine göre, bir karar modeli kurularak, karlılığı maksimize edecek ürün karması belirlenmektedir.

GERİ

ÇALIŞTIR

EK 7 Üretim Miktarlarının Belirlenmesi Ekranı-2

ÜRETİM MİKTARLARININ BELİRLENMESİ EKRANI

Karlılığı arttıracak ürün karması belirlenmiştir.
Ürün bazında üretilecek miktarlar, stok seviyeleri, satış tutarları ve ilgili maliyetlere tablolardan ulaşabilirsiniz.
Yeniden başlamak için geriye dönünüz.

ÜRÜN	TALEP	DÖNEM BAŞI STOK	ÜRETİM MİKTARI	DÖNEM SONU STOK	KAYIP SATIŞ
1	240 adet	-	220 adet	-	20 adet
2	40 adet	-	-	-	40 adet
3	280 adet	-	220 adet	-	60 adet
4	40 adet	-	-	-	40 adet
5	52 adet	-	-	-	52 adet
6	600 adet	-	660 adet	60 adet	-
7	400 adet	-	540 adet	140 adet	-

SATIŞ TUTARI	ÜRETİM MALİYETİ	HAZIRLIK MALİYETİ	STOKTA TAŞIMA	FAZLA MESAI MALİYETİ	KAYIP SATIŞ
330 pb	112 pb	56 pb	-	-	30 pb
-	-	-	-	-	70 pb
330 pb	106 pb	53 pb	-	-	90 pb
-	-	-	-	-	70 pb
-	-	-	-	-	78 pb
1,320 pb	376 pb	63 pb	21 pb	-	-
800 pb	302 pb	50 pb	47 pb	-	-
2,780 pb	896 pb	222 pb	68 pb	-	338 pb

GERİ

KAYDET

EK 8 Karar Modeli Çalıştırma Makrosu

```
Sub Macro1()  
'  
' Macro1 Macro  
'  
'  
  
    Sheets("Calculations").Select  
    Range("m22").Select  
    SolverOk SetCell:="$m$22", MaxMinVal:=1, ValueOf:=0, ByChange:= _  
        "$M$14:$S$14,$M$19:$S$19,$N$26,$M$28:$S$28,$M$15:$S$15,$M$16:$S$16", Engine:=1,  
EngineDesc:= _  
    "GRG Nonlinear"  
    SolverOk SetCell:="$m$22", MaxMinVal:=1, ValueOf:=0, ByChange:= _  
        "$M$14:$S$14,$M$19:$S$19,$N$26,$M$28:$S$28,$M$15:$S$15,$M$16:$S$16", Engine:=1,  
EngineDesc:= _  
    "GRG Nonlinear"  
    SolverSolve  
    Sheets("Üretim Miktarlari-2").Select  
End Sub
```