

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR SAVUNMA SANAYİİ FİRMASINDA TEDARİKÇİ SEÇİMİ ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra Nur DEMİR

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr.Üyesi Salih TEKİN

AĞUSTOS 2018

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

.....
Prof. Dr. Osman EROĞUL
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığımı onaylarım.

.....
Prof. Dr. Tahir HANALIOĞLU
Anabilimdalı Başkanı

TOBB ETÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 151311012 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Kübra Nur DEMİR**'in ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "**BİR SAVUNMA SANAYİİ FİRMASINDA TEDARİKÇİ SEÇİMİ ÇALIŞMASI**" başlıklı tezi **09.08.2018** tarihinde aşağıda imzaları olan jüri tarafından kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr.Üyesi Salih TEKİN**
TOBB Ekonomive Teknoloji Üniversitesi

Eş Danışman : **Doç.Dr. Yusuf Tansel İÇ**
Başkent Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç.Dr. Kumru Didem ATALAY (Başkan)**
Başkent Üniversitesi

Dr. Öğr.Üyesi Kürşad DERİNKUYU
TOBB Ekonomive Teknoloji Üniversitesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, alıntı yapılan kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, referansların tam olarak belirtildiğini ve ayrıca bu tezin TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Kübra Nur Demir

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR SAVUNMA SANAYİİ FİRMASINDA TEDARİKÇİ SEÇİMİ ÇALIŞMASI

Kübra Nur Demir

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Salih Tekin

Eş Danışman: Doç. Dr. Yusuf Tansel İç

Tarih: Ağustos 2018

Tedarikçi seçimi, bir firmanın en önemli görevleri arasında yer almaktadır. Her firma üretim hedeflerini gerçekleştirebilmek, müşteri memnuniyetinin devamlılığını sağlamak için güvенеbileceği bir iş ortağı ile çalışmak ister. Güçlü bir tedarikçi ile çalışmak, firmanın üretim sürecinde aksama riskini azaltırken, kâr ve rekabet gücünü de artırır. Bu sebeple tedarikçi seçimi önemli bir karar verme problemidir.

Günümüz dünyasında bir ürünün imalatında kullanılacak olan bütün alt parçaların tek bir firmada üretilmesi geride kalmıştır. Bu sebeple firmalar tedarikçilere mutlaka ihtiyaç duymaktadırlar. Çalışmada, hava aracı üreten bir savunma sanayi firmasındaki özel bir projede kullanılacak malzeme için tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Firma satın alma ve kalite kayıp maliyetinin en küçüklenmesi, satın alınan ürünlerin ağırlık değerlerinin ise en büyüklenmesi hedeflemektedir. Önerilen üç aşamalı yöntem ile tedarikçi seçim probleminin daha yönetilebilir olması planlanmıştır. İlk aşamada aday tedarikçiler TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile teknik yeterlilikleri açısından değerlendirilmektedir. Uygun bulunan tedarikçilerin ikinci aşamada süregelen tecrübeler ışığında AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi ile

değerlendirilmesiyle skor değerleri elde edilmiştir. Bu değerlendirme sürecinde kalite, teklif gerekliliklerine uyumluluk, fiyat, risk ve güvelik, teknoloji, firma imajı değerlendirme kriterleri olarak ele alınmıştır. Üçüncü aşamada firmanın hedefleri ve kısıtları doğrultusunda geliştirilen hedef programlama ile siparişlerin tedarikçilere ataması yapılmıştır. Ürün maliyetinin parçalı doğrusal fonksiyonlarla ele alındığı kısıtlar, ürün teslimat süresi denklemi, toplam talep denklemi problemin kısıtlarını oluşturmaktadır. Ürünlerin teslimat süreleri kısıtı ilk geliştirilen modelde tedarikçilerin teslimat sürelerinin ortalamaları olarak ele alınırken, sürelerin rassal olarak incelendiği modelde Markowitz yönteminin mantığından faydalanan sezgisel bir yaklaşım ele alınmıştır. Firmanın daha önce atamış olduğu siparişler geliştirilen model ile çözümlenip karşılaştırılması yapılmıştır. Ek olarak mevcut problemin literatürde yer alan bir çalışmada önerilen model ile çözümü yapıp iki model çözümü karşılaştırılmıştır.

Gerek objektif gerekse sübjektif değerlendirmelerin yapıldığı karar süreçlerinde, gelecekte karşılaşılabilecek senaryolar karşısında hazırlıklı olmak, riske maruz değeri azaltmak için önlemlerin alınması gibi durumları değerlendirmek amacıyla duyarlılık ve senaryo analizleri yapılmıştır. AHP metodunda kullanılan kriterlerin ağırlıklarının değiştirilmesi, hedef programlamadaki hedeflerin önceliklerinin değiştirilmesi, güvenilirlik değerlerinin değiştirilmesi yapılan analizler arasında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme problemi, Tedarikçi seçimi, Çok amaçlı programlama, TOPSIS, AHP, Taguchi yöntemi, Markowitz yöntemi

ABSTRACT

Master of Science

SUPPLIER SELECTION STUDY IN A DEFENCE INDUSTRY

Kübra Nur DEMİR

TOBB University of Economics and Technology
Institute of Natural and Applied Sciences
Industrial Engineering Science Programme

Supervisor: Asst. Prof. Salih Tekin.

Supervisor: Assoc. Prof. Yusuf Tansel İç


Date: August 2018

Supplier selection is one of the most important task for a company. In order to reach manufacturing aims and ensure customer satisfaction, every company would like to work with a trustworthy business partner. Working with a strong supplier mitigates risks in the manufacturing process and enhances competitive capacity and profit. Therefore, supplier selection is a strategical decision making problem.

In today's world producing all the sub-parts in the same company is an inefficient planning. For this reason, companies are in need of different suppliers. In this study, supplier selection problem for a project which will kick off in defence company producing air vehicles is considered. Our aim is to minimize purchasing cost and maximize quality level and total weight of the purchased products. Supplier selection problem is addressed by a three-phased method. In the first step, candidate suppliers are evaluated for their technical competences with TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Appropriate suppliers are scored subjectively with AHP (Analytic Hierarchy Process) method in the second step. During the assessment, quality, compliance requirements, price, risk, safety,

technological level and brand image are considered. One of the most important criteria for the companies in the aerospace or space sector is the quality. Supplier firms have to satisfy certain quality management system standards. In the last phase, orders are assigned to suppliers using objective programming with company's aims and constraints. Material costs are handled with a piecewise linear function in programming and lead times with total demand requirements are also included in the problem constraints. For the first model, lead times consist of mean values, in the second model. Leads times are considered as stochastic, that are handled with an heuristic approach inspired from Markowitz method. Company's previous orders are solved with newly developed method and results are compared. In addition, we also solve the supplier selection problem with another method from literature and compare the results.

Sensitivity and scenario analyses are done in order to evaluate situations that may occur in the future or decrease value at risk in decision processes assessed either objectively or subjectively. During analyses, weights of criterias in AHP method, priorities in goal programming and confidence levels are investigated.



Keywords: Multiple criteria decision making problem, Supplier selection, Multi objective programming, TOPSIS, AHP, Taguchi method, Markowitz method

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla yoluma ışık tutan, birlikte çalışmaktan onur duyduğum danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Salih TEKİN ve Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ'e,

Kıymetli yorumları ve katkıları için jüri üyelerim Doç. Dr. Kumru Didem Atalay ve Dr. Öğr. Üyesi Kürşad Derinkuyu'ya,

Yüksek Lisans eğitimim süresince bana burs sağladığı için TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'ne,

TOBB ETÜ'de ilk günümünden itibaren beni pozitif bir enerji ile karşılayıp, değerli bilgi, birikim ve tecrübelerini aktaran kıymetli TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine,

Tez çalışmamda bana ilham veren Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ)'a ve çalışmam boyunca kıymetli katkılarıyla destek olan Yardımcı Sanayi Stratejileri ve Sanayi Kalite Mühendisliği'ne,

Yüksek lisans öğrenimim süresince birçok şeyi birlikte öğrenmekten, başarmaktan keyif aldığım dostum Meltem KOÇER'e,

Dünyanın neresinde olursa olsunlar her zaman yanımda bütün destekleri ve inançları ile olan, TOBB ETÜ'nün bana kazandırdığı eşsizliklerden kıymetli dostlarım Nihat ÖNER ve Cansu AĞRALI ÖNER'e,

Lise yıllarımdan bu zamana kadar daima yanımda bütün pozitifliği ile olan, desteğini ve anlayışını her anımda hissettiğim, birlikte birçok başarıyı elde etmenin mutluluğunu yaşadığım Mustafa Buğra ÖZCAN'a,

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi aileme, hayatım boyunca destek, özveri ve umutlarını esirgeyemen annem Nurdan DEMİR, babam Erdoğan DEMİR ve ablam Nihan DEMİR'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
RESİM LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Satın Alma ve Tedarik Zinciri Yönetimine Kısa Bir Bakış	2
2. TEMEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	5
2.2 Taguchi Yöntemi	9
2.2.1 Kalite kayıp fonksiyonunun geliştirilmesi	10
2.3 Markowitz Yöntemi	16
3. MOTİVASYON VE PROBLEMİN TANIMI	19
4. TEDARİKÇİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	23
4.1 TOPSIS Yöntemi ile Teknik Yeterliliklerin Değerlendirilmesi	23
4.2 Yöntemi ile Performans Değerlendirmesi	27
4.2.1 Kriterlerin belirlenmesi	27
4.2.2 Kriterlerin ve aday tedarikçilerin değerlendirilmesi	29
5. TEDARİKÇİLERİN ANALİZİ	35
5.1 Kalite Maliyetlerinin Hesaplanması	35
5.2 Ürün Maliyet Yapısının İncelenmesi	45
5.3 Teslimat Sürelerinin İncelenmesi	46
6. SİPARİŞ ATAMA İÇİN MATEMATİKSEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ	53
6.1.1 Sezgisel modelin geliştirilmesi	58
7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	65
7.1 Matematiksel Modelin Çözümü.....	65
7.2 Sezgisel Modelin Çözümü	66
7.3 Çözümlerin Karşılaştırılması	68
7.3.1 Firmada daha önce yapılan tedarikçi seçiminin geliştirilen model ile çözümü ve karşılaştırılması	68
7.3.2 Tedarikçi seçiminin literatürde önerilen bir model ile çözülmesi ve tez kapsamında geliştirilen model ile karşılaştırılması	70
7.4 Duyarlılık ve Senaryo Analizleri.....	76
7.4.1 AHP yönteminde duyarlılık analizi	76
7.4.2 Hedeflerin öncelik değerlerinin senaryo analizi	84
7.4.3 Güvenilirlik düzeylerinin senaryo analizi.....	86

8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKÇA	93
EKLER.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	115



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:	Yeni tedarik zinciri sürecinin yüksek seviye görünümü	8
Şekil 2.2:	Kalite kayıp eğrisinin gösterimi	11
Şekil 2.3:	Kayıp fonksiyonun karesel gösterimi.....	12
Şekil 2.4:	En küçük değer en iyi olduğu fonksiyon gösterimi.	14
Şekil 2.5:	En büyük değer en iyi olduğu fonksiyon gösterimi.	15
Şekil 3.1:	Tedarikçi seçimi çalışması akış şeması.....	21
Şekil 4.1:	Problemin hiyerarşik yapısı.....	31
Şekil 4.2:	Değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları	32
Şekil 4.3:	Tedarikçilerin skoru	33
Şekil 5.1:	Hatalı parça durum bilgisi	36
Şekil 5.2:	Pareto Analizi.....	38
Şekil 5.3:	Tedarikçi-2 indirimli fiyat teklifi eğrisi	45
Şekil 5.4:	Tedarikçi-4 indirimli fiyat teklifi eğrisi	46
Şekil 5.5:	Tedarikçi-1'in ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.....	48
Şekil 5.6:	Tedarikçi-2'nin ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.....	49
Şekil 5.7:	Tedarikçi-3'ün ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.....	50
Şekil 5.8:	Tedarikçi-4'ün ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.....	51
Şekil 6.1:	Sezgisel modelin akış diyagramı.....	63
Şekil 7.1:	Firmanın geçmiş dönem sipariş özeti.....	68
Şekil 7.2:	Xia ve Wu'nun önerdikleri AHP yapısı	71
Şekil 7.3:	Teklif gerekliliklerine uyum kriterinin duyarlılık analizi	78
Şekil 7.4:	Fiyat kriterinin duyarlılık analizi	79
Şekil 7.5:	Kalite kriterinin duyarlılık analizi	80
Şekil 7.6:	Teknoloji kriterinin duyarlılık analizi	81
Şekil 7.7:	Risk ve güvenlik kriterinin duyarlılık analizi.....	82
Şekil 7.8:	Firma imajı kriterinin duyarlılık analizi	83
Şekil 7.9:	Toplam maliyetin güvenilirlik düzeyine göre değişimi	87
Şekil 7.10:	Toplam skor değerinin güvenilirlik düzeyine göre değişimi	88
Şekil 7.11:	Olası kalite kayıp maliyetinin güvenilirlik düzeyine göre değişimi	88

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1: Karar matrisi.....	24
Çizelge 4.2: Normalize matris	24
Çizelge 4.3: Ağırlıklandırılmış normalize matris	25
Çizelge 4.4: İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri	25
Çizelge 4.5: İdeal noktalara olan uzaklık değerleri	26
Çizelge 4.6: Negatif ideal noktalara olan uzaklık değerleri.....	26
Çizelge 4.7: Tedarikçilerin sıralanması	26
Çizelge 5.1: Tedarikçilerin kalite uygunsuzluk vaka durumları.....	36
Çizelge 5.2: Tedarikçilerden sağlanan uygunsuz malzeme durumları	36
Çizelge 5.3: Hata sınıflandırması	37
Çizelge 5.4: Tolerans dışı sağlanan malzeme durumları	39
Çizelge 5.5: Tedarikçi-1 tolerans dışı malzeme incelemesi	39
Çizelge 5.6: Tedarikçi-4 tolerans dışı malzeme incelemesi	40
Çizelge 5.7: Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4 için Taguchi kaliye kayıp maliyetleri.....	41
Çizelge 5.8: Tedarikçi-1 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.....	42
Çizelge 5.9: Tedarikçi-2 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.....	43
Çizelge 5.10: Tedarikçi-3 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.....	43
Çizelge 5.11: Tedarikçi-4 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.....	44
Çizelge 5.12: Ürün teslimat süreleri	47
Çizelge 5.13: Ürün teslimat süresi detayları	52
Çizelge 6.1: Parçalı doğrusal maliyet fonksiyonu ile ilgili parametre değerleri	54
Çizelge 7.1: P ₁ modelinin çözümü.....	65
Çizelge 7.2: P ₂ modelinin çözümü.....	66
Çizelge 7.3: P ₁ ve P ₂ modeli karşılaştırması.....	67
Çizelge 7.4: P ₃ modeli tedarikçi bilgileri.....	68
Çizelge 7.5: Firmanın geçmiş dönem ve P ₃ modeli sipariş durumları.....	69
Çizelge 7.6: Firmanın geçmiş dönem siparişleri ile P ₃ modelinin karşılaştırması ..	70
Çizelge 7.7: P ₄ modeli tedarikçi değerlendirme kriterleri bilgisi	71
Çizelge 7.8: P ₅ modeli sipariş atamaları	75
Çizelge 7.9: Modellerin karşılaştırmalı sipariş atamaları	75
Çizelge 7.10: Modellerin karşılaştırmalı kazançları	75
Çizelge 7.11: Kriterlerin duyarlılık analizinde kullanılacak değerleri	77
Çizelge 7.12: Tedarikçilerin renk kodları	77
Çizelge 7.13: Hedeflerin öncelik değerlerinin senaryoları	84
Çizelge 7.14: Senaryoların sonuç değerleri	85
Çizelge 7.15: Değişen güvenilirlik düzeylerinin sonuçlara etkisi	87
Çizelge 7.16: Temin süresinin 7,87 hafta olduğu durumda sipariş atamaları	88

RESİM LİSTESİ

Sayfa

Resim 4.1: İkili karşılaştırmaların yapıldığı ara yüzün görünümü 30



KISALTMALAR

AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANP	: Analytic Network Process
BWM	: Best Worst Method
CMM	: Coordinate-Measuring Machine
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEA	: Data Envelopment Analysis
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
ELECTRE	: Elemination and Choice Translating Reality English
FANP	: Fuzzy Analytic Network Process
FTOPSIS	: Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
GRA	: Grey Relation Analysis
MCGP	: Multi-Choice Goal Programming
MOMILP	: Multi-Objective Mixed Integer Linear Programming
MOORA	: Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis
MSGP	: Multiple Segment Goal Programming
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
WASPAS	: Weighted Aggregated Sum Product Assessment

1. GİRİŞ

Tedarikçi seçimi, firmanın kâr ve rekabet gücünü artırması, üretim sürecinde aksama riskini azaltması ve müşteri memnuniyetini artırması açısından önemi bir karar verme problemidir.

Tedarikçi seçiminde uygun metotlar ve kriterler kullanmak, firmanın amaçları ve kısıtları doğrultusunda olan tedarikçilerle çalışmak, firmaya rekabet gücü, kâr ve kaynağını etkin kullanabilme kabiliyeti kazandırmaktadır. Daha verimli işleyen bir tedarik zincirinin geliştirilebilmesi için sürecin sürekli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Her firma kendi üretim sürecini destekleyecek, sağlam tedarikçi ağı ile güvenli bir şekilde çalışmak istemektedir. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin amacı riski azaltmanın yanı sıra kurumsal itibarın geliştirilmesi ve güvence altına alınmasıdır (Harms, Hansen, & Schaltegger, 2013).

Son yıllarda ürünün temin sürecinde ortaya çıkabilecek riskler üzerinde durulmaktadır. Problemlerin türü, etkisi ve çözüm süreci hakkında öngörü ve düzeltici faaliyetler tedarik zincirinin yeni gündemini oluşturmaktadır. Performans hedeflerinin incelenerek, olumlu ya da olumsuz sapmaların belirlenmesi, üzerinde iyileştirme çalışmalarının yapılması tedarikçi ve alıcı için faydalı olmaktadır. Böylece tedarikçi de kendisi için geri bildirimleri alarak gerekli önleyici, düzeltici faaliyetlerini gerçekleştirme fırsatı bulabilir (Erdal, 2014).

Kalite kriterlerine uymadığı için üretimde kullanılamayan malzemeler, raf ömrü dolan malzemeler, tedarikçinin planlanan zamanda teslim edemediği malzemeler ya da tedarikçinin gönderdiği ürünlerde uygunsuzluk sebebiyle geri dönüşlerin olması üretim hattında duraksamalara sebep olmaktadır. Yapılan bir araştırma, düşük kalite maliyetinin satışların %10 ila %25'ini kapsadığı ve zayıf tedarikçi kalitesi sebebiyle maliyetin toplam kalitesizlik maliyetinin %25 ila %70'ini oluşturduğunu göstermektedir (He, 2014).

Malzemenin eksikliği sebebiyle tamamlanamayan operasyon zincirleri nihai ürünün imalat firması tarafından müşteriye teslim edilmesinde gecikmelere yol açmaktadır.

Bu tezde ele alınan savunma sanayi firmasının en önemli hedeflerinden biri, ürünlerini teslimat takvimine uygun bir şekilde müşteriye teslim etmektir. Havacılık ve Savunma Sanayi şirketlerindeki tedarik zincirinin, bitmiş ürünlerin teslim edilmesinin ardından satış sonrası süreç göz önüne alındığında oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Hava aracının üretim süresi kısa bile olsa uzun yıllar servis döngüsü vardır. Bu durum hava aracının bakım onarım faaliyetlerinin planlanmasına, malzemelerin revizyon değişikliğinin takip edilmesine ve yedek malzeme ihtiyaçlarının belirlenmesine sebep olmaktadır. Yüksek performans, ileri teknoloji ve güvenli ürünler sunmak için, havacılık şirketleri tedarik zincirinin yapısını ve amacını temel olarak yeniden düşünmelidir (Koblen & Nízníková, 2013).

Bu bölümün devamında satın alma ve tedarik yönteminden kısaca bahsedildikten sonra ikinci bölümde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Taguchi yöntemi ve Markowitz yöntemleriyle ilgili literatür araştırmasına ait temel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde ise çalışmanın motivasyonu ve problemin tanımı anlatılmıştır. Dördüncü bölümde tedarikçilerin teknik kabiliyetleri ve performanslarının analitik yöntemlerle değerlendirmesi yapılmıştır. Beşinci bölümde tedarikçilerin kalite, ürün maliyetlendirme, teslimat süreleri ile ilgili detaylı analizine yer verilmiştir. Altıncı bölümde matematiksel model oluşturulup, ürün teslimat sürelerinin rassal olarak ele alınması ile sezgisel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yedinci bölümde geliştirilen matematiksel modellerin çözümüne, sonuçların karşılaştırmasına, senaryo ve duyarlılık analizlerine yer vermiştir. Son bölümde ise sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

1.1 Satın Alma ve Tedarik Zinciri Yönetimine Kısa Bir Bakış

1832 yılında Charles Babbage, ele aldığı “On the Economy of Machinery and Manufactures/ Makine ve İmalat Ekonomisi Üzerine” isimli çalışmasında malzeme yöneticisinin imalatta gerekli olan tüm malzemelerin seçimi, satın alımı, kabulü ve teslimatından sorumlu olduğunu belirtmiştir. 1887 yılında ise Marshall Monroe Kirman’ın demiryolu malzemelerinin tedariki için kaleme aldığı “The Handling of Railway Supplies, Their Purchase and Disposition/ Demiryolu Malzemelerinin Taşınması, Satın alınması ve Kullanımı” kitabı ile birlikte artık firmalarda satın alma bölümünün kurulması yoluna gidilmiştir. 1960’lı yıllarda bir ürünü nihai hale getiren alt parçaların takip edilmesi, alt parçaların nerelerde üretilmesi gerektiği çalışmaları,

üretimi gerçekleştirecek olan firmaların seçimi gibi faaliyetler süreçte verimliliği arttırmıştır (Erdal, 2014). 1970'li yıllarda ise otomobil, makine imalat, tekstil ve enerji sektörlerine yatırım yapılmasıyla birlikte satın alma fonksiyonunun şirket içerisindeki önemi artmıştır. 1990'lı yıllardan bu yana ise küresel rekabetin artması, firmaların maliyet, kalite, teslimat zamanı, teknoloji, pazar payı gibi noktalara verdiği önemin artması satın alma faaliyetini şirket içerisinde daha kritik bir konuma taşımıştır. Bu gelişmeler tedarik zinciri yönetimine verilen önemi arttırmıştır (Erdal, 2014)

Satın alma ve tedarik kavramları sıklıkla karıştırılmaktadır. Satın alma, işletmelerin birincil ve destek faaliyetlerinin en iyi koşullarda güvenli bir biçimde yürütülmesi, sürdürülmesi ve yönetimi için bütün ürün, hizmet, yetenek ve bilgi tedariğinde işletmenin dış kaynaklarının yönetimidir (Weele, 2005). Tedarik ise birçok süreci birlikte değerlendirmektedir. Amacı ürün ve hizmeti genişletip maliyeti düşürmektir. Ürün ve hizmetlerin tüketim noktasına ulaşmaya kadar tüm zincir boyunca aşamaların ve akışların analiz edilmesi, hareket, işlemler, maliyet ve bilgileri kapsamaktadır. Tedarik zinciri işletme operasyonlarının verimli bir şekilde sürdürülebilmesi için işletme boyunca insan, malzeme, bilgi, makine ve araçların akışını ve yönetimini oluşturmaktadır (Erdal, 2014).



2. TEMEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Firmalar arası rekabetin günden güne arttığı günümüz dünyasında tek bir kritere bağlı kalarak yapılan değerlendirmelerle verilen kararlar başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Sürece uygun bütün kriterler bir arada değerlendirilmez. Başarılı bir tedarik zinciri yönetimi, kalite, maliyet, teslimat süresi gibi kriterlere göre en uygun tedarikçileri belirlemelidir.

Tedarikçi seçimi, çok kriterli karar verme problemidir. Literatürde geniş bir çalışma alanı vardır. Bu problemlerin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemleri ile matematiksel programlama veya yapay zekâ algoritmalarının bütünleştirildiği modeller geliştirilmiştir. Çalışmada ÇKKV yöntemleri, matematiksel programlama, Taguchi yöntemi ve Markowitz yöntemlerinden faydalanılmıştır.

2.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

İnsanlar yaşamın her döneminde hayatlarına devam edebilmek, ilerleyebilmek için karar vermek zorundadırlar. Günümüzde kişisel veya kurumsal olarak karar vermek, her alanda çok fazla seçenek olduğundan nicel analizlerin yanında nitel değerlendirmeyi de gerektirdiği için kolay olmamaktadır. Örneğin, bir firma hangi tedarikçi ile çalışacağına karar verirken sadece en ucuz fiyat teklifinde bulunanı seçerse onun sağlayacağı ürünlerin kalitesini, teslimat takvimine uygun olup olmadığını, kendi istediği standartlarda ürünün üretimini gerçekleştirip gerçekleştirmediği gibi performans ölçütlerini değerlendirmeyi göz ardı ettiği için bir takım risklere maruz kalır.

ÇKKV yöntemleri ile literatürde birçok alanda çalışmalar yapılmıştır. Tedarikçi seçiminde Analytic Hierarchy Process (AHP), Analytic Network Process (ANP), Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Elimination and Choice Translating Reality English (ELECTRE), The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE), Data Envelopment Analysis (DEA), Grey Relation Analysis (GRA), Multi-Objective Optimization by Ratio

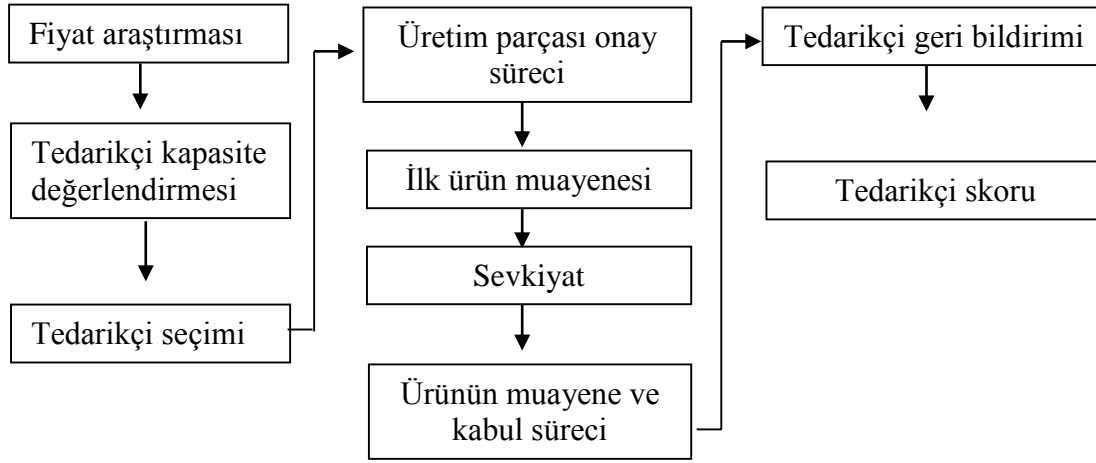
Analysis (MOORA), Matematiksel Programlama ve Yapay Zekâ Algoritmaları literatürde kullanılan yöntemlerdir.

Tedarikçi seçimi zaman zaman envanter miktarı belirleme problemlerinde ele alınmıştır. Basnet ve Leung (2005) çalışmalarında karar vericinin, hangi ürünün, hangi miktarda, hangi tedarikçiden, hangi dönemde sipariş edileceği sorularına cevap verebilen çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Karma tam sayılı programlamayı önerdikleri modellerinin hedefi satın alma maliyeti, tedarikçide işlem maliyeti ve stok tutma maliyetinin minimizasyonunu sağlamaktır. Literatürde tedarikçi seçimi ile birlikte çok periyotlu sipariş miktarı belirleme problemi olarak yer almaktadır. Tedarikçilerin nicel ve nitel olarak değerlendirilebilmesine fırsat veren AHP tekniği literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Li ve arkadaşları (2006) askeri bir ürün temini için ele aldıkları çalışmalarında kurumsal performans, üretim yeteneği, geliştirme yeteneği, sinerji yeteneği, teklif riski kriterlerini kullanarak bulanık ortamda AHP metodu ile tedarikçi seçimi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Mendoza (2007) ise doktora tezinde tedarikçi seçimi için 3 aşamalı yöntem önermiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılması ve tedarikçilerin sıralanması için AHP yöntemini önerip Hedef Programlama kullanarak da siparişleri en uygun miktarda tedarikçilere atamıştır. Malzemelerin çok periyotlu tedarikçisinin yapıldığı tedarikçi seçim problemlerinin literatürde daha az bir çalışma alanı olduğu düşüncesiyle Verma ve Saroj bulanık AHP yöntemi ile bu problemi ele almıştır (Verma & Saroj, 2008).

Demirtaş ve Üstün (2008), tedarikçi yapılan malzemelerin maliyetinin ve hata oranının azaltılması, toplam satın alınan ürünün değerinin en büyüklenmesini hedefledikleri çalışmalarında ANP ve Multi-Objective Mixed Integer Linear Programming (MOMILP) modellerini önermişlerdir. Önüt ve arkadaşları (2009), TOPSIS metoduyla birlikte Fuzzy Analytic Network Process (FANP) metodunu telekomünikasyon sektöründe tedarikçi seçimi için uygulamıştır. Shengbin ve Chunsheng (2009) havacılık sanayinde faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçiminde kalite, teslimat performansı, maliyet, hizmet kriterlerini kullanarak çok amaçlı programlama modeli geliştirmiştir. Khakbaz ve arkadaşları (2010), Veri Zarflama Analizi'ne dayanarak alternatif portföyler üreten dal-sınır algoritmalarıyla literatüre katkıda bulunmuşlardır. Tedarikçiler arasındaki etkileşim, kapasite, taşıma maliyeti, ürün maliyeti, malzeme kabul oranı, zamanında teslimat yüzdesi, hizmet kriterleri ile değerlendirilmiştir. Bu etkileşimleri göz önüne alan çok kriterli bir

model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, otomobil üreticiliği yapan bir İran şirketinde gerçek hayat problemini çözmek amacıyla kullanılmıştır. Erdem ve Göçen (2012) tarafından AHP ve Hedef Programlamayı kullanarak geliştirilen karar destek sistemi bir beyaz eşya üretim firmasında kullanılmıştır. Hedef Programlamanın TOPSIS ile bütünleştirilmiş örneğini Jadidi ve arkadaşları ele almışlardır. Çalışmada maliyetin, reddedilen ürünlerin sayısının ve teslimat süresinin minimize edilmesi hedeflenmiştir (Jadidi, Zolfaghari, & Cavalier, 2014). Tahiri ve arkadaşları (2014), Malezya'da bir çelik imalat şirketindeki tedarikçi seçim problemini bulanık AHP yöntemi ile ele almışlardır. Çalışmanın ardından yapılan duyarlılık analizleri modelin teslimat kriterine göre hassas olduğunu göstermiştir. F-16 fren diskleri temini için bulanık ortamda yapılan çalışmada, dört aday tedarikçi arasında sıralama yapan TOPSIS metodu kullanılmıştır. Fiyat, kapasite, kalite, teslimat süresi, talep değişimlerine cevap verme imkânı, firmanın Türkiye temsilcilikleri, güvenlik (kritik teknolojilerin milli olması) gibi kriterlerle değerlendirme yapılmıştır (Demirtaş & Akdoğan, 2014).

He (2014), yüksek lisans tezinde ele aldığı çalışmasında Waters firmasının tedarikçi seçim, değerlendirme ve tedarik kalite süreçlerini detaylı bir şekilde inceleyip sürecin aksayan yönlerini belirtmek amacıyla kök-neden analizi yapmıştır. Yaptığı analizde sezgisel olarak verilen kararların, belirsiz sorumlulukların, tedarikçi performanslarının iyi bir şekilde dökümanite edilmemesinin, tedarikçiden kaynaklanan maliyetlerin, tedarikçilerin geri bildirim ve düzeltici faaliyet konusunda eksikliği gibi sebeplerin tedarikçi kalite problemlerine sebep olduğunu göstermiştir. Sürecin tamamını etkileyecek bir çözüm önerisi getirmiştir. Tedariği yapılacak olan ürün için yayınlanan mühendislik spesifikasyonları, mühendislik değişiklik dökümanları, şirketin özel gereklilikleri, test ve muayene kriterleri ve planlamaları, paketleme ve etiketleme standartlarının dökümanlarının yayınlanması gibi etmenlerin firmanın tedarikçileri değerlendirmesi için girdileri oluşturmasına karar verilmiştir. Yeni süreçte tedarikçiler, gereksinimlerin anlaşılması, üretim kabiliyeti, üretim onay süreci dökümanlarını sağlama performanslarına göre değerlendirilip, tedarikçilerin AHP yöntemi ile seçilmesi önerilmiştir. Önerilen sürecin akış şemasına Şekil 2.1'de yer verilmiştir.



Şekil 2.1: Yeni tedarik zinciri sürecinin yüksek seviye görünümü (He, 2014).

Prasanna ve Goh (2016), süreçte meydana gelen aksamaların beklenmeyen maliyetlere sebep olacağını belirterek tedarikçi seçimi ve siparişlerin atanması için çok amaçlı karma tam sayılı programlama modeli önermişlerdir. Tedarikçilerin değerlendirilmesi ve sıralamasını Bulanık AHP ve Bulanık PROMETHEE yöntemleri ile yapmışlardır. Cengiz ve arkadaşları (2017), doktora çalışmasının bir kısmını oluşturan çalışmalarında maliyet, kalite, teslimat, ödeme metodu, coğrafi konum, tedarikçi profili, alıcı-tedarikçi ilişkileri, ekolojik özellikler, tedarikçi kapasitesi, teknik kabul edilebilir malzemeler kriterlerini kullanarak ANP yöntemi ile tedarikçiler arasında sıralama yapmışlardır. Tayalı (2017) çalışmasında İzmir’de bir duş teknesi üreticisinin sac plaka tedarikçisi seçim problemini WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) yöntemini kullanarak çözmüştür. WASPAS literatürde çok sık karşılaşılan bir yöntem değildir. Kriterlerin AT (Ağırlıklı Toplam) ve AÇ’ larının (Ağırlıklı Çarpan) ayrı ayrı hesaplanarak karar verme sürecinin etkinliğini arttırmak için bu iki modelin belirli oranlarda bütünleştirilmesine dayanmaktadır.

Sarkara ve arkadaşları (2018), çalışmalarında hem nitel hem de nicel kriterleri dikkate alan çok özellikli karar verme yöntemi ile birlikte matematiksel programlama tabanlı bir model önermektedir. DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), ANP, FTOPSIS, Fuzzy VIKOR ve MSGP (Multiple Segment Goal Programming) yöntemlerini kullandıkları çalışmalarını duyarlılık analizleri ile noktalamışlardır. Kriterlerinin ağırlıklarını değiştirerek yapılan duyarlılık analizinde sonuçların çoğunlukla değişmediğinin görülmesi modellerinin öznel değerlendirmelere karşı güçlü olduğunu göstermektedir.

İş dünyasında rekabetin arttığı günlerde firmaların performans göstergeleri de her geçen gün değişmektedir. Sürdürülebilir bir tedarik zincirinin hedefleri arasında gelecek nesillerin kaynaklarını tehlikeye atmadan mevcut kaynakların bilinçli kullanılması yer almaktadır (Özkır, 2018). Son yıllarda yapılan çalışmalarda bu konunun önemi vurgulanarak çevre bilinci yüksek olan tedarikçilerin seçimi ele alınmıştır. Özkır (2018), otomotiv sektöründe üretim yapan bir firmanın çevre bilinçli tedarikçi seçim sürecini analiz etmiştir. Kalite, maliyet, hizmet ve yeşil imaj kriterleri tedarikçilerin performans göstergeleri olarak ele alıp bulanık TOPSIS metodunu kullanarak tedarikçilerin sıralamasını yapmıştır. Park ve arkadaşları (2018) bisiklet şirketi için yaptıkları tedarikçi seçim çalışmalarında toplam tedarik zinciri maliyeti, hatalı ürünlerin sayısı, toplam karbon ayak izi ve teslimat tarihinden sapmaların en küçüklenmesi ile sürdürülebilir bir tedarik zinciri tasarlamayı amaçlamışlardır.

2.2 Taguchi Yöntemi

Taguchi, modern kalite kontrolünde geliştirdiği yöntemler ile ünlü bir bilim adamıdır. Deney tasarımı ve istatistiksel analizleri kullanarak kalite kontrolünü ürün tasarımıyla bütünleştirerek tasarım aşamasında ürün kalitesini arttırmayı amaçlayan Taguchi yönteminin kurucusudur (Genichi Taguchi:quality engineering thinker-The British Library). Taguchi kalite ve maliyet arasında sıkı bir ilişki kurarak, kalitesizliğin sürece verdiği zarar ve oluşturduğu maliyeti ortaya koymuştur. Taguchi Metodu, kalitesizliğin ürünün isterlerinin hedef değerden sapmaya başlamasıyla oluştuğunu ve ürünün spesifikasyon sınırları dışında olduğunda %100 bozulmanın meydana geldiğini savunmaktadır (Hamzaçebi & Kutay, Kalite Maliyetlerine Genel Bir Bakış : Taguchi Kayıp Fonksiyonu, 2001).

Liao ve Kao (2010), AHP, Taguchi kalite yaklaşımı ve çok seçenekli hedef programlama yöntemlerinin bütünleştirildiği tedarikçi seçim probleminde tedarikçilerin performans kriterleri olan kalite, maliyet, teslimat süresi, hizmet, garanti derecesi, deneyim ve finansın hedef değerden saptığı durumda oluşan kaybı minimize etmeyi amaçlamışlardır. Shojaei ve arkadaşları (2017), hava limanlarını değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında Taguchi kayıp fonksiyonu, Best Worst Method (BWM) ve VIKOR yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışmada ilk olarak her bir değerlendirme kriterinin hedef değerden uzaklaşmasının kaybını değerlendirmek için Taguchi kayıp fonksiyonu kullanılmıştır. BWM ile kriter

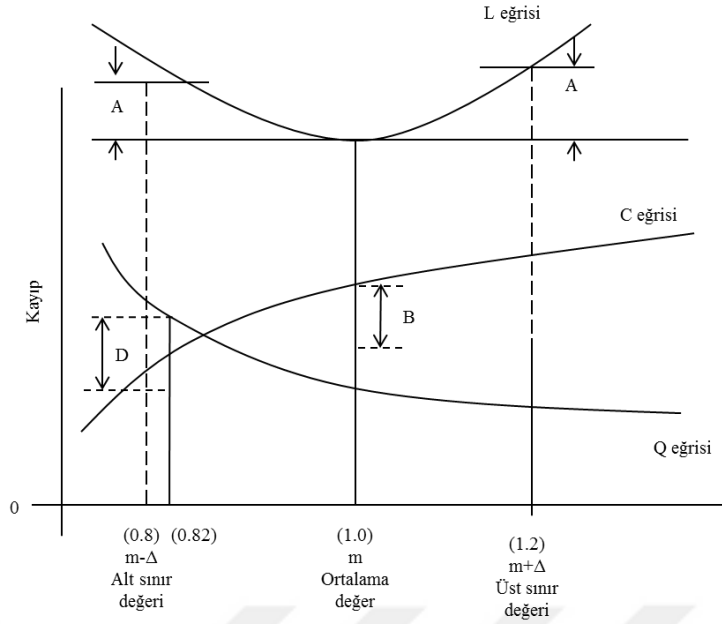
ağırlıklarını belirleyip son olarak VIKOR yöntemi ile hava limanlarının sıralaması yapılmıştır. Feng ve arkadaşları (2001), bahsedilen iki çalışmadan farklı bir süreci değerlendirerek Taguchi yaklaşımını doğrusal mekanik bir düzeneğin tasarımında kullanmıştır. Düzenek üç farklı doğrusal parçadan oluşmakta olup parçalar dört farklı tedarikçiden karşılanabilmektedir. Her tedarikçinin üç parça için belirlediği tolerans değerlerini dikkate alarak teklif ettiği fiyatlara göre tedarikçi seçimini gerçekleştirerek üretim ve kalite kaybı maliyetini minimize etmek amaçlanmıştır. Rosyidi ve arkadaşları (2013), çalışmalarında Feng'in çalışmasında olduğu gibi üretim ve kalite kaybı maliyetini minimize etmeyi amaçlamışlardır. Nümerik örneğin Chang'in çalışmasından alındığı model duyarlılık analizleriyle geliştirilmiştir. Tedarikçilerin üretim kapasiteleri, teknolojik kabiliyetleri gibi parametreleri değiştirilerek oluşturulan senaryoların analizi yapılmıştır.

2.2.1 Kalite kaybı fonksiyonunun geliştirilmesi

Vinil tabaka üretim sürecinin anlatıldığı Şekil 2.2'de L eğrisi kalite ve üretim maliyetin toplamını göstermektedir. Eğrinin taban noktası hedef değeri göstermektedir. Vinyl Sheet Manufacturing Association tarafından belirlenen spesifikasyonlar $1,0 \pm 0,2$ mm'dir. Vinil tabaka imalatçısı yaptığı kalite iyileştirme çalışmalarının ardından tabakanın kalınlık varyasyonunu $\pm 0,02$ mm'ye düşürmeyi başarmıştır. Malzemenin üretim maliyetini düşürmek için imalatını gerçekleştiren firma üretim spesifikasyonlarını $0,82 \pm 0,02$ olarak değiştirmiştir. Bu değerler üretim spesifikasyonlarının içerisinde olsa da ürünlerin satışından sonra bir takım şikayetler alınmıştır.

Şekil 2.2'de C eğrisinde vinil kalınlığı arttıkça üretim maliyetinin de arttığı görülmektedir. Diğer taraftan kalınlık azaldıkça vinil malzemenin kolay kırılma özelliğinden dolayı kalite maliyetindeki artış Q eğrisinden görülmektedir. Ortalama vinil kalınlığı 1 mm'den 0,82'ye düştüğünde üretim maliyetindeki düşüşün B kadar, kalite maliyetindeki artışın ise D kadar olduğu görülmektedir.

D değerinin B'den büyük olduğu Şekil 2.2 üzerinde açık bir şekilde belirtilmiştir.



Şekil 2.2: Kalite kayıp eğrisinin gösterimi (Taguchi, Chowdhury, & Wu, 2005).

Eğer tedarikçiden uygunsuz olarak üretilen bir ürün gönderilirse firmaya teslimatında kalite problemlerine sebep olacaktır. Eğer bu ürün tedarikçi tarafından sevk edilmez ise tedarikçide üretim maliyetine sebep olacaktır.

Nominal değer en iyi olduğu fonksiyon:

Kalite karakteristiği hedef değerini aldığı anda kayıp sıfır olduğu durumdur. Hedef değerden uzaklaştıkça kayıp maliyeti artmaktadır. Kalite karakteristiği X , hedef değer X_0 ile ifade edilirse, kayıp fonksiyonu $L(X)$ ile tanımlanmaktadır (Chandra, 2001).

$$L(X) = L(X_0 + X - X_0)$$

Taylor serilerini kullanarak eşitliğin sağ tarafını genişletilerek Denklem (2.1)'i elde etmek mümkündür.

$$f(X) = f(a + X - a) = f(a) + \frac{(X - a)}{1!} f'(a) + \frac{(X - a)^2}{2!} f''(a) + \dots$$

$$L(X) = L(X_0) + (X - X_0)L'(X_0) + \frac{(X - X_0)^2}{2!} L''(X_0) + \dots \quad (2.1)$$

$L(X)$ en küçük değerini $X = X_0$ noktasında almaktadır. X_0 noktasındaki birinci türevi 0 olmaktadır. Bu sebeple Taylor açılımının 1. ve 2. terimleri göz ardı edilip 3. terim üzerinden yaklaşıma varıldığında Denklem (2.2) elde edilmiştir (Chandra, 2001).

$$L(X) = \frac{L''(X_0)}{2} (X - X_0)^2$$

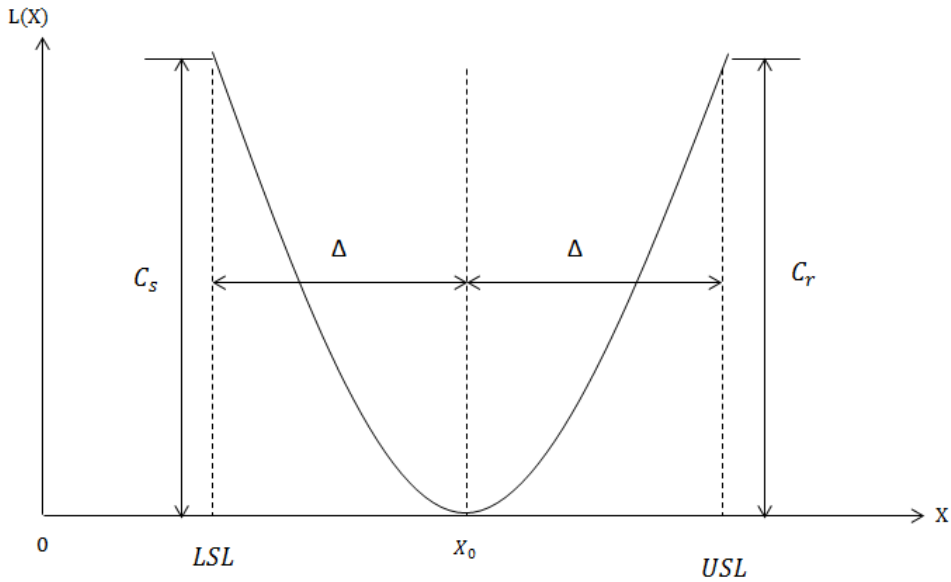
$$L(X) = k'(X - X_0)^2, \quad LSL \leq X \leq USL \quad (2.2)$$

$$k' = \frac{L''(X_0)}{2}$$

Taguchi tarafından k' değeri orantı sabiti, sapmayı parasal olarak ifade eden katsayı, olarak tanımlanmıştır. Denklem (2.3)'te k' değerinin nasıl hesaplandığı belirtilmiştir. Üretici tarafından ürünün reddedilme maliyeti C olarak ifade edildiğinde,

$$k' = \frac{C}{\Delta^2} \text{ olmaktadır.} \quad (2.3)$$

Tedarikçi ürünleri X kalite karakteristiği hedef değerinden Δ sapma ile üretip müşteriye gönderdiğinde müşterinin alması gereken bazı önlemler vardır. Ürünü hurda etme, onarma, firmaya onarım amacıyla gönderme bu önlemlerden bir kaçıdır. C_r onarım, C_s hurda maliyeti olarak ifade edilebilmektedir. Kayıp fonksiyonun karesel gösterimine Şekil 2.3'te yer verilmiştir.



Şekil 2.3: Kayıp fonksiyonunun karesel gösterimi (Chandra, 2001).

Kayıp fonksiyonunun beklenen değeri Denklem (2.4)'te ifade edilmiştir.

$$E[L(X)] = k' \int_{LSL}^{USL} (x - X_0)^2 f(x) dx \quad (2.4)$$

$$E[L(X)] = k' v^2$$

v^2 : Ortalama kare sapması olmak üzere,

$$v^2 = \int_{LSL}^{USL} (x - X_0)^2 f(x) dx$$

Kayıp fonksiyonunun beklenen değerinin tahmini Denklem (2.5)'te belirtilmiştir.

$$E[L(\hat{X})] = k' \hat{v}^2 \quad (2.5)$$

$$\hat{v}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i \in A} (X_i - X_0)^2 \quad (2.6)$$

Denklem (2.6)'nın sağ tarafının $[\sigma^2 + (\mu - X_0)^2]$ ifadesinin yansız tahmin edicisi olduğunu aşağıdaki formülasyonlarla göstermek mümkündür.

$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2 \right] = \frac{1}{n} E \left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - 2X_i X_0 + X_0^2 \right]$$

$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2 \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [E(X_i^2) - 2X_0 E(X_i) + E(X_0^2)]$$

$$\sigma^2 = E(X_i^2) - [E(X_i)]^2$$

$$\mu = E(X_i)$$

$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2 \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\sigma^2 + \mu^2) - (2X_0 \mu + X_0^2)]$$

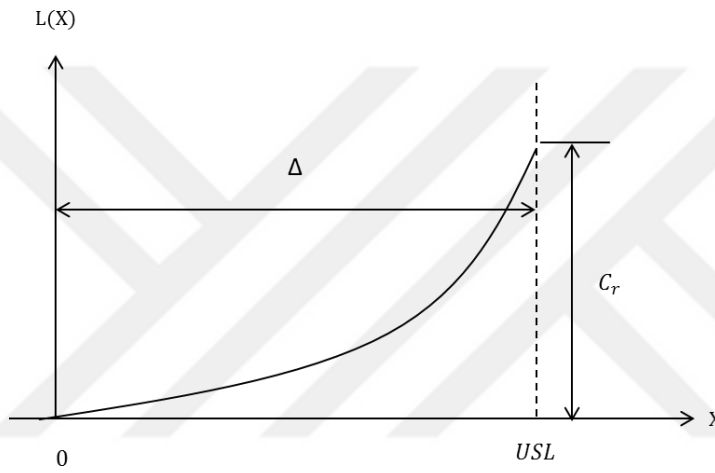
$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2 \right] = \frac{1}{n} [n\sigma^2 + n\mu^2 - 2X_0 n\mu + nX_0^2]$$

$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2 \right] = [\sigma^2 + \mu^2 - 2x_0\mu + x_0^2]$$

$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2 \right] = [\sigma^2 + (\mu - X_0)^2]$$

En küçük değerin en iyi olduğu fonksiyon (S tipi):

Hedef değerin sıfır olduğu kayıp fonksiyonudur. Kayıp fonksiyonu artan X değeri ile birlikte kötüleşmektedir. Şekil 2.4'te fonksiyonun gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 2.4: En küçük değerin en iyi olduğu fonksiyon gösterimi.

Kayıp fonksiyonu Denklem (2.7)'de belirtilmiştir.

$$L(X) = k'X^2 \quad (2.7)$$

$k' = \frac{C_r}{\Delta^2}$ olmak üzere kayıp fonksiyonunun beklenen değeri Denklem (2.8)'de ifade edilmiştir.

$$E[L(X)] = k' \int_0^{USL} x^2 f(x) dx \quad (2.8)$$

$$E[L(X)] = k'v^2$$

v^2 : Ortalama kare sapması olmak üzere,

$$v^2 = \int_0^{USL} x^2 f(x) dx$$

Kayıp fonksiyonunun beklenen değerinin tahmini Denklem (2.9)'da belirtilmiştir.

$$E[L(\hat{X})] = k'\hat{v}^2 \quad (2.9)$$

$$\hat{v}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i \in A} X_i^2$$

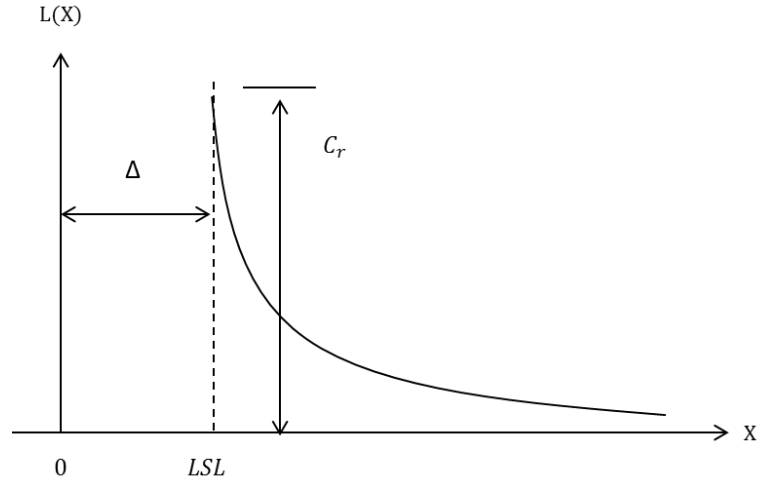
En büyük değer en iyi olduğu fonksiyon (L tipi):

Hedefin sonsuza yaklaşmasıyla birlikte kayıp fonksiyonunun daha iyi bir değer verdiği durumdur. Üst spesifikasyon sınır değeri bulunmamaktadır. $X_0 = \infty$ değerini aldığımda $L(X) = k(X - X_0)^2$ denklemi ∞ değerini almaktadır. Bu problemi çözmek için L tipi fonksiyon karakteristiği S tipine $Y = 1/X$ olmak üzere ve $Y \leq 1/\Delta$ olarak dönüştürülmüştür. Bu durumda kayıp fonksiyonu $L(X) = k'Y^2$ olmaktadır.

Y değişkenini $X = 1/Y$ dönüşümünü kullanarak orijinal X değişkenine dönüştürmek mümkündür. Kayıp fonksiyonu Denklem (2.10)'da belirtilmiştir.

$$L(X) = \frac{k'}{X^2}, \quad X \geq \Delta \quad (2.10)$$

Şekil 2.5'te fonksiyonun gösterimine yer verilmiştir.



Şekil 2.5: En büyük değer en iyi olduğu fonksiyon gösterimi.

$k' = \frac{C_r}{(\frac{1}{\Delta})^2} = C_r \Delta^2$ olmak üzere kayıp fonksiyonunun beklenen değeri Denklem (2.11)'de ifade edilmiştir.

$$E[L(X)] = k' \int_{LSL}^{\infty} \frac{1}{x^2} f(x) dx \quad (2.11)$$

$$E[L(X)] = k' v^2$$

v^2 : Ortalama kare sapması olmak üzere,

$$v^2 = \int_{LSL}^{\infty} x^2 f(x) dx$$

Kayıp fonksiyonunun beklenen değerinin tahmini Denklem (2.12)'de belirtilmiştir.

$$E[L(\hat{X})] = k' \hat{v}^2 \quad (2.12)$$

$$\hat{v}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i \in A} \frac{1}{X_i^2}$$

2.3 Markowitz Yöntemi

Bir portföy seçme işlemi iki aşamada incelenebilir. İlk aşamada süreç, gözlem ve deneyimle başlar ve mevcut yatırım alternatiflerinin gelecekteki performanslarıyla ilgili tahminle sona erer. İkinci aşama ise gelecekteki performanslarla ilgili tahminlerle başlar ve portföy seçimi ile biter (Goldberg, 2011).

Satın alınabilen ve satılabilen yatırım aracı varlık olarak adlandırılmaktadır. Bir tarihte x_0 dolarlık varlık alıp daha sonra x_1 dolara satıldığında,

$$R = \frac{x_1}{x_0} \quad (2.13)$$

Denklem (2.13)'te belirtilen R oranına varlığın getirisi denilmektedir. Varlık üzerindeki getiri oranı ise Denklem (2.14) ile hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{x_1 - x_0}{x_0} \quad (2.14)$$

$$x_1 = R x_0$$

x_0 başlangıç bütçesini varlıklara atamak üzere n varlıktan oluşan bir portföy oluşturulduğunda, herhangi bir i varlığına atanacak miktar Denklem (2.15)'te olduğu gibidir. w_i i varlığının ağırlık faktörüdür.

$$x_{0i} = w_i x_0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.15)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$\text{Toplam yatırım} = \sum_{i=1}^n w_i x_0 = x_0 \sum_{i=1}^n w_i = x_0$$

R_i , i varlığının getirisi olmak üzere portföyün toplam getirisi Denklem (2.16)'da belirtilmiştir.

$$x_1 = \sum_{i=1}^n R_i w_i x_0 = x_0 \sum_{i=1}^n R_i w_i \quad (2.16)$$

Portföy modelleri rutin olarak stratejik planlamada kullanılmaktadır. Satın alma yönetimi daha stratejik hale geldiğinden portföy modellerinin kullanımı son on yılda artmıştır (Khakbaz, Ghapanchi, & Tavana, 2010). Bir tedarik tabanının yönetiminde portföy yaklaşımı kullanılması, tedarik zincirinin risklerini ve çıktıları bir bütün olarak optimize etmeye yardımcı olabilir (Wagner & Johnson, 2004).

Sepehri (2012), çalışmasında Tedarikçi Portföy Yönetimi Uygulama Modeli geliştirerek, tedarikçileri A ve B olmak üzere iki kategoriye ayırmıştır. A kategorisindeki tedarikçiler stratejik yöntemlerle seçilmesi gereken, şirket ortağı olarak düşünülen tedarikçilerdir. B kategorisindeki tedarikçiler ise ihtiyaç temelinde seçilebilen, kendi kategorisinde rekabet eden tedarikçilerdir. Önerilen model İran'da petrol ve gaz endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmada uygulanmıştır. Model öncelikle stratejik parçaların belirleyip, bu parçaların alımının yapılacağı stratejik tedarikçilere yönelimi sağlamıştır.

Portföy seçimi yapılırken nasıl risk alınıyorsa aynı şekilde tedarikçi seçiminde de müşteri bir takım riskle karşı karşıya kalmaktadır. Tedarikçi seçiminin portföy seçimi

yaklaşımına benzetiminden yola çıkarak, bu çalışmada ürünlerin tedarikçiler tarafından teslim süreleri Markowitz yöntemi ile ele alınmıştır. Tedarikçiler bir yatırım kalemi olarak düşünüldüğünde, verilen sipariş miktarları yapılan yatırımı ifade etmektedir. Müşteri tedarikçilere sipariş vererek ürünlerin teslim süreleri için risk almaktadır.



3. MOTİVASYON VE PROBLEMİN TANIMI

Bu çalışmanın motivasyonu, bir savunma sanayi firmasında ele alınacak olan projede kullanılacak malzeme için tedarikçi seçimi ve sipariş ataması problemidir.

Firmanın yardımcı sanayiye iş aktarmasının sebebi dış kaynak kullanım alanlarında ilave yatırım ve işgücü istihdamı yapmaksızın havacılık ve savunma sanayi kabiliyetlerini yardımcı sanayide geliştirmektir.

Günümüzde nihai ürünün montajında kullanılacak tüm malzemelerin firmanın kendi tesislerinde üretimi anlayışı geride kalmıştır (Erdal, 2014). Mühendislik yeteneğini üretimden ziyade rekabet gücünü arttırıp, pazar payını genişletebileceği AR-GE, inovasyon, özgün ürünler geliştirme gibi faaliyetlerde kullanmak da firmanın yardımcı sanayiye iş aktarmasının diğer bir sebebidir.

Bu anlayıştan yola çıkarak, hava aracı üretim programının takvimine ve parametrelerine uyarak, tedarikçileri analitik yöntemler ile değerlendirmek, belirlemek, üretim takvimini destekleyecek şekilde ürünleri firmaya getirebilecek istenilen kalite ve maliyete uygun tedarikçileri seçmek çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Çalışmada firmada yürütülecek uzun vadeli bir hava aracı üretim projesinde kullanılacak olan 2500 adet bağlantı braket malzemesi için tedarikçi seçimi ve sipariş miktarı ataması yapılacaktır.

Varsayımlar:

- Firma aynı ürünün siparişini maksimum 4 farklı tedarikçiye vermek istemektedir.
- Projenin toplam ihtiyacı 2500 adet bağlantı braketidir ve mevcut durumda alternatif tedarikçilere tek bir periyot için sipariş verilecektir.
- Aday tedarikçilerin kapasiteleri toplam talebi karşılamaya elverişli durumdadır.

Çalışmanın akış şemasına Şekil 3.1’de yer verilmiştir.

Süreç, malzemeye ihtiyaç duyulması ile başlar ve buna istinaden imalat mühendisi teknik gereklilikleri belirler. Havuzda olan tedarikçilere teknik isterler teklif paketi ile gönderilmektedir.

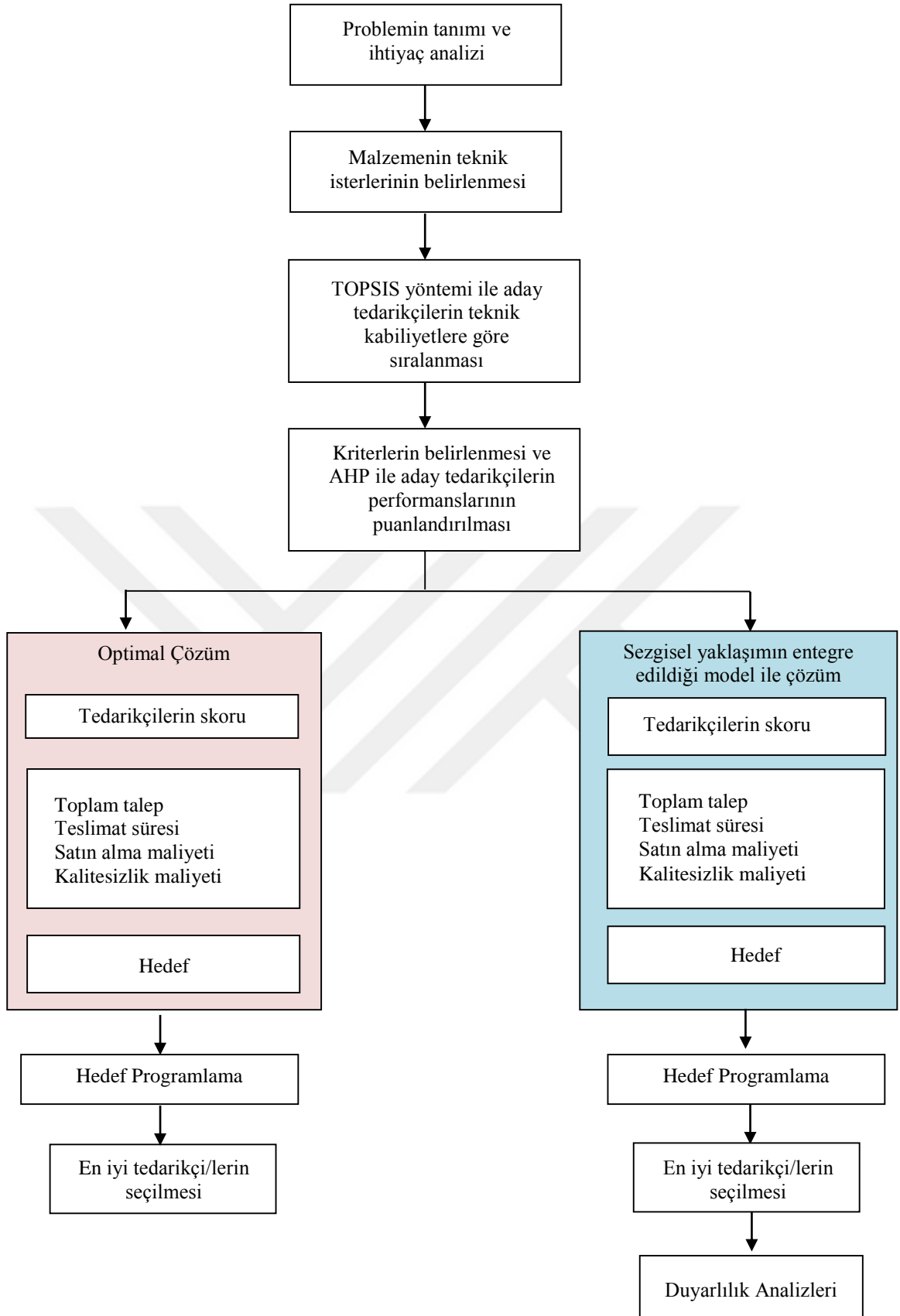
Aday tedarikçilerin sağladığı teklif paketlerinin TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesiyle teknik yeterlilikte olan tedarikçiler belirlenmektedir. Sıralamadan elde edilen ilk dört tedarikçi performanslarının uzmanlar tarafından değerlendirilmesi için grup karar verme yöntemine uygun olan AHP yönteminin uygulandığı adıma aktarılmaktadır.

TOPSIS ve AHP yöntemleri ile alternatif tedarikçiler analitik olarak değerlendirilmektedir. Ancak problemde var olan toplam talep, satın alma maliyeti, ürün kalitesizlik maliyeti, teslimat süreleri kısıtlarıyla birlikte tedarikçi seçimi problemini çözmek için 'Hedef Programlama' ya ihtiyaç duyulmuştur. Firmanın hedefleri ve kısıtları dikkate alınarak geliştirilen matematiksel ve sezgisel modeller Hedef Programlama ile çözülmüştür.

Amaç firmanın hedeflerinden sapmasını en küçükleyen tedarikçiler ile çalışmaktır.

Üç aşamalı metodolojinin önerilmesindeki amaç süreci daha yönetilebilir hale getirmektir. Çalışmanın literatürde çalışılan modellerden farkı parçalı doğrusal maliyet fonksiyonu, Taguchi Yöntemi ve şans kısıtlı programlamaya birlikte yer verilmesidir.

Çalışmaya Taguchi yönteminin dahil edilmesindeki amaç, hedef değerden minimum sapma ile ürünlerin firmaya teslimatını gerçekleştirmektir. Aday tedarikçilerin geçmiş üretim verileri kullanılarak bir sonraki ürün sevkiyatları için kalite kaybını minimize etmek çalışmanın hedefleri arasındadır. Çalışmada ayrıca değişen parametrelerin sonuca etkisi duyarlılık analizleri ile değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1: Tedarikçi seçimi çalışması akış şeması.



4. TEDARİKÇİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde literatürden edinilen bilgiler ışığında tedarikçilerin teknik özelliklerinin ve performanslarının değerlendirilmesine yer verilmiştir. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) metodu ile tedarikçiler teknik yeterliliklerine göre sıralanmaktadır. Firmanın stratejik hedefleri doğrultusunda değerlendirme kriterleri belirlenip Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) metoduyla ise tedarikçilerin uzmanlar tarafından subjektif olarak değerlendirilmesiyle skorları hesaplanmaktadır.

4.1 TOPSIS Yöntemi ile Teknik Yeterliliklerin Değerlendirilmesi

Hava aracı yapımında kullanılacak olan malzemenin teknik isteklerinin imalat mühendisleri tarafından belirlenmesinin ardından tedarikçi havuzunda olan firmalara teklif paketi gönderilmektedir. Firmanın bu teklife cevaben gönderdiği teklif paketinin uzmanlar tarafından değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Literatürde çok kriterli karar verme problemleri incelediğinde nicel girdileri olan problemlerde TOPSIS yönteminin çoğunlukla kullanıldığı gözlemlenmiştir. Tez çalışmamızın bu bölümündeki amaç aday tedarikçilerin teknik özelliklerine göre sıralamasını TOPSIS yöntemi ile yapmaktır.

TOPSIS yöntemi ile ideal çözüme en yakın olan aynı zamanda da negatif ideal çözüme en uzak olan tedarikçiler belirlenecektir.

Yöntemin teorik olarak açıklaması EK-1’de yer almaktadır.

TOPSIS yönteminin uygulama aşamaları:

ADIM 1: Karar matrisinin oluşturulması

Çizelge 4.1’ de aday tedarikçilerden elde edilen bilgilerle karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1: Karar matrisi.

TEDARİKÇİ	KONVENSİYONEL	TEZGAH AYAR	ÜRETİM	EL İŞÇİLİĞİ	ÖLÇÜM
	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)
	K1	K2	K3	K4	K5
Tedarikçi-1	520	10	51000	7500	24500
Tedarikçi-2	550	12	52000	7200	24200
Tedarikçi-3	600	13	53000	7300	23500
Tedarikçi-4	500	10	50000	7200	24000
Tedarikçi-5	570	14	51500	7180	24000
Tedarikçi-6	650	15	52500	7350	23500
Tedarikçi-7	630	15	53000	7350	22500

ADIM 2: Normalize matrisin oluşturulması

Çizelge 4.2’de normalize edilmiş matrise yer verilmiştir.

Çizelge 4.2: Normalize matris.

TEDARİKÇİ	KONVENSİYONEL	TEZGAH AYAR	ÜRETİM	EL İŞÇİLİĞİ	ÖLÇÜM
	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)
	K1	K2	K3	K4	K5
Tedarikçi-1	0,341	0,294	0,372	0,388	0,390
Tedarikçi-2	0,361	0,352	0,379	0,373	0,385
Tedarikçi-3	0,393	0,382	0,386	0,378	0,374
Tedarikçi-4	0,328	0,294	0,364	0,373	0,382
Tedarikçi-5	0,374	0,411	0,375	0,372	0,382
Tedarikçi-6	0,426	0,441	0,383	0,381	0,374
Tedarikçi-7	0,413	0,441	0,386	0,381	0,358

ADIM 3: Ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesi

TOPSIS yönteminin tek subjektif yönü faktörlerin ağırlığı ile normalize matrisin elemanlarının çarpılması işlemidir (Bahadır & Önder, 2015). Ele alınan problemde tedarikçilerin sıralanmasında kullanılan teknik faktörlerin ağırlıkları eşit öneme sahiptir ve ağırlık değeri 0,20’dir. Faktörlerin ağırlıklarının toplamının Denklem (4.1)’de belirtildiği gibi 1’e eşit olması gerekmektedir. Çizelge 4.3’te ağırlıklandırılmış normalize matrisin gösterimi mevcuttur.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (4.1)$$

Çizelge 4.3: Ağırlıklandırılmış normalize matris.

TEDARİKÇİ	KONVENSİYONEL	TEZGAH AYAR	ÜRETİM	EL İŞÇİLİĞİ	ÖLÇÜM
	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)
	K1	K2	K3	K4	K5
	(w ₁ =0,2)	(w ₂ =0,2)	(w ₃ =0,2)	(w ₄ =0,2)	(w ₅ =0,2)
Tedarikçi-1	0,068	0,059	0,074	0,078	0,078
Tedarikçi-2	0,072	0,070	0,076	0,075	0,077
Tedarikçi-3	0,079	0,076	0,077	0,076	0,075
Tedarikçi-4	0,066	0,059	0,073	0,075	0,076
Tedarikçi-5	0,075	0,082	0,075	0,074	0,076
Tedarikçi-6	0,085	0,088	0,077	0,076	0,075
Tedarikçi-7	0,083	0,088	0,077	0,076	0,072

ADIM 4: İdeal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi

Çizelge 4.4'te değerlendirme kriterleri özelinde ideal ve negatif ideal çözüm değerleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.4: İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri.

	KONVENSİYONEL	TEZGAH AYAR	ÜRETİM	EL İŞÇİLİĞİ	ÖLÇÜM
	Min	Min	Min	Min	Maks
	K1	K2	K3	K4	K5
İdeal çözüm değerleri	0,066	0,059	0,073	0,074	0,078
Negatif ideal çözüm değerleri	0,085	0,088	0,077	0,078	0,072

ADIM 5: İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerlerinin elde edilmesi

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da aday tedarikçilerin ideal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.5: İdeal noktalara olan uzaklık değerleri.

TEDARİKÇİ	KONVENSİYONEL	TEZGAH AYAR	ÜRETİM	EL İŞÇİLİĞİ	ÖLÇÜM	S _i *
	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	
	K1	K2	K3	K4	K5	
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Tedarikçi-1	0,00001	0	0	0,00001	0	0,00447
Tedarikçi-2	0,00004	0,00014	0,00001	0	0	0,01380
Tedarikçi-3	0,00017	0,00031	0,00002	0	0,00001	0,02266
Tedarikçi-4	0	0	0	0	0	0,00160
Tedarikçi-5	0,00008	0,00055	0	0	0	0,02537
Tedarikçi-6	0,00039	0,00086	0,00001	0	0,00001	0,03572
Tedarikçi-7	0,00029	0,00086	0,00002	0	0,00004	0,03487

Çizelge 4.6: Negatif ideal noktalara olan uzaklık değerleri.

TEDARİKÇİ	KONVENSİYONEL	TEZGAH AYAR	ÜRETİM	EL İŞÇİLİĞİ	ÖLÇÜM	S _i
	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	(DK)	
	K1	K2	K3	K4	K5	
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Tedarikçi-1	0,00029	0,00086	0,00001	0	0,00004	0,03467
Tedarikçi-2	0,00017	0,00031	0	0,00001	0,00003	0,02288
Tedarikçi-3	0,00004	0,00014	0	0	0,00001	0,01398
Tedarikçi-4	0,00039	0,00086	0,00002	0,00001	0,00002	0,03607
Tedarikçi-5	0,00011	0,00003	0	0,00001	0,00002	0,01353
Tedarikçi-6	0	0	0	0	0,00001	0,00362
Tedarikçi-7	0,00001	0	0	0	0	0,00305

ADIM 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Yapılan analizler sonucu 7 aday tedarikçinin ideal çözüme göreli yakınlıklarının sıralamasına Çizelge 4.7’de yer verilmiştir.

Çizelge 4.7: Tedarikçilerin sıralanması.

TEDARİKÇİ	S _i *	S _i	C _i *	SIRALAMA
Tedarikçi-1	0,004471	0,034674	0,885794	2
Tedarikçi-2	0,013801	0,022881	0,623766	3
Tedarikçi-3	0,022656	0,01398	0,381595	4
Tedarikçi-4	0,001605	0,036071	0,957404	1
Tedarikçi-5	0,025372	0,013531	0,347806	5
Tedarikçi-6	0,035722	0,003616	0,091921	6
Tedarikçi-7	0,034872	0,003048	0,080376	7

Firma aynı ürünün siparişini maksimum 4 farklı tedarikçiye vermek istemektedir, bu sebeple bir sonraki aşamalara ideal çözüme en yakın olan 4 tedarikçi ile devam edilecektir.

4.2 Yöntemi ile Performans Değerlendirmesi

4.2.1 Kriterlerin belirlenmesi

Tedarikçileri değerlendirme kriterleri, firmanın içerisinde bulunduğu sektörün stratejik hedeflerine göre belirlenmelidir. Müşteri isterlerine hitap eden kriterler belirlendikten sonra tedarikçilerin değerlendirilmesi, performanslarının ölçülmesi o kriterlerin ışığında yapılmalıdır.

Dickson (1966), tedarikçi seçim probleminde kriterleri belirlemek üzere kapsamlı bir anket çalışması yapıp kalite, teslimat, performans geçmişi, garanti politikası, üretim tesisleri, kapasite ve maliyet başta olmak üzere 23 kriter belirlemiştir.

Çizelge 4.8’de tedarikçileri değerlendirme veya seçim problemlerinin ele alındığı çeşitli sektörlerdeki çalışmalarda kullanılan değerlendirme faktörleri belirtilmiştir. Maliyet, kalite, teslimat kriterleri hemen hemen birçok sektörde ortakken, Plastik Sanayi ve Tarım-Gıda Endüstrisinde çevre yönetim sistemleri ve iş sağlığı ve güvenliği değerlendirme kriteri olarak ele alınmıştır. Otomotiv Endüstrisinde ise ürün ve müşteri çeşitliliklerinin sağlayacağı avantaj düşünüldüğünde tedarikçilerin değerlendirilmesi açısından önemli iki noktadır. Savunma Sanayinde ise tedarikçilerin kurumsal performansı, teslimat süreleri, talep değişimlerine cevap verme imkânı, güvenlik değerlendirilen kriterler arasındadır.

Literatürde ele alınan kriterler ve şirketin stratejik hedefleri düşünülerek aşağıdaki kriterler çalışmada kullanılmıştır.

1) Kalite

- a) Kalite sertifika kontrolü: AS9100 Uzay ve Havacılık Sektöründe Kalite Yönetim Sistemi Standardı belgesine sahip olma durumunu değerlendiren kriterdir.
- b) Muayene metodu: Havacılık sektöründe uçak parçasının uygunsuzluğunun tespit edilmesi için gerekli incelemeyi yapabilecek teknolojik alt yapıya sahip olmayı değerlendiren kriterdir. Tahribatsız muayene işlemleri, CMM

cihazının kullanım, ölçüm denetimi, projeksiyon kaynak muayenesi ve daha birçok teknik yöntemlerin değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Çizelge 4.8: Sektör bazında tedarikçi seçim değerlendirme kriterleri.

Yazar	Sektör	Değerlendirme Kriterleri
(Li, Chen, & Wang, 2006)	Havacılık ve Uzay Sanayi	Kurumsal Performans, Üretim Yeteneği, Geliştirme Yeteneği, Sinerji Yeteneği, Teklif Riski
(Moalem, Herbon, Shnaiderman, & Templeman, 2010)	Sağlık Hizmetleri	Maliyet, Teslimat Zamanı, İtibar, Hata Oranı, Coğrafik Konum
(İÇ, 2012)	Bankacılık	Toplam Kârın Toplam Varlıklara Oranı, Personel Başına Kâr Oranı, Hedef Gerçekleştirme Oranı
(Rezaei, Fahim, & Tavasszy, 2014)	Havayolu Perakende	Maliyet, Ürün Kalitesi, Teslimat, Finansal İstikrar, Kurumsal Sosyal Sorumluluk, Çeşitlilik
(Demirtaş & Akdoğan, 2014)	Savunma Sanayi	Fiyat, Kapasite, Kalite, Teslimat Zamanı, Talep Değişimlerine Cevap Verme İmkani, Türkiye Temsilcilikleri, Güvenlik (Kritik Teknolojilerin Milli Olması)
(Dweiri & Kumar , S., Khan, S., & Jain, V., 2016)	Otomotiv Sektörü	Maliyet, Kalite, Teslimat, Servis
(Alessandro & Calabreseb, 2018)	Otomotiv Sektörü	Müşteri Çeşitliliği, Piyasa Konsantrasyonu, Ürün Çeşitliliği, Premium Marka, Teknoloji
(Cheraghalipour & Farsad, 2018)	Plastik Sanayi	Maliyet, Kalite, Teslimat, Bağlılık, Çevre Yönetim, Çevre Kirliliği, Sera Gazı Salınımı, İş Sağlığı ve Güvenliği, Ücret ve Çalışma Saatleri
(Banaeian, Mobli, Fahimnia, & Nielsen, 2018)	Tarım-Gıda Endüstrisi	Servis Seviyesi, Kalite, Maliyet, Çevre Yönetim Sistemi

2) Teklif gerekliliklerine uyumluluk

- a) Genel bütünlük: Müşteri isterlerinin kolay bir şekilde anlaşılması ve karşılıklı ilişkilerin değerlendiren kriterdir.
- b) Genel cevap verebilirlik: Müşteri isterlerinin karşılanabilmesi, değişen taleplere ve tasarımlara uyum sağlama durumu, müşterinin talep ettiği düzeltici önlemleri karşılama yeteneğinin değerlendirildiği kriterdir.
- c) Zamanında teslimat: Teslimat takvimine sağlanan uyumun kontrol edildiği kriterdir.

- 3) Fiyat: Müşterinin belirlediği fiyat sınırının, tedarikçinin teklifinin neresinde kaldığı, zamanında uygun maliyetli teklif verme yeteneği ve tedarikçinin indirimli fiyat tekliflerinin değerlendirildiği kriterdir.
- 4) Risk ve güvelik
 - a) Endüstriyel risk: İşletmenin yüklendiği risk gruplarına göre gerekli tedbirlerin alınıp alınmadığının değerlendirildiği kriterdir.
 - b) Ürün riski: Talep, pazar, stok, fiyat, kalite ve operasyonel risklere karşı alınan önemleri gösteren kriterdir.
- 5) Teknoloji
 - a) AR&GE: Firmanın AR&GE' ye yaptığı yatırım, AR&GE yeteneğini gösteren kriterdir.
 - b) Tasarım: Firmanın kendi tasarımını yaptığı ürün sayısı, müşterinin bir ürün talebine istinaden geliştirdiği alternatif tasarımları değerlendiren kriterdir.
 - c) Üretim metodu: Tedarikçilerin üretim metodunun müşterinin isterlerine uygunluğunun değerlendirildiği kriterdir.
- 6) Firma imajı
 - a) İhtiyaçlarını karşılayabilecek tedarikçi kabiliyeti: Tedarikçilerin sahip olduğu tedarikçi gücünü değerlendiren kriterdir.
 - b) Organizasyonel yapı: Organizasyon yapısı bir firmanın sadece hiyerarşik yapısını değil firmanın neye önem verdiğini, kaynaklarını nasıl kullandığını, rekabet gücünü gösteren bir yapıdır (Organizasyon Şeması Değerlendirme Çalışması, GES Yönetim Danışmanlığı). Bu sebeple değerlendirme kriteri olarak ele alınmıştır.

4.2.2 Kriterlerin ve aday tedarikçilerin değerlendirilmesi

Kriterlerin değerlendirilmesi ve aday tedarikçilerin puanlandırması aşamasında Analitik Hiyerarşi Süreci tekniğinden faydalanılmıştır. AHP, hem nitel hem de nicel değerlendirme yapma fırsatı sağlayan bir ÇKKV yöntemidir. Bu özelliği AHP' nin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. AHP, kriterlerin ve alt kriterlerin önem derecelerine göre ağırlıklarını belirleyerek çok boyutlu problemlerin tek boyuta

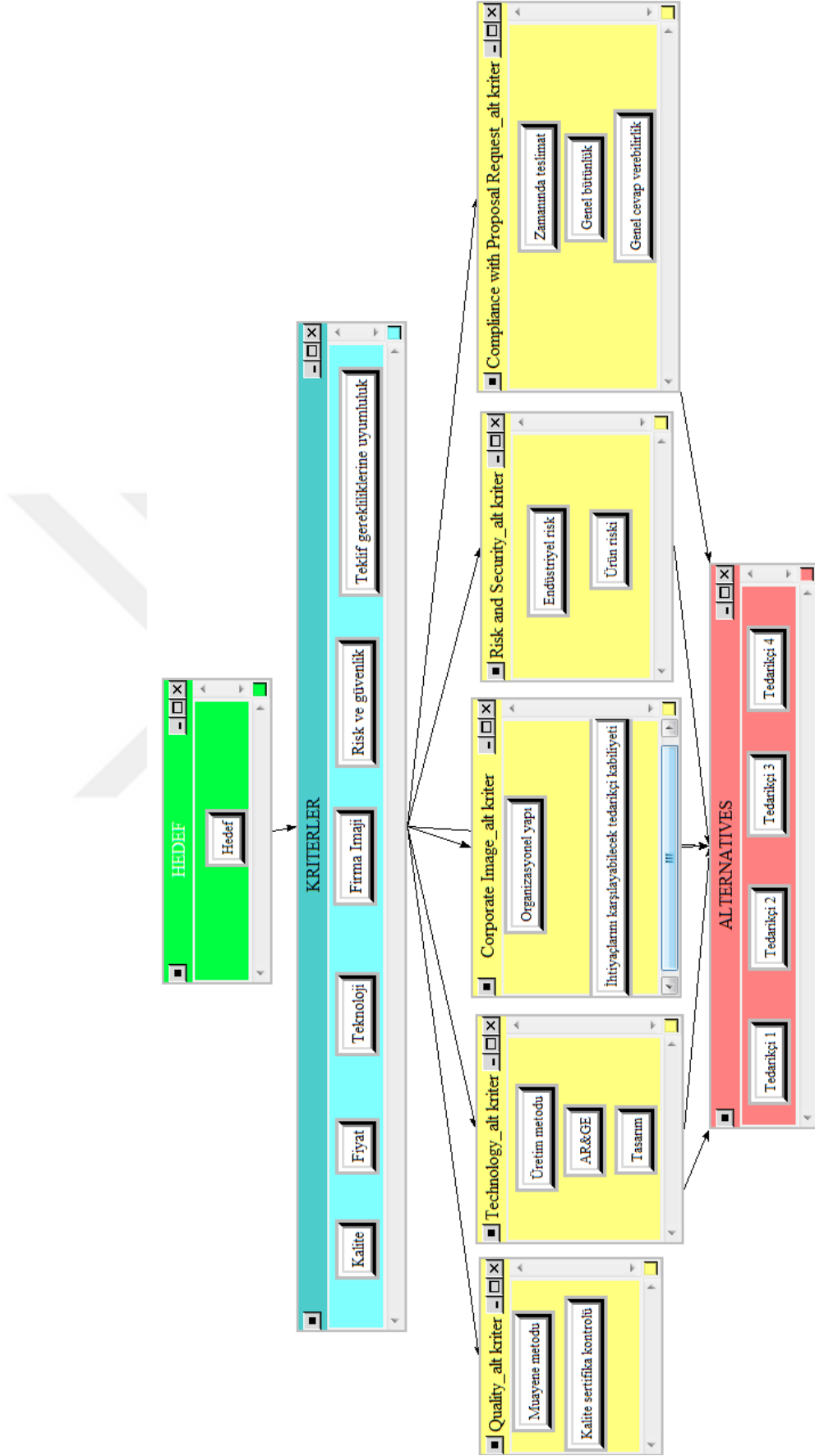
indirgenmesini sağlamaktadır (Bahadır & Önder, 2015). AHP tekniğinin matematiksel gösterimine EK-2’de yer verilmiş.

Çalışmada kriterlerin belirlenmesi ve aday tedarikçilerinin önceliklendirilmesinde AHP algoritması ile çalışan Super Decisions paket programı kullanılmıştır. 1999-2003 yılları arasında William Adams ve Rozann W. Saaty tarafından ANP ve AHP yöntemlerini uygulayarak karar vericilerin alternatiflerini değerlendirmeleri için geliştirilen bir paket programıdır. Karar elemanları, kümeler ve düğümlerden oluşmaktadır. Düğümler ve kümelerin oklar ile bağlantısı yapılmaktadır. Bütün bağlantılar tamamlandıktan sonra kriterlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılabilmektedir. İkili karşılaştırmalar Saaty’nin 1-9 skalasına göre yapılmaktadır (Saaty, 2016). Problemin hiyerarşik yapısına Şekil 4.1’de yer verilmiştir.

İkili karşılaştırmaların yapıldığı ara yüz ise Resim 4.1’de gösterilmiştir. Ara yüz üç bölmeden oluşup, ilk bölümünde karşılaştırması yapılacak faktör seçilmektedir. İkinci bölümünde ikili karşılaştırmalar Saaty ölçeğine göre yapılmakta olup son bölümde alternatiflerin önem derecelerini ve bununla birlikte tutarsızlık oranını da gösteren bir sütun mevcuttur.

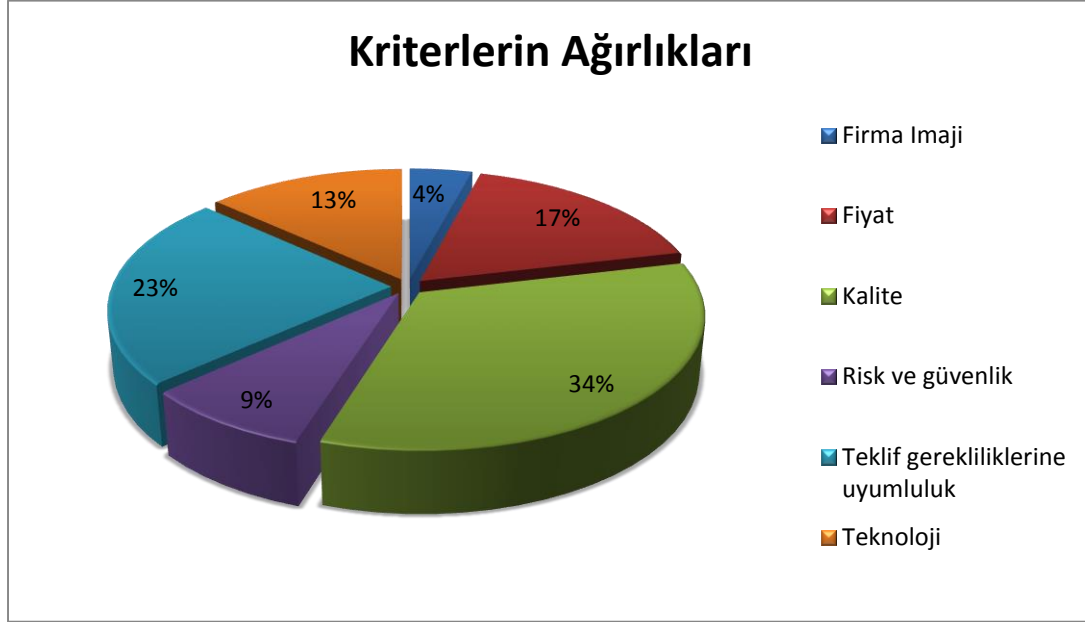
1. Choose	2. Node comparisons with respect to Fiyat	3. Results
Node Cluster Choose Node Fiyat Cluster: KRITERLER Choose Cluster ALTERNATIVES Restore	Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct Comparisons wrt "Fiyat" node in "ALTERNATIVES" cluster Tedarikçi 2 is equally to moderately more important than Tedarikçi 1 1. Tedarikçi 1 >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tedarikçi 2 2. Tedarikçi 1 >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tedarikçi 3 3. Tedarikçi 1 >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tedarikçi 4 4. Tedarikçi 2 >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tedarikçi 3 5. Tedarikçi 2 >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tedarikçi 4 6. Tedarikçi 3 >=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 2 3 4 5 6 7 8 9 >=9.5 No comp. Tedarikçi 4	Normal Hybrid Inconsistency: 0.01716 Tedarikçi~ 0.19358 Tedarikçi~ 0.35644 Tedarikçi~ 0.12426 Tedarikçi~ 0.32573 Completed Comparison Copy to clipboard

Resim 4.1: İkili karşılaştırmaların yapıldığı ara yüzün görünümü.



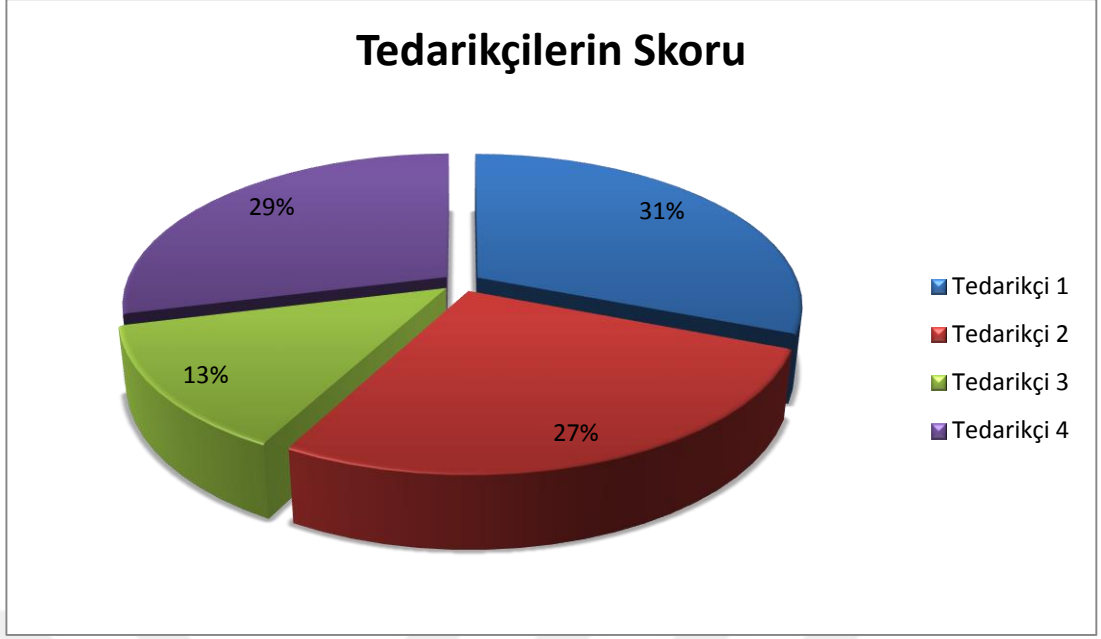
Şekil 4.1: Problemin hiyerarşik yapısı.

Kriterlerin değerlendirilmesi yardımcı sanayi stratejileri uzmanlarının eşliği ile yapılmıştır.



şekil 4.2: Değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları.

Havacılık, hata kabul etmeyen bir sektördür. Aday tedarikçilerin ürünleri uygun muayene metotlarına göre muayene etmesi, Kalite Yönetim Sistemi Standardı belgesine sahip olması uzmanlar tarafından hassasiyetle değerlendirilmektedir. Firmanın kalite kriterine verdiği önemin müşteri memnuniyeti ile doğrudan ilişkisi olduğu düşünüldüğünde en yüksek önceliğe sahip kriter olarak belirlenmiştir. Zamanında teslimat, müşteri taleplerinin kolay bir şekilde anlaşılması, değişen taleplere ve tasarımlara uyum sağlama yeteneği gibi noktaları içerisinde barındıran teklif gerekliliklerine uyum kriteri kaliteyi izleyen ikinci öncelikli değerlendirme kriteri olmuştur. Bu iki kriteri sırasıyla fiyat, teknoloji, risk ve güvenlik son olarak da firmanın imajı kriterleri takip etmiştir. Uzman görüşleri ile yapılan değerlendirmeler neticesinde kriterlerin ağırlıkları ve tedarikçilerin performans skorları şekil 4.2 ve şekil 4.3'te belirtilmiştir. İekli karşılaştırmaların ayrıntıları EK-3'te mevcuttur.



Şekil 4.3: Tedarikçilerin skoru.

İkili karşılaştırmalarla elde edilen tedarikçi skorları, toplam satın alınan ürünlerin ağırlıklı değerinin en büyüklenmesi amacıyla Hedef Programlama'ya dahil edilmiştir. Aday tedarikçilerin performanslarına göre skor sıralaması Tedarikçi-1, Tedarikçi-4, Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-3 olarak belirlenmiştir.



5. TEDARİKÇİLERİN ANALİZİ

Tedarikçilerin değerlendirmelerinin tamamlanmasıyla birlikte, bu bölümde olurlu çözüm içerisinde yer alan tedarikçilerin kalite, ürün maliyetlendirmeleri ve ürün teslimat sürelerinin analizlerine yer verilmiştir. Hangi problemlerin, hangi tedarikçilerde kalitesizlik maliyetlerine sebep olduğu, ürünlerin birim maliyetlerinin yanı sıra indirimli fiyat teklifi sunan tedarikçilerin teklif yapısından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Tedariği yapılan ürünlerin daha önce yapılan teslimat sürelerinin rassal olarak ele alınmasıyla temin süresi kısıtı oluşturulmuştur. Tüm bu analizler problemin çözümü için geliştirilen matematiksel modele girdi niteliğindedir.

5.1 Kalite Maliyetlerinin Hesaplanması

Tedariği yapılan malzemenin kalitesinin üretim süreci üzerinde çok önemli bir etkisi vardır. Bu etki çalışmamızda analitik yöntemlerle de gösterilmiştir. Tedarikçilerden gelen ürünlerin uygunsuzluğu, geri dönüş, onarım, yeniden işleme ve hurdaya ayırma faaliyetlerinin fazla olması üretim sürecini olumsuz yönde etkileyip hava aracı üzerinde diğer işlemlerin yapılmasını da geciktirmektedir. Dolayısıyla bu durum üretimde katma değersiz süreçlerin oluşmasına yol açmaktadır.

Çalışma kapsamında tedariği yapılmak istenen ürünün daha önceki dönemlerde satın alımı olmuştur. Ancak bir takım uygunsuzluklar tespit edilip raporlar yazılmıştır. Bu bölümde Kasım 2007- Kasım 2017 yılları arasında tedariği yapılan söz konusu malzemeyle ilgili 51 vaka ve bu durumdan etkilenen 655 adet malzemenin analizi yapılarak, aday tedarikçilerin olası kalite kayıp maliyetleri hesaplanacaktır. Çizelge 5.1' de vaka incelemesine, Çizelge 5.2'de uygunsuz malzeme sayılarının gösterimine yer verilmiştir.

Daha önceki bölümlerde TOPSIS ve AHP yöntemleri ile değerlendirdiğimiz Tedarikçi-2 bu malzemenin tedariği özelinde tedarikçi havuzuna yeni girmiştir, bu sebeple 51 vakada Tedarikçi-2'ye yer verilmemiştir. Tedarikçi-2 için olası kalitesizlik maliyeti daha önce aynı proje için ürettiği benzer malzemeye yazılan uygunsuzluk raporları ile hesaplanacaktır.

Yazılan uygunsuzluk raporları bir kurul tarafından değerlendirilip ardından

- Firmaya gönderim,
- Hurda,
- Onarım,
- Yeniden işleme gibi dört farklı sonuca ulaşabilmektedir.

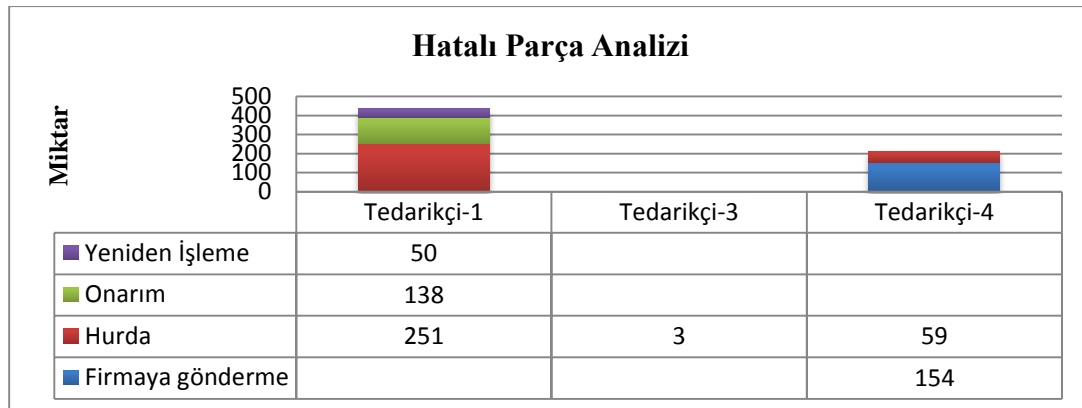
Şekil 5.1'de hatalı parçaların tedarikçiler özelinde durum bilgilerine yer verilmiştir.

Çizelge 5.1: Tedarikçilerin kalite uygunsuzluk vaka durumları.

Tedarikçi	İşlem				Toplam Vaka Sayısı
	Firmaya gönderme	Hurda	Onarım	Yeniden İşleme	
Tedarikçi-1		28	1	4	33
Tedarikçi-3		1			1
Tedarikçi-4	2	15			17
Toplam Vaka Sayısı	2	44	1	4	51

Çizelge 5.2: Tedarikçilerden sağlanan uygunsuz malzeme durumları.

Tedarikçi	İşlem				Vakadan etkilenen toplam malzeme sayısı
	Firmaya gönderme	Hurda	Onarım	Yeniden İşleme	
Tedarikçi-1		251	138	50	439
Tedarikçi-3		3			3
Tedarikçi-4	154	59			213
Vakadan etkilenen toplam malzeme sayısı	154	313	138	50	655



Şekil 5.1: Hatalı parça durum bilgisi.

Çizelge 5.3: Hata sınıflandırması.

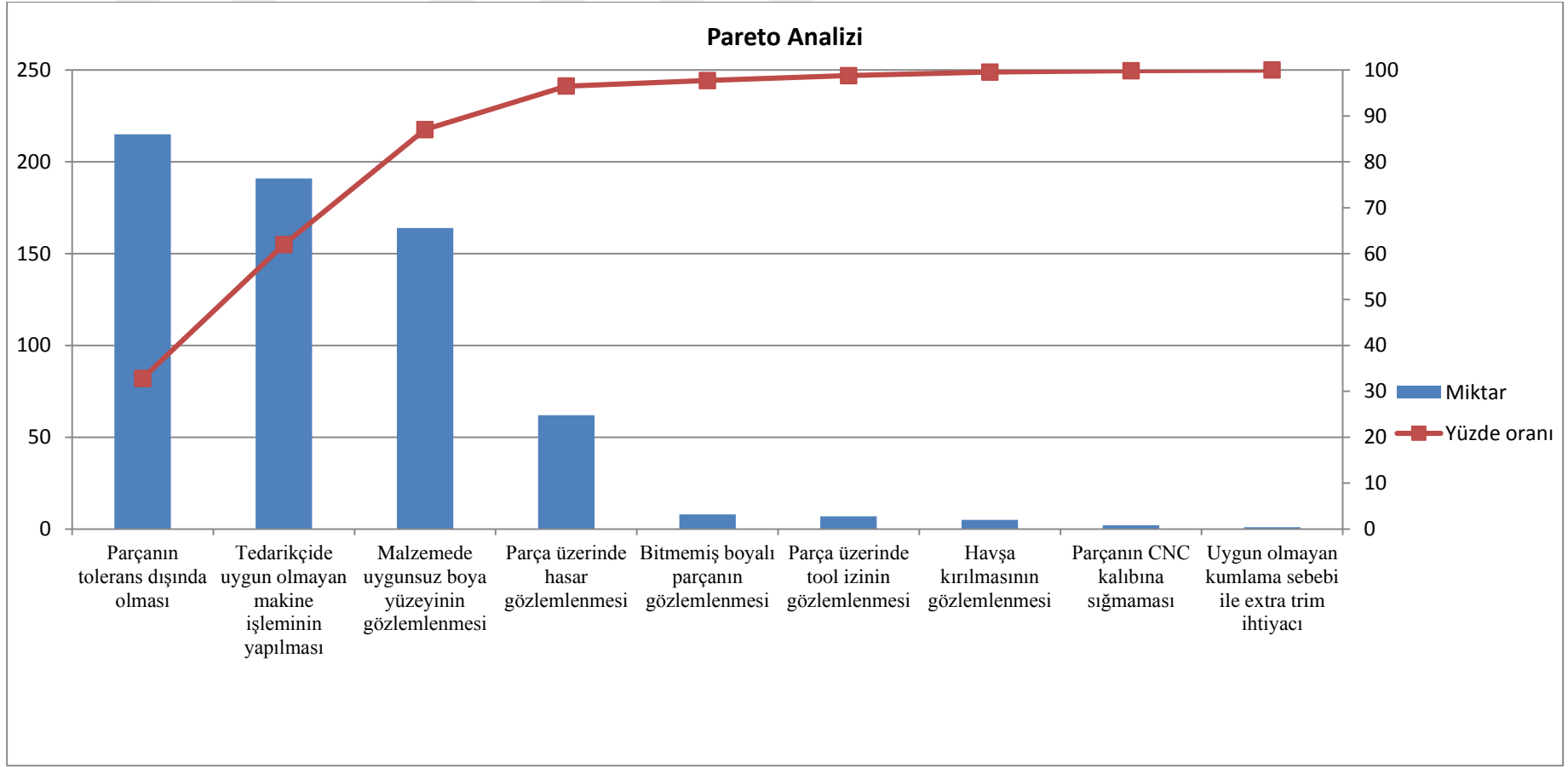
Hata Sınıflandırması	Tedarikçi-1	Tedarikçi-3	Tedarikçi-4	Genel Toplam
Bitmemiş boyalı parçanın gözlemlenmesi			8	8
Havşa kırılmasının gözlemlenmesi			5	5
Malzemede uygunsuz boya yüzeyinin gözlemlenmesi	10		154	164
Parça üzerinde hasar gözlemlenmesi	41		21	62
Parça üzerinde tool izinin gözlemlenmesi	3	3	1	7
Parçanın CNC kalıbına sığmaması			2	2
Parçanın tolerans dışında olması	193		22	215
Tedarikçide uygun olmayan makine işleminin yapılması	191			191
Uygun olmayan kumlama sebebi ile ekstra trim ihtiyacı	1			1
Genel Toplam	439	3	213	655

Parça üzerindeki uygunsuzluğun sebeplerini nispeten daha önemsiz sebeplerden ayırmak amacıyla pareto analizi uygulanmıştır. Çizelge 5.3'te tedarikçilerden kaynaklanan hataların sınıflandırılmasına yer verilmiştir. Ürün uygunsuzluğunda karşılaşılan problemlere hangi tedarikçilerin sebep olduğu burada belirtilmiştir. En fazla karşılaşılan problem parçanın tolerans dışında olmasıdır. Bu problemi tedarikçide uygun olmayan makine işleminin yapılması ve malzemede uygunsuz boya yüzeyinin gözlemlenmesi izlemektedir.

Şekil 5.2'de Pareto diyagramından anlaşıldığı gibi parçanın sebep olduğu uygunsuzluğun %80'i;

- Parçanın tolerans dışında olması,
- Tedarikçide uygun olmayan makine işleminin yapılması
- Malzemede uygunsuz boya yüzeyinin gözlemlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Öncelikli olarak ilk kalite karakteristiği, parçanın tolerans dışında olması, Taguchi'nin kalite kayıp fonksiyonu yardımıyla maliyeti hesaplamak üzere ele alınmıştır. Diğer karakteristiklerin analizine de bu analizin ardından yer verilmiştir.



Şekil 5.2: Pareto Analizi.

İki bushing arasındaki eş merkezliliğin tolerans sınırları dışında olması sebebiyle makine ile işleme faaliyetleri yapılamayan 145 adet malzeme için Taguchi'nin kalite kayıp maliyeti hesaplanmıştır. Çizelge 5.4'te bu hataya sebep olan tedarikçilere ve malzemelere uygulanan işlemin bilgisine yer verilmiştir.

Çizelge 5.4: Tolerans dışı sağlanan malzeme durumları.

Tedarikçi	İşlem		Genel Toplam
	Hurda	Onarım	
Tedarikçi-1		138	138
Tedarikçi-4	7		7
Genel Toplam	7	138	145

Taguchi kalite kayıp fonksiyonu ile hedef değerden sapma maliyetlerinin hesaplanması:

Tedarikçi-1 için:

Tedarikçi-1'den sağlanan 138 adet malzemenin müşterinin belirlediği spesifikasyonların dışında olması sebebiyle uygunsuzluğu raporlanmıştır. Bu 138 adet malzemenin ölçülen üretim değerleri EK 4'te sunulmuştur. Yapılan gözlemler müşteri isterlerinin ortalamasının Tedarikçi-1'in üretimini gerçekleştirdiği değerlere sayısal olarak yakın olmasına rağmen üretimi yapılan parçaların spesifikasyon limitlerinin dışında olduğunu göstermektedir. Çizelge 5.5'te firmanın gerçekleştirdiği üretimin özet bilgisi gösterilmiştir.

Çizelge 5.5: Tedarikçi-1 tolerans dışı malzeme incelemesi.

Müşteri Spesifikasyonu: 0,438±0,0005		Gerçekleşen:	
Ortalama:	0,438	Ortalama:	0,4384
LSL:	0,4375	Varyans:	0,0001
USL:	0,4385	St. Sapma:	0,0087

Spesifikasyon limitleri dışında olan malzemeler için yazılan ürün uygunsuzluğu raporu onarım kararı ile sonuçlanmıştır. Yazılan ürün uygunsuzluğu raporlarına istinaden malzemelerin onarım işlemi sırasında girilen işçilikler doğrultusunda firma

tarafından C_r değeri 0,053358 olarak kabul edilmiştir. Firmanın ürünü reddetme maliyeti aşağıda belirtildiği gibi elde edilmiştir.

$$k = \frac{C_r}{\Delta^2} = \frac{0,053358}{0,0005^2} = 213432$$

$$E[L(X)] = k' \int_{0,4375}^{0,4385} (x - 0,438)^2 f(x) dx$$

$$\hat{v}^2 = \frac{1}{138} \sum_{i \in A} (X_i - 0,438)^2 = 0,0000749$$

$$E[L(\hat{X})] = k' \hat{v}^2$$

$$E[L(\hat{X})] = 16\$ \text{ birim onarım maliyeti olarak hesaplanmıştır.}$$

Tedarikçi-4 için:

Tedarikçi-4'ten sağlanan yedi adet malzemenin müşterinin belirlediği spesifikasyonların dışında olması sebebiyle uygunsuzluğu raporlanmıştır, rapor sonucuna göre yedi adet malzemenin hurda edilmesine karar verilmiştir. Bu yedi adet malzemenin ölçülen üretim değerleri EK 4'te sunulmuştur. Çizelge 5.6'da firmanın gerçekleştirdiği üretimin özet bilgisi gösterilmiştir.

Çizelge 5.6: Tedarikçi-4 tolerans dışı malzeme incelemesi.

Müşteri Spesifikasyonu: 0,438±0,0005		Gerçekleşen:	
Ortalama:	0,438	Ortalama:	0,4026
LSL:	0,4375	Varyans:	0,0003
USL:	0,4385	St. Sapma:	0,0174

C_s değeri 0,03136 olarak kabul edilmiştir.

$$k = \frac{C_s}{\Delta^2} = \frac{0,03136}{0,0005^2} = 125440$$

$$E[L(X)] = k' \int_{0,4375}^{0,4385} (x - 0,438)^2 f(x) dx$$

$$\hat{v}^2 = \frac{1}{7} \sum_{i \in A} (X_i - 0,438)^2 = 0,00155$$

$$E[L(\hat{X})] = k'\hat{\sigma}^2$$

$$E[L(\hat{X})] = 194,99 \$ \text{ birim hurda maliyeti olarak hesaplanmıştır.}$$

Çizelge 5.7'de Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4 için parçanın tolerans dışında üretildiği durumda katlanılan maliyetler hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7: Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4 için Taguchi kalite kayıp maliyetleri.

Tedarikçi	Parçanın tolerans dışında üretilmesinden kaynaklanan hata miktarı	Hata Yüzdesi	Birim kalite kayıp maliyeti(\$)	Tedarikçinin potansiyel birim kayıp maliyeti(\$)
Tedarikçi-1	138	1,37%	16	0,2198
Tedarikçi-4	7	0,11%	195	0,2058

Raporlar 7 senelik verileri içerdiği için bu zaman aralığında tedarikçilere verilen Şekil 7.1'de belirtilen sipariş dağılımına göre hata oranları hesaplanmıştır.

Toplam olası birim kalite kayıp maliyetlerinin hesaplanması:

Tedarikçi-1: $4.705 + 0.2198$ (Taguchi Kalite Kayıp Maliyeti) = 4,925\$/birim

Çizelge 5.8’de Tedarikçi-1’e ait kalite kayıp maliyetinin ayrıntılı hesaplamasına yer verilmiştir.

Çizelge 5.8: Tedarikçi-1 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.

Kalite Karakteristiği	Hurda adeti	Yeniden İşleme adeti	Genel Toplam	Hurda Maliyeti (birim maliyet:195\$)	Yeniden İşleme Maliyeti (birim maliyet:18\$)	Toplam Maliyet	Gerçekleşen Birim Kayıp Maliyeti(\$) (Toplam Maliyet/Toplam uygunsuz ürün sayısı)	Hata ile karşılaşma olasılığı	Kalite spesifikasyonunun olası birim maliyeti
Malzemede uygunsuz boya yüzeyinin gözlemlenmesi	10		10	1950		1950	195,000	0,001	0,195
Parça üzerinde hasar gözlemlenmesi	38	3	41	7410	54	7464	182,049	0,004	0,743
Parça üzerinde tool izinin gözlemlenmesi	3		3	585		585	195,000	0,0003	0,058
Tedarikçide uygun olmayan makine işleminin yapılması	191		191	37245		37245	195,000	0,019	3,708
Uygun olmayan kumlama sebebi ile extra trim ihtiyacı	1		1	195		195	0,005	0,0001	0,000001
Genel Toplam	243	3	246						4,705

Tedarikçi-2:

Tedarikçi-2'ye bu malzeme için daha önce sipariş açılmamış, yeni bir aday tedarikçidir. Bu sebeple olası kalite kayıp maliyeti hesaplanırken daha önce aynı proje için sağladığı benzer bir malzemenin kalite uygunsuzluk raporları incelenerek Çizelge 5.9'da maliyet bilgisine ulaşılmıştır.

Çizelge 5.9: Tedarikçi-2 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.

İşlem Kategorisi	Olası birim maliyet
Firmaya gönderme	0,2120
Yeniden işleme	0,8040
Hurda	6,9967
Genel Toplam	8,0126

Tedarikçi-3:

Çizelge 5.10'da Tedarikçi-3'e ait kalite kayıp maliyetinin detaylı bilgisine yer verilmiştir.

Çizelge 5.10: Tedarikçi-3 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.

Kalite Karakteristiği	Hurda	Genel Toplam	Hurda Maliyeti (195\$)	Toplam Maliyet	Gerçekleşen Birim Kayıp Maliyeti	Hata ile karşılaşma olasılığı	Kalite spesifikasyonunun olası birim maliyeti
Parça üzerinde tool izinin gözlemlenmesi	3	3	585	585	195	0,00295858	0,577
Genel Toplam	3	3					

Tedarikçi 4: $1,552 + 0,2058$ (Taguchi Kalite Kayıp Maliyeti) = 1,7578\$/birim

Çizelge 5.11’de Tedarikçi-4’e ait kalite kayıp maliyetinin detayları incelenmiştir.

Çizelge 5.11: Tedarikçi-4 toplam olası birim kalite kayıp maliyetleri.

Kalite Karakteristiği	Firmaya gönderme	Hurda	Genel Toplam	Firmaya gönderme maliyeti	Hurda Maliyeti	Toplam Maliyet	Gerçekleşen Birim Kayıp Maliyeti	Hata ile karşılaşma olasılığı	Kalite spesifikasyonunun olası birim maliyeti
Bitmemiş boyalı parçanın gözlemlenmesi		8	8		1560	1560	195	0,00121	0,235
Havşa kırılmasının gözlemlenmesi		5	5		975	975	195	0,00075	0,147
Malzemede uygunsuz boya yüzeyinin gözlemlenmesi	154		154	3080	0	3080	20	0,02321	0,464
Parça üzerinde hasar gözlemlenmesi		21	21		4095	4095	195	0,00317	0,617
Parça üzerinde tool izinin gözlemlenmesi		1	1		195	195	195	0,00015	0,029
Parçanın CNC kalıbına sığmaması		2	2		390	390	195	0,00030	0,059
Genel Toplam	154	37	191						1,552

5.2 Ürün Maliyet Yapısının İncelenmesi

Gerçek hayatta tedarikçi seçim süreçlerinin çoğunda aday tedarikçilerin sağladıkları indirimli fiyat teklifleri vardır.

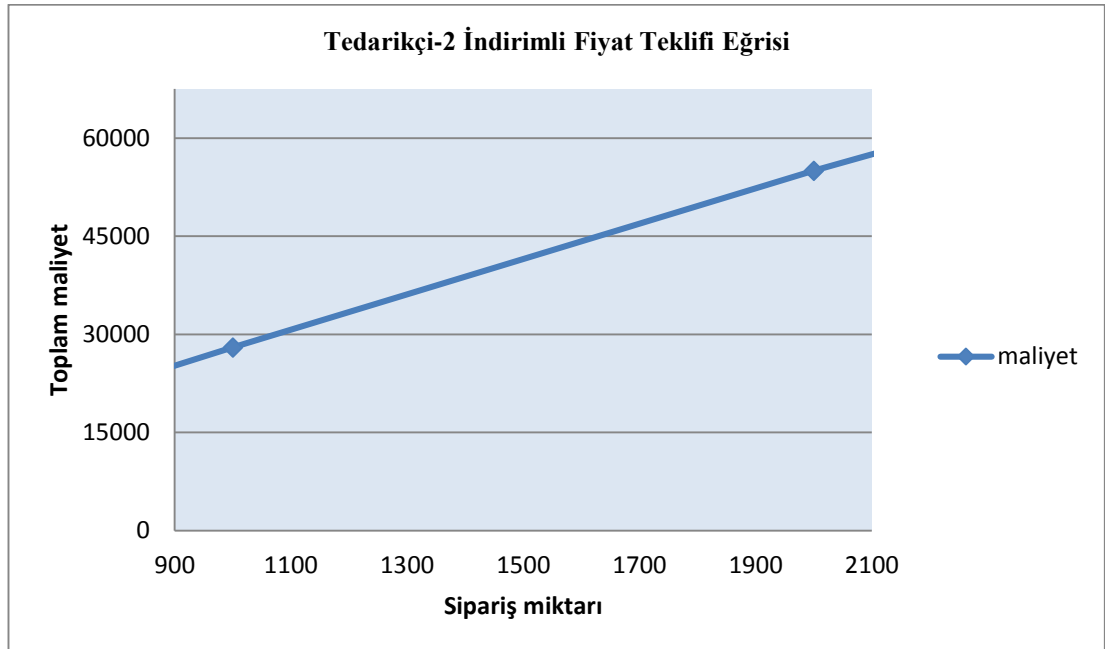
Tedarikçiler sipariş miktarı aralığına göre sağladıkları fiyatlar ile daha uygun teklif sunarak o siparişi almayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-4'ün indirimli fiyat teklifleri sundukları varsayılarak parçalı doğrusal maliyet fonksiyonu Eşitsizlik (5.1) ve Eşitsizlik (5.2)'de geliştirilmiştir. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te de indirimli fiyat eğrilerinin gösterimine yer verilmiştir.

x_i i. tedarikçiye verilen sipariş miktarı olmak üzere,

➤ Tedarikçi-2'nin sunduğu indirimli fiyat teklifi:

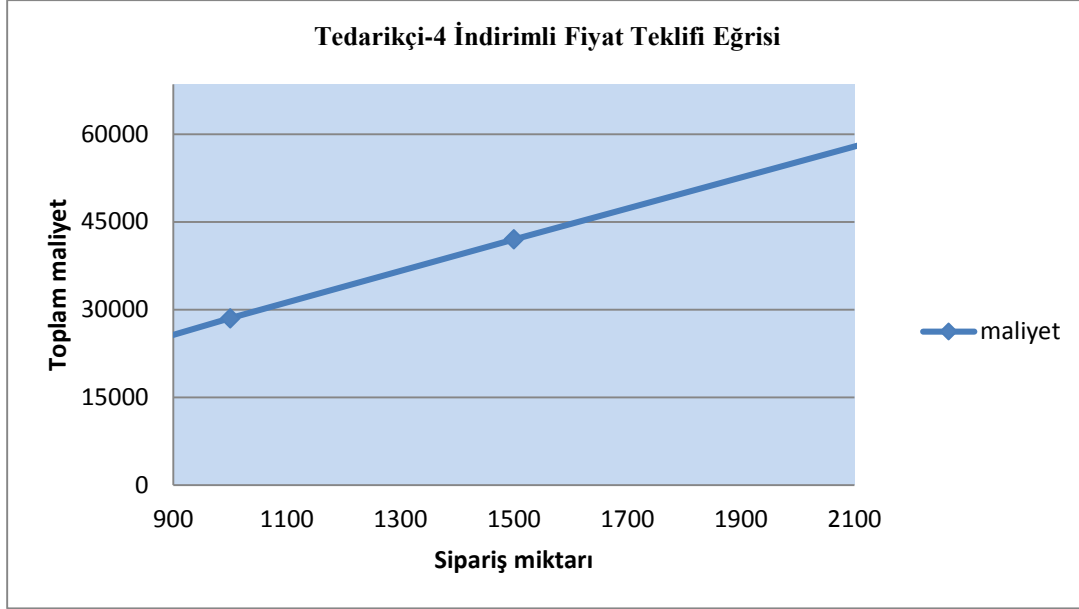
$$F(x) = \begin{cases} 28 * x_2 & 0 \leq x_2 \leq 1000 \\ 28 * 1000 + 27 * (x_2 - 1000) & 1000 < x_2 \leq 2000 \\ 28 * 1000 + 27 * 1000 + 25 * (x_2 - 2000) & 2000 < x_2 \leq 2500 \end{cases} \quad (5.1)$$



Şekil 5.3: Tedarikçi-2 indirimli fiyat teklifi eğrisi.

➤ Tedarikçi-4'ün sunduğu indirimli fiyat teklifi:

$$F(x) = \begin{cases} 28.5 * x_4 & 0 \leq x_4 \leq 1000 \\ 28.5 * 1000 + 27 * (x_4 - 1000) & 1000 < x_4 \leq 1500 \\ 28.5 * 1000 + 27 * 500 + 26,5 * (x_4 - 1500) & 1500 < x_4 \leq 2500 \end{cases} \quad (5.2)$$



Şekil 5.4: Tedarikçi-4 indirimli fiyat teklifi eğrisi.

Tedarikçilerin sağladıkları indirimli fiyat tekliflerinin matematiksel model ile bütünleştirilmesine matematiksel modelin geliştirilmesi bölümünde yer verilmiştir.

5.3 Teslimat Sürelerinin İncelenmesi

Çalışmanın bu bölümünde tedarikçilerin teslimat sürelerinin detaylı incelemesine yer verilmiştir. Çizelge 5.12'de tedarikçilerin benzer ürünlerin firmaya son 50 teslimatlarının haftalık bazlı süreleri sunulmuştur.

Çizelge 5.12: Ürün teslimat süreleri.

t	Teslimat Süresi (Hafta)			
	Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3	Tedarikçi-4
1	8,4	8,7	7,1	6,7
2	4,9	5,2	8,2	6,7
3	5,9	6,9	6,8	8,3
4	6,8	7,2	8,4	6,0
5	5,2	6,9	7,3	7,1
6	6,5	8,6	8,0	5,9
7	7	6,5	9,0	6,9
8	7,9	5,3	8,3	8,1
9	5,7	5,9	10,0	4,1
10	6,3	7,3	8,4	6,2
11	7	5,3	9,1	10,2
12	6,6	7	10,9	8,0
13	7,4	6,1	10,5	7,9
14	6,7	9,2	10,0	10,0
15	7,6	4,9	10,3	9,8
16	7,9	7,7	9,6	9,2
17	7,4	6,9	8,4	5,7
18	7,1	8,9	11,1	6,2
19	5,6	8,2	7,6	6,4
20	7,6	4	7,5	7,5
21	8,1	8	9,2	7,8
22	7,1	5,1	14,5	6,6
23	6,9	7,6	8,9	7,0
24	8,6	3,6	10,1	6,4
25	7	6,5	9,9	6,8
26	9,2	5,5	10,1	7,6
27	7,4	5,1	10,5	7,2
28	5,8	8	11,4	8,8
29	6,4	10,4	10,9	7,3
30	6,1	8,7	9,7	4,6
31	8,9	8,2	8,3	7,9
32	4,8	7,1	7,9	8,2
33	6,1	5,2	12,8	7,2
34	6	7,5	8,1	5,8
35	6,8	7,3	10,2	7,1
36	6,8	9,2	10,6	8,9
37	9,8	5,1	6,5	6,7
38	7,9	7,5	8,1	7,4
39	8,2	5,8	8,3	8,4
40	6,7	7,7	6,5	8,0
41	6,4	8,8	11,3	8,1
42	8,5	9,7	11,8	5,9
43	7,5	6,1	12,9	8,2
44	8,2	6,5	9,5	6,9
45	6,8	8,8	8,6	9,4
46	5,7	7,9	9,2	8,8
47	6,4	9,1	10,6	9,8
48	6,2	8,6	7,8	9,0
49	6,2	6,5	12,9	6,1
50	6,1	5,2	9,3	7,6

İstatistiksel güven aralıkları uygulamalarında normal dağılıma uygunluk oldukça önemlidir.

\bar{x}_i : i . tedarikçinin teslimat sürelerinin örnek ortalaması

\bar{S}_i^2 : i . tedarikçinin teslimat sürelerinin örnek varyansını göstermektedir.

Tedarikçi-1 için teslimat sürelerinin incelenmesi:

Tedarikçi-1'in yaptığı teslimatlardan tesadüfi olarak 50 teslimat seçilmiştir. Örneğe seçilen teslimat sürelerinin ortalaması 6,96, standart sapması 1,09 hafta olarak hesaplanmıştır. Tedarikçi-1'in sağladığı ürün teslimat sürelerinin histogramı Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu girdi analizi yapılarak belirlenmiştir.

Ortalama teslimat süresi için %95 güvenle güven aralığı aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$n = 50$$

$$\bar{x}_i: 6,96$$

$$\bar{S}_i: 1,09$$

$$S_{\bar{x}_1} = \frac{S_1}{\sqrt{n}} = \frac{1,09}{\sqrt{50}} = 0,155$$

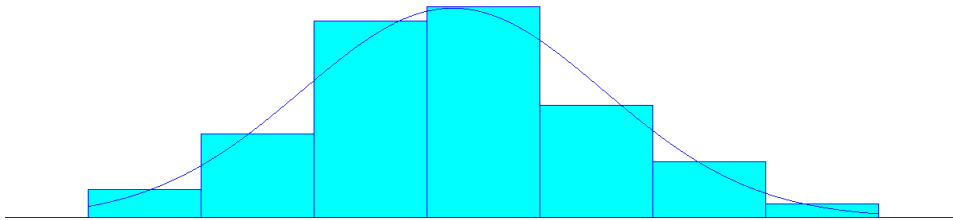
$a = 0,05$ olduğundan $t_{49,0,025} = 2,009$ olarak bulunur. Güven aralığında bulunan değerler yerine koyulursa,

$$P\left(\bar{x} - t_{n-1, \frac{a}{2}} S_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + t_{n-1, \frac{a}{2}} S_{\bar{x}}\right) = 1 - a$$

$$6,96 - 2,009 \times 0,155 < \mu < 6,96 + 2,009 \times 0,155$$

$$6,65 < \mu < 7,27$$

6,65 – 7,27 aralığının bilinmeyen yığın ortalamasını kapsama olasılığı %95'tir.



Şekil 5.5: Tedarikçi-1'in ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.

Tedarikçi-1'in teslimat sürelerinin normal dağılım özelliği gösterdiği, ortalama olarak 6,96 hafta, yaklaşık 49 günde, ürünlerinin teslimatını yapabileceği görülmektedir.

Tedarikçi-2 için teslimat sürelerinin incelenmesi:

Tedarikçi-2'nin yaptığı teslimatlardan tesadüfi olarak 50 teslimat seçilmiştir. Örneğe seçilen teslimat sürelerinin ortalaması 7,06, standart sapması 1,57 hafta olarak hesaplanmıştır. Tedarikçi-2'nin sağladığı ürün teslimat sürelerinin histogramı Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu girdi analizi yapılarak belirlenmiştir.

Ortalama teslimat süresi için %95 güvenle güven aralığı aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$n = 50$$

$$\bar{x}_2: 7,06$$

$$\bar{S}_2: 1,57$$

$$S_{\bar{x}_2} = \frac{S_2}{\sqrt{n}} = \frac{1,57}{\sqrt{50}} = 0,222$$

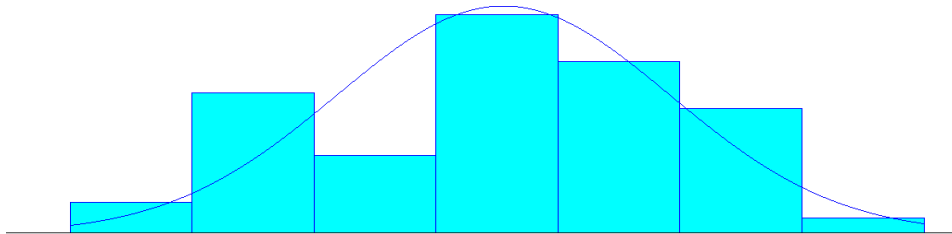
$a = 0,05$ olduğundan $t_{49,0,025} = 2.009$ olarak bulunur. Güven aralığında bulunan değerler yerine koyulursa,

$$P\left(\bar{x} - t_{n-1, \frac{a}{2}} S_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + t_{n-1, \frac{a}{2}} S_{\bar{x}}\right) = 1 - a$$

$$7,06 - 2,009 \times 0,222 < \mu < 7,06 + 2,009 \times 0,222$$

$$6,61 < \mu < 7,51$$

6,61 – 7,51 aralığının bilinmeyen yığın ortalamasını kapsama olasılığı %95'tir.



Şekil 5.6: Tedarikçi-2'nin ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.

Tedarikçi-2'nin teslimat sürelerinin normal dağılım özelliği gösterdiği, ortalama olarak 7,06 hafta, yaklaşık 49 günde, ürünlerinin teslimatını yapabileceği görülmektedir.

Tedarikçi-3 için teslimat sürelerinin incelenmesi:

Tedarikçi-3'ün yaptığı teslimatlardan tesadüfi olarak 50 teslimat seçilmiştir. Örneğe seçilen teslimat sürelerinin ortalaması 9,46, standart sapması 1,76 hafta olarak hesaplanmıştır. Tedarikçi-3'ün sağladığı ürün teslimat sürelerinin histogramı Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu girdi analizi yapılarak belirlenmiştir.

Ortalama teslimat süresi için %95 güvenle güven aralığı aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$n = 50$$

$$\bar{x}_3: 9,46$$

$$\bar{S}_3: 1,76$$

$$S_{\bar{x}_3} = \frac{S_3}{\sqrt{n}} = \frac{1,76}{\sqrt{50}} = 0,249$$

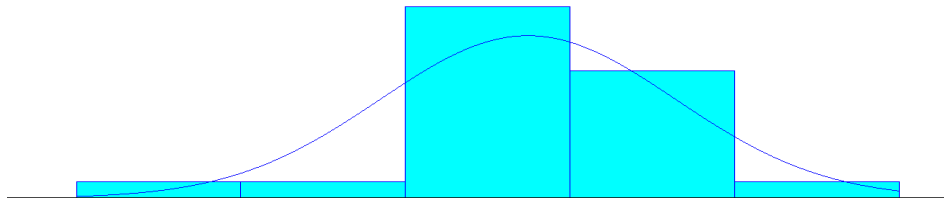
$a = 0,05$ olduğundan $t_{49,0,025} = 2.009$ olarak bulunur. Güven aralığında bulunan değerler yerine koyulursa,

$$P\left(\bar{x} - t_{n-1, \frac{a}{2}} S_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + t_{n-1, \frac{a}{2}} S_{\bar{x}}\right) = 1 - a$$

$$9,46 - 2,009 \times 0,249 < \mu < 9,46 + 2,009 \times 0,249$$

$$8,96 < \mu < 9,96$$

8,96 – 9,96 aralığının bilinmeyen yığın ortalamasını kapsama olasılığı %95'tir.



Şekil 5.7: Tedarikçi-3'ün ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.

Tedarikçi-3'ün teslimat sürelerinin normal dağılım özelliği gösterdiği, ortalama olarak 9,46 hafta, yaklaşık 66 günde, ürünlerinin teslimatını yapabileceğini

görmekteyiz. Standart sapması en fazla olan Tedarikçi-3'te geçmiş teslimatlarında yaklaşık olarak 12 günlük bir sapma yaşanmıştır. Bunun sebebi, makine arızalar, tatil dönemleri, planlı veya plansız bakımlar, proje takvimine göre vardiya planlamaları vb. olabilmektedir.

Tedarikçi-4 için teslimat sürelerinin incelenmesi:

Tedarikçi-4'ün yaptığı teslimatlardan tesadüfi olarak 50 teslimat seçilmiştir. Örneğe seçilen teslimat sürelerinin ortalaması 7,45, standart sapması 1,34 hafta olarak hesaplanmıştır. Tedarikçi-4'ün sağladığı ürün teslimat sürelerinin histogramı Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu girdi analizi yapılarak belirlenmiştir.

Ortalama teslimat süresi için %95 güvenle güven aralığı aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$n = 50$$

$$\bar{x}_4: 7,45$$

$$\bar{S}_4: 1,34$$

$$S_{\bar{x}_4} = \frac{S_4}{\sqrt{n}} = \frac{1,34}{\sqrt{50}} = 0,189$$

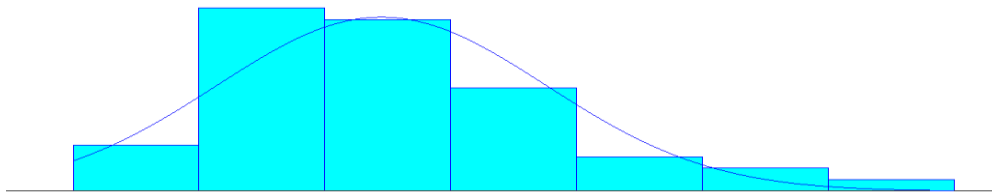
$\alpha = 0,05$ olduğundan $t_{49,0,025} = 2,009$ olarak bulunur. Güven aralığında bulunan değerler yerine koyulursa,

$$P\left(\bar{x} - t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} S_{\bar{x}} < \mu < \bar{x} + t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} S_{\bar{x}}\right) = 1 - \alpha$$

$$7,45 - 2,009 \times 0,189 < \mu < 7,45 + 2,009 \times 0,189$$

$$7,07 < \mu < 7,83$$

7,07 – 7,83 aralığının bilinmeyen yığın ortalamasını kapsama olasılığı %95'tir.



Şekil 5.8: Tedarikçi-4'ün ürün teslimat sürelerinin incelenmesi.

Tedarikçi-4'ün teslimat sürelerinin normal dağılım özelliği gösterdiği, ortalama olarak 7,45 hafta, yaklaşık 52 günde, ürünlerinin teslimatını yapabileceğini görmekteyiz.

Çizelge 5.13'te tedarikçilerin örneğe seçilen teslimat sürelerinin ortalama ve varyansları belirtilmiştir.

Çizelge 5.13: Ürün teslimat süresi detayları.

Tedarikçi No	Ortalama (\bar{x}_i)	Varyans (s_i^2)
1	6,96	1,19
2	7,06	2,46
3	9,46	3,08
4	7,45	1,80

6. SİPARİŞ ATAMA İÇİN MATEMATİKSEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ

Hava aracında kullanılacak olan malzemenin siparişini tedarikçilere en uygun miktarlarda tahsis etmek için firmanın stratejik hedefleri doğrultusunda belirlenen kriterler ışığında, firmanın hedefleri ve kısıtları dikkate alınarak P_1 matematiksel modeli geliştirilmiştir. Aday tedarikçileri analitik olarak değerlendiren TOPSIS ve AHP yöntemlerinin yanı sıra problemde var olan toplam talep, satın alma maliyeti, ürün kalitesizlik maliyeti, teslimat süreleri kısıtlarıyla birlikte tedarikçi seçimi problemini çözmek için başka bir çok kriterli karar verme yöntemi olan Hedef Programlama' ya ihtiyaç duyulmuştur. Mendoza (2007), Erdem ve Göçen (2012) tedarikçi seçimi çalışmalarında AHP ve Hedef Programlama yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmalarında maliyetin, reddedilen ürünlerin sayısının ve teslimat süresinin minimize edilmesi hedefleyen Jadidi ve arkadaşları (2014) Hedef Programlama ve TOPSIS yöntemlerini bir arada kullanmışlardır.

Çalışma kapsamında geliştirilen Hedef Programlama modelinde firmanın maliyet, toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değeri ve kalite kayıp maliyetlerinin hedef değerlerden sapmasının enküçüklenmesi hedeflenmiştir.

Firmanın Hedefleri:

- Firma 69000 \$'dan fazla ödeme yapmak istememektedir.
- Firma toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değerinin minimum 775 olmasını istemektedir.
- Olası kalitesizlik maliyetinin 5000\$'dan pozitif yönde sapmasının minimum olması istenmektedir.

İndisler

i Tedarikçi indisi $i=\{1,2,\dots,n\}$ $i \in I$

j Tedarikçilerin sunduğu fiyat teklifindeki sipariş miktarlarının kırılım indisi $j=\{1,2,3,4\}$ $j \in J$

p Tedarikçilerin sunduğu indirimli fiyat teklifindeki grubu ifade eden indis $p=\{1,2,3\}$ $p \in P$

Parametreler	Tanım
n	Tedarikçilerin sayısı
S_i	i . tedarikçinin skoru
C_i	i . tedarikçiden alınan ürünün birim maliyeti
D	Toplam talep
m_i	i . tedarikçinin ortalama ürün teslimat süresi
g	Müşterinin belirlediği teslimat süresi
b_{ij}	i . tedarikçinin j . sipariş miktarı kırılımında sunduğu sipariş miktarı
pc_{ij}	i . tedarikçinin j . sipariş miktarı kırılımında sunduğu parçalı doğrusal sipariş teklifine göre maliyeti
cpn_i	i . tedarikçinin olası ürün uygunsuzluğu maliyeti
G	Müşterinin belirlediği hedeflerin değeri

Eşitsizlik (5.1) ve Eşitsizlik (5.2)'den yola çıkarak Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-4'ün parçalı doğrusal maliyet fonksiyonu ile ilgili parametre değerleri Çizelge 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1: Parçalı doğrusal maliyet fonksiyonu ile ilgili parametre değerleri.

	j=1	j=2	j=3	j=4
b_{2j}	0	1000	2000	2500
b_{4j}	0	1000	1500	2500
pc_{2j}	0	28000	55000	67500
pc_{4j}	0	28500	42000	68500

Karar Değişkenleri	Tanım
x_i	i . tedarikçiye verilen sipariş miktarı
z_j, v_j	≥ 0 $j=1,2,3,4$ atanan siparişin, tedarikçinin teklif miktarlarının kırılım noktasındaki değerleri cinsinden ifade eden sürekli değişkendir
y_k, u_k	sipariş miktarlarının içerisinde bulunduğu bölümü ifade etmekte olan ikili değişkenlerdir $\in \{0,1\}$ $k=1,2,3$
d_g^-	g . hedeften negatif yönde sapma miktarı
d_g^+	g . hedeften pozitif yönde sapma miktarı

Model P1:

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Minimize } d_1^+ + d_2^- + d_3^+$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_i = D \quad (6.1a)$$

$$x_2 = \sum_{j=1}^4 b_{2j} z_j \quad (6.1b)$$

$$\sum_{j=1}^4 z_j = 1 \quad (6.1c)$$

$$\sum_{k=1}^3 y_k = 1 \quad (6.1d)$$

$$z_1 \leq y_1 \quad (6.1e)$$

$$z_2 \leq y_1 + y_2 \quad (6.1f)$$

$$z_3 \leq y_2 + y_3 \quad (6.1g)$$

$$z_4 \leq y_3 \quad (6.1h)$$

$$x_4 = \sum_{j=1}^4 b_{4j} v_j \quad (6.1i)$$

$$\sum_{j=1}^4 v_j = 1 \quad (6.1i)$$

$$\sum_{k=1}^3 u_k = 1 \quad (6.1j)$$

$$v_1 \leq u_1 \quad (6.1k)$$

$$v_2 \leq u_1 + u_2 \quad (6.1l)$$

$$v_3 \leq u_2 + u_3 \quad (6.1m)$$

$$v_4 \leq u_3 \quad (6.1n)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^4 m_i x_i}{D} \leq g \quad (6.1o)$$

Hedef Denklemleri

$$\sum_{j=1}^4 pc_j z_j + \sum_{j=1}^4 pc_j v_j + C_1 \cdot x_1 + C_3 \cdot x_3 + d_1^- - d_1^+ = G_1 \quad (6.1ö)$$

$$\sum_{i=1}^4 S_i x_i + d_2^- - d_2^+ = G_2 \quad (6.1p)$$

$$\sum_{i=1}^4 cpn_i x_i + d_3^- - d_3^+ = G_3 \quad (6.1r)$$

$$\text{Tüm değişkenler} \geq 0 \quad (6.1s)$$

(6.1a) kısıtı tedarikçilere atanan siparişin toplam talebe eşit olması gerektiğini göstermektedir. (6.1b) - (6.1n) kısıtları ise tedarikçilerin indirimli fiyat tekliflerinde bulunduğu kısıtları ifade etmektedir. (6.1b) ve (6.1i) kısıtları sırasıyla Tedarikçi-2 ve 4'e atanabilecek sipariş miktarlarını göstermektedir. (6.1d) ve (6.1j) kısıtları Tedarikçi-2 ve 4'e atanan siparişlerin tedarikçilerin belirlediği teklife göre bir grupta olmasını ikili değişkenlerle sağlayan kısıtlardır. (6.1c) ve (6.1i) kısıtları Tedarikçi-2 ve 4'e atanan siparişlerin, sipariş noktası kırılım noktalarına oranlarının toplamının 1 olduğunu göstermektedir. (6.1o) kısıt ise tedarikçilere atanan siparişlerin ortalama teslimat zamanlarının firmanın belirlediği hedef süreden küçük veya eşit olmasını sağlayan kısıttır, modelin çözümünde $g=8$ olarak ele alınmıştır. Hedef denklemlerden (6.1ö), toplam maliyetin firmanın belirlemiş olduğu hedef 69000 \$'dan sapmayı minimize etmektedir (6.1p), satın alınan malzemelerin toplam ağırlıklı satın alma değerinin 775 değerinden sapmasını minimize eden hedeftir. (6.1r) hedefi ise satın alınan malzemelerin olası kalitesizlik maliyetinin 5000 \$'dan sapmasını minimize etmektedir.

Matematiksel modelde (6.1o) kısıtı tedarikçilerin teslimat sürelerinin ortalaması ile oluşturulmuştur. Problem mevcut durumu ile deterministik olarak çözülmüştür. Ancak malzeme teslim sürelerinin normal dağılım özelliği göstermesiyle süreç stokastik açıdan değerlendirilmiştir. Şans kısıtının modele nasıl dahil edildiği aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir.

\bar{l}_i : i . tedarikçinin teslimat sürelerinin örnek ortalaması

S_i^2 : i . tedarikçinin teslimat sürelerinin örnek varyansını göstermektedir.

$$l_i \sim N(\bar{l}_i, S_i^2) \quad i=1,2,3,4$$

$$\sum l_i x_i \sim N\left(\sum \bar{l}_i x_i, \sum S_i^2 x_i^2\right) \quad i=1,2,3,4 \quad (6.2)$$

Denklem (6.2) ile tedarikçilerin teslimat sürelerinin normal dağılımı elde edilmiştir, kolay gösterimi için Denklem (6.3) ve Denklem (6.4) kullanılmıştır.

$$M_X = \sum \bar{l}_i x_i \quad i=1,2,3,4 \quad (6.3)$$

$$Q_X^2 = \sum S_i^2 x_i^2 \quad i=1,2,3,4 \quad (6.4)$$

Bu durumda,

$$\sum l_i x_i \sim N(M_X, Q_X^2).$$

Ürünlerin ortalama temin sürelerinin 0.95 güvenilirlik düzeyinde hedef g haftasını geçmemesi kısıtı Denklem (6.5) ile ifade edilebilmektedir.

$$P\left(\sum l_i x_i \leq D \times g\right) \geq 0,95 \quad i=1,2,3,4 \quad (6.5)$$

Standart normal dağılımı elde etmek için z dönüşümü yapılmıştır.

$$P\left(z \leq \frac{D \times g - M_X}{Q_X}\right) \geq 0,95$$

$$\frac{D \times g - M_X}{Q_X} \geq z_{0,95}$$

Nihai olarak (6.6) denklemini elde edilmiştir.

$$M_X + Q_X z_{0,95} \leq D \times g \quad (6.6)$$

Denklem (6.6)'yı kareköklü ifadelerden kurtarmak için aşağıdaki ifadenin her iki tarafının da karesi alınmıştır.

$$Q_{XZ_{0.95}} \leq D \times g - M_X$$

$$z_{0.95}^2 \left(\sum S_i^2 x_i^2 \right) \leq (D \times g)^2 - 2 \times D \times g \times \sum \bar{l}_i x_i + \left(\sum \bar{l}_i x_i \right)^2 \quad (6.7)$$

Denklem (6.7)'de görüldüğü gibi doğrusal olmayan, ikinci dereceden fonksiyon CPLEX, GAMS, LINGO çözücülerini ile çözülememiştir. Problem konveks olmadığı için klasik yöntemlerle global optimuma ulaşmak mümkün olmamaktadır.

6.1.1 Sezgisel modelin geliştirilmesi

Sezgisel modelin geliştirilmesinde, portföy oluşturulurken risklerin minimize edilmesinde kullanılan Markowitz yönteminin mantığından faydalanılmıştır.

Yatırımcı veya portföy yöneticileri borsada yer alan hisse senetlerinin seçip belli oranlarda bir araya getirerek endeksleri oluşturmaktadır (Abay, 2013). Portföy yöneticileri nasıl elinde bulunduğu varlığın yatırımını yaparken maksimum getiri hedefliyorlarsa, çalışmanın bu bölümünde tedarikçilerin teslimat süreleri risk olarak düşünülüp hedeflenen teslimat süresinde firmaya temini için modele uygun kısıtın eklenmesi hedeflenmiştir.

Markowitz Ortalama-Varyans Modeli

Portföyün beklenen getirisi aşağıdaki formülasyon ile ifade edilmektedir (Abay, 2013).

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(r_i)$$

i = Portföydeki finansal varlık

r_i = i . finansal varlığın getirisi

r_p = Portföyün getirisi

N = Portföyde yer alan finansal varlık sayısı

w_i = i . finansal varlığın portföydeki ağırlığı

$E(r_p)$ = Portföyün beklenen getirisi

$E(r_i)$ = i . finansal varlığın beklenen getirisi

Portföyün standart sapması ise aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir (Abay, 2013).

$$\sigma(r_p) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma(r_i) \sigma(r_j) \rho_{r_i, r_j}}$$

$\sigma(r_p)$ =Portföy getirisinin standart sapması

$\sigma(r_i)$ = i . finansal varlığının getirisinin standart sapması

ρ_{r_i, r_j} = i . ve j . finansal varlıkların getirileri arasındaki korelasyon

Tez kapsamında ele alınan problemde lineer olmayan modelin lineerleştirilmesinde aşağıda anlatılacak olan yaklaşım geliştirilmiştir.

Verilen siparişlerin tedarikçiler üzerindeki oranı,

$f_i = \frac{x_i}{D}$ ile hesaplanmaktadır.

Denklem (6.3) ve (6.4)'teki ortalama ve standart sapmaları revize edilip güvenilir tedarik süresi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$M'_X = \sum_{i=1}^n f_i \mu_i$$

$$Q'_X = \sqrt{\sum_{i=1}^n f_i^2 \sigma_i^2}$$

$$\alpha - \text{güvenilir tedarik süresi} = z_{0.05} Q'_X + M'_X$$

$\alpha=0.95$ güvenilirlik düzeyi olmak üzere, her bir tedarikçinin 0.95 güvenilirlikle siparişleri karşılayacağı hafta, temin sürelerinin dağılım değeri, Çizelge 5.3' teki veriler ışığında aşağıdaki Denklem (6.8) ile hesaplanmaktadır.

q_i : temin sürelerinin dağılım değeri

$$q_i = Z_\alpha \times \sigma_i + \mu_i \tag{6.8}$$

$$z_{0.95} = 0,8289$$

$$q_1 = z_{0,95} \times 1,08 + 6,96 = 7,8677$$

$$q_2 = z_{0,95} \times 1,56 + 7,06 = 8,3591$$

$$q_3 = z_{0,95} \times 1,75 + 9,46 = 10,911$$

$$q_4 = z_{0,95} \times 1,33 + 7,45 = 8,5524$$

Tedarikçilerin temin sürelerinin dağılım değerleri bulunduktan sonra Denklem (6.6), Denklem (6.9)'un modele eklenmesiyle revize edilmiştir.

Tedarikçilerin temin sürelerinin dağılım değerlerinin bulunmasıyla Denklem (6.9)'un sol taraf değerlerinin “*g (hedef teslimat süresi) x D (toplam talep)*” değerinden büyük olabileceği ön görüşü ile eşitsizliğin sağ tarafına *k* çarpanı eklenmiştir. *k* değerinin belirlenebilmesi için rastgele olarak elli adet sipariş ataması senaryosu geliştirilmiştir. Geliştirilen senaryoda,

$$k = \frac{\sum_{i=1}^4 q_i \times f_i}{\alpha\text{-güvenilir tedarik süresi}} \text{ olmaktadır.}$$

İncelenen senaryolarda hedeften sapmayı en küçükleyen *k* değerleri 1 ila 1,2 arasında değer almıştır. Modelin yüz adımda çalışacağı durumda *k* değerlerinin artışı ϵ olarak belirlenip,

$$\epsilon = \frac{1,2-1}{100} = 0,002 \text{ olmaktadır.}$$

$$\sum_{i=1}^4 q_i \times x_i \leq k \times g \times D \quad (6.9)$$

P_1 modelinden farklı olarak, Denklem (6.9)'un modele entegre edilmesiyle P_2 modeli oluşturulmuştur.

P_1 modelinde ürünlerin ortalama teslimat süresinin hedef süreyi aşmaması kısıtı tedarikçilerin sadece ortalama teslimat süreleri verileri ile sağlanırken, P_2 modelinde geliştirilen sezgisel yaklaşım ile tedarikçilerin teslimat süreleri stokastik olarak ele alınmıştır.

Sezgisel Model P₂:

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Minimize } d_1^+ + d_2^- + d_3^+$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_i = D$$

$$x_2 = \sum_{j=1}^4 b_{2j} z_j$$

$$\sum_{j=1}^4 z_j = 1$$

$$\sum_{k=1}^3 y_k = 1$$

$$z_1 \leq y_1$$

$$z_2 \leq y_1 + y_2$$

$$z_3 \leq y_2 + y_3$$

$$z_4 \leq y_3$$

$$x_4 = \sum_{j=1}^4 b_{4j} v_j$$

$$\sum_{j=1}^4 v_j = 1$$

$$\sum_{k=1}^3 u_k = 1$$

$$v_1 \leq u_1$$

$$v_2 \leq u_1 + u_2$$

$$v_3 \leq u_2 + u_3$$

$$v_4 \leq u_3$$

$$\sum_{i=1}^4 q_i x_i \leq k x g x D$$

Hedef Denklemleri

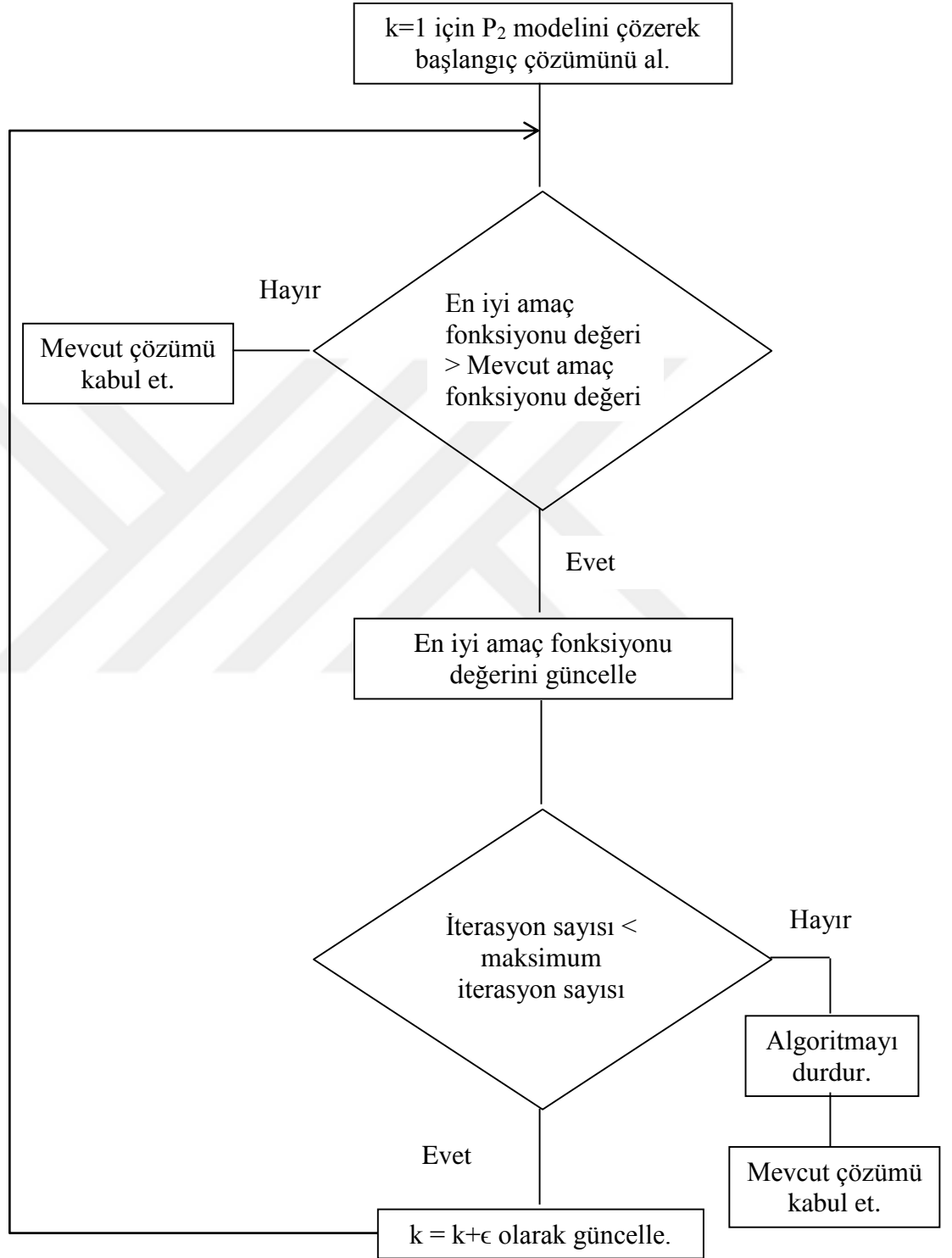
$$\sum_{j=1}^4 pc_j z_j + \sum_{j=1}^4 pc_j v_j + C_1 \cdot x_1 + C_3 \cdot x_3 + d_1^- - d_1^+ = G_1$$

$$\sum_{i=1}^4 S_i x_i + d_2^- - d_2^+ = G_2$$

$$\sum_{i=1}^4 cpn_i x_i + d_3^- - d_3^+ = G_3$$

Tüm değişkenler ≥ 0

Sezgiselin akış diyagramına Şekil 6.1’de yer verilmiştir.



Şekil 6.1: Sezgisel modelin akış diyagramı.

Model ilk olarak $k=1$ için çözümlenerek, başlangıç değeri elde edilmektedir. En iyi amaç fonksiyonunun değeri, mevcut çözümdeki amaç fonksiyonunun değerinden büyük ise mevcut amaç fonksiyonu en iyi amaç fonksiyonu olarak güncellenmektedir. Aksi durumda program sonlandırılıp, çözüm kabul edilmektedir.

İterasyon sayısını kontrol eden bir kontrol noktası da algoritmada yer almaktadır, iterasyon sayısı yüze ulaşmadığı durumda mevcut k değeri ϵ kadar arttırılıp P_2 modelinin tekrar çözülmesiyle süreç devam etmektedir.



7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

P_1 ve P_2 modellerinin çözümlerinin ayrıntısına bu bölümde yer verilmiştir. Ürünlerin temin süreleri ile ilgili olan kısıt P_1 modelinde tedarikçilerin ortalama ürün teslimat süreleri olarak ele alınırken, P_2 modelinde bu sürelerin normal dağılım özelliğinden faydalanarak sezgisel bir metot geliştirilmiştir. Firmanın daha önce verdiği siparişler ve literatürde ele alınan bir tedarikçi seçim problemi için geliştirilen model P_1 modeli ile karşılaştırmalı olarak çözülmüştür. Problemlerle ilgili olarak değişen parametrelerin ve kişisel görüşlerin sonuca olan etkisini görmek amacıyla P_2 modeli üzerinde duyarlılık ve senaryo analizleri yapılmıştır.

7.1 Matematiksel Modelin Çözümü

P_1 Modelinin çözümü:

IBM CPLEX 12.6 ile Intel (R) Core (TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz işlemcisiyle ile 15 saniyede elde edilen çözüm Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1: P_1 modelinin çözümü.

Karar Değişkenleri	Değer	Karar Değişkenleri	Değer
s_2	0	v_1	0
s_3	46,18	v_2	0
s_6	0	v_3	0,191
x_2	0	v_4	0,809
z_1	1	u_1	0
z_2	0	u_2	0
z_3	0	u_3	1
z_4	0	x_1	191
y_1	1	x_3	0
y_2	0	s_1	404,5
y_3	0	s_4	0
x_4	2309	s_5	0

Tedarikçi-1'e 191, Tedarikçi-2'ye 2309 adet sipariş açılması önerilmiştir.

Bu siparişler kapsamında hedefler değerlendirilecek olursa;

- Firma 69000 \$'dan fazla ödeme yapmak istememektedir.

Tedarikçi-1'e 5157 \$, Tedarikçi-4'e 63438,5 \$ ödeme ile birlikte toplam maliyet 68595,5\$ olmaktadır. Hedef değerden 404,5 \$ negatif yönde sapma gerçekleşmiştir, yani firma hedeflediği maliyetin 404,5 \$ altında siparişlerini verebilmektedir.

- Firma toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değerinin minimum 775 olmasını istemektedir.

Tedarik-1 ve Tedarikçi-4'e sırasıyla 191 ve 2309 adet sipariş verilmesiyle satın alınan malzemenin toplam ağırlıklı değeri 728,82 olup hedef değerden 46.18 birim sapma gerçekleşmiştir.

$$0,31 \times 191 + 0,29 \times 2309 = 728,82$$

- Olası kalitesizlik maliyetinin 5000\$'dan pozitif yönde sapmasının minimum olması istenmektedir.

Tedarik-1 ve Tedarikçi-4' e sırasıyla 191 ve 2309 adet sipariş verilmesiyle katlanılması ön görülen kalite kaybı maliyeti 4999,897\$ olup hedef değerden minimum sapma gerçekleşmiştir.

7.2 Sezgisel Modelin Çözümü

%95 güvenilirlikle temin süresinin 8 hafta olduğu sezgisel P₂ modelinin sipariş atamaları Çizelge 7.2'de olduğu gibidir. JAVA ECLIPSE ile Intel (R) Core (TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz işlemcisiyle 3,8 saniyede çözüm elde edilmiştir.

k değeri : 1,062

Çizelge 7.2: P₂ modelinin çözümü.

Tedarikçi	Sipariş Miktarı
Tedarikçi-1	260
Tedarikçi-2	0
Tedarikçi-3	0
Tedarikçi-4	2240

Çizelge 7.3: P₁ ve P₂ modeli karşılaştırması.

	Model P ₂ Çözümü	Model P ₁ Çözümü
Toplam Maliyet:	68630\$	68595,5\$
Toplam Satın Alınan Malzemenin Ağırlıklı Değeri:	730.2	728.82
Olası Kalite Kayıp Maliyeti:	5218,42\$	4999,897\$

Sezgisel modelde Tedarikçi-1'e 260, Tedarikçi-4'e 2240 adet sipariş açılması önerilmiştir.

Bu siparişler kapsamında hedefler değerlendirilecek olursa;

- Firma 69000 \$'dan fazla ödeme yapmak istememektedir.

Tedarikçi-1'e 7020 \$, Tedarikçi-4'e 61610 \$ ödeme ile birlikte toplam maliyet 68630 \$ olmaktadır. Hedef değerden 370 \$ negatif yönde sapma gerçekleşmiştir, yani firma hedeflediği maliyetin 370 \$ altında siparişlerini verebilmektedir.

- Firma toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değerinin minimum 775 olmasını istemektedir.

Tedarik-1 ve Tedarikçi-4'e sırasıyla 260 ve 2240 adet sipariş verilmesiyle satın alınan malzemenin toplam ağırlıklı değeri 730,2 olup hedef değerden 44.8 birim sapma gerçekleşmiştir.

$$0.31 \times 260 + 0.29 \times 2240 = 730,2$$

- Olası kalitesizlik maliyetinin 5000\$'dan pozitif yönde sapmasının minimum olması istenmektedir.

Tedarik-1 ve Tedarikçi-4'e sırasıyla 260 ve 2240 adet sipariş verilmesiyle katlanılması ön görülen kalite kayıp maliyeti 5218,42 \$ olup hedef değerden 218,42 birim sapma gerçekleşmiştir.

Çizelge 7.3'e göre Model P₁ ve P₂ nin karşılaştırması yapıldığında;

- ✓ P₁ modeli 34,5 \$'lık maliyet avantajı sağlamaktadır.
- ✓ Tedariği yapılan malzemelerin ağırlıklı değeri P₁ ile çok yakındır.
- ✓ Ortalama ürün teslimat süresi Tedarikçi-1'de daha kısa olduğu için P₁ modeline göre daha fazla sipariş açılmıştır. Birim kalitesizlik maliyetinin Tedarikçi-1'de daha fazla olması P₂ modelinin daha yüksek olası kalitesizlik maliyetinin olmasına yol açmıştır.

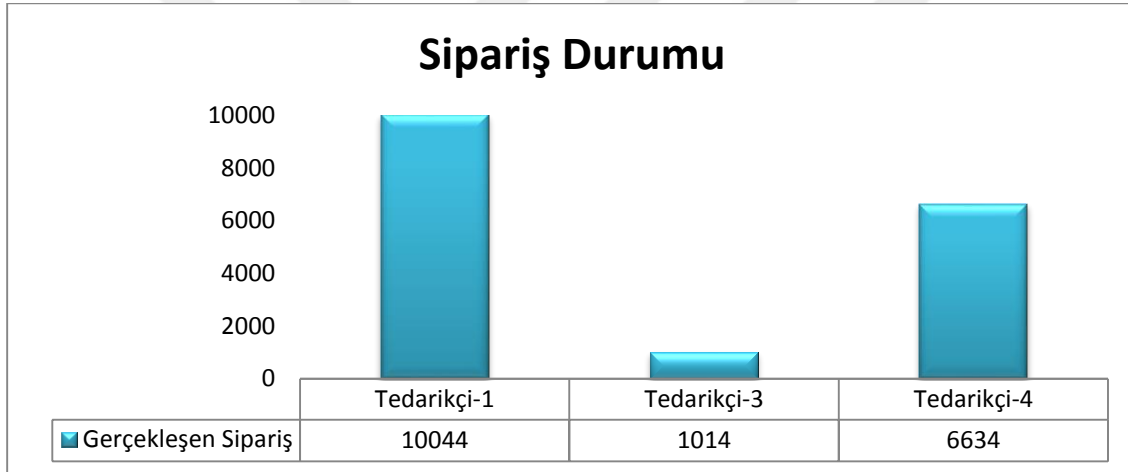
7.3 Çözümlerin Karşılaştırılması

7.3.1 Firmada daha önce yapılan tedarikçi seçiminin geliştirilen model ile çözümü ve karşılaştırılması

Firma aynı malzeme için 17692 adet siparişin dağıtımını Şekil 7.1’de belirtildiği gibi yapmıştır.

Tedarikçi-2 o dönemde havuzda olmadığı için değerlendirilmeye alınmamıştır, bu sebeple Model P₁ için yapılan AHP analizi Tedarikçi-2 göz ardı edilerek revize edilmiştir. Karşılaştırmanın yapılacağı P₃ modelinin ayrıntısına yer verilecektir.

P₃ modeli tedarikçilerin indirimli fiyat tekliflerine izin vermemektedir, çünkü önceki dönemde birim maliyetler üzerinden teklifler iletilmiştir.



Şekil 7.1: Firmanın geçmiş dönem sipariş özeti.

Bu bölümde amaç firmanın atamış olduğu siparişlerin, geliştirilen modeldeki siparişler ile karşılaştırılıp değerlendirilmesidir. Çizelge 7.4’te firmanın geçmiş dönemde tedarikçilerden sağladığı ürünlerin birim fiyatına ve çalışma kapsamında değerlendirilen AHP skoruna yer verilmiştir.

Çizelge 7.4: P₃ modeli tedarikçi bilgileri.

Tedarikçi	Tedarikçinin Skoru (Revize edilmiş AHP ile)	Birim Fiyat(\$)
Tedarikçi-1	0,43	26,15
Tedarikçi-3	0,17	27,68
Tedarikçi-4	0,40	26,15

P₃ modelinde hedefler modele eklenirken,

- G₁ hedefi için firmanın ödediği toplam maliyet,
- G₂ hedefi için ağırlıklı değeri en yüksek olan tedarikçiye bütün siparişlerin verildiği durumdaki toplam satın alınan ağırlıklı değer,
- G₃ hedefi için ise 17692 adetlik sipariş için toplam olası birim kalitesizlik maliyetinin yaklaşık olarak yarısı dikkate alınmıştır.

Model P₃:

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Minimize } d_1^+ + d_2^- + d_3^+$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^n x_i = 17692$$
$$\frac{\sum_{i=1}^4 m_i x_i}{D} \leq 8$$

Hedef Denklemleri

$$\sum_{i=1}^j C_i x_i + d_1^- - d_1^+ = 464197,22$$

$$\sum_{i=1}^4 S_i x_i + d_2^- - d_2^+ = 7607$$

$$\sum_{i=1}^4 c p n_i x_i + d_3^- - d_3^+ = 21407,32$$

$$\text{Tüm değişkenler} \geq 0$$

Sonuçlar: IBM CPLEX 12.6 ile Intel (R) Core (TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz işlemcisiyle 8 saniyede elde edilen çözüm Çizelge 7.5'te belirlenmiştir.

Çizelge 7.5: Firmanın geçmiş dönem ve P₃ modeli sipariş durumları.

Tedarikçi	Gerçekleşen Sipariş	Modelde Önerilen Sipariş
Tedarikçi-1	10044	0
Tedarikçi-3	1014	1014
Tedarikçi-4	6634	16678
Toplam	17692	17692

Çizelge 7.6: Firmanın geçmiş dönem siparişleri ile P₃ modelinin karşılaştırması.

Hedef	Firmanın Mevcut Tedarikçi Seçim Politikası	Önerilen Model	Kazanç
Toplam Maliyet(\$)	464197,22	464197,22	0
Toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değeri	7144,9	6843,58	-301,32
Olası Kalitesizlik Maliyeti(\$)	61714,35	29905,002	31809,348

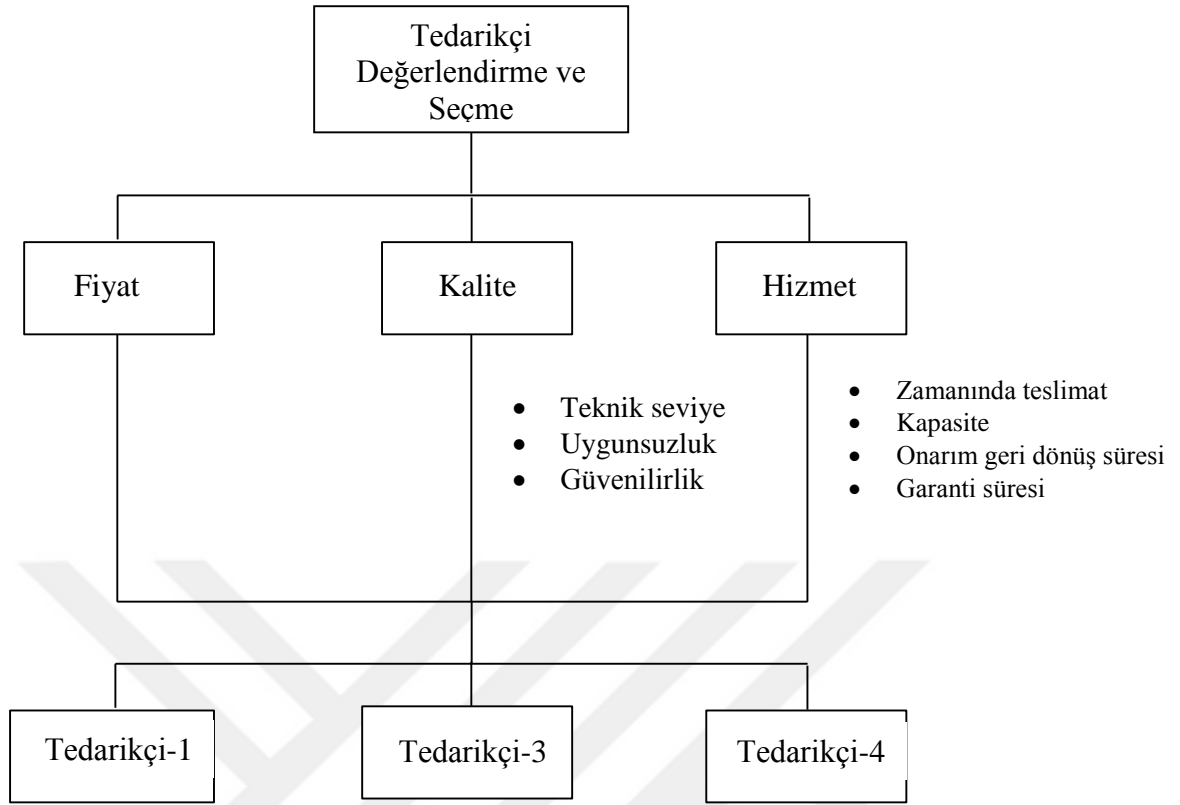
Çizelge 7.6'ya göre her iki sonucu incelediğimizde toplam satın alma maliyetinin önerilen model ile çözümünde değişmediği, ancak olası kalitesizlik maliyetinde yaklaşık olarak %50 oranında azalma görülmüştür. Tedarikçi-1'e sipariş açılmadığı için satın alınan malzemelerin toplam ağırlıklı değeri gerçekleşen miktarlara göre daha az olmuştur.

7.3.2 Tedarikçi seçiminin literatürde önerilen bir model ile çözülmesi ve tez kapsamında geliştirilen model ile karşılaştırılması

Xia ve Wu tedarikçi seçimi çalışmalarında Kaba Küme Teorisi ile geliştirilen AHP ile birlikte Çok Amaçlı Karma Tam Sayılı Hedef Programlama önermişlerdir. Çok ürünlü malzeme tedarikçisinin ele alındığı problemde tedarikçilerin kapasite kısıtlarına da yer verilmiştir, aynı zamanda model indirim fiyat teklifine de izin vermektedir (Xia & Wu, 2007). Literatürde önerilen model çalışmamızda P₄ modeli olarak belirtilmiştir.

Ancak firmanın geçmişte ele aldığı problemde indirimli fiyat teklifi ve kapasite kısıtlarına yer verilmediğinden, Weijun Xia ve Zhiming Wu'nun önerdikleri modelin uygulaması yapılırken söz konusu kısıtlar hariç tutulmuştur.

Karşılaştırma yapılırken Weijun Xia ve Zhiming Wu'nun Kaba Küme Teorisi ile geliştirdikleri AHP yapısındaki kriterler ve ağırlıklar kullanılmıştır. AHP yapısına Şekil 7.2'de yer verilmiştir.



Şekil 7.2: Xia ve Wu'nun önerdikleri AHP yapısı.

Çalışmalarında hesaplanan bütün kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları Çizelge 7.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.7: P₄ modeli tedarikçi değerlendirme kriterleri bilgisi.

Kriter	Ağırlık	Alt kriter	Alt kriter ağırlık	Genel ağırlık	Öncelik sırası
Fiyat	0,4321			0,4321	1
Kalite	0,2346	Teknik seviye	0,2715	0,0637	6
		Uygunsuzluk	0,5000	0,1173	3
		Güvenilirlik	0,2285	0,0536	7
Hizmet	0,3333	Zamanında teslimat	0,4000	0,1333	2
		Kapasite	0,3000	0,1000	4
		Onarım geri dönüş süresi	0,2000	0,0667	5
		Garanti süresi	0,1000	0,0333	8

Tedarikçi Bilgileri:

Tedarikçi	Fiyat	Teknik seviye	Uygunsuzluk (oran)	Güvenilirlik (oran)	Zamanında teslimat (oran)	Kapasite (parça)	Onarım geri dönüş süresi (hafta)	Garanti süresi (ay)
1	26,15	3	0,0437	95	0,98	17692	2	24
3	27,68	1	0,0030	80	0,73	17692	3	24
4	26,15	2	0,0321	93	0,93	17692	2	24

Tedarikçilerin Nihai Skoru:

Literatürde önerilen çalışmadaki kriterlerin ağırlıkları referans alınarak, P₅ modelindeki üç aday tedarikçinin değerlendirilmesi aşağıda gösterildiği gibi yapılmıştır.

Tedarikçi	Fiyat	Teknik seviye	Uygunsuzluk	Güvenilirlik	Zamanında teslimat	Kapasite	Onarım geri dönüş süresi	Garanti süresi	Tedarikçi Ağırlığı
1	0,340	0,500	0,058	0,354	0,371	0,333	0,375	0,333	0,32
3	0,321	0,167	0,862	0,299	0,277	0,333	0,250	0,333	0,37
4	0,340	0,333	0,079	0,347	0,352	0,333	0,375	0,333	0,31

Geliştirilen matematiksel modelin hedefleri;

- ✓ Toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değerinin maksimizasyonu
- ✓ Toplam satın alma maliyetinin minimizasyonu
- ✓ Hatalı ürün sayısının minimizasyonu
- ✓ Zamanında teslimatı yapılan ürün sayısının maksimizasyonudur.

Notasyonlar:

- S_i i ürünü sunan tedarikçilerin kümesi
 K_j j tedarikçisi tarafından sunulan ürünler kümesi
 w_j Tedarikçi j nin nihai ağırlığı
 R_j Tedarikçi j nin indirim aralığı
 m_j Tedarikçi j'nin indirim çizelgesindeki indirim aralıklarının sayısı
 r İndirim aralığı, $1 \leq r \leq m_j$
 b_{jr} Tedarikçi j'nin indirim çizelgesinin r aralığının üst limiti, $0=b_{j0}<b_{j1}<..<b_{jm_j}$
 d_{jr} Tedarikçi j'nin indirim çizelgesinin r aralığıyla ilişkili indirim katsayısı

- p_{ij} Tedarikçi j'nin i ürünü için sağladığı birim fiyat
 q_{ij} Tedarikçi j'nin i ürünü için hata oranı
 Q_i i ürünü için alıcının kabul edebileceği maksimum hata oranı. (0,02)
 t_{ij} Tedarikçi j'nin i ürünü için zamanında teslimat oranı
 T_i i ürünü için alıcının kabul edebileceği minimum zamanında teslimat oranı (0,92)
 C_{ij} Tedarikçi j tarafından sunulan i ürününün maksimum tedarik kapasitesi
 D_i i ürünü için toplam talep
 X_{ij} Tedarikçi j'den satın alınan i ürünü miktarı
 V_{jr} r indirim aralığında tedarikçi j'den satın alınan iş hacmi
 y_{jr} Eğer r indirim aralığında j tedarikçisinden satın alınan iş hacmi var ise 1, yok ise 0 değerini alan ikili değişkendir.

Model P₄:

Amaç Fonksiyonu

Min $Z = [-Z_1, Z_2, Z_3, -Z_4]$

$$Z_1 \quad \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} w_j X_{ij}$$

$$Z_2 \quad \sum_{j \in S_i} \sum_{r \in R_i} (1 - d_{jr}) V_{jr}$$

$$Z_3 \quad \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} q_{ij} X_{ij}$$

$$Z_4 \quad \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} t_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar

$$\sum_{r \in R_j} V_{jr} = \sum_{i \in K_j} p_{ij} X_{ij} \quad j \in S_i$$

$$\sum_{j \in S_i} X_{ij} = D_i \quad i \in K_j$$

$$\sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} q_{ij} X_{ij} \leq Q_i D_i$$

$$\sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} (1 - t_{ij}) X_{ij} \leq (1 - T_i) D_i$$

$$\sum_{i \in K_j} X_{ij} \leq C_{ij}, \quad j \in S_i$$

$$b_{j,r-1} y_{jr} \leq V_{jr} < b_{jr} y_{jr} \quad j \in S_i, r \in R_j$$

$$\sum_{r \in R_j} y_{jr} \leq 1, \quad j \in S_i$$

$$X_{ij} \geq 0, i \in K_j, j \in S_i$$

P₄ modelinin, firmanında daha önce yapmış olduğu tedarikçi seçim problemine uyarlanmış hali P₅ modelinde aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Model P₅ :

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z = [-Z_1, Z_2, Z_3, -Z_4]$$

$$Z_1 \quad 0,32x_1 + 0,37x_3 + 0,31$$

$$Z_2 \quad 26,15x_1 + 27,68x_3 + 26,15x_4$$

$$Z_3 \quad 0,0437x_1 + 0,0030x_3 + 0,0321x_4$$

$$Z_4 \quad 0,98x_1 + 0,73x_3 + 0,93x_4$$

Kısıtlar

$$x_1 + x_3 + x_4 = 17692$$

$$0.437x_1 + 0.003x_3 + 0.0321x_4 = 17692 \times 0.02$$

$$0.02x_1 + 0.27x_3 + 0.07x_4 = 17692 \times (1 - \%92)$$

$$\text{Tüm değişkenler} \geq 0$$

Optimizasyon modeli GAMS ile Intel (R) Core (TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz işlemcisiyle 10 saniyede çözümlenmiş, sonuçları Çizelge 7.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8: P₅ modeli sipariş atamaları.

Tedarikçi	Sipariş Miktarı
Tedarikçi-1	0
Tedarikçi-3	7356
Tedarikçi-4	10336

Firmada uygulanan tedarikçi seçim politikasının hem önerilen model hem de literatürde geliştirilen bir model ile çözümünün karşılaştırmasına Çizelge 7.9’da yer verilmiştir.

Çizelge 7.9: Modellerin karşılaştırmalı sipariş atamaları.

Tedarikçi	Tedarikçinin Skoru	Tedarikçinin P ₅ Modeline Göre Skoru	Olası Birim Kalite Kayıp Maliyeti(\$)	Birim Fiyat(\$)	Gerçekleşen Sipariş	P ₃ Modelinde Önerilen Sipariş	P ₅ Modeline Göre Sipariş
1	0,46	0,32	4,925	26,15	10044	0	0
3	0,14	0,37	0,577	27,68	1014	1014	7356
4	0,4	0,31	1,758	26,15	6634	16678	10336

Çizelge 7.10: Modellerin karşılaştırmalı kazançları.

Hedef	Firmanın Mevcut Tedarikçi Seçim Politikası	Önerilen Model	P ₅ Modeli
Toplam maliyet (\$)	464197,22	464197,22	473900,48
Toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değeri	7415,8	6813,16	5925,88
Olası kalite kayıp maliyeti (\$)	61714,35	29905,002	22415,1

Karşılaştırmalı sonuçların yer aldığı Çizelge 7.10’da, P₅ modelinin 9703,26 \$’lık bir fark ile daha maliyetli bir tedarikçi seçimi alternatifini sunduğu görülmüştür. Tedariği yapılan malzemelerin toplam ağırlıklı satın alma değeri, firmanın uyguladığı yöntemde daha yüksek olmakla beraber, önerilen P₁ modelinde Tedarikçi-1’in daha fazla olası birim kalite kayıp maliyeti olduğu için sipariş ataması yapılmadığından mevcut yöntemde göre biraz daha az ağırlıklı satın alma değeri vardır. P₅ modelinde, AHP yapısında Fiyat kriterine verilen ağırlığın %43,21 gibi yüksek bir oranda olduğu görülmektedir. Fiyat kriterini sırasıyla %33,33 ve %23,46 ağırlıkları ile hizmet ve

kalite kriterleri izlemektedir. Ancak firmanın stratejik hedefleri dikkate alınarak geliştirilen modelde kalite %34 ağırlığı ile öncelikli kriter olup, fiyat %17 ağırlığı ile kriterleri 3. sırada izlemektedir. Tedarikçilerin hata oranları hesaplanırken Kasım 2017 tarihine kadar verilmiş olan siparişler için oluşturulan uygunsuzluk raporları dikkate alınmıştır. Tedarikçi-3'e Kasım 2010-2017 tarihleri arasında diğer tedarikçilere oran çok daha az sipariş açıldığı görülmüştür, hata oranı ise değerlerine göre çok daha azdır. P₅ modelinde tedarikçilerin skorları hesaplanırken değerlendirilen nicel verilerde Tedarikçi-3 ürün uygunsuzluğu alt kriteri hariç diğerlerinde geri planda kalmıştır, ancak bu durum Tedarikçi-3'ün en yüksek skora sahip olmasına engel olamamıştır. Bu sebeple olası kalite kayıp maliyetini en küçükleyen model P₅ olup, firmanın mevcut yöntemi ile önerilen model karşılaştırması yapıldığında önerilen kalitesizlik maliyeti riskini oldukça minimize ettiği görülmüştür.

7.4 Duyarlılık ve Senaryo Analizleri

Sistemik veya subjektif yaklaşımın söz konusu herhangi bir karar sürecinde riskleri öngörmek, riske maruz değeri azaltmak veya gelecekte karşılaşılabilecek senaryolar karşısında hazırlıklı olmak için duyarlılık analizi her alanda sıklıkla uygulanan bir tekniktir.

Çalışmada kullanılan analitik teknik olan AHP'nin subjektif görüşlere izin vermesi, hedeflerin karar vericiler tarafından belirlenmesi ve sezgisel olarak geliştirilen modelde kabul edilen güven seviyesinin karar vericiye göre değişkenlik gösterebilecek olması duyarlılık ve senaryo analizlerinin yapılması için sebep olmuştur.

7.4.1 AHP yönteminde duyarlılık analizi

Yardımcı sanayi stratejileri uzmanlarının değerlendirmeleri ile yapılan AHP analizi, subjektif değerlendirmeler ışığında yapıldığı için farklı görüşlerin sonuca etkisini görmek amacıyla duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Duyarlılık analizi yapılırken her bir kriterin sırasıyla mevcut skor değerinin %50 arttırılması ve %50 düşürülmesi ile ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Çizelge 7.11'de kriterlerin ağırlıklarının %50 düşürülmüş ve arttırılmış değerleri yer almaktadır. Burada belirtilen her bir kriter için P₂ modeli her iki kriter ağırlığı ile çalıştırılmıştır.





Şekil 7.3'te Teklif Gerekliliklerine Uyum, Şekil 7.4'te Fiyat , Şekil 7.5'te Kalite, Şekil 7.6'te Teknoloji, Şekil 7.7'de Risk ve Güvenlik, Şekil 7.8'de ise Firma İmajı kriterlerinin değiştirilmiş ağırlıklarına çözüdürülmüş modellerin sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 7.11: Kriterlerin duyarlılık analizinde kullanılacak değerleri.

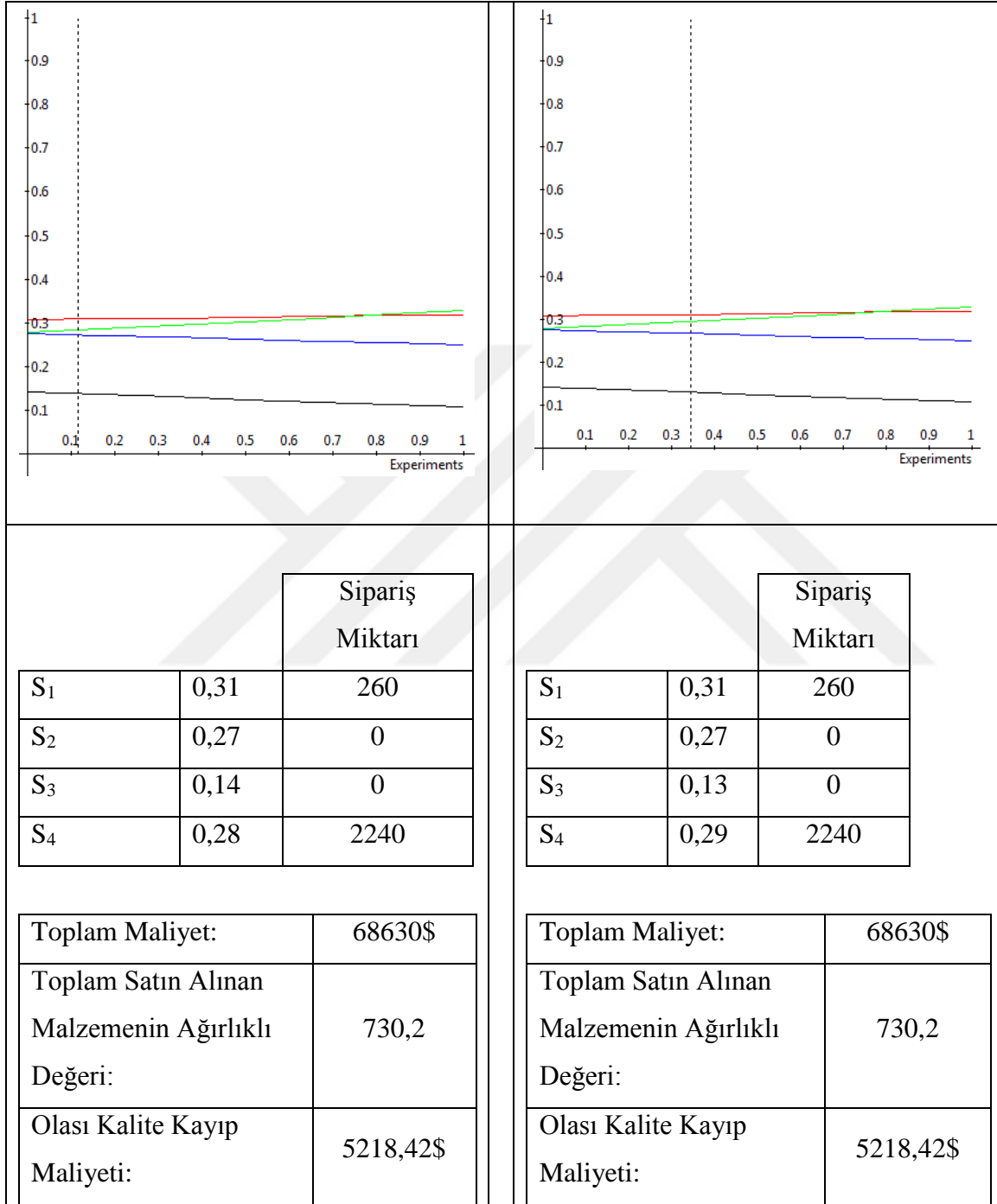
Kriterler	Mevcut Durumdaki Ağırlıkları	Kriterin ağırlığının %50 düşürülmüş değeri	Kriterin ağırlığının %50 arttırılmış değeri
Teklif gerekliliklerine uyumluluk	0,23	0,115	0,345
Fiyat	0,17	0,085	0,255
Kalite	0,34	0,17	0,51
Teknoloji	0,13	0,065	0,195
Risk ve güvenlik	0,09	0,045	0,135
Firma İmajı	0,04	0,02	0,06

Çizelge 7.12'de sonuç grafiklerinde yer alan tedarikçilerin renk kodları gösterilmektedir.

Çizelge 7.12: Tedarikçilerin renk kodları.

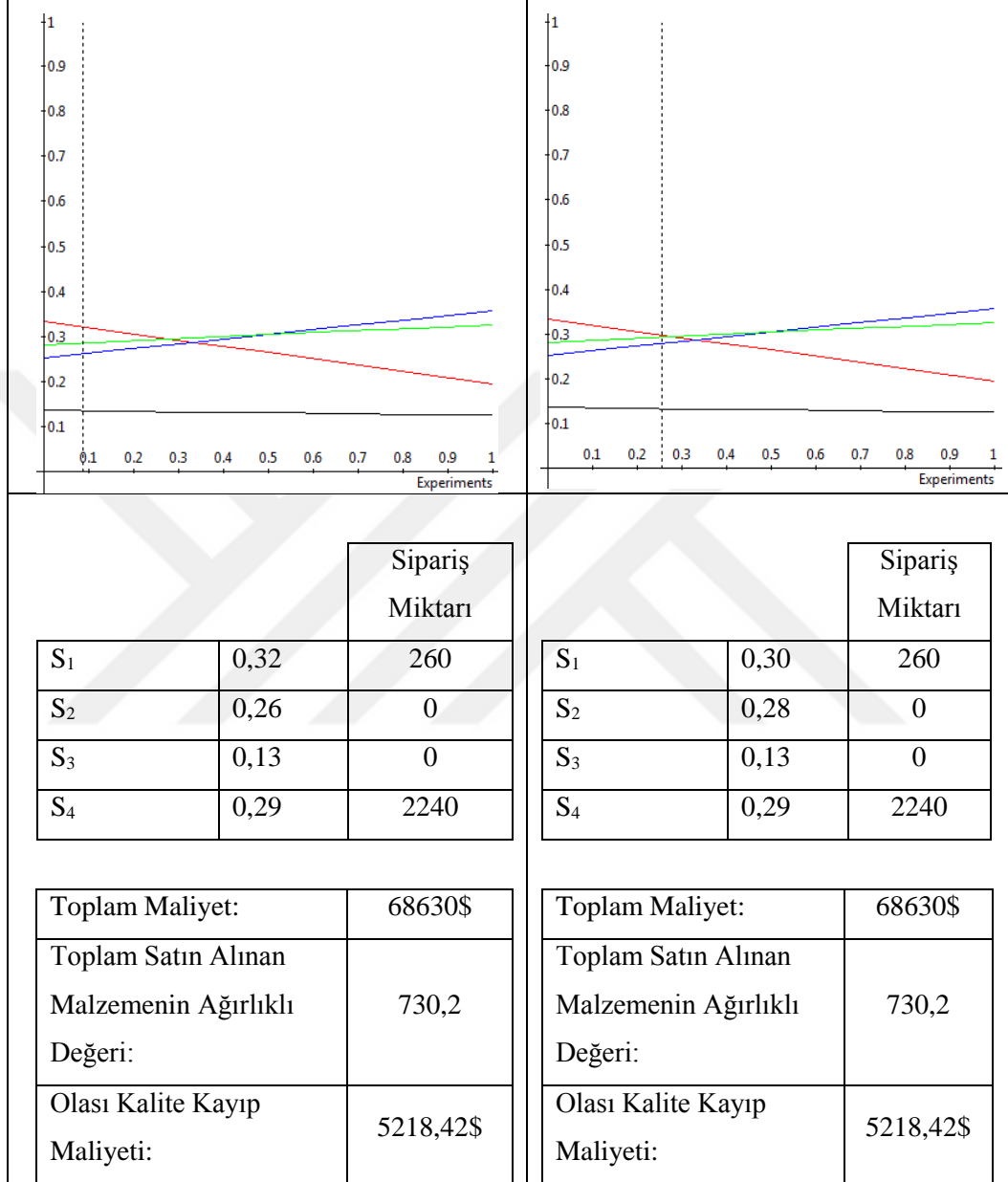
	Tedarikçi-1
	Tedarikçi-2
	Tedarikçi-3
	Tedarikçi-4

Teklif gerekliliklerine uyum:



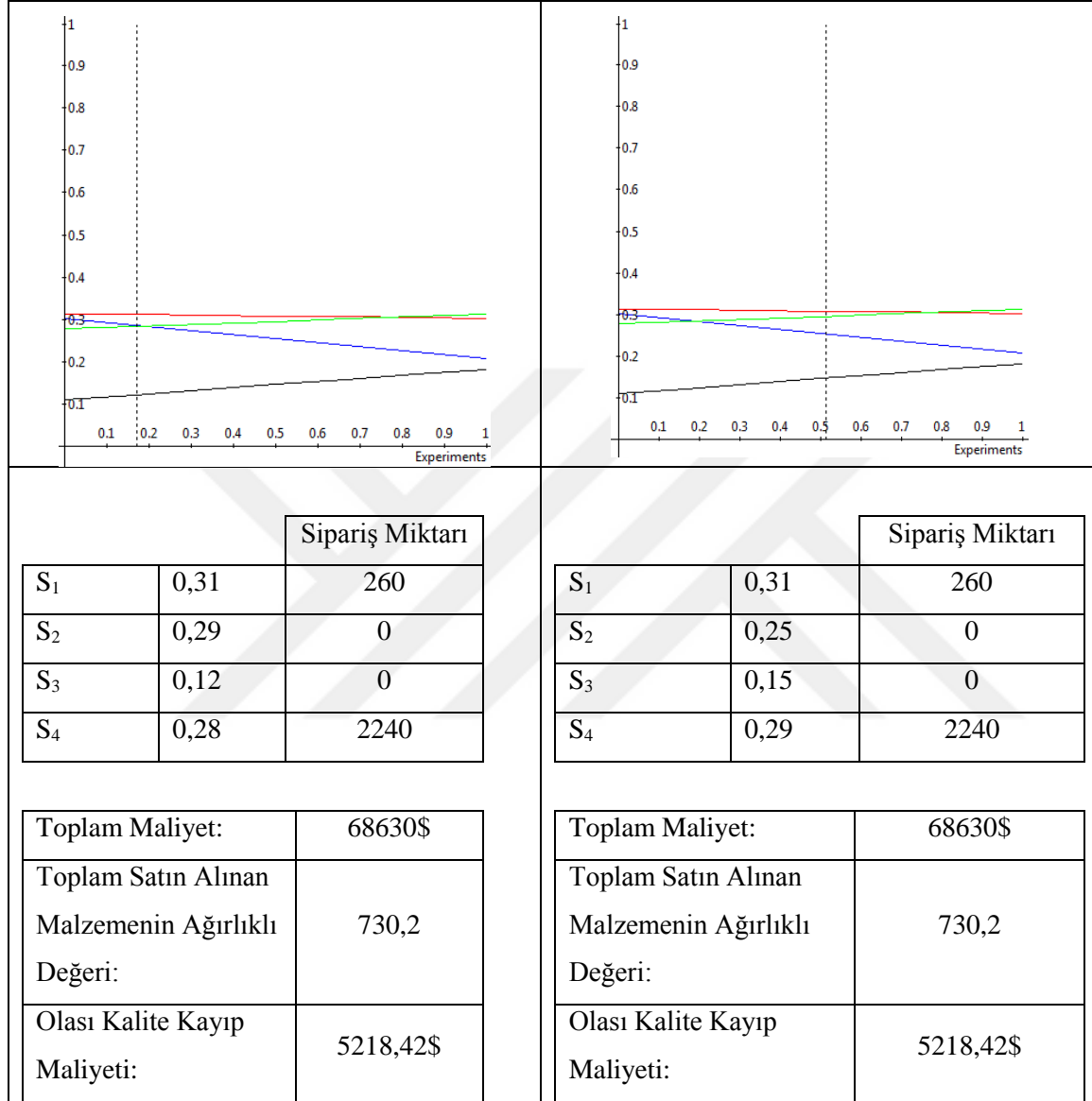
Şekil 7.3: Teklif gerekliliklerine uyum kriterinin duyarlılık analizi.

Fiyat:



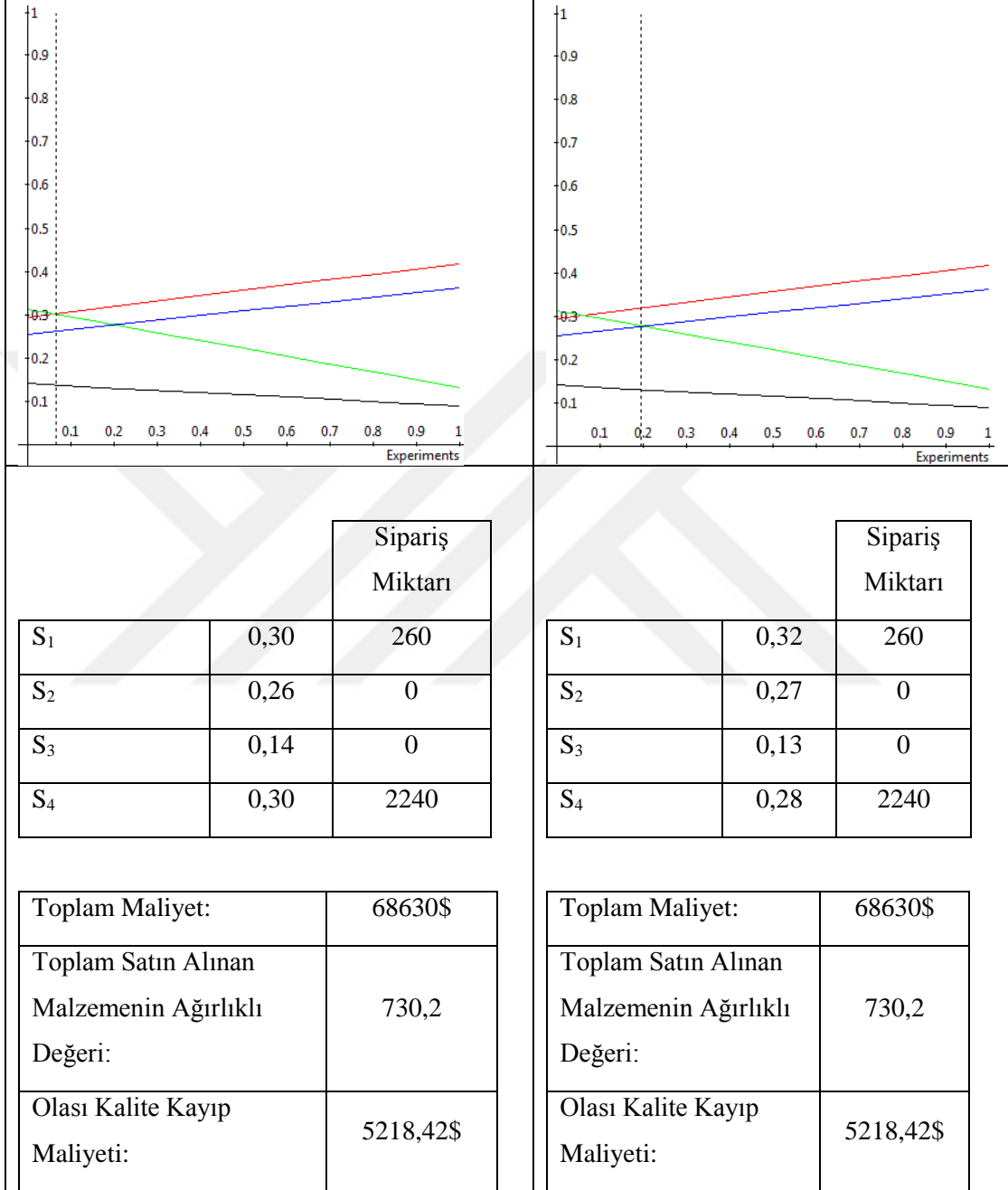
Şekil 7.4: Fiyat kriterinin duyarlılık analizi.

Kalite:



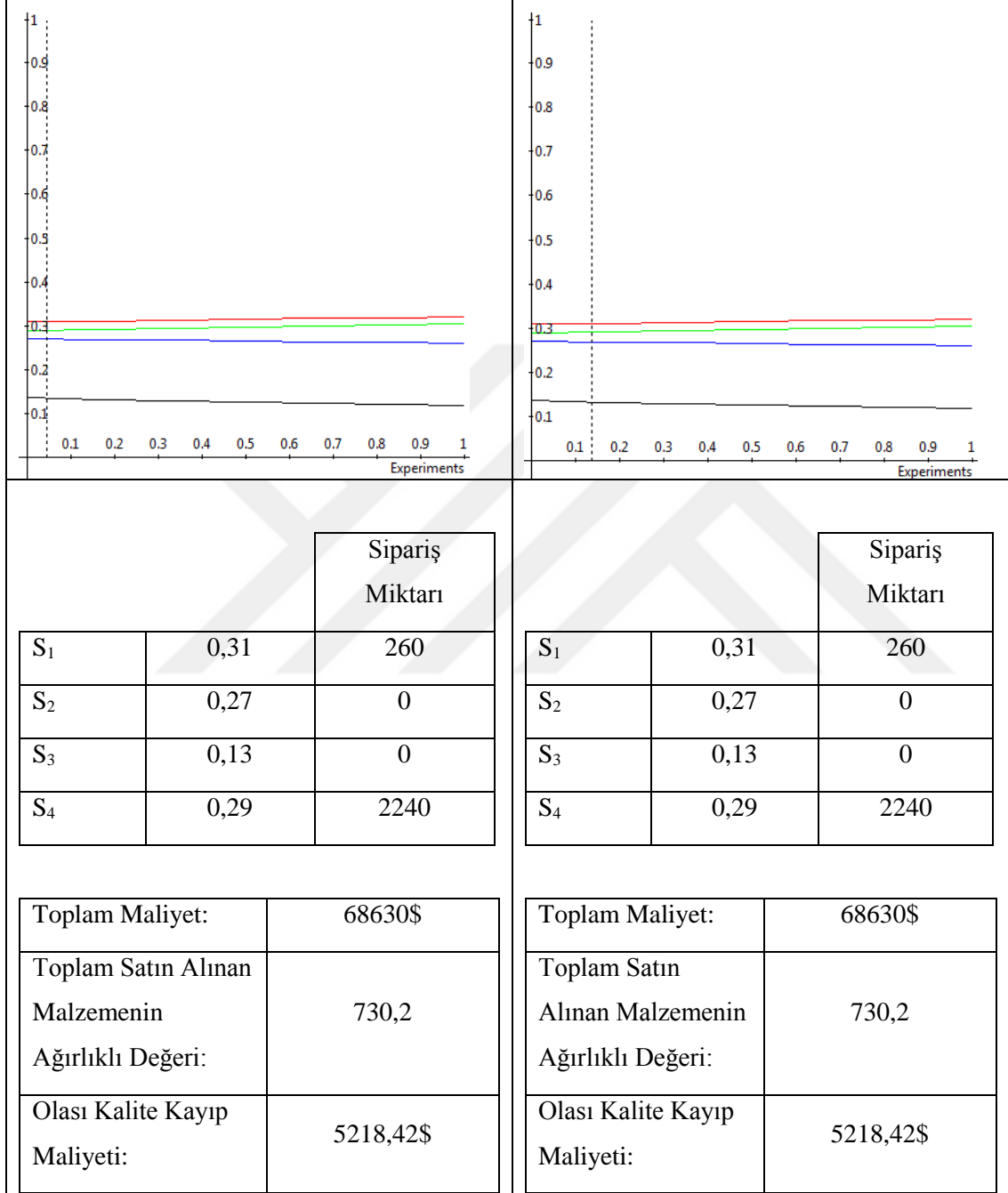
Şekil 7.5: Kalite kriterinin duyarlılık analizi.

Teknoloji:



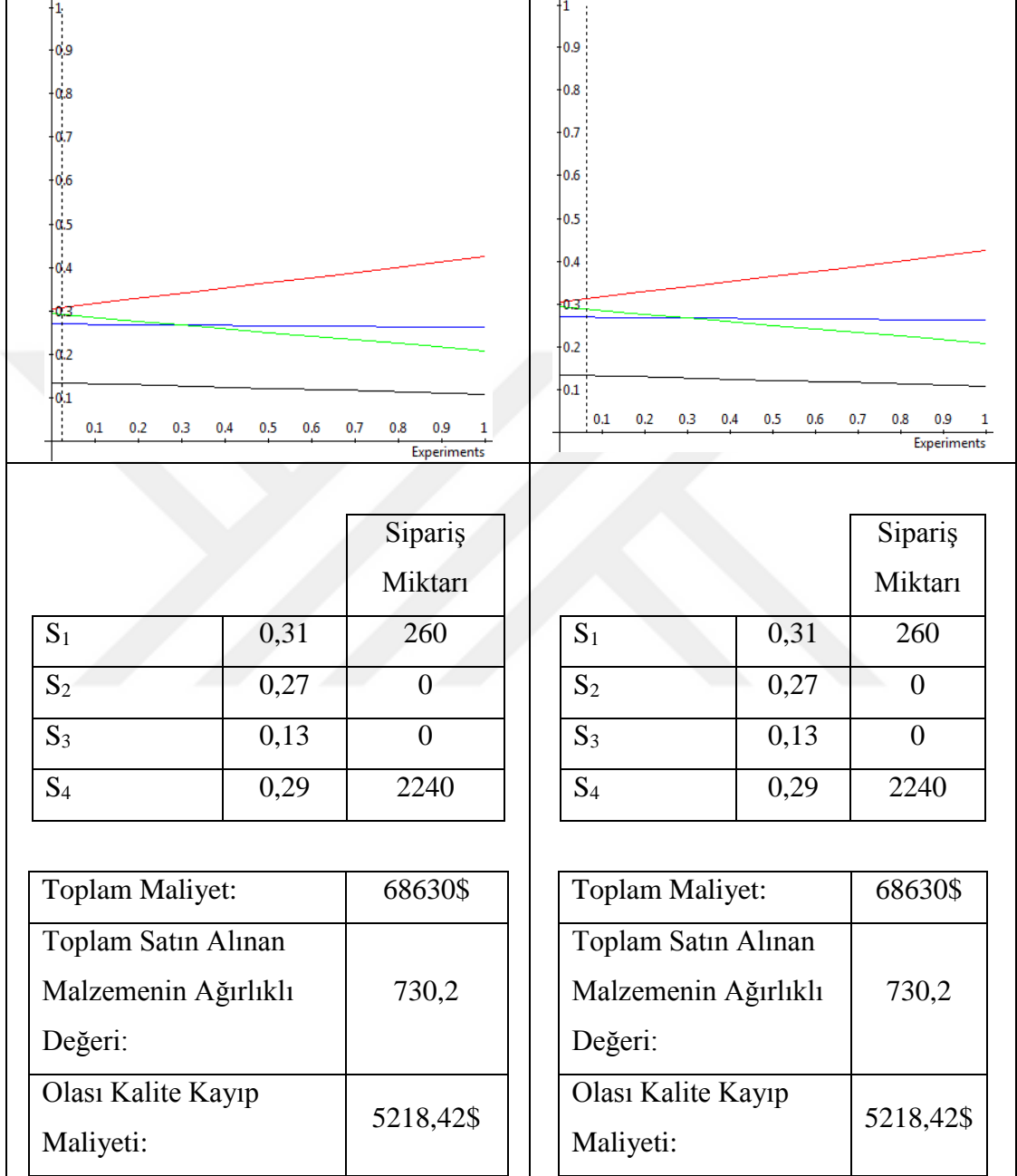
Şekil 7.6: Teknoloji kriterinin duyarlılık analizi.

Risk ve Güvenlik:



Şekil 7.7: Risk ve güvenlik kriterinin duyarlılık analizi.

Firma İmajı:



Şekil 7.8: Firma imajı kriterinin duyarlılık analizi.

Sonuçlardan anlaşıldığı gibi kriterlerin ağırlıklarını %50 oranında düşürmenin veya arttırmanın siparişlerin tedarikçilere atanmasına etkisi olmamıştır. Bu durum, süreçteki subjektif değerlendirmede kişilerin %50 oranındaki görüş farklılarının sonucu değiştirmede, modelin subjektif değerlendirmelere karşı güçlü olduğunu göstermektedir.

7.4.2 Hedeflerin öncelik değerlerinin senaryo analizi

Kalite, maliyet ve skor hedeflerinden sapmaların minimizasyonuna verilen öncelikler firmanın stratejik hedeflerine veya karar vericilerin görüşlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu sebeple hedeflere verilen ağırlıkların sipariş atamalarına etkisini incelemek amacıyla senaryo analizleri yapılmıştır. Senaryolar Çizelge 7.13'te belirtilmiştir.

Çizelge 7.13: Hedeflerin öncelik değerlerinin senaryoları.

Senaryo	$W_1=1000$	$W_2=10$	$W_3=1$
1	Kalite	Skor	Maliyet
2	Maliyet	Kalite	Skor
3	Skor	Kalite	Maliyet
4	Skor	Maliyet	Kalite
5	Maliyet	Skor	Kalite
6	Kalite	Maliyet	Skor
7	Kalite	-	Maliyet, Skor
8	Maliyet	-	Kalite, Skor
9	Skor	-	Kalite, Maliyet

Senaryo 1, 2 ve 3'te kalite, maliyet ve skor hedeflerinden sapmaların minimizasyonu sırasıyla en yüksek öncelik değerlerini almışlardır. Çizelge 7.14'de sonuç değerleri problemin orijinal çözümüyle aynı değeri vermiştir. Senaryo-3'te skor hedefinin önceliğini kalite ve maliyet hedefleri izlemektedir. Senaryo-4'te ise skor hedefinin ardından sırasıyla maliyet ve kalite gelmektedir. Maliyet hedefinin kaliteden daha önemli olduğu senaryo 4'te tüm siparişler Tedarikçi-1'e atanmıştır. Aynı durum Senaryo-9'da da söz konusudur. Bütün siparişlerin Tedarikçi-1'e açıldığı senaryolarda

toplam maliyet minimum, toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değeri maksimum değerini alırken, Tedarikçi-1'in olası birim kalitesizlik maliyeti en fazla olmasından olayı söz konusu maliyet senaryolar arasında en yüksek değerini almıştır.

Senaryo-4 ve 9 haricindeki sonuçlar problemin orjinal çözümü ile aynı değeri verirken, Senaryo-4 ve 9'da skor hedefine verilen ağırlığın diğer hedeflerden fazla olması bütün siparişlerin en yüksek skorlu tedarikçiye atanmasına sebep olmuştur. Burada okuyucuya enteresan gelebilecek nokta, karar vericinin tercih edebileceği Senaryo-4 ve 9'da toplam maliyetin minimum değeri almış olmasıdır. Bunun yanı sıra problemin maliyet hedefi 69000\$ olmasına rağmen bu senaryolarda daha düşük maliyete ulaşıldığı görülmektedir.

Çizelge 7.14: Senaryoların sonuç değerleri.

Senaryo	Tedarikçilere Atanan Sipariş Miktarları				Hedef Değerleri		
	T-1	T-2	T-3	T-4	Toplam Maliyet(\$)	Toplam satın alınan malzemenin ağırlıklı değeri	Olası Kalite Kayıp Maliyeti(\$)
1	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
2	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
3	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
4	2500	0	0	0	67500	775	12312,5
5	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
6	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
7	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
8	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
9	2500	0	0	0	67500	775	12312,5

Maliyet hedefinin 67500 \$ olarak revize edilip P₂ modeli çözdürüldüğünde sonuç 68630\$ olarak yine aynı maliyet değerini vermektedir, dolayısıyla tedarikçilere yapılan sipariş atamaları da orijinal çözüm ile aynı olmaktadır. 67500 \$ hedefi ile Senaryo-2,5 ve 8 uyarlandığında ise bütün siparişler Tedarikçi-1'e verilmektedir.

Mevcut durum için yapılan senaryo analizlerinde hedef skor değerinden sapmanın minimizasyonuna verilen ağırlığın diğer senaryolara göre daha hassas olduğu gözlemlenmiştir. Kalite ve maliyet hedefleriyle ilgili öncelikli ağırlık değerlerinin sonucu etkilemediği, sadece Senaryo-4'te Senaryo-3'ten farklı olarak maliyet hedefinin

kaliteye göre 10 kat daha önemli olması sonucu beklenen yönde etkileyip maliyetin daha düşük, kalitesizlik maliyetinin daha yüksek olmasına sebep olmuştur.

7.4.3 Güvenilirlik düzeylerinin senaryo analizi

P₂ modeli, malzeme tedarikçisinin %95 güvenilirlikle 8 haftada yapılacağı çözümü sunmaktadır. Güvenilirlik düzeylerinin %99-%80 arasında değişmesinin sonuçlara ve hedeflere etkisini incelemek amacıyla senaryo analizi yapılmıştır.

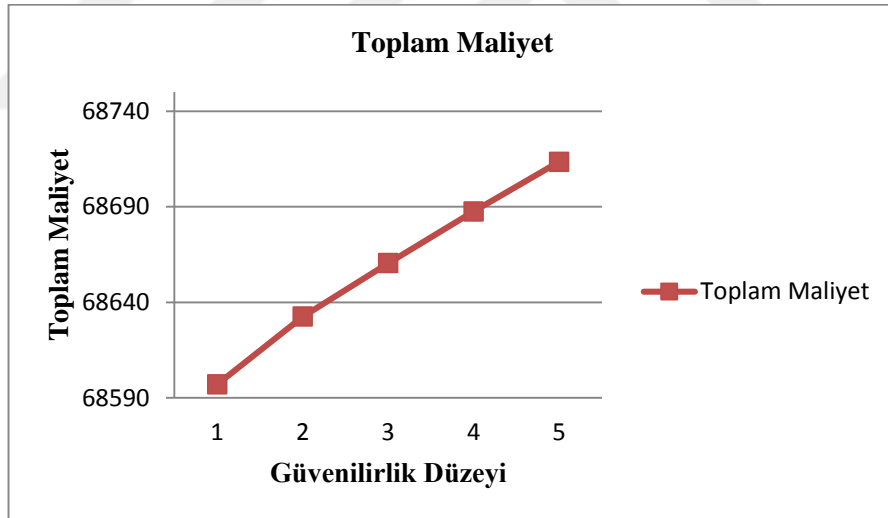
Çizelge 7.15'te güvenilirlik düzeyinin 0,99'dan 0,80'e doğru azaldıkça Tedarikçi-1'e verilen siparişlerin miktarında artış, Tedarikçi-4'e verilen siparişlerin miktarında ise azalış gözlemlenmiştir. Tedarikçi-1'in 6,96 hafta Tedarikçi-4'ün 7,45 hafta ortalama teslimat zamanlarının olması sonuçlar incelendiğinde düşündürücüdür. Daha yüksek güvenilirlik düzeyinde neden Tedarikçi-1'e verilen sipariş daha azdır sorusunu akıllara getirmektedir. Birim kalitesizlik maliyetleri incelendiğinde bu sorunun cevabı kolaylıkla açığa çıkmaktadır. Tedarikçi-1'in birim kalitesizlik maliyeti 4,925 birim iken Tedarikçi-4'ün 1,758 birimdir. Bu sebeple kalitesizlik maliyetinin minimizasyonu hedefi için minimum sapma sağlanması adına Tedarikçi-1'e verilen siparişte azalma görülmektedir. Şekil 7.11' de Tedarikçi-1'in en fazla siparişe sahip olduğu 0,80 güven düzeyinde, en fazla kalitesizlik maliyeti sergilediği gösterilmiştir. En yüksek güvenilirlik düzeyi 0,99'da toplam maliyet ve olası kalitesizlik maliyeti minimum seviyededir, satın alınan malzemenin ağırlıklı değeri diğer seviyelere göre en düşük puandadır, ancak aralarında farkın çok az olduğu görülmektedir. 0,99 güven seviyeli sonucun 0,95 güven seviyeli sonuca göre yaklaşık olarak 35 \$ daha az kalite kaybına sebep olacağı gözlemlenmiştir.

P₂ modelinde, ürünün kalitesizliğinden kaynaklanan maliyetin hedef değerden sapmasını minimize eden 3.hedef kısıtı göz ardı edilip, her bir güvenilirlik düzeyi için model tekrar çalıştırıldığında Tedarikçi-1'e bütün siparişlerin verildiği gözlemlenmiştir. Güvenilirlik düzeyinin artmasıyla Tedarikçi-1'e verilen siparişin azalması, Tedarikçi-1'in birim kalitesizlik maliyetinin fazla olması ile açıklanabilmektedir.

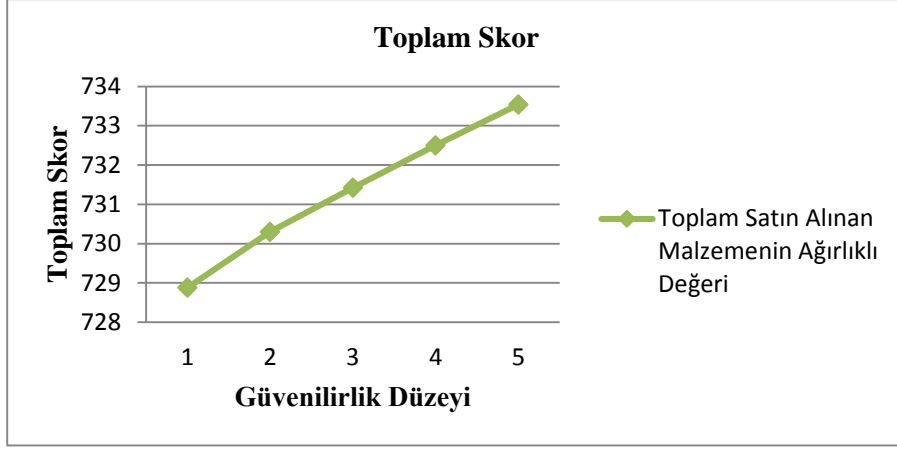
Çizelge 7.15: Değişen güvenilirlik düzeylerinin sonuçlara etkisi.

#	Güvenilirlik Düzeyi	Tedarikçilere Atanan Sipariş Miktarları				Hedef Değerleri		
		T-1	T-2	T-3	T-4	Toplam Maliyet	Toplam Satın Alınan Malzemenin Ağırlıklı Değeri	Olası Kalite Kayıp Maliyeti
1	0,99	249	0	0	2251	68598	729,98	5183,583
2	0,95	260	0	0	2240	68630	730,2	5218,42
3	0,90	314	0	0	2186	68763	731,28	5389,438
4	0,85	366	0	0	2134	68577	732,32	5554,122
5	0,80	416	0	0	2084	68602	733,32	5712,472

Şekil 7.9'da Toplam Maliyetin, Şekil 7.10'da Toplam Skor Değerinin, Şekil 7.11'de ise Olası Kalite Kayıp Maliyetlerinin güvenilirlik düzeylerine göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 7.9: Toplam maliyetin güvenilirlik düzeyine göre değişimi.



Şekil 7.10: Toplam skor değerinin güvenilirlik düzeyine göre değişimi.



Şekil 7.11: Olası kalite kayıp maliyetinin güvenilirlik düzeyine göre değişimi.

Temin süresinin 8 hafta değil de, 7,87 hafta olduğu durumda, Tedarikçi-1'e daha fazla siparişin verildiğini ancak yine aynı sebepten dolayı artan güvenilirlik seviyesi ile Tedarikçi-1'e daha az sipariş verildiği Çizelge 7.16'da gözlemlenmiştir.

Çizelge 7.16: Temin süresinin 7,87 hafta olduğu durumda sipariş atamaları.

#	Güvenilirlik Düzeyi	Tedarikçilere Atanan Sipariş Miktarları			
		T-1	T-2	T-3	T-4
1	0,99	518	0	0	1982
2	0,95	586	0	0	1914
3	0,90	640	0	0	1860
4	0,85	691	0	0	1809
5	0,80	741	0	0	1759

7 tedarikçi ile başlayan değerlendirme süreci Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4'ün seçimi ile sonuçlanmıştır. Duyarlılık analizlerinden anlaşılacağı gibi bazı senaryolarda da sadece Tedarikçi-1'e siparişler atanmıştır.

Tedarikçilerin teknik yeterliliklerinin değerlendirildiği TOPSIS yönteminde sıralamada yer alan ilk 4 tedarikçi ile sürece devam edilmiştir. Firma bu proje kapsamında aynı ürünün siparişini maksimum 4 tedarikçiye açmak istemesi sebebiyle çalışmanın ilerleyen bölümlerinde söz konusu aday tedarikçiler ile değerlendirme yapılmıştır. Ancak TOPSIS yöntemine göre 1. ve 2.sıralarda yer alan Tedarikçi-4 ve Tedarikçi-1'e siparişlerin atanıp, 3. ve 4. sırada yer alan Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-3'e siparişlerin atanmadığını görmekteyiz. Çizelge 4.7'de ilk aşamada Tedarikçi-3 ve Tedarikçi-4'ün elenebildiği gözlemlenmiştir.





8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında savunma sanayi firmasının ürünü olan bir hava aracında kullanılacak malzeme için firmanın hedefleri ve kısıtları doğrultusunda tedarikçi seçimi ve sipariş ataması yapılmıştır.

Proje kapsamında kullanılacak ürünün teknik özelliklerinin imalat mühendisleri tarafından belirlenip teklif paketlerinin uzmanlar tarafından hazırlanmasıyla süreç başlamıştır. Aday tedarikçilerden gelen teklifler TOPSIS yöntemi ile değerlendirilerek tedarikçilerin teknik kabiliyetlerine göre sıralamaları yapılmıştır. Sıralamada yer alan ilk dört tedarikçi performanslarının değerlendirilmesi için bir sonraki aşamaya aktarılmıştır. Bu aşamada AHP yöntemi ile tedarikçilerin performansları subjektif bakış açısı ile değerlendirilip skorları belirlenmiştir.

İnsan hayatının söz konusu olduğu bütün sektörler hata kabul etmemektedir. Havacılık sektörü de sıfır hata ile çalışmayı hedeflemektedir. Tedarikçilerden gelen uygunsuz ürünler, geri dönüşler, onarım işlemleri, malzemelerin hurda edilmesi gibi faaliyetler üretim sürecini olumsuz olarak etkileyip, müşteri memnuniyeti için risk oluşturmaktadır. Firma tedarikçilerinden zamanında uygun teslimatları gerçekleştirmelerini istemektedir. Çalışmada kalite maliyetleri detaylı olarak incelenmiştir. Kasım 2007- Kasım 2017 yılları arasında tedarikçilerden sağlanan ürünler için oluşturulan kalite uygunsuzluk raporları pareto analiziyle incelenmiştir. Uygunsuzluklara hurda, yeniden işleme, firmaya gönderme ve onarım olmak üzere dört farklı çözüm sunulmuştur. Hata sınıflandırmasına göre parçanın tolerans dışında olması problemi sadece Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4'te ortaya çıkmıştır. Bu problem Taguchi yöntemi ile incelenerek kalitesizlik maliyetleri hesaplanmıştır. Diğer hata sınıflarının oluşturacağı maliyetler ise onarım, firmaya gönderme, hurda etme ve yeniden işleme faaliyetlerinin maliyetleri ile hesaplanmıştır.

Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-4'ün sunduğu indirimli fiyat teklifleri parçalı doğrusal fonksiyonlar ile modele eklenmiştir.

Tedarikçilerin ürünleri teslimat süreleri stokastik olarak incelenip modele dahil edilmiştir. Ancak elde edilen doğrusal olmayan, ikinci dereceden fonksiyon CPLEX ve GAMS ile çözülememiştir, konveks olmamasından dolayı hata ile karşılaşmıştır. Bu sebeple Markowitz yöntemi mantığından yola çıkarak sezgisel bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında Matematiksel Model (P_1), Sezgisel Model (P_2) geliştirilmiştir. Her iki modelde de Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4 seçilmiştir. Ancak ürün teslimat süresi diğer tedarikçilere göre daha kısa olduğu P_2 modelinde Tedarikçi-1'e daha fazla sipariş açılmıştır. Tedarikçi-1'in olası birim kalitesizlik maliyeti diğer tedarikçilere göre daha fazla olduğundan firma Tedarikçi-1'e sipariş vererek daha fazla risk almaktadır.

Firmanın daha önce verdiği siparişlerin, geliştirilen modeldeki siparişler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Önceki dönemlerde Tedarikçi-1, Tedarikçi-3 ve Tedarikçi-4'e sırasıyla 10044, 1014, 6634 adet sipariş açılırken, önerilen modelde Tedarikçi-3 ve Tedarikçi-4'e sırasıyla 1014 ve 16678 adet sipariş atanmıştır. Böylece model, olası kalitesizlik maliyetini 61714,35\$'dan 29905,002\$'a indirmiştir. Firmanın daha önce verdiği siparişlerin, literatürde önerilen bir yöntemle de modelin çözümü ve karşılaştırması yapılmıştır. Literatürdeki model Tedarikçi-3 ve Tedarikçi-4'e sırasıyla 7356 ve 10336 adet sipariş açarak olası kalitesizlik maliyetini 22415 \$'a kadar indirmiştir, ancak toplam maliyet diğer iki model arasından en yüksek iken toplam satın alınan ürünlerin ağırlıklı değeri en düşük değerdedir.

Modelde yer alan parametrelerin değişiminin sonuca olan etkisini gözlemlemek amacıyla duyarlılık ve senaryo analizleri yapılmıştır. Sübjektif değerlendirmelerle yapılan AHP analizindeki tedarikçi değerlendirme kriterlerinin göreceli olarak değişiklik gösterebileceği düşüncesiyle kriter ağırlığının %50 düşürülmüş ve artırılmış değerleriyle duyarlılık analizi yapılmıştır. Değişen kriter ağırlıklarının problemin sonucunu değiştirmedeği görülmüştür. Bu durum modelin öznel yargılara karşı güçlü olduğunu göstermektedir. Hedeflerin öncelik değeri karar vericiye göre değişebilmektedir. Hedeflerin çeşitli öncelik değerleri dokuz senaryo ile oluşturulmuştur. Senaryo-4 ve Senaryo-9 haricindeki senaryolar problemin orijinal çözümü ile aynı değerleri verirken, Senaryo-4 ve Senaryo-9'da bütün siparişler Tedarikçi-1'e atanmıştır. Bu iki senaryoda ürünlerin ağırlıklı satın alma değeri hedefinin öncelik değeri en yüksektir. AHP sonucuna göre Tedarikçi-1'in skoru en yüksek olduğundan bütün siparişlerin ataması Tedarikçi-1'e yapılmıştır. Güvenilirlik

düzeyleri için yapılan senaryo analizinde düzeyin 0,80'den 0,99'a doğru arttıkça Tedarikçi-1'e verilen sipariş miktarında azalış, Tedarikçi-4'e verilen sipariş miktarında size artış gözlemlenmiştir. Tedarikçi-1'in 6,96 hafta Tedarikçi-4'ün 7,45 hafta ortalama teslimat zamanlarının olması daha yüksek güvenilirlik düzeyinde neden Tedarikçi-1'e verilen sipariş daha azdır sorusunu akıllara getirmektedir. Birim kalitesizlik maliyetleri incelendiğinde bu sorunun cevabı kolaylıkla açığa çıkmaktadır. Tedarikçi-1'in birim kalitesizlik maliyeti 4,925 birim iken Tedarikçi-4'ün 1,758 birimdir. Bu kısıt sebebiyle Tedarikçi-1'e atanan siparişte artış gerçekleşmemiştir.

Çalışmada TOPSIS yöntemine göre 1. ve 2.sıralarda yer alan Tedarikçi-4 ve Tedarikçi-1'e siparişlerin atanıp, 3. ve 4. sırada yer alan Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-3'e siparişlerin atanmadığını görülmüştür, ilk aşamada Tedarikçi-3 ve Tedarikçi-4'ün elenebildiği gözlemlenmiştir.

Birden fazla tedarikçi ile çalışmanın risk paylaşımı açısından önemli olduğu çalışmada vurgulanmıştır.

Tedarikçi seçimi ve sipariş ataması geliştirmeye oldukça açık bir problemdir. Tek periyotlu yaklaşım varsayımının dışına çıkarak, ihtiyaç duyulan malzemenin üretim planına göre çok periyotlu siparişi verilerek envanter kontrolünün de sağlanması hedefler arasına eklenebilir. Siparişlerin periyodik olarak verildiği bir ortamda dinamik modeller geliştirilebilir. Ürün grubu değiştirilerek raf ömürlü malzemeler ve kimyasallar için modele daha farklı girdiler eklenebilir.



KAYNAKÇA

- Abay, R.** (2013). Markowitz Karesel Programlama ile Portföy Seçimi: İMKB 30 Endeksinde Riskli Portföylerin Seçimi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 22, Sayı 2, Sayfa 175- 194.
- Alessandro, M., & Calabreseb, G.** (2018). The influence of reputation on supplier selection: An empirical study of the European automotive industry. *Journal of Purchasing and Supply Management*.
- Bahadır, F., & Önder, E.** (2015). *Çok Kriterli Krar Verme Yöntemleri*. Dora Yayıncılık.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., & Nielsen, İ. E.** (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers and Operations Research*, 89 (2018) 337–347.
- Basnet, C., & Leung, J.** (2005). Inventory lot-sizing with supplier selection. *Computers ve Operations Research*.
- Cengiz, A., Aytekin, O., Ozdemir , I., Kusan, H., & Çabuk, A.** (2017). A Multi-Criteria Decision Model for Construction Material Supplier Selection. *Creative Construction Conference 19-22 June 2017*.
- Chandra, M.** (2001). *Statistical Quality Control*. CRC Press.
- Cheraghalipour, A., & Farsad, S.** (2018). A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering quantity discounts under disruption risks: A case study in plastic industry. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 237-250.
- Demirtaş, E., & Üstün, Ö.** (2008). An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega* , 36 (1), 76-90.
- Demirtaş, Ö., & Akdoğan, A.** (2014). Bulanık Ortamda Tedarikçi Seçimi: Savunma Sanayii'ne Yönelik Bir Uygulama. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 43, ss. 203-222.
- Dickson, G.** (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17.
- Dweiri, F., & Kumar , S., Khan, S., & Jain, V., F.** (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems With Applications*, 62, 273–283.
- Erdal, P.** (2014). *Satınalma ve Tedarik Zinciri Yönetimi*.
- Erdem, A., & Göçen, E.** (2012). Development of a decision support system for supplier evaluation and order allocation. *Expert Systems with Applications* , 4927–4937.
- Feng, C.-X., Wang, J., & Wang, J.-S.** (2001). An optimization model for concurrent selection of tolerances and suppliers. *Computers & Industrial Engineering*, 40(1-2), 15-33.
- Genichi Taguchi: quality engineering thinker-The British Library.* (tarih yok). Mart 17, 2018 tarihinde <https://www.bl.uk/people/genichi-taguchi>. adresinden alındı
- Goldberg, L.** (2011). *Harry Markowitz: Selected Works, edited by Harry M. Markowitz*.

- Hamzaçebi, C., & Kutay, F.** (2001). Kalite Maliyetlerine Genel Bir Bakış : Taguchi Kayıp Fonksiyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilimleri Dergisi*, 287-293.
- Harms, D., Hansen, E., & Schaltegger, S.** (2013). Strategies in Sustainable Supply Chain Management: An Empirical Investigation of Large German Companies Corporate. *Social Responsibility and Environmental Management*.
- He, Y.** (2014). Supplier Selection and Supplier Management Improvements at an Analytical Instrument Manufacturing Company. *Master of engineering in manufacturing*. Massachusetts institute of technology.
- İÇ, Y. T.** (2012). Development of a credit limit allocation model for banks using an integrated Fuzzy TOPSIS and linear programming. *Expert Systems with Applications*, 39, 5309–5316.
- Jadidi, O., Zolfaghari, S., & Cavalier, S.** (2014). A New Normalized Goal Programming Model for Multi-Objective Problems: A Case of Supplier Selection and Order Allocation., Volume 148, Pages . *International Journal of Production Economics*, 158–165.
- Khakbaz, M. H., Ghapanchi, A. H., & Tavana, M.** (2010). A multicriteria decision model for supplier selection in portfolios with interactions. *Int. J. Services and Operations Management*, 7(3).
- Koblen, I., & Nižniková, L.** (2013). Selected aspects of the supply chain management in the aerospace industry. *Incas Bulletin*, Volume 5, Issue 1/ 2013, pp. 135 – 149.
- Li, L., Chen, H., & Wang, J.** (2006). Research On Military Product Supplier Selection Architecture Based On Fuzzy AHP. *International Conference on Service Systems and Service Management*.
- Liao, C.-N., & Kao, H.-P.** (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming. *Computers & Industrial Engineering*, 58 (2010) 571–577.
- Mendoza, A.** (2007, Aralık). Effective Methodologies For Supplier Selection And Order Quantity Allocation. *The Pennsylvania State University The Graduate School*. Pennsylvania, USA.
- Moalem, S., Herbon, A., Shnaiderman, H., & Templeman, J.** (2010). Off-Line and User-Oriented Approach for Supplier Selection in Dynamic Environment: A Case Study in the Healthcare Services. *J. Service Science & Management*, 3, 390-407.
- Organizasyon Şeması Değerlendirme Çalışması, GES Yönetim Danışmanlığı*. Ocak 10, 2018 tarihinde <http://www.gescozumleri.com/organizasyon-semasi-degerlendirme-calismasi/>. adresinden alındı
- Önüt, S., Kara, S., & Işık, E.** (2009). Long Term Supplier Selection Using A Combined Fuzzy MCDM Approach: A Case Study For A Telecommunication Company. *Expert Systems with Applications*, 3887–3895.
- Özkır, V.** (2018). Belirsizlik Altında Çevre Bilinçli Tedarikçi Seçimi Probleminin İncelenmesi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19 (1) 2018, 23 - 37.
- Park, K., Kremer, G., & Ma, J.** (2018). A regional information-based multi attribute and multi-objective decision-making approach for sustainable supplier selection and order allocation. *Journal of Cleaner Production*.
- Prasanna, S., & Goh, M.** (2016). Multi-objective supplier selection and order allocation under disruption risk. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 124–142.

- Rezaei, J., Fahim, P., & Tavasszy, L.** (2014). Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 41(18), 8165-8179.
- Rosyidi, C. N., & Jauhari, W. A.** (2013). Simultaneous Component and Tolerance Allocation Model Considering Technological Capability and Production Capacity to Minimize Purchasing Cost and Quality Loss. *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*.
- Saaty, R. W.** (2016). *Decision Making in Complex Environments; Super Decisions – Software for Decision Making with Dependence and Feedback*.
- Sarkara, S., Pratihar, D. K., & Sarkar, B.** (2018). An integrated fuzzy multiple criteria supplier selection approach and its application in a welding company. *Journal of Manufacturing Systems*, 46 (2018) 163–178.
- Sepehri, M.** (2012). Strategic Selection and Empowerment of Supplier Portfolios Case: Oil and Gas Industries in Iran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 26th IPMA World Congress, Crete, Greece, 51 – 60.
- Shengbin, Z., & Chunsheng, S.** (2009). Supplier Selection Mode of Aerospace Batch Production Based on Multiple Objective Programming. *International Conference on Multimedia Information Networking and Security, IEEE*.
- Shojaei, P., Haeri, S. A., & Mohammadi, S.** (2017). Airports evaluation and ranking model using Taguchi loss function, best-worst method and VIKOR technique. *Journal of Air Transport Management*, 1-10.
- Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y.** (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*.
- Tahriri, F., Dabbagh, M., & Ebrahi, N. A.** (2014). Supplier Assessment and Selection Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process in a Steel Manufacturing Company. *Journal of Scientific Research and Reports*, vol. 3, no. 10, pp. 1319-1338.
- Tayalı, A. H.** (2017). Tedarikçi Seçiminde WASPAS Yöntemi (WASPAS Method on Supplier Selection). *Asos Journal, The Journal of Academic Social Science*, 368-380.
- Verma, R., & Saroj, K.** (2008). Dynamic Vendor Selection using the FAHP Approach. Available at SSRN: Nisan 04, 2018 tarihinde <https://ssrn.com/abstract=1351359> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1351359>, adresinden alındı
- Wagner, S., & Johnson, J.** (2004). Configuring and Managing Strategic Supplier Portfolios. *Industrial Marketing Management*, 33(8), 717-730.
- Weele, A. J.** (2005). Purchasing & Supply Chain Management. *Analysis, Strategy, Planning and Practice*.
- Xia, W., & Wu, Z.** (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35 (2007) 494 – 504.



EKLER

EK 1: TOPSIS Yönteminin Aşamaları

EK 2: AHP Tekniğinin Matematiksel Yapısı

EK 3: Kriterlerin ve Tedarikçilerin İkili Karşılaştırmaları

EK 4: Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4'ün Sağladığı Malzemelerin Ölçüm Değerleri



EK 1

TOPSIS Yönteminin Aşamaları:

ADIM 1: Karar matrisinin oluşturulması

i kriterler, j ise faktörler olmak üzere karar matrisi için aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır.

$$i=1 \dots m; j=1 \dots n$$

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \cdot & a_{22} & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & \cdot & \cdot & a_{mn} \end{bmatrix}$$

ADIM 2: Normalize matrisin oluşturulması

Karar matrisini oluşturan elemanların sütunları oluşturan elemanların karelerinin toplamına bölünmesiyle normalize edilmiş matris oluşmaktadır.

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$$

ADIM 3: Ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesi

Yöntemin tek subjektif yönü bu adımda değerlendirme kriterlerine karar vericilerin ağırlıkları vermesidir. Faktörlerin ağırlıklarının toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Normalize edilmiş N matrisi ile w_i ağırlıklarının çarpılmasıyla ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmektedir.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 n_{11} & \dots & \dots & w_n n_{1p} \\ w_1 n_{21} & w_2 n_{22} & \dots & w_n n_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1 n_{m1} & \cdot & \cdot & w_n n_{mp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1p} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ v_{m1} & \cdot & \cdot & v_{mp} \end{bmatrix}$$

ADIM 4: İdeal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için ağırlıklandırılmış normalize matrisindeki sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü kayıp yönlü ise en küçüğü) seçilir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Negatif ideal çözüm seti ise, ağırlıklandırılmış normalize matrisindeki sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü fayda yönlü ise en küçüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

J fayda, J' ise kayıp değerini göstermektedir.

ADIM 5: İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerlerinin elde edilmesi

İdeal ve negatif ideal noktalarından sapmalarının bulunabilmesi için Öklit uzaklığı yaklaşımı kullanılmaktadır.

İdeal çözüme en yakın ve en uzak noktara aşağıdaki formülasyonlar ile hesaplanabilmektedir.

İdeal çözüme olan uzaklık:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

Negatif ideal çözüme olan uzaklık:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

ADIM 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Negatif ideal çözüme olan uzaklığın, negatif ve ideal çözüm noktalarına olan toplam uzaklığa olan oranı ne kadar büyükse o çözüm noktası negatif çözüm noktasından o kadar uzak demektir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1$$



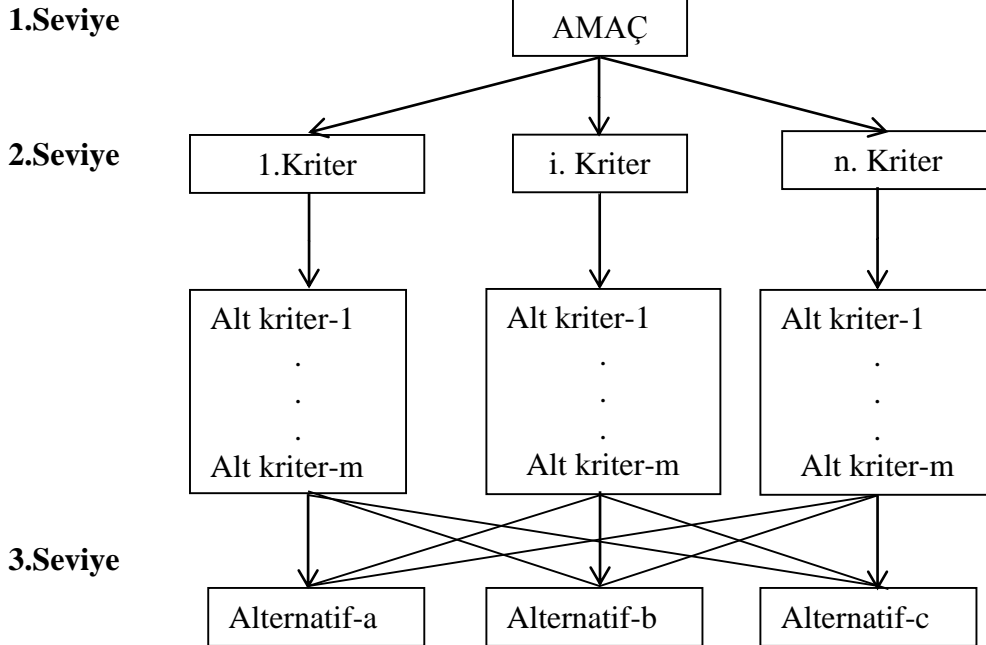
EK 2

AHP Tekniğinin Aşamaları:

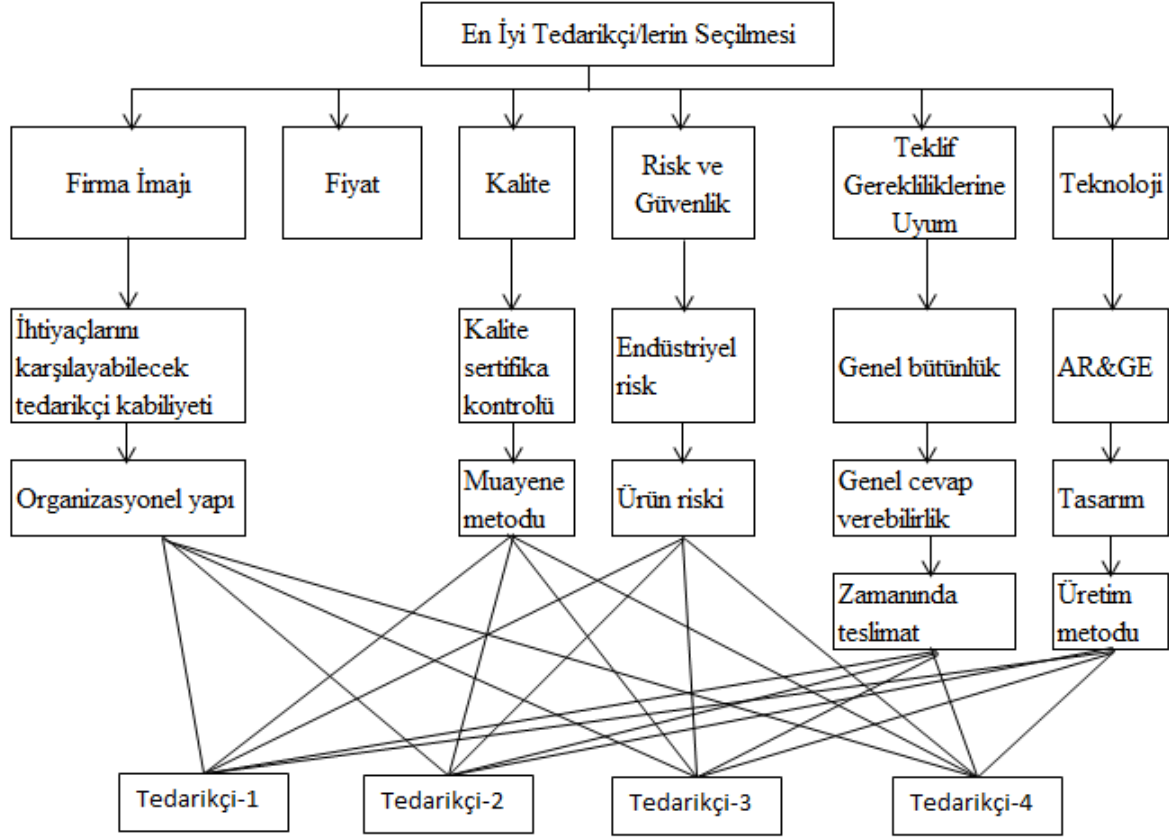
1. Problemin tanımlanıp, amacın belirlenmesi,
2. Kriterlerin belirlenmesi,
3. Alternatiflerin belirlenmesi,
4. Problemin hiyerarşik yapısının oluşturulması,
5. Hiyerarşik yapının her seviyesi için kriterlerin iki karşılaştırmalarının yapılarak, önem derecelerinin belirlenmesi,
6. Kriterler ışığında alternatiflerin karşılaştırılarak skolarlarının hesaplanması,
7. Tutarsızlık oranının hesaplanması,
8. Alternatiflerin sıralanması ve skoru en yüksek olanın seçilmesi.

Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Amacın, kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesiyle birlikte aşağıdaki gibi hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır.



Tez kapsamında ele alınan problemin hiyerarşik yapısının detayına aşağıda yer verilmiştir.



AHP Tekniğinin Matematiksel Gösterimi:

Problemin hiyerarşik yapısının oluşturulmasının ardından ikili karşılaştırmalar ile değerlendirme aşamasına geçilmektedir.

Kriterlerin a_i , ağırlıkların w_i ile ifade edildiği durumda n adet kriterin ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdot & a_{1j} & \cdot & a_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{i1} & \cdot & a_{ij} & \cdot & a_{in} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & a_{nj} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Karşılık olma özelliğinden dolayı, kriterlerin birbirlerine göre önem durumları aşağıdaki denklemde olduğu gibidir. Eğer i faktörü j ile karşılaştırıldığında aldığı değer a_{ij} ise, j faktörü i ile karşılaştırıldığında alacağı değer $\frac{1}{a_{ij}}$ olur.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Kriterlerin değerlendirilmesi Saaty skalasına göre yapılmaktadır.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faktörün hedefe olan katkısı aynıdır.
2	Zayıf derece daha önemli	
3	Orta derece önemli	Birinci faktör ikinci faktöre göre orta derecede daha önemlidir.
4	Orta dereceden biraz daha önemli	
5	Kuvvetli derece daha önemli	Tecrübe ve yargılar birinci faktörün ikinci faktöre göre kuvvetli derece daha önemli olduğunu göstermektedir.
6	Kuvvetli dereceden biraz daha fazla önemli	
7	Çok güçlü derecede önemli.	Birinci faktör ikinci faktöre göre çok güçlü derecede daha önemlidir.
8	Çok daha güçlü derece önemli.	
9	Aşırı derecede önemli.	Birinci faktör ikinci faktöre göre aşırı derecede daha önemlidir.

Gerçek hayatta ele alınan problemlerde $\frac{w_i}{w_j}$ sonucu bilinmemektedir. Bu sebeple bizim bu metoddaki amacımız $\frac{w_i}{w_j}$ ifadesinin yaklaşık değerini belirlemektir. Bu da kriterlerin birbirlerine göre ikili karşılaştırmalarını yapan a_{ij} ile sağlanmaktadır.

Ağırlık matrisini aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$W = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & \cdot & w_1/w_j & \cdot & w_1/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_i/w_1 & \cdot & w_i/w_j & \cdot & w_i/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_n/w_1 & \cdot & w_n/w_j & \cdot & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

$(W - nI)w = 0$ ise bir matrisin orijinal yapısını görmek için kullanılan alternatif yol olan özdeğeri bulma formülasyonudur.

Göreceli ağırlıklar,

$Aw = \lambda_{\max} w$ Denklemdeki w öz vektör ile hesaplanmaktadır.

AHP tekniği sübjektif değerlendirmeler ile yapıldığı için en kritik noktası tutarlılık oranının istenilen değerı almasıdır. A faktörü B faktöründen 2 kat daha fazla önem derecesine sahipse, B faktörü de C'den 3 kat daha önemli ise C'nin önem değerı A'dan kesinlikle daha düşük olmalıdır.

Tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı sırasıyla aşığıdaki formülasyonlarla hesaplanabilmektedir.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Güvenilir ve tutarlı bir çözüme ulaşmak için CI değerinin 0.1'i geçmemesi gerekmektedir.

RI ise rastgele değer indeksi demektir ve değişen eleman sayısına göre aldığı değerler aşığıdaki çizelgede gösterilmiştir.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

EK 3

Kriterlerin ve Tedarikçilerin İkili Karşılaştırmaları

Genel Bütünlük	
Tutarsızlık Oranı	0,01
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,23
Tedarikçi 2	0,49
Tedarikçi 3	0,09
Tedarikçi 4	0,19

Genel Cevapverebilirlik	
Tutarsızlık Oranı	0,02
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,27
Tedarikçi 2	0,30
Tedarikçi 3	0,10
Tedarikçi 4	0,32

Zamanında Teslimat	
Tutarsızlık Oranı	0,00
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,35
Tedarikçi 2	0,19
Tedarikçi 3	0,11
Tedarikçi 4	0,35

İhtiyaçlarını Karışalayabilecek Tedarikçi Kabiliyeti	
Tutarsızlık Oranı	0,06
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,47
Tedarikçi 2	0,25
Tedarikçi 3	0,08
Tedarikçi 4	0,19

Organizasyonel Yapı	
Tutarsızlık Oranı	0,02
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,29
Tedarikçi 2	0,29
Tedarikçi 3	0,18
Tedarikçi 4	0,25

Firma İmajı	
Tutarsızlık Oranı	0,00
Alt Kriterler	Normalize Edilmiş Değer
İhtiyaçlarını karşılayabilecek tedarikçi kabiliyeti	0,75
Organizasyonel yapı	0,25

Fiyat	
Tutarsızlık Oranı	0,02
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,19
Tedarikçi 2	0,36
Tedarikçi 3	0,12
Tedarikçi 4	0,33

Kalite	
Tutarsızlık Oranı	0,00
Alt Kriterler	Normalize Edilmiş Değer
Kalite sertifika kontrolü	0,67
Muayene metodu	0,33

Risk ve Güvenlik	
Tutarsızlık Oranı	0,00
Alt Kriterler	Normalize Edilmiş Değer
Endüstriyel risk	0,50
Ürün riski	0,50

Teklif Gerekliliklerine Uyumluluk	
Tutarsızlık Oranı	0,04
Alt Kriterler	Normalize Edilmiş Değer
genel bütünlük	0,10
genel cevap verebilirlik	0,26
zamanında teslimat	0,64

Teknoloji	
Tutarsızlık Oranı	0,00
Alt Kriterler	Normalize Edilmiş Değer
ARveGE	0,20
Tasarım	0,60
üretim metodu	0,20

Kalite Sertifikasyon	
Tutarsızlık Oranı	0,02
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,29
Tedarikçi 2	0,25
Tedarikçi 3	0,18
Tedarikçi 4	0,29

Muayene Metodu	
Tutarsızlık Oranı	0,02
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,33
Tedarikçi 2	0,12
Tedarikçi 3	0,19
Tedarikçi 4	0,36

Endüstriyel Risk	
Tutarsızlık Oranı	0,06
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,29
Tedarikçi 2	0,17
Tedarikçi 3	0,12
Tedarikçi 4	0,42

Ürün Riski	
Tutarsızlık Oranı	0,00
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,35
Tedarikçi 2	0,35
Tedarikçi 3	0,11
Tedarikçi 4	0,19

ARveGE	
Tutarsızlık Oranı	0,06
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,29
Tedarikçi 2	0,51
Tedarikçi 3	0,07
Tedarikçi 4	0,13

Tasarım	
Tutarsızlık Oranı	0,05
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,50
Tedarikçi 2	0,26
Tedarikçi 3	0,10
Tedarikçi 4	0,13

Üretim Metodu	
Tutarsızlık Oranı	0,07
Alternatifler	Normalize Edilmiş Değer
Tedarikçi 1	0,29
Tedarikçi 2	0,50
Tedarikçi 3	0,06
Tedarikçi 4	0,14

Hedef	
Tutarsızlık Oranı	0,05
Kriterler	Normalize Edilmiş Değer
Firma İmaji	0,04
Fiyat	0,17
Kalite	0,34
Risk ve güvenlik	0,08
Teklif gerekliliklerine uyumluluk	0,23
Teknoloji	0,13

EK 4**Tedarikçi-1 ve Tedarikçi-4'ün Sağladığı Malzemelerin Ölçüm Değerleri**

Tedarikçi-1'in üretim değerleri:

n	Eş merkezlilik	n	Eş merkezlilik
1	0,4174	70	0,4246
2	0,4285	71	0,4396
3	0,4355	72	0,4379
4	0,4404	73	0,4331
5	0,4481	74	0,4363
6	0,4357	75	0,4395
7	0,4287	76	0,4379
8	0,4443	77	0,4259
9	0,4499	78	0,4377
10	0,4315	79	0,4307
11	0,4513	80	0,4366
12	0,4184	81	0,4319
13	0,4372	82	0,4406
14	0,4474	83	0,4454
15	0,4335	84	0,4242
16	0,4399	85	0,4453
17	0,4416	86	0,428
18	0,4496	87	0,4435
19	0,4352	88	0,4484
20	0,429	89	0,4387
21	0,4437	90	0,4455
22	0,4372	91	0,4317
23	0,4448	92	0,4316
24	0,4349	93	0,446
25	0,4392	94	0,4368
26	0,4323	95	0,4429
27	0,4475	96	0,463
28	0,4508	97	0,4375
29	0,4383	98	0,421
30	0,4478	99	0,4404
31	0,44	100	0,432
32	0,4466	101	0,4575
33	0,4286	102	0,4377
34	0,4322	103	0,4368
35	0,4324	104	0,4477

36	0,4404	105	0,4419
37	0,4501	106	0,4327
38	0,4348	107	0,4247
39	0,4365	108	0,4188
40	0,4401	109	0,4417
41	0,4341	110	0,4377
42	0,4525	111	0,4358
43	0,4537	112	0,4166
44	0,4262	113	0,452
45	0,4571	114	0,4324
46	0,4322	115	0,4368
47	0,4403	116	0,4463
48	0,4451	117	0,4287
49	0,4361	118	0,4376
50	0,4494	119	0,4338
51	0,4459	120	0,4396
52	0,4322	121	0,427
53	0,4336	122	0,4373
54	0,436	123	0,4393
55	0,4428	124	0,4456
56	0,4285	125	0,4419
57	0,4392	126	0,4394
58	0,4407	127	0,4422
59	0,4381	128	0,4632
60	0,427	129	0,4373
61	0,4382	130	0,4429
62	0,4263	131	0,4519
63	0,4422	132	0,4341
64	0,4317	133	0,4267
65	0,4382	134	0,4437
66	0,4521	135	0,4403
67	0,4413	136	0,4324
68	0,4516	137	0,4345
69	0,4337	138	0,4436
Ortalama:		0,4384	
Varyans:		0,0001	
St. Sapma:		0,0087	

Tedarikçi-4'ün üretim değerleri:

n	Eş merkezlilik
1	0,4216
2	0,3918
3	0,4099
4	0,3923
5	0,3961
6	0,3795
7	0,4272
Ortalama:	0,4026
Varyans:	0,0003
St. Sapma:	0,0174



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Kübra Nur Demir
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 24.12.1992, Ankara
E-posta : kkubranur.demir@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2018, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Yıl	Yer	Görev
2015-2016	TOBB ETÜ	Öğretim Asistanı
2016-	Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.	Üretim Planlama ve Kontrol Müh.

YABANCI DİL:

İngilizce, Almanca

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **K. N. Demir**, S. Tekin, Y. T.İç,(2017) Application Of Multi Criteria Decision-Making Method For Supplier Selection In Defence Industry, *International Symposium for Production Research 13-15 September 2017, Vienna, 169-180*