



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE VERİ
MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ İLE
TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE
SEVİYELENDİRMESİ

Eda Tansu KARAGÖZ

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE VERİ MADENCİLİĞİ
YÖNTEMLERİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE
SEVİYELENDİRMESİ

Eda Tansu KARAGÖZ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ
İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE SEVİYELENDİRMESİ**

Eda Tansu KARAGÖZ

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-3301>

Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE SEVİYELENDİRMESİ

Eda Tansu KARAGÖZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK

Sürekli gelişen ve değişen iş hayatında tercih edilen olabilmek için müşterilere her zaman en ucuz ve en kaliteli zamanında sunulmalıdır. Bu süreçte işletmeler yalnız değildir ve paydaşlarıyla çalışmaktadır. Dolayısı ile sadece işletmelerin en ucuzu, en kaliteliyi en doğru zamanda müşterilere sunması yetmez, ayrıca işletmelere de en ucuz, en kaliteli doğru zamanda sunulmalıdır. Tedarik zinciri yönetimi, üretim sistemlerinin performansını gösteren önemli araçlardan biridir. Doğru tedarikçi ile işbirliği yapılması da tedarik zinciri yönetiminin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Üretim verilerinin yorumlanmasında U kontrol grafikleri kullanılmaktadır. U kontrol grafiği yardımı ile üretim kalitesinin trendi kontrol edilebilir. Verinin analizinin oldukça faydalı olduğu öğrenilen bu dönemde, işletmeler ellerindeki veriler ile fayda sağlayama yönelmişlerdir. Yapılan çalışmada verisi kullanılan işletmenin özel talebi üzerine, maliyet verisinden faydalanarak Lineer ve Karar Ağaçları ile Regresyon yöntemleri kullanılmış ve fiyat tahmini çalışması yapılmıştır. Ayrıca işletmenin satın alma, kalite ve lojistik verileri kullanılarak maliyet, kalite ve teslimat açısından en iyi tedarikçiler MS Office Excel programı kullanarak belirlenmiş ve tüm tedarikçilerin maliyet, kalite ve teslimat konusunda puanlandırılması yapılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process (AHP)) ile de satın alma, kalite ve lojistik verilerini kullanarak her bölümün en iyi tedarikçisi seçilmiştir. Daha sonra kümülatif bir AHP çalışması ile de maliyet, kalite ve teslimat açısından en iyi tedarikçi belirlenmiştir. U kontrol grafiği yardımı ile de AHP analizinin yanında kalite verileri analiz edilmiş ve kalitesel açıdan tedarikçilerin seviyeleri grafiğe dökülmüştür.

Anahtar Kelimeler: AHP, U kontrol grafiği, tedarikçi seçimi, regresyon analizi

2022, viii + 55 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

SUPPLIER SELECTION AND SCORING WITH MULTI - CRITERIA DECISION MAKING AND DATA MINING TECHNIQUES

Eda Tansu KARAGÖZ

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Associate Professor Dr. Âli Yurdun ORBAK

In order to be preferred in the constantly developing and changing business life, the cheapest and best quality products should always be offered to the customers on time. In this process, businesses are not alone and work with their stakeholders. Therefore, it is not only sufficient for the enterprises to offer the cheapest and the highest quality at the right time to the customers, but also the cheapest and highest quality must be offered to the enterprises at the right time. Supply chain management is one of the important tools that show the performance of production systems. Cooperation with the right supplier also contributes to the development of supply chain management. U control charts are used to interpret the production data. With the help of U control chart, the trend of production quality can be controlled. In this period, when it is learned that the analysis of data is very useful, businesses have tended to benefit from the data they have. In the study, upon the special request of the company whose data is used, Linear and Decision Tree Regression methods were used by making use of the cost data and price estimation study was carried out. In addition, using the purchasing, quality and logistics data of the enterprise, the best suppliers in terms of cost, quality and delivery were determined by using the MS Office Excel program, and all suppliers were scored on cost, quality and delivery. Using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and purchasing, quality and logistics data, the best supplier of each department was selected. Then, with a cumulative AHP study, the best supplier was determined in terms of cost, quality and delivery. With the help of the U control chart, besides the AHP analysis, the quality data were analyzed and the levels of the suppliers were plotted in terms of quality.

Key words: AHP, U chart, supplier selection, regression analysis

2022, viii + 55 pages.

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans dönemimde, beni yönlendiren, destekleyen ve moralimi yüksek tutmamda her zaman yardımcı olan saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Âli Yurdun ORBAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans dönemim boyunca desteğini esirgemeyen ve benimle geçirebilecekleri zamandan feragat eden aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Başlamak, her zamana bitirmenin yarısı değilmiş, yüksek lisans dönemim bunu bana öğretti, özellikle tez yazımı dönemimde, göstermiş olduğu sabır, vermiş olduğu desteklerden dolayı eşim Tugay KARAGÖZ’e teşekkür ederim.

Eda Tansu KARAGÖZ
03.01.2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci	7
3.1.1. Analitik hiyerarşi süreci tarihçesi	7
3.1.2. Analitik hiyerarşi süreci uygulama adımları	8
3.2. U Kontrol Grafiği.....	12
3.2.1. U kontrol grafiği tarihçesi	12
3.2.2. U kontrol grafiği uygulama adımları	13
3.3. Regresyon Analizi.....	15
3.3.1. Lineer regresyon.....	16
3.3.2. Karar ağaçları ile regresyon	17
4. BULGULAR.....	19
4.1. Maliyet Verisine Uygulanan AHP Analizi.....	19
4.1.1. Maliyet kriterlerin belirlenmesi.....	20
4.1.2. Alternatiflerin belirlenmesi	20
4.1.3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması	21
4.1.4. Normalizasyon matrislerinin oluşturulması	23
4.1.5. Alternatiflerin önem sıralamasının bulunması	23
4.2 Kalite Verisine Uygulanan AHP Analizi.....	24
4.2.1. Kalite kriterlerin belirlenmesi	25
4.2.2. Alternatiflerin belirlenmesi	25
4.2.3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması	26
4.2.4. Normalizasyon matrislerinin oluşturulması	26
4.2.5. Alternatiflerin önem sıralamasının bulunması	26
4.3. Teslimat Verisine Uygulanan AHP Analizi.....	27
4.3.1. Teslimat kriterlerin belirlenmesi	27
4.3.2. Alternatiflerin belirlenmesi	28
4.3.3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması	28
4.3.4. Normalizasyon matrislerinin oluşturulması	28
4.3.5. Alternatiflerin önem sıralamasının bulunması	29
4.4. Kalite Verisi ile Hazırlanan U Kontrol Grafiği.....	29
4.5. Veri Görselleştirme.....	30
4.6. Veri Temizleme Çalışmaları.....	33
4.7. Lineer Regresyon Analizi.....	37
4.8. Karar Ağaçları ile Regresyon Analizi.....	39
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	41
KAYNAKLAR	46
EKLER.....	49
EK 1. LPP verisi.....	50

EK 2. Tutarlılık oranının hesaplanması.....	51
EK 3. U kontrol grafiğinin hesaplanması.....	52
EK 4. Maliyet, kalite ve teslimat AHP analizi sıralama sonuçları.....	54
ÖZGEÇMİŞ	55



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AHP	Analytical Hierarchy Process (Analitik hiyerarşi süreci)
AKL	Alt Kontrol Limiti
CAA	Client Agency Agreements (Müşteri temsilcisi anlaşmaları)
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
EXW	Ex Works (Fabrika teslimi)
İKK	İstatistiksel Kalite Kontrolü
İSK	İstatistiksel Süreç Kontrolü
LPP	Linear Purchasing Performance (Doğrusal satın alma performansı)
MOQ	Minimum Order Quantity (Minimum sipariş adedi)
RFQ	Request for Quotation (Fiyatlandırma talebi)
SPPC	Special Product and Process Characteristics (Özel ürün ve proses özellikleri)
SRM	Supplier Relationship Management (Tedarikçi ilişkileri yönetimi)
SSR	Supplier Service Rate (Tedarikçi servis oranı)
TS	Tedarikçi Seçimi
ÜKL	Üst Kontrol Limit
VB	Veri Bilimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tipik bir kontrol grafiği örneği	5
Şekil 3.1. Hedef, kriterler ve alternatiflerden oluşan bir hiyerarşik yapı.....	9
Şekil 3.2. Lineer regresyon analizi ile yapılan bir tahmin doğrusu	17
Şekil 3.3. Karar ağacı örneği.....	18
Şekil 4.1. Veri görselleştirmede doğru grafiğin seçilmesi	31
Şekil 4.2. Özet veri tablosu	32
Şekil 4.3. Yıllık kullanım adetine (Volume) karşılık parça birim fiyatı çizelgesi.....	33
Şekil 4.4. Parça birim fiyatı ile ağırlık, birim kilogram fiyatı ve kalıp gözü sayısı arasındaki ilişkiler	33
Şekil 4.5. Veri tipleri.....	35
Şekil 4.6. Eksik veri tespiti ve ana veriden çıkarılması	35
Şekil 4.7. Kategorik verilerin numerik haline dönüştürülmesi	36
Şekil 4.8. Tamamlanmış ve tamamlanmamış girdilerin başarı sonuçları	37
Şekil 4.9. Veri tamamlama için girdi seçimi.....	37
Şekil 4.10. Lineer regresyon modeli oluşturulması	38
Şekil 4.11. Test verisinin lineer regresyon analizi sonuçları	39
Şekil 4.12. Verinin tanıtılması, eğitim ve test verisi olarak ayrılması	39
Şekil 4.13. Karar ağacı yöntemi ile regresyon analiz.....	40
Şekil 4.14. Gerçek ve tahmin değerlerinin karşılaştırılması	40
Şekil 5.1. Lineer Regresyon analizinin farklar grafiği.....	44
Şekil 5.2. Karar Ağaçları ile Regresyon analizinin farklar grafiği	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Saaty önem dereceleri	9
Çizelge 3.2. Çalışmada faydalanılan bir derecelendirme örneği.....	10
Çizelge 3.3. Kriter veya alternatif sayısına bağlı rassallık göstergeleri	11
Çizelge 4.1. Maliyet - AHP için kriterler	20
Çizelge 4.2. Kriterlerin Amaca Göre Karşılaştırılması	21
Çizelge 4.3. İkili karşılaştırma matrisi için veri hazırlama.....	22
Çizelge 4.4. €/kg (EXW) 17.01.2020 - Ölçeklendirme.....	22
Çizelge 4.5. €/kg (EXW) 17.01.2020 kriteri ikili karşılaştırma matrisi.....	23
Çizelge 4.6. Maliyet - AHP analizi sonuç matrisi.....	24
Çizelge 4.7. Kalite - AHP kriterleri	25
Çizelge 4.8. Kalite - AHP analizi sonuç matrisi	27
Çizelge 4.9. Teslimat AHP kriterleri	28
Çizelge 4.10. Teslimat - AHP analizi sonuç matrisi	29
Çizelge 5.1. Ağırlıklı ortalama puanları.....	41
Çizelge 5.2. Kümülatif AHP analizi sıralama sonucu.....	42
Çizelge 5.3. U kontrol grafiği içinde kalma oranları	43
Çizelge 5.4. Regresyon analizi tahmin sonuçları	44

1. GİRİŞ

Üretim sistemlerinin verimliliği için tedarik zinciri yönetiminin önemi oldukça büyüktür. Tedarik zinciri yönetimi ise tedarik zincirinin ana paydaşlarından olan tedarikçilerin başarısı ile başarılı olur. Bu çalışmada tedarikçileri seviyelendirme üzerine çalışılacaktır. Özel bir işletmenin verileri ile de bu çalışma uygulamaya dökülecektir. Verileri kullanılacak işletmede, tedarikçiler sadece maliyet tabanlı olarak seçilmektedir. Ancak tedarik zinciri yönetiminin üretim sistemleri açısından önemine istinaden tedarikçi seçimine kalite ve lojistik verilerinin de dâhil edilmesi gerektiği fark edilmiştir.

Sürekli gelişim kavramını yerine getirmenin bir adımı, mevcut kalitenin korunması ve daha da iyileştirebilmek için çalışmalara devam etmektir. Müşteriler için kalite her zaman ön planda olmuştur. Bir organizasyonun her bölümü için de kalite ön planda olmalıdır. Satın alma birimi için ise tedarikçi seçimi sırasında maliyet ve teslimat başarısının yanında, kaliteli ürün üreteceğine güvenilen paydaşlar ile çalışmak önemlidir. Bu sebeple yapılan çalışmada özel şirketin kalite kazaları verileri kullanılarak, kalite açısından en iyi tedarikçiler belirlenmeye çalışılmıştır.

AHP ilk olarak Saaty (1980) tarafından tanıtılmıştır. Karmaşık çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için kullanılan bir karar verme aracıdır. Bir model geliştirmek ve kararlar almak için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılmıştır (Rajput ve Agarwal, 2020). Yapılan tez çalışmasında da maliyet, teslimat ve kalite verileri ile AHP analizi yapıp tedarikçi seçimleri yapılmıştır.

İstatistiksel kalite kontrolü (İKK) ilk kez 1924 yılında Walter E. Shewhart tarafından Bell Laboratuvarlarında uygulanmıştır (Ünal ve Ağırgan, 2018). İKK, bir ürünün önceden belirlenen kalite standartlarında üretilmesini sağlar. Bu amaçla da üretim sistemlerinde aktif olarak tercih edilir. İstatistiksel süreç kontrolü (İSK) ise kaliteyi bozan nedenleri hızlı bir şekilde tespit etmek ve hatalı ürün üretimine engel olmayı hedeflemektedir. İKK yaklaşımı, bu çalışmada tedarikçi seçim sürecinde yanlış tercihleri tespit etmek ve ileriki tercihlerde daha iyi tedarikçi seçimi yapılmasına destek olmak için kullanılmıştır. İKK işletmenin kalite kaza verilerine uygulanmıştır. Kontrol grafikleri,

İKK’nde kullanılan en önemli araçlardır. Elimizdeki verinin tipine bağlı olarak kesikli (sayılabilen) veya sürekli kontrol kartları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Birim başına hataların belirlendiği durumlar için kullanılan kontrol grafiklerini U kontrol grafikleri denilmektedir (Ünal ve Ağırgan, 2018). Üretim sistemlerinin kalitesinin kontrol altında olup olmadığını yorumlamak için kullanılan U kontrol grafikleri, yapılan çalışmada kalite kazaları verilerini analiz etmek ve AHP sonucunu desteklemek için kullanılmıştır. AHP sonucu ile U kontrol grafiği dışında kalan tedarikçiler karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

Son yıllarda önemi ön plana çıkan verinin analizi ise yapılan çalışmada da ele alınmıştır. Veriden anlamlı tahminler çıkarabilmek, hızın çok önemli olduğu günümüzde zaman tasarrufu sağlamak açısından oldukça önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda şirketin satın alma biriminin veri setine lineer regresyon ve karar ağaçları ile regresyon analizi yapılarak, fiyatlandırma çalışmalarında hız kazanılması hedeflenmiştir.

Çalışmanın sonunda maliyet, kalite ve teslimat başlıkları kriter olacak şekilde kümülatif bir AHP çalışması yapılmış ve en iyi tedarikçi seçilmiştir. Yöntemler özel bir şirketin gerçek verilerine uygulanmış ve sonuçlar şirket ile paylaşılarak tedarikçi seçimini geliştirilmiş ve tedarik zinciri desteklenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), birden fazla alternatif içinden, belirlenen birden fazla kritere bağlı olarak en iyi alternatif veya alternatiflerin seçildiği sistematik bir yaklaşımdır. Sosyal bilimlerden mühendislik bilimlerine kadar geniş bir yelpazede kullanımı mevcuttur. Sözel kavramları numerik hale getirerek analize katabilmesi, kullanım alanını oldukça genişletmiştir. Yapılan çalışmanın konusu olan tedarikçi seçim sürecinde de çok kriterli karar verme yöntemlerinden oldukça faydalanılmaktadır. Tedarikçi seçimi (TS), ÇKKV yöntemleri kullanılarak birden fazla alternatif arasından ihtiyaç duyulan kriterler dikkate alınarak en iyi tedarikçinin seçilme kararını verme sürecidir (Pınar, 2020). Pınar, yaptığı çalışmada son 20 yıl içerisinde tedarikçi seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerini 153 makalede araştırmış ve en çok AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığını fark etmiştir. Yapılan çalışmada özel bir işletmenin kalite, maliyet ve teslimat verileri kullanılarak AHP ile TS çalışması tamamlanmıştır.

AHP, insanların düşünce tarzını yansıtan bir teoriye dayanması nedeniyle karar vermede sıklıkla kullanılan bir araç haline gelmiştir. AHP ortaya çıktıktan sonra diğer yöntemlere göre daha esnek bir yapıya sahip olduğundan kısa sürede popüler olmuştur. (Çiçekli ve Şengül 2019). Çiçekli ve Şengül (2019), tarafından doğalgaz dağıtım sisteminde tedarikçi seçimi için AHP kullanılmış, bu sektörde tedarikçi seçiminde AHP kullanımı açısından öncülük etmişlerdir.

Tedarikçi değerlendirme metodolojisi kavramsal, deneysel ve modelleme yaklaşımlarını içerir. İlk iş olarak maliyet, kalite ve teslimat performansları dikkate alınması gereken üç önemli kriterlerdir. Kavramsal araştırma, öncelikle tedarikçi değerlendirmesinin stratejik önemini ve maliyet, kalite ve teslimat performansı arasındaki ilişkiyi vurgulamaktadır. Ampirik araştırma temel olarak fiyat, kalite ve teslimat performansı gibi çeşitli tedarikçi özelliklerinin göreceli önemini incelemeye odaklanır (Al - Mudimigh, Zairi, Ahmed, 2004; Jayant, 2018).

AHP, karar verme senaryoları hazırlamak için öncelikle problemlerin hiyerarşik olarak biçimlendirilmesine olanak tanır. Hiyerarşik olarak yapılandırılmış bir karar verme modeli, bir hedef, kriterler, çeşitli olası düzeylerde alt kriterler ve alternatiflerden oluşur.

AHP 4 aşamada çözümlenmektedir (Ćosić, Keran ve Kokot, 2020; Clemen, 1996; Saaty, 2008);

1. Problemin yapısını oluşturmak
2. En önemli kriterleri belirlemek
3. En önemli alternatifleri belirlemek
4. Sonucu (hedefi) belirlemek

Yapılan literatür araştırmaları kapsamında üretim sistemleri bulunan işletmelerin AHP'den daha çok faydalandığı gözlemlenmiştir. Ancak AHP inşaat malzemeleri tedarikçisi seçiminde de kullanılabilecek oldukça yaygın kullanıma sahip bir modeldir. Karar verme süreçlerinde AHP modeli kullanımı zaman ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (Rajput ve Agarwal, 2020).

Müşteri beklentilerine göre üretilmiş bir ürün, istikrarlı veya tekrar aynı özelliklerle üretim yapabilecek olan bir hattan çıkmıştır diyebiliriz. Bu hat ürün kalite karakteristiklerinin çevresinde, küçük değişimler ile üretim yapmaktadır. İSK, süreçlerin değişkenliğini azaltarak, stabilizasyonunu arttırmak için oluşturulmuş problem çözme tekniklerinden biridir. İSK, hemen her süreçte kolaylıkla uygulanabilir olduğundan 20. yy'dan beri oldukça tercih edilir olmuştur. İSK' de kullanılabilecek 7 ana yöntem vardır;

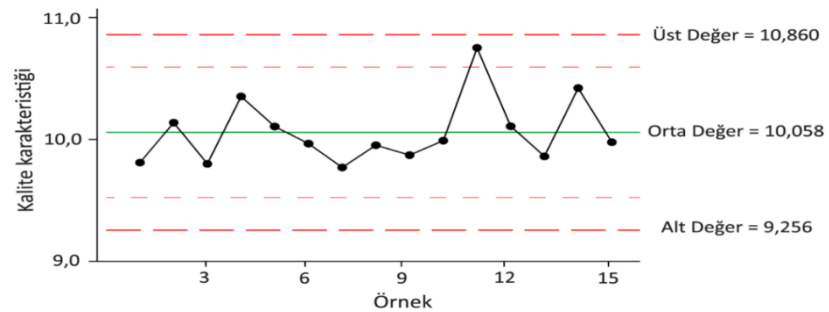
1. Histogram ve dal yaprak diyagramı çizmek
2. Kontrol kartları
3. Pareto Analizi
4. Neden - sonuç diyagramları
5. Hata temelli diyagramlar
6. Saçılım diyagramı
7. Kontrol grafikleri

“Muhteşem Yedili” olarak bilinen bu yöntemler İSK'nin sadece teknik ayağını oluşturur. Ancak İSK, şirket yönetimlerinin desteği ile kalıcı hale gelebilir ve tam verimlilik sağlayabilir.

Yönetim tarafından desteklenen bu süreçte, muhteşem yedili gerekli ve düzenli zamanlarda uygulanabilir böylece sürekli iyileştirme sağlanmış olur ve süreç kontrol altında devam edebilir.

Stanojevic, Stefanovic ve KISS (2014) kontrol grafiklerinin kalite değişkenliğini tanımladığını ve hesaplanan kontrol limitleri ile bir üretim sisteminin istikrarlılığını ve kapasitesini tanımladığını söylemiştir. Yaptıkları çalışmada kereste üretim sisteminin kalite kontrolünü yapmak için U kontrol grafiği hazırlamış ve U kontrol grafiğinin üst limiti üstünde 3 nokta, alt kontrol limiti altında 1 nokta ile üretimin istikrarlı olmadığı görmüş, acilen düzeltici aksiyonlar alınması gerektiği anlamışlardır.

Tipik bir kontrol grafiği 3 bölümden oluşmaktadır; Merkez çizgi, üst kontrol limiti ve alt kontrol limiti. Kontrol grafiği belli zaman veya örneklem içindeki ölçülen kalite karakteristiklerini gösterir. Merkez çizgi her zaman kalite karakteristiğinin ortalamasını gösterir. Üst ve alt kontrol limitleri ise sürecin kalite karakteristiği açısından kontrol altında olup olmadığının yorumlanmasına yardımcı olur. Eğer örneklemdeki tüm gözlem sonuçları üst ve alt kontrol limitleri arasında ise, süreç kontrol altındadır ve herhangi bir aksiyon almaya gerek yoktur. Gözlemlerin limit değerlerine yakın çıkması uyarı mahiyetinde olabilir. Ancak gözlem sonuçlarının üst veya alt limitin dışında çıkması sürecin kalite karakteristiği açısından kontrolde olmadığını, beklenmeyen sonuçlar alınabileceğinin habercisidir. Bu durumda hemen aksiyon planı hazırlanıp sürece müdahale edilmeli ve iyileştirici uygulamalar yapılmalıdır. Şekil 2.1.'de tipik bir kontrol grafiği gösterilmiştir ("File:Control Chart (tr).png", 2020).



Şekil 2.1. Tipik bir kontrol grafiği örneği

Evrenin oluşumundan beri belki daha önce üretilmeye başlanan veri son yüzyılda derlenip, toplanıp, anlamlı çıkarımlarda bulunmak için kullanılmaya başlanmıştır. Önce mevcudu kavrayıp, nedenini sorgulayıp bunu çözümleyen insanoğlu artık geleceğin şimdiden anlamlandırılması veya yönetilmesi konularına eğilmiştir. Bunun içinde elimizde bulunan bilgiden analizler sonucu tahminler yapmak, kararlar almak son yüzyılın yeni bir iş kolu haline gelmiştir.

Veri bilimi (VB), kazanç oluşturma, iyileştirme, dönüştürme, analiz etme, çıkarımda bulunma ve veri görselleştirme gibi adımlardan oluşan yeni bir bilimdir. VB, makine öğrenmesi, matematik, bilgisayar ve mühendislik bilimleri alanlarında işlenecek temel bir bilim dalı haline gelmiştir. VB'yi oluşturan bölümlerin birbirinden kesin çizgilerle ayrılmaması VB'yi bütünsel bir yaklaşıma sahip hale getirmiştir. Bu sayede de farklı disiplinlerin VB ile ilgilenmesi, farklı yaklaşımların, soruların ve mücadelelerin doğmasına olanak sağlamıştır.

Veri, tüm ülkeler için, altın, petrol, doğal gaz gibi temel bir kaynak olarak düşünülmelidir. VB, Şili ülkesi için, doğal kaynak tabanlı ekonomiden, bilgi tabanlı ekonomi için göçe olanak sağlayacaktır (Bravo-Marquez, Dunstan, Fontbona, Maass, Remenik, Silva ve Tobar, 2017). Bilgi tabanlı ekonomilerde üretkenliğin daha sürdürülür olacağı düşünülmektedir. VB geleceğin anahtarı olabilir. Ancak sadece oluşan veriyi depolamak yeterli değildir, veriden anlamlı çıkarımlar yapabilmek için VB'yi tüm bilim dallarına öğretmeli, kullanılması ve geliştirilmesi teşvik edilmeli ve aynı zamanda veriyi analiz edebilecek yöntemler bir an önce ele alınmalıdır.

Bu çalışmada VB'den faydalanılmıştır. Verinin sağlandığı işletme tarafından CAA (Client Agency Agreements) çalışmalarında hızı arttırmak için fiyat tahmini çalışması talep edilmiştir. CAA, müşteriye iletilecek fiyat teklifinin teknik ve finansal detaylarını içeren bir dokümandır. AHP analizi yapılan döküm tedarikçileri verileri ile, bu talebi karşılamak için önce veri görselleştirme, daha sonra analizine hazırlık çalışması olan veri temizleme veya tamamlama, akabinde analize hazır olan veri ile fiyat tahmini yapmak için lineer regresyon analizi ve karar ağaçları ile regresyon analizi yapılmıştır. Daha sonra AHP ve kümülatif AHP verilerini kullanarak yapılan tedarikçi seçimi tez çalışmasını desteklemesi için kaza verileri ile yapılan U kontrol grafiği sonucu bağdaştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik hiyerarşi süreci, herhangi bir konuda karar vermede kullanılabilecek bilimsel bir yöntemdir. Belirli alternatifler arasında öncelikleri belirlemeyi amaçlar. Karar vericinin sezgisel yargılarının yanı sıra, tutarlı bir öncelik belirlenmesini sağlar. AHP, soyut ve somut faktörleri sistematik bir şekilde organize edip nispeten basit bir karar verme çözümü sunar. Kamal Al-Harbi (2000), AHP'nin bir grubun karar verme sürecinde de kullanılabileceğini söylemiştir. Bir grup ile alınması gereken kararda AHP kullanılırsa, grup üyelerinin farklı deneyim ve bilgi birikimlerinin karara sistematik bir şekilde aktarılması sağlanabilir.

3.1.1. Analitik hiyerarşi süreci tarihçesi

Analitik hiyerarşi süreci 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir. Saaty, AHP'nin bir bireyin veya bir grubun karar verirken kaçınılmaz olarak öznel ve kişisel tercihlerini işlemek için nesnel matematik sağladığını söylemiştir.

Finlandiya parlamentosu hangi tip enerji santrali kurma konusunda karar vermek zorundadır, bunu üzerine Hamalainen ve Seppalainen (1986), Finlandiya'nın enerji stratejisi planlamasında AHP'den faydalanmışlardır.

Kamal Al-Harbi (2000), proje yönetiminde AHP'den faydalanmıştır.

AHP geliştiricisi Saaty (1987), AHP'yi kendi yaşamında da uygulamıştır. Liseden mezun olan oğlunun hangi üniversiteye gideceğine karar verebilmek için AHP yöntemini kullanmış ve en uygun üniversiteyi seçmiştir.

Konya'nın Beyşehir Göl'ünde en uygun su toplama bölgesi seçmek ve gölü bu sayede korumak için AHP'den yararlanılmıştır (Karagüzel, Nas, Şener, Şener, 2010).

Mezei ve Nikou, (2013), AHP'nin tüketicinin tercihlerini de analiz etmede kullanılabileceğini göstermişlerdir. En uygun mobil hizmet seçimi için AHP'den

faýdalanmıřlardır. Böylece teknoloji alanında da AHP'nin kullanılabileceđini göstermiřlerdir.

Choudhary, Deep ve Mishra (2015), Hindistan'ın Uttarakhand adlı bölgesinde kırsal ekonomiyi desteklemek için Himalaya'nın eteklerinde bulunan araziler arasından, transport ve diğer sosyal ekonomik açılardan en elverişli bölgeyi, organik tarım yapmak amacıyla seçmek istemişlerdir. Bu çalışmalarında da coğrafi mek n teknikleri yanı sıra AHP'den de faýdalanmıřlardır.

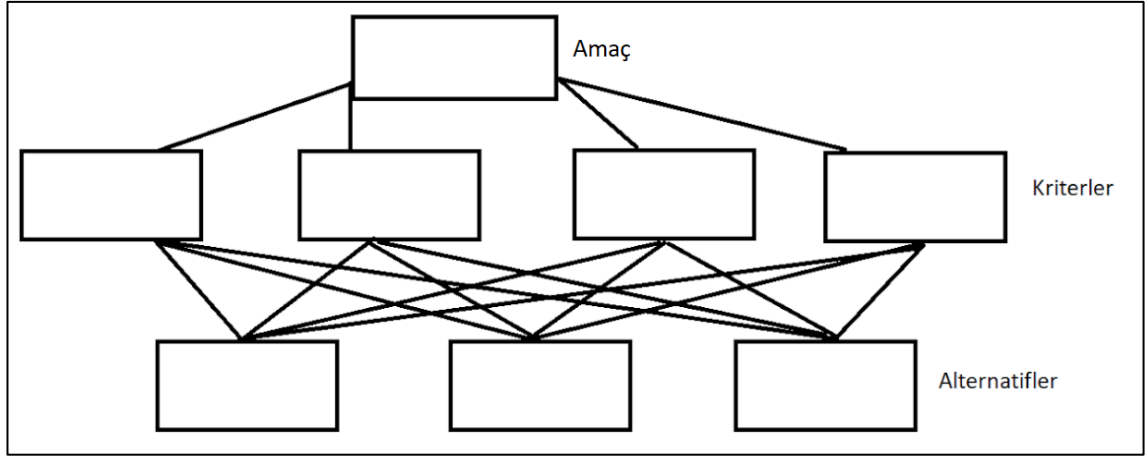
Al Khalil (2002) ise en uygun proje teslim yönteminin seçilmesinde AHP yönteminden faýdalanmıřtır.

3.1.2. Analitik hiyerarşi süreci uygulama adımları

AHP uygulayarak karar verilecek bir problemin çözümü genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Bu dört adımda şu şekilde adlandırılabilir.

1. Problemin Formüle Edilmesi
2. İgili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması
3. Tutarlılık Oranının Hesaplanması
4. Duyarlılık Analizinin Yapılması

Adım 1: Problemin formüle edilmesi, problemin modelinin kurulması olarak da adlandırılabilir. Problem, amaçtan başlayıp, kriterler ve alternatifler olarak hiyerarşik bir düzende gösterilmelidir. Hangi kriterin hangi alternatifi hangi büyüklükte etkilediğini açıkça hiyerarşik bir yapıda verilmelidir. Hiyerarşik yapı, bir problemdeki tüm bileşenler ya da seviyeler arasındaki fonksiyonel bağımlılığın, sistemi ne yönde etkileyeceğini en iyi şekilde ortaya koyan yapıdır (Aladağ, Alkan, Avcı ve  elik, 2017). Hiyerarşide aynı seviyedeki bileşenler birbirini etkilemezken, en üst seviyede yer alan karar veya ama ı, bir alt seviyedeki kriterler etkiler. Hiyerarşinin en alt katmanında ise alternatif veya adaylar yer alırken, eğer problem çok karmaşıksa, hiyerarşiye ara katmanlar da eklenebilir (şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Hedef, kriterler ve alternatiflerden oluşan bir hiyerarşik yapı

Adım 2: İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması esnasında kriterlerin ve alternatiflerin birbiri arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Burada amaç öğelerin birbirlerine göre önem derecelerini belirlemektir. Çoğu çalışmada Saaty'nin 1-9 arasındaki önem derecelendirmesi kullanılır. Ancak yapılan çalışmada Saaty ölçeğinden yararlanılmamıştır. Karar vericinin verdiği ölçekler ile karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Örnek olması açısından Saaty'nin ölçeği Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Saaty önem dereceleri

Dereceler	Tanım
1	Eşit Önemli
3	Biraz Daha Fazla Önemli
5	Kuvvetli Derece Önemli
7	Çok Kuvvetli Derece Önemli
9	Aşırı Derece Önemli
2-4-6-8	Ara (Ortalama) Değerler

Çalışmada önem dereceleri karar verici tarafından belirlenmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin mantığına ve karar vericinin talebine göre bu seviyeler her karşılaştırma matrisi için aynı da olabilir farklı da. Yapılan çalışmada uygulanan örnek bir derecelendirme Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmada faydalanılan bir derecelendirme örneği

Dereceler	Tanım
%85 ve üstü	1 kat tercih edilir
%75 ve üstü	2 kat tercih edilir
%65 ve üstü	2,5 kat tercih edilir
%50 ve üstü	3 kat tercih edilir
%50 altı	3,5 kat tercih edilir

Adım 3: Normalizasyon matrisleri, her bir kriter için karşılaştırılmış alternatiflerin tüm matrisleri için ve kriterlerin kendi arasında yapılan karşılaştırma matrisi için hazırlanan matrislerdir. Burada amaç tutarlılık oranını bulup, yapılan karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığını yorumlamaktır. Tutarlılık oranı, karşılaştırma matrisleri oluşturulup, karar verici tarafından önem miktarları belirlendikten sonra, kriterlerin görece ağırlıkları Saaty'nin öz vektör yöntemi ile hesaplanır. Öz vektör aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (3.1)$$

W : Öz vektör değeri

i : İlgili matrisin i . kriter veya alternatif sayısı

n : İlgili matrisin toplam kriter veya alternatif sayısı

a : Normalizasyon matrisi değeri

Daha sonra her bir ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı hesaplanır. Burada amaç, karar vericinin kriterlere verdiği önem derecelerinin tutarlı olup olmadığını kontrol etmektir. Eğer matriste bir tutarsızlık varsa, karar verici ikili karşılaştırma matrisinde verdiği önem seviyelerini değiştirebilir. Burada tutarlılığa bakılmasının sebebi, bu aşamaların nihai kararı doğrudan etkileyeceğindendir. Tutarlılık oranı 0,1'in üzerinde ise, matris tekrar değerlendirilmelidir. 0'a ne kadar yakın bir sonuç çıkarsa, ikili karşılaştırma

matrisi o kadar tutarlıdır şeklinde yorumlanır. Tutarlılık oranının hesabı ise şu şekilde yapılır;

$$Tutarlılık\ Oranı = \frac{Tutarlılık\ Göstergesi}{Rassallık\ Göstergesi} \quad (3.2)$$

Tutarlılık göstergesinin formülü ise aşağıdaki gibidir;

$$Tutarlılık\ Göstergesi = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.3)$$

Bu formülde yer alan λ_{max} formülü ise aşağıdaki gibidir;

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{(A \cdot W)_j}{W_j} \quad (3.4)$$

A : Normalize edilmemiş karşılaştırma matrisidir

Karşılaştırma matrisinin sütunları ile görelî öncelikler çarpıldıktan sonra toplanarak ağırlıklı toplam vektör oluşturulmaktadır. Ağırlıklı toplam vektörün elemanları kendisine karşılık gelen görelî önceliğe bölündükten sonra sonucun aritmetik ortalaması λ_{max} 'ı vermektedir (Güngör ve İşler, 2005).

Tutarlılık oranını hesaplamak için kullanılan rassallık göstergesi aşağıdaki Çizelge 3.3.'e göre belirlenir.

Çizelge 3.3. Kriter veya alternatif sayısına bağılı rassallık göstergeleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassallık göstergesi	0	0	0,52	0,89	1,12	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Adım 4: AHP uygulamasının son aşaması olan duyarlılık analizi kısmında problem çözümlenir. Bu bölümde, amaca hizmet edecek şekilde bir öncelik vektörü hesaplanmaktadır. Bu hesap, her bir kriter için hesaplanan öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalaması ile oluşturulur. Bu sonuç vektörüne göre karşılık gelen alternatifler sıralanır ve en iyi sonuca sahip olan seçilir.

3.2. U Kontrol Grafiği

U grafikleri, çeşitli sayılarda eleman bulunduran kümelerden toplanan bilginin kontrol edildiği bir tür kontrol grafikleridir. Kısaca, bir süreç içinde takip edilmek istenen bir özelliğin sonuçlarının grafiğidir. U grafikleri bir sürecin takip edilen özellik açısından ne seviyede olduğunu gösterir. Özellikle, belirli zamanlarda toplanan, belirli kümelerden alınan uygunsuzluk sayılarına bağlı olarak bütün sürecin durumunu gözler önüne serer.

Ünal ve Ağırhan (2018), U kontrol grafiğinin birim başına hataların belirlendiği durumlar için kullanılan kontrol kartları olarak tanımlamışlardır.

Argoti ve Carrión-García (2019) ise, kontrol edilmek istenen elemanların birimi başına kusur sayısı aracılığıyla Poisson dağılmış süreçleri izlemek için yaygın olarak kullanılan, iyi bilinen bir tek değişkenli öznitelik çizelgesidir, şeklinde bahsetmişlerdir.

3.2.1. U kontrol grafiği tarihçesi

Tek başına U kontrol grafiğinin tarihinden bahsetmek yeterli olmaz. Çünkü U kontrol grafiği, kontrol grafikleri altında özellikler için oluşturulan kontrol grafiklerinden yalnızca biridir. Hâlbuki bu bölümde genel olarak kontrol grafiklerinin tarihinden bahsetmek daha faydalı olacaktır.

Kontrol grafikleri 1924 yılında Bell Telefon Laboratuvarı'nda Walter Shewhart tarafından geliştirilmiştir. Kontrol grafikleri olasılık teorisini kullanarak bir sistemin performansının yorumlanmasını sağlayan grafiksel yapılardır.

Shewhart ilk kez 1924 yılında Bell Laboratuvarı'nda, üretim süreçlerinin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için kontrol grafiklerinin kullanılabileceğini göstermiştir. Çoğu çalışmada kontrol grafikleri ikiye ayrılır; değişkenler için kontrol grafikleri ve özellikler için kontrol grafikleri. U kontrol grafiği ise özellikler için kontrol grafikleri başlığı altına girer. C ve U kontrol grafiklerinin performansları eşittir. Hangisini yorumlamak daha kolay olursa çalışmalarda o tercih edilebilir. Her ikisi de Poisson dağılımını kullanır.

Imani ve Shojaie (2021) yaptığı çalışmada, ortalama yanlış çıktı sayısı, ortalama örneklem sayısı, ortalama gözlem sayısı, düzenli ortalama sinyal zamanı olarak bilinen en önemli istatistiksel ölçüm yöntemleri ile U kontrol grafiğini karşılaştırıp, U kontrol grafiğinin, istatistiksel ölçüm yöntemlerinin performansını arttırdığını kanıtlamıştır. Özellikle bozucu durumların zamanın saptanması ve yanlış sinyallerin tespiti açısından U kontrol grafiklerinin performansının yüksek olduğunu kanıtlamışlardır.

Argoti ve Carrión-García (2019), yaptığı çalışmada U kontrol grafiklerinin doğal olarak ARL (Average Run Length)'ye bağımlı olduğunu ve bu durumun süreç gelişimini analiz etmede etkili olduğunu görmüşlerdir. U kontrol grafiğine alternatif olarak türetilen pek çok kontrol grafiğini karşılaştırmış ve sonunda Kmod olarak adlandırılan yeni bir U kontrol grafiği elde etmişlerdir. Kmod'un en uygun kontrol grafiği oluşturma yeteneği diğer kontrol grafiklerinden daha üstündür.

3.2.2. U kontrol grafiği uygulama adımları

U kontrol grafikleri, bir sürecin istatistiki olarak kontrol dışında olup olmadığını analiz etmede kullanılan bir veri analizi yöntemidir. Belirlenen bir zaman içinde (ay, vardiya, saat vb.) ortaya çıkan uygunsuzlukları gösterir. Takip edilen süreç içindeki normalize edilmiş uygunsuzluklara karşı duyarlıdır. Buradaki normalizasyon, uygunsuzluk sayısının, uygunsuzlukların alındığı örneklem adedine bölünmesi olarak yorumlanabilir. U kontrol grafiklerinde, süreçten alınan örneklem büyüklükleri farklı farklı olabilir. U harfi ise her bir örneklem içindeki uygunsuzluk adedinden gelmektedir, İngilizce "Unit" kelimesini çağrıştırmaktadır.

U kontrol grafiği oluşturulacağı zaman eğer belirli örneklemeler alınarak uygunsuzluk adetleri incelenmiş bir rapor yoksa ortalama bir uygunsuzluk adedi tahmin edilir. Tahmin edilen bu uygunsuzluk adedi ile kontrol limitleri hesaplanarak kontrol grafiği hazırlanır. Ancak bahsedilen bu başlangıç kontrol grafiği hazırlanırken, süreci kontrol altına almalıyız. Bu süreçte limitler dışında bir veri çıkıyorsa, bu veri örneklemden çıkarılmalıdır. Ayrıca limit dışı çıkan bu uygunsuzluk ile ilgili düzeltici aksiyon tanımlanmalıdır.

Kontrol altındaki bir süreç ile başlangıç kontrol grafiği hazırlandığında, ileriki süreçleri yorumlamak ve izlemek için bu grafik kullanılabilir. İleriki süreçlerde ise limitler dışı uygunsuzluk oluştuğunda acil aksiyon alınmalıdır.

U kontrol grafiği yatay ve düşey olmak üzere x, y düzlemlerinden oluşur. Düşey y eksenini normalize edilmiş uygunsuzlukları gösterirken, yatay x eksenini her bir örneklem grubunu temsil etmektedir.

U kontrol grafiği, sürecin istatistiksel olarak kontrol dışına çıkıp çıkmadığını kontrol etmek için üst ve alt kontrol limitleri kullanır.

Kontrol limitlerinin nasıl hesaplandığını gösterebilmek için aşağıdaki tanımlamalar yapılmıştır.

k : Örneklem adedi,

n_i : i'inci örneklem büyüklüğü

D_i : i'inci örneklem içindeki toplam uygunsuzluk sayısı

u_i : U kontrol grafiğini oluşturan noktalardır.

Her bir i'inci örneklem içindeki uygunsuzluklar aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$u_i = \frac{D_i}{n_i} \quad (3.5)$$

Bazı çalışmalarda U kontrol grafiğinin orta çizgisi doğrudan belirli bir değer alınır. Ancak bazı çalışmalarda da örneklemelerden tahminde bulunulması gerektiğinde aşağıdaki formül kullanılabilir;

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k D_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (3.6)$$

$\bar{u}$, U kontrol grafiğinin merkez çizgisi olan orta değeri göstermektedir.

Grafik alt ve üst kontrol limitleri içerir. Üst kontrol limitinin (ÜKL) formülü aşağıdaki gibidir;

$$\text{ÜKL} = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (3.7)$$

Alt kontrol limitinin formülü (AKL) aşağıdaki gibidir;

$$\text{AKL} = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (3.8)$$

3.3. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, o konu ile ilgili tahminler (estimation) ya da kestirimler (prediction) yapabilmek amacıyla regresyon modeli olarak adlandırılan matematiksel bir model ile karakterize eden bir istatistik analiz tekniğidir (Şahinler, 2000).

Regresyon analizi sayesinde, değişkenler arasındaki ilişkilerin yönü, önemi ve biçimi belirlenebilir. Ayrıca yine bu ilişkilerden faydalanılarak ölçülmesi zor olan faktörler, kolay olan faktörler aracılığıyla belli bir hata payı ile tahmin edilebilir.

Regresyon, serbest değişken sayısına göre basit ve çoğul regresyon, ilişkinin biçimine göre de doğrusal ve eğrisel regresyon olarak ayrılmaktadır (Erkan, 2002).

Üstün (2018), güneş ışıının miktarının tahmin edilmesine yönelik yaptığı çalışmada, lineer ve multi-lineer regresyon analizlerinden faydalanmıştır.

Erkan (2002), yaptığı çalışmada ormancılık alanında regresyon analizini kullanmıştır. Ormancılığın pek çok alanında regresyon analizi kullanılabilir. Orman hasılatı, toprak ve çevre şartlarının ağaç büyümesine etkisi, ormanı etkileyen canlı ve cansız, yararlı ve zararlı faktörlerin etkilerinin incelenmesi, genetik bilim, ormancılık ekonomisi alanlarında regresyon analizinin kullanılabileceğini söylemiştir.

Atmaca ve Çelenk (2011), yaptıkları çalışmada, şirketlerin finansal analizlerinin kalite düzeyine, Uluslararası Muhasebe ve Finansal Raporlama Standartlarının etkisi olup olmadığını araştırmışlar ve araştırmada regresyon analizinden faydalanmışlardır.

3.3.1. Lineer regresyon

1800'lerin başlarında ortaya çıktığı düşünölen lineer regresyon, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi inceleyen istatistiksel bir yöntemdir. Doğrusal regresyon olarak da adlandırılır. Amacı, iki değişken arasındaki ilişkiye dayanarak, birinin değerini diğerinden tahmin edebilmeyi sağlayan bir model kurmaktır.

Akritas, Babu, Feigelson ve Isobe (1990), lineer regresyon analizi astronomi alanında kullanmışlardır.

Kitapçı, Tuna ve Türk (2015) ise Ankara'daki konut fiyatlarını ve fiyatların konumsal dağılımını incelemiş, satışa sunulan konutların verilerinden faydalanarak konutlara fiyat tahminleri yapmışlardır.

Lineer regresyon uygulamasında yararlanılacak formöl aşağıdaki gibidir;

$$\hat{y} = b.x + \alpha \quad (3.9)$$

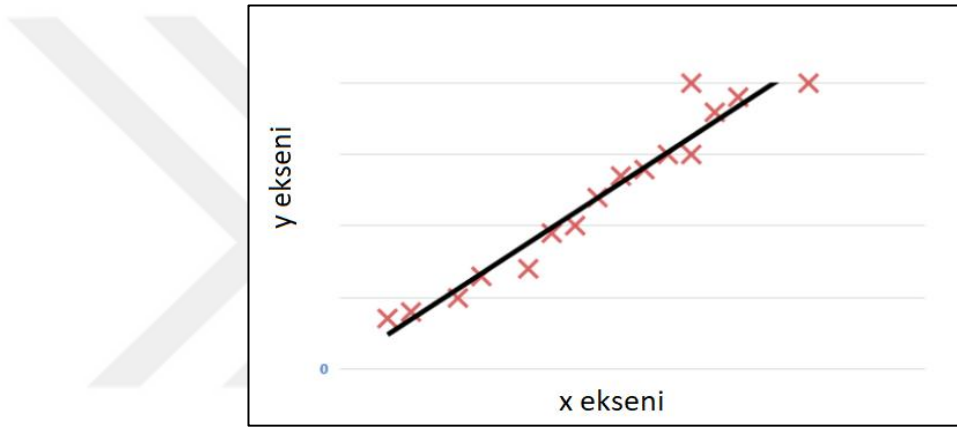
$\hat{y}$: Tahmin edilen y değeridir.

b : Lineer doğrunun eğimidir.

x : Tahmin etmek için verilen x değeridir.

α : $x=0$ iken y 'nin değeridir.

Şekil 3.2.'de lineer regresyon analizi ile yapılan örnek bir şekil verilmiştir.



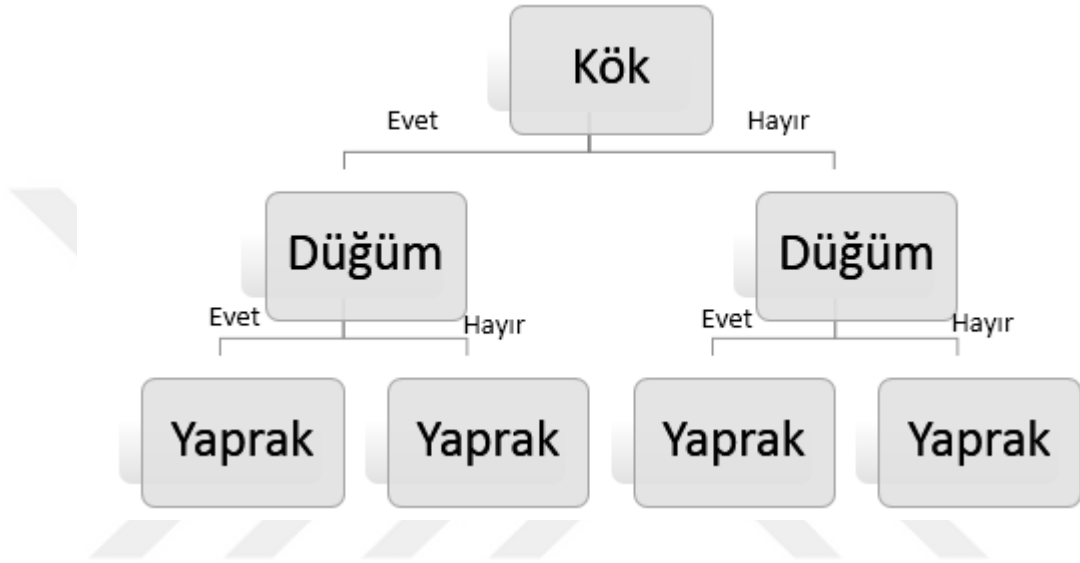
Şekil 3.2. Lineer regresyon analizi ile yapılan bir tahmin doğrusu

Çizilen doğru, kırmızı ile işaretlenen noktalara ne kadar yakın çizilirse, tahmin de o kadar gerçeğe yakın olmaktadır.

3.3.2. Karar ağaçları ile regresyon

Karar ağaçları, genellikle sınıflandırma ve regresyon problemlerinin çözümünde kullanılan oldukça etkili bir istatistiksel öğrenme algoritmasıdır. Karar ağaçları karar teorisi, sınıflama, tahmin ve kümeleme hallerinde kullanılmaktadır. Hedef değişkenin sürekli olması durumunda karar ağaçları, regresyon ağaçları olarak, kategorik olması durumunda ise sınıflama ağaçları olarak adlandırılmaktadır.

Karar ağacı regresyon yöntemi ile cevabı merak edilen sorunun cevabını tahmin ederiz. Karar ağacında bu tahmin yaprak düğümüdür. Karar ağacı kök düğümünden bilginin çok olduğu dallara, oradan ara düğümlere en son da yaprak düğüme doğru genişler. Karar ağacında ağaç derinliği önceden karar verilerek dallanmalara izin verilmelidir. Aksi takdirde süreç çok uzayabilir veya birbirine çok benzer sonuçlar ortaya çıkarak cevabın gerçeğe yakınlığı sorgulanabilir. Şekil 3.3.'de örnek bir karar ağacı gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Karar ağacı örneği

Karar ağaçları, bir düğümü iki veya daha fazla alt düğümde bölmeye karar vermek için birden fazla algoritma kullanır. Algoritma seçimi, hedef değişkenin tipine dayanır. Karar ağaçlarında en sık kullanılan algoritmalar; kategorik değişkenler için Entropi, Gini, Sınıflandırma Hatası; sürekli değişkenler için ise En Küçük Kareler yöntemi şeklindedir. Arora, Watanachaturaporn, Xu ve Varshney (2005), yaptıkları çalışmada, uzaktan algılama sistemi ile topladıkları veriler ile iyi bir sınıflandırma yapabilmek için her bir piksel içindeki sınıfların tahmininde karar ağacı regresyonunu kullanmışlardır.

Kumar ve Rathore (2016), iki farklı senaryoda, verilen yazılım sistemi için hem yayın içi tahmin hem de yayınlar arası hata sayısı tahmininde karar ağacı regresyon modelinden faydalanmışlardır.

4. BULGULAR

Verisi analiz edilen işletmenin tedarikçilerini, maliyet, kalite ve teslimat seviyelerini göz önüne alarak seviyelendirmesi ve potansiyel işlere bu seviyeye göre tedarikçi ataması mümkün değildir. Çünkü şirket, tedarikçileri tüm bu kriterleri aynı anda göz önüne alarak seviyelendirmek için bir platforma sahip değildir. Yapılan çalışmada sırasıyla, maliyet verisi bulunan bir örneklem üzerinde AHP analizi yapılmış ve maliyet açısından tedarikçi sıralaması çıkarılmıştır. Daha sonra AHP, kalite verisi ve teslimat başarı oranları bulunan örneklem üzerinde de uygulanarak her kriter için ayrı ayrı sıralamalar bulunmuştur. Yapılan çalışmanın sonunda, ayrı ayrı hesaplanan sıralamalar ile, nihai bir AHP analizi yapılmış ve maliyet, kalite ve teslimat başarı kriteri olarak ele alınıp tedarikçi sıralaması bulunmuştur. Kümülatif AHP denilen bu son adımda alternatif olarak hesaba katılan tedarikçiler, ayrı ayrı yapılan kalite, maliyet ve teslimat AHP analizlerinde ilk üç sırada sıralanan, üç analizde de alternatif olarak değerlendirilen ortak tedarikçilerdir. Sadece iki tedarikçi maliyet ve teslimat AHP analizinde ortaktır, ancak işletmenin talebi ile kümülatif AHP analizine katılmışlardır. Kalite verisi ile yapılan AHP analizinin yanı sıra U kontrol grafiği de kalite verisi bulunan örnekleme uygulanmış, kontrol limitleri bulunarak limit dışına çıkan, çıkmayan tedarikçiler analiz edilmiş ve AHP analizi sonucuna daha fazla yorum katabilmek için değerlendirilmiştir.

VB başlığı altında ise işletmenin RFQ (Request for Quotation) çalışmalarına hız katabilmek için Python kullanılarak lineer regresyon ve karar ağaçları ile regresyon yapılarak, maliyet AHP çalışmasında kullanılan örneklemden yararlanılarak, yeni tasarlanan bir ürün için fiyat tahmininde bulunulmuştur.

4.1. Maliyet Verisine Uygulanan AHP Analizi

Maliyet - AHP yapabilmek için şirketin LPP (Linear Purchasing Performance) verileri kullanılmıştır. LPP, ürünlerin birim maliyetini oluşturan temel alt kırılımları gösteren veriler topluluğudur. EK - 1’de LPP verisi verilmiştir. LPP verisi ile yapılan maliyet – AHP analizi beş adımda anlatılmıştır.

4.1.1. Maliyet kriterlerinin belirlenmesi

Deneyim ve satın alma bölümü taleplerine bağlı olarak AHP analizi için kriterler Çizelge 4.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Maliyet - AHP için kriterler

Maliyet AHP Kriterleri	€/kg (EXW) 17.01.2020	€/Adet (EXW) 17.01.2020	Minimum Sipariş Miktarı (MOQ)	Lokasyon
---------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--	-----------------

€/kg (EXW) 17.01.2020 kriteri, ilgili tedarikçilerin 17.01.2020 tarihinde anlık olarak parça birim ağırlığına aldığı € bazlı fiyatı göstermektedir. Bu fiyat EXW (Ex Works) yani üretim yerinden müşterinin teslim alınması şeklinde çalışılan parçaların fiyatını göstermektedir.

€/Adet (EXW) 17.01.2020 kriteri, ilgili tedarikçilerin 17.01.2020 tarihinde anlık olarak birim parça adedine aldığı € bazlı fiyatı göstermektedir.

MOQ kriteri, tedarikçinin üretim maliyetlerini ve proje yıllık adedini göz önüne koyarak belirlediği, müşterinin verebileceği minimum sipariş miktarını göstermektedir. Stok tutmamak için müşteri çoğunlukla küçük miktarları tercih ederken, kalıp değişimi, üretim maliyetlerinden dolayı tedarikçiler büyük miktarları tercih etmektedirler.

Lokasyon kriterinde ise, genellikle EXW çalışılan tedarikçiler için yol ücreti müşteriye ait olduğundan, yurt içi tercih edilmektedir. Tüm müşteriler kendi üretim bölgelerine en yakın tedarikçileri seçme eğilimindedirler.

4.1.2. Alternatiflerin belirlenmesi

Ek - 1'de verilen LPP dokümanı incelendiğinde, her bir farklı referans için maliyet detayı ve tedarikçi bilgisi bulunduğu açıkça görülmektedir. Maliyet AHP analizinde alternatifler, tedarikçiler olmalıdır, fakat LPP dokümanında detay veri, her bir farklı

referans özelinde vardır. AHP analizine bu verileri katabilmek için sırasıyla şu adımlar izlenmiştir;

Adım 1: Her tedarikçinin kendi referansları arasında en iyi teklif vermiş olduğu referans AHP analizi ile seçilir, burada alternatifler ilgili tedarikçinin ürettiği referanslarıdır.

Adım 2: Daha sonra, tedarikçiler alternatif olur ve her tedarikçinin önceki adımda seçilen referansının verileri AHP analizinde girdi olarak kullanılır.

Adım 3: Son aşamada, en iyi teklif verilmiş olan ürün seçildiğinde, bu ürünü sağlayan tedarikçi maliyet açısından en iyi tedarikçi olarak yorumlanır.

4.1.3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Bu aşamada öncelikle kriterleri kendi aralarında daha sonra her bir kriter için alternatifleri kendi aralarında karşılaştırmak ve önem derecelerini belirlemek için ikili karşılaştırma matrisleri hazırlanır. Çizelge 4.2.'de kriterlerin birbirine göre önem derecelerini belirlemek için hazırlanan karşılaştırma matrisi verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kriterlerin Amaca Göre Karşılaştırılması

	€/kg (EXW) 17.01.2020	€/Adet (EXW) 17.01.2020	Minimum Sipariş Miktarı (MOQ)	Lokasyon
€/kg (EXW) 17.01.2020	1	0,86	1,1	0,85
€/Adet (EXW) 17.01.2020	1,16	1	1,3	0,95
Minimum Sipariş Miktarı (MOQ)	0,91	0,77	1	0,5
Lokasyon	1,18	1,05	2	1

LPP verisinde referansların bilgileri bulunmaktadır, ancak bu bilgiler referansların birbirlerine göre ne kadar önemli olduğunu gösteren seviyeler değildir. LPP verisini AHP analizine uygun hale getirip, her bir kriter için alternatiflerin yani referansların ikili karşılaştırma matrislerini hazırlayabilmek bir hesaplama çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada LPP verisindeki kriterlerin değerleri ikili olarak karşılaştırıp bir oran hesabı yapılmıştır. Daha sonra karar vericinin belirlediği limitlere göre bu oranlar önem derecesi olarak matrise girilmiştir. Yapılan oran hesabının bir örneği Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. İkili karşılaştırma matrisi için veri hazırlama

Referanslar	Tedarikçiler	€/kg (EXW) 17.01.2020	Referans 1'in Referans 4'e göre €/kg kriteri oranı	Referans 1'in Referans 2'ye göre €/kg kriteri oranı	Referans 1'in Referans 14'e göre €/kg kriteri oranı
Referans 1	Tedarikçi 1	0,6145549	69,39568157	49,79943988	87,14255859
Referans 4	Tedarikçi 1	0,8855809			
Referans 2	Tedarikçi 1	1,23405987			
Referans 14	Tedarikçi 1	0,70522935			

İkili karşılaştırma matrislerinde karar verici oransal verileri beş kategoriye ayırmıştır. Çizelge 4.4.'te ölçeklendirme örneği verilmiştir.

Çizelge 4.4. €/kg (EXW) 17.01.2020 - Ölçeklendirme

%80 ve üstü	1 kat tercih edilir
%60 ve üstü	2 kat tercih edilir
%40 ve üstü	2,5 kat tercih edilir
%20 ve üstü	3 kat tercih edilir
%20 altı	3,5 kat tercih edilir

Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri için hazırlanan oransal verileri ve karar vericinin her karşılaştırma matrisi için hazırladığı ölçeklendirmeden sonra tüm ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Çizelge 4.5.'te €/kg (EXW) 17.01.2020 kriteri için hazırlanan ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir.

Çizelge 4.5. €/kg (EXW) 17.01.2020 kriteri ikili karşılaştırma matrisi

€/kg (EXW) 17.01.2020	Referans 1	Referans 4	Referans 2	Referans 14
Referans 1	1	2	2,5	1
Referans 4	0,5	1	2	1
Referans 2	0,4	0,5	1,0	1,0
Referans 14	1	1	1	1

MOQ kriteri için hazırlanan ölçeklendirmenin mantığı müşterinin talebine göre oluşturulur. Ne kadar az MOQ'ya sahipse, o referans veya tedarikçi daha çok tercih edilir. Lokasyon kriteri ölçeklendirmesi de benzer mantıktadır. Tedarikçi lokasyonu, müşteri lokasyonuna ne kadar yakınsa, o kadar çok tercih edilir.

4.1.4. Normalizasyon matrislerinin oluşturulması

Hem kriterlerin birbiri arasında yapılan karşılaştırma matrisi için, hem de her bir kriter için hazırlanan alternatiflerin karşılaştırma matrisleri için normalizasyon matrisleri hazırlanır. Burada amaç tutarlılık oranını hesaplamak ve karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığını yorumlamaktır. Bölüm 3.1.2'de ayrıntılı anlatılan normalizasyon matrislerinin oluşturulması ve tutarlılık oranlarının hesaplanmasına dayanarak yapılan örnek bir çalışma EK – 2'de verilmiştir.

4.1.5. Alternatiflerin önem sıralamasının bulunması

Sıralamanın bulunması için tek bir matris hazırlanır. Kriter öz vektörü ile alternatiflerin öz vektörleri çarpımı sıralama sonucunu göstermektedir. Sıralamanın hesaplandığı sonuç matrisi Çizelge 4.6.'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Maliyet - AHP analizi sonuç matrisi

Alternatifler		€/kg (EXW) 17.01.2020	€/part (EXW) 17.01.2020	MOQ	Lokasyon	Sıralama Sonucu
	Kriterlerin öz vektörleri	0,23	0,27	0,19	0,31	
Referans 1	Alternatiflerin öz vektörleri	0,36	0,39	0,39	0,54	0,43
Referans 4		0,24	0,23	0,33	0,28	0,27
Referans 2		0,16	0,30	0,14	0,12	0,18
Referans 14		0,24	0,09	0,14	0,06	0,12
				Toplam		1,00

Bölüm 4.1.2, adım 1’de bahsedilen çalışma için yeterli referans sayısına sahip olan 7 farklı tedarikçi için 7 farklı AHP analizi yapılarak her bir tedarikçi için onu temsil edecek, en iyi teklifi vermiş olduğu referans belirlenmiştir. Daha sonra en iyi teklif verilen referanslar ilgili tedarikçiye atanmış, ve LPP verisindeki o referansların bilgileri kullanılarak AHP analizi yapılmış ve böylece en iyi teklif verilmiş tek bir referans bulunmuştur. Seçilen referansı üreten tedarikçi ise, Maliyet AHP analizinde en iyi tedarikçi olarak seçilmiş olmaktadır.

Çizelge 4.6.’e göre Referans 1 en iyi teklif verilmiş referans seçilmiştir. Böylece Tedarikçi 1’i kümülatif AHP’de temsil edecek referans, referans 1’dir.

4.2 Kalite Verisine Uygulanan AHP Analizi

Kalite birimi ile yapılan bir toplantı sonucunda ise satın alma biriminden ziyade, kalite biriminin bir tedarikçi ile çalışırken nelere dikkat edilip edilmediği görüşülmüştür. Kalite birimi için tedarikçinin kaliteli ürün üreteceğine güven duymak oldukça önemlidir. Ayrıca tedarikçi üretiminde kalitesiz ürün üretildiğinde bunun fark edilmesi ve müşterisine yani özel işletmeye bu kalitesizliği yansıtmaması profesyonellik olarak adlandırılır. Toplantı sonucunda kalite birimi tedarikçiler ile ilgili hangi verileri sakladığını iletmiştir. SRM sistemi detaylı olarak tedarikçilere açılan kazaları barındırmaktadır. Sistemden çekilen bir rapor incelendiğinde tedarikçilere ait kaza adetleri, kazaların sınıflandırılması, hangi tip kaza açıldığı, kazaların önem dereceleri gibi bilgiler rapordan elde edilebilmektedir.

4.2.1. Kalite kriterlerin belirlenmesi

Yapılan analiz sonucunda belirlenen kalite - AHP kriterleri aşağıdaki Çizelge 4.7.'de gibidir.

Çizelge 4.7. Kalite – AHP kriterleri

Kalite AHP Kriterleri	U grafiği içinde kalma oranı	Toplam kaza sayısı	SPPC'de kazası bulunması	Kırmızı alarm yayınlanmış kazası bulunması
------------------------------	------------------------------	--------------------	--------------------------	--

U grafiği içinde kalma oranı, kalite sürecinin kontrol altında gittiğini gösterdiğinden AHP analizine kriter olarak seçilmiştir. Toplam kaza sayısı, az olması beklenen bir AHP kriteridir. Kazaların çok olması yeni işleri tedarikçilere atarken risk yaratacaktır. SPPC'de kazası bulunması, kriteri ise müşteri ile ara yüz oluşturan kritik karakteristik ölçülerden herhangi biri veya birkaçı için açılmış olan kazaları içerir. İşletme kendi üretim sistemini durduran uygunsuz ölçüler için kaza açmadan önce detaylı analiz yapsa da, müşteriyi durduracak herhangi bir hata için asla zaman kaybetmeden kaza açmaktadır. Bu durum, işletmenin müşterisi gözünde prestij kaybetmesine yol açabileceğinden bir tedarikçiyi belirlemede SPPC'de kazası bulunması veya bulunmaması çok önemli bir kriter olarak belirlenmiştir. Kırmızı alarm yayınlanmış kazası bulunması ise müşteriye yapılacak sevkiyatı önemli ölçüde etkilediğinden, işletmedeki tüm çalışanların bilgisi olması için yayınlanan bir uyarı sisteminde bulunmak, kaza olarak adlandırılıp oldukça önemli bir tedarikçi seçimi kalite kriteridir.

4.2.2. Alternatiflerin belirlenmesi

SRM'den çekilen kaza raporuna bakıldığında toplam 13 farklı tedarikçi için kaza verisi olduğu gözlemlenmiştir. AHP analizinde de bu 13 farklı tedarikçi alternatif olarak seçilmiştir.

4.2.3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Karar vericinin önem derecesine bağlı olarak kriterlerin amaca göre karşılaştırılması ve her bir kriter için alternatif tedarikçilerin önem derecelerinin karşılaştırma matrisleri hazırlanmıştır. U kontrol grafiğinin içinde kalma oranı için, maliyet AHP’de veri oransal olarak nasıl hazırlandı ise aynı şekilde hazırlanmıştır. Veri ile önce U kontrol grafiği hazırlanmış, daha sonra her bir alternatifiin U kontrol grafiği içinde kalma oranı bulunmuş, daha sonra karar vericinin belirlediği ölçeklendirmeye göre önem dereceleri belirlenmiştir. Diğer kriterler için doğrudan verideki bilgiler kullanılmış, karar vericinin belirlediği ölçeklere göre ikili karşılaştırma matrisleri hazırlanmıştır.

4.2.4. Normalizasyon matrislerinin oluşturulması

Normalizasyon matrisleri AHP çalışmasına bağlı olarak, maliyet için yapılan AHP analizinde kullanılan aynı yöntem ile oluşturulmuştur.

4.2.5. Alternatiflerin önem sıralamasının bulunması

Alternatif olan 13 tedarikçinin sıralama sonuçları, AHP çalışmasına bağlı olarak, maliyet için yapılan AHP analizinde kullanılan aynı yöntem ile oluşturulmuş ve Çizelge 4.8.’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kalite - AHP analizi sonuç matrisi

Alternatifler		U grafiği içinde kalma oranı	Toplam kaza sayısı	SPPC'de kazası bulunması	Kırmızı alarm yayınlanmış kazası bulunması	Sıralama Sonucu
	Kriterlerin öz vektörleri	0,23	0,13	0,43	0,21	
Tedarikçi 4	Alternatiflerin öz vektörler	0,20	0,05	0,19	0,19	0,17
Tedarikçi 9		0,17	0,10	0,16	0,16	0,16
Tedarikçi 8		0,06	0,17	0,14	0,14	0,12
Tedarikçi 1		0,10	0,05	0,12	0,12	0,10
Tedarikçi 10		0,11	0,14	0,09	0,10	0,10
Tedarikçi 5		0,06	0,14	0,08	0,08	0,08
Tedarikçi 6		0,07	0,09	0,05	0,06	0,06
Tedarikçi 11		0,06	0,07	0,05	0,04	0,05
Tedarikçi 12		0,03	0,07	0,04	0,04	0,04
Tedarikçi 13		0,05	0,05	0,03	0,03	0,04
Tedarikçi 14		0,04	0,03	0,02	0,02	0,03
Tedarikçi 15		0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Tedarikçi 2		0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
					Toplam	1,00

4.3. Teslimat Verisine Uygulanan AHP Analizi

Teslimat verileri SSR (Supplier Service Rate) adı ile BW VADIS Corporate Reporting Tool'dan elde edilmiştir. Bu uygulama işletme için oluşturulmuş, tedarikçilerin teslimat, sipariş adetleri, söze uyum oranları vb. bilgileri kaydeden bir programdır. Bu veriler arasından, AHP analizinde kullanabilmek için kriterler seçilmiş ve datalar elde edilmiştir. Bu aşamalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

4.3.1. Teslimat kriterlerinin belirlenmesi

Bu bağlamda kriterler aşağıdaki Çizelge 4.9.'daki gibi seçilmiştir.

Çizelge 4.9. Teslimat AHP kriterleri

Teslimat AHP Kriterleri	Tam ve zamanında teslim edilmeyen sipariş sayısı (sipariş-teslimat)	VRO kaza sayısı	SSR	Söze Uyum Oranı
--------------------------------	---	-----------------	-----	-----------------

Tam ve zamanında teslim edilmeyen sipariş sayısı (sipariş-teslimat), müşterinin verdiği sipariş sayısından, zamanında teslim edilen siparişleri çıkardığımızda kalan adettir. Bu adet ne kadar fazla ve sürekli fark çıkıyorsa, tedarikçi başarısı o kadar kötü etkilenmektedir. VRO kaza sayısı, tedarikçiye gönderilen siparişlerin tam ve zamanında karşılanmaması durumunda tedarikçiye açılan kaza demektir. Kaza sayısı ile tedarikçi başarısı ters orantılıdır. Dolayısı ile AHP analizinde kriter olarak ele alınacaktır. SSR, tedarikçilerin teslimat performansını gösteren bir parametredir. Yüzde olarak ifade edilen bir orandır. Tedarikçi seçiminde belirleyici olacak kriterlerden biri olarak belirlenmiştir. Söze Uyum Oranı, işletmeler planlarını verilen teyitler üstüne yaptığından, AHP için belirleyici bir kriter olacaktır.

4.3.2. Alternatiflerin belirlenmesi

Alternatifler, maliyet ve kalite AHP alternatifleri ile uyumlu olması için döküm parça üreten tedarikçiler olarak seçilmiştir. Teslimat verisi bulunan toplam 8 döküm tedarikçisi olduğundan bu alternatifler arasında AHP analizi yapılmıştır.

4.3.3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Karar vericinin önem derecesine bağlı olarak kriterlerin amaca göre karşılaştırılması ve her bir kriter için alternatif tedarikçilerin önem derecelerinin karşılaştırma matrisleri önceki çalışmalarda olduğu gibi hazırlanmıştır. İkili karşılaştırma için işletmenin lojistik biriminin belirlediği ölçeklendirme kullanılmıştır.

4.3.4. Normalizasyon matrislerinin oluşturulması

Normalizasyon matrisleri AHP çalışmasına bağlı olarak, maliyet için yapılan AHP analizinde kullanılan aynı yöntem ile oluşturulmuştur.

4.3.5. Alternatiflerin önem sıralamasının bulunması

Alternatif 8 tedarikçinin sıralama sonuçları, AHP çalışmasına bağlı olarak, maliyet ve kalite için yapılan AHP analizinde kullanılan aynı yöntem ile oluşturulmuş ve sıralama sonucu Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Teslimat - AHP analizi sonuç matrisi

Alternatifler		Tam ve zamanında teslim edilmeyen sipariş sayısı (sipariş-teslimat)	VRO kaza sayısı	SSR	Söze Uyum Oranı	Sıralama Sonucu
	Kriterlerin öz vektörleri	0,37	0,27	0,16	0,20	
Tedarikçi 6	Alternatiflerin öz vektörleri	0,21	0,20	0,27	0,26	0,23
Tedarikçi 8		0,18	0,17	0,21	0,23	0,19
Tedarikçi 1		0,14	0,14	0,11	0,12	0,13
Tedarikçi 5		0,15	0,16	0,09	0,10	0,13
Tedarikçi 4		0,10	0,09	0,14	0,16	0,11
Tedarikçi 2		0,07	0,11	0,06	0,07	0,08
Tedarikçi 3		0,08	0,07	0,08	0,04	0,07
Tedarikçi 7		0,07	0,05	0,03	0,03	0,05
					Toplam	1,00

4.4. Kalite Verisi ile Hazırlanan U Kontrol Grafiği

Kalite - AHP analizinde kullanılan alternatiflerin kalite kaza verileri ile U kontrol grafiği hazırlanmıştır. Toplam 13 adet döküm parça üreten tedarikçi vardır. İkinci bölümde bahsedilen U kontrol grafiği hazırlama yöntemine bağlı olarak hazırlanan U Kontrol grafiği hesaplama çizelgesi EK - 3'te verilmiştir.

SRM sisteminden tüm kazarlar Excel dokümanına indirilmiş ve belirlenen alternatif tedarikçiler filtrelenmiştir. Bu durumda toplam 129 adet farklı zamanda açılmış kaza bildirimini olduğu tespit edilmiştir (i).

Açılan her kaza içindeki toplam şüpheli parça sayısı (n) ve ayıklama sonucunda çıkan toplam hatalı parça sayıları (x_i) veriden tespit edilmiştir. Daha sonra üçüncü bölümde bahsedilen hesaplamalar ile merkez çizgi ve alt, üst kontrol limitleri hesaplanmıştır.

Yine Excel üzerinde yapılan bir hesaplama ile kontrol limitleri dışında çıkan kazalar tespit edilmiştir. Bu kazaların açıldığı tedarikçiler de böylece tespit edilmiş olmuştur.

4.5. Veri Görselleştirme

Günlük ve iş hayatında başarı anahtarlarından biri, yapılan çalışmayı mümkün olan en iyi şekilde karşı tarafa anlatmaktır. Anlattığımız kadar değil, anlaşıldığımız kadar başarılı oluruz. Bu sebeple kendimizi en iyi şekilde ifade etmek hem iş hem de günlük yaşamımızda oldukça önemlidir.

İletişimde kullanılan bilgi, veri veya çıktılar belirli yöntemler ile dönüştürüldüğünde, iletişimin çıktılarını olumlu yönde etkiler. VB dalında da, istenen hedefe ulaşmak için önce mevcut veri iyi anlaşılmalıdır. Eğer veri iyi bir şekilde tanınırsa, sonuca ulaşmada hangi yöntemin kullanılması gerektiğine daha iyi karar verilecektir. Bu sebeple veri analizi aşamalarının başında veri görselleştirme gelmektedir.

Veri görselleştirme, verileri grafikler ile yeniden sunma tekniğidir. Veri görselleştirmede kullanılan grafik ve görseller, veri içindeki ilişkileri, eğilimleri kolayca gözler önüne çıkarır.

Bir veriden, çok sayıda ilişki, eğilim, dağılım grafikleri çıkarılabilir. Ancak bunların hepsi veri anlatımında kullanılmamalıdır. Bu aşamada iki durum göz önünde tutulmalıdır, ilki insan odağının belli bir kapasitesi olduğu ve sizin verinizi tanıtmak için bu kısıtlı kapasiteye sahip olduğunuz, ikincisi ise verinizi tanıtmak için hangi grafiklerin yeterli olduğu. Bu aşamada şu çıkarımlar faydalı olacaktır;

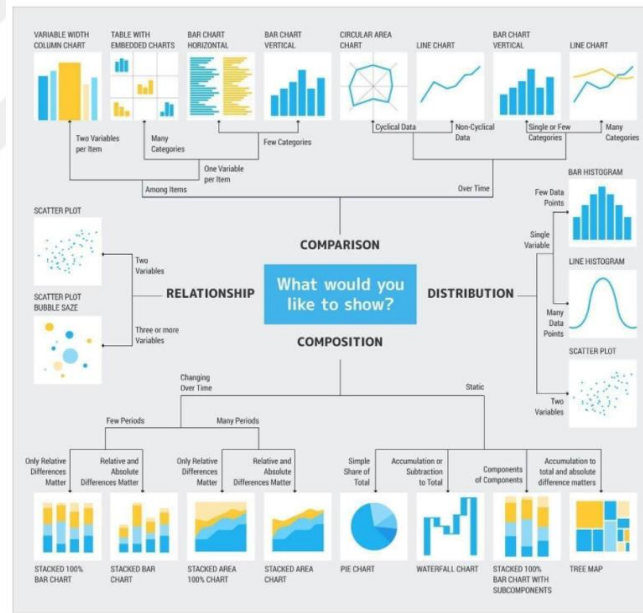
- Az, daha etkilidir.
- Az, daha çekicidir.

Eğer görselleştirdiğiniz veri sunum esnasında paylaşılacak, daha çekici sonuçlar paylaşılmaya özen gösterilebilir. Sunum sırasında dinleyicilerin dikkatini toplamak da gerektiğinden, veri hakkındaki detaylardan daha az bahsedilebilir. Ancak eğer verilerinizi bir rapor halinde görselleştirmeniz gerekir ise veri hakkında daha çok detay paylaşılabilir.

Veri görselleştirme adımımda önemli konulardan biri de veriyi görselleştirmek ve tanıtmak için doğru grafiğin ve yöntemin seçilmesidir. Veri görselleştirme için grafik seçimlerin aşağıdaki dört ana konu başlığı göz önünde bulundurulmalıdır;

1. Karşılaştırma yapma
2. Tüm veri hakkında özet bilgi paylaşma
3. Veri içindeki ilişkileri gösterme
4. Veri dağılımını görselleştirme

Grafik seçiminde önemli olan diğer başlıklar ise, verinin statik mi yoksa dinamik mi olduğu, eğer dinamik ise hangi zaman dilimlerinde değiştiği, kaç değişken olduğudur. Bahsedilen başlıklar grafik seçiminin doğru yapılması için yol gösterici olacaktır. Şekil 4.1.'de veriyi görselleştirmek için seçilebilecek grafiklerin özeti gösterilmiştir ("Nsuchaud", 2019).



Şekil 4.1. Veri görselleştirmede doğru grafiğin seçilmesi

Yapılan çalışmada Google Colaborations ve Python kullanılarak veri görselleştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu bağlamda Python'ın pandas, matplotlib, pyplot, numpy, seaborn kütüphaneleri kullanılmıştır.

Şekil 4.2.'de verinin 35x7'lik bir matris olduğu ve ilk 5 referansa ait verilerin detayları paylaşılmıştır.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import seaborn as sns
regdata = pd.read_excel("Regresyon_Data_Görselleştirme.xlsx", index_col=0)
regdata.head()
```

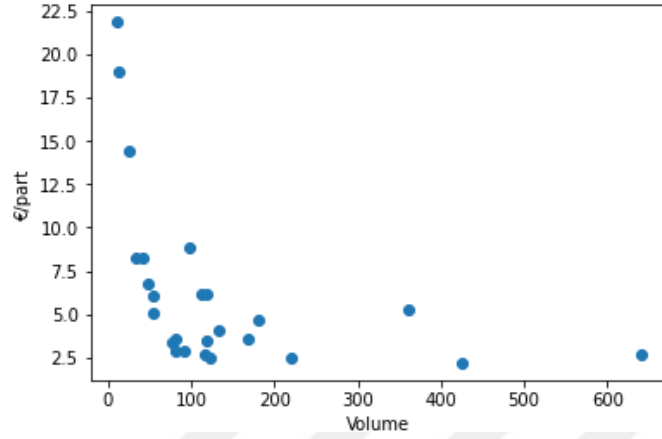
	Material	Weight	Cavity	Priceofperkg	Volume	Location	PriceofPart	regdata.shape
Reference								(35, 7)
Reference 1	GG	6.62	4.0	0.614555	132.134920	Türkiye	4.068353	
Reference 2	GS	2.34	2.0	1.166667	641.136209	Çin	2.730000	
Reference 3	GG	2.60	4.0	0.846154	425.882183	TUNISIA	2.200000	
Reference 4	GS	9.56	3.0	0.924644	98.659073	TUNISIA	8.839600	
Reference 5	GS	4.61	2.0	1.008677	180.254384	Çin	4.650000	

Şekil 4.2. Özet veri tablosu

Şekil 4.3.'te ise referanslara ait yıllık kullanım adedi ve parça birim fiyatı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Buradan parça birim fiyatına yıllık kullanım oranının etkisi olduğu açıkça gözükmemektedir.

Şekil 4.4.'te ise parça birim fiyatı ile ağırlık, birim kilogram fiyatı ve kalıp gözü sayısı arasındaki ilişkiler grafiğe dökülmüştür.

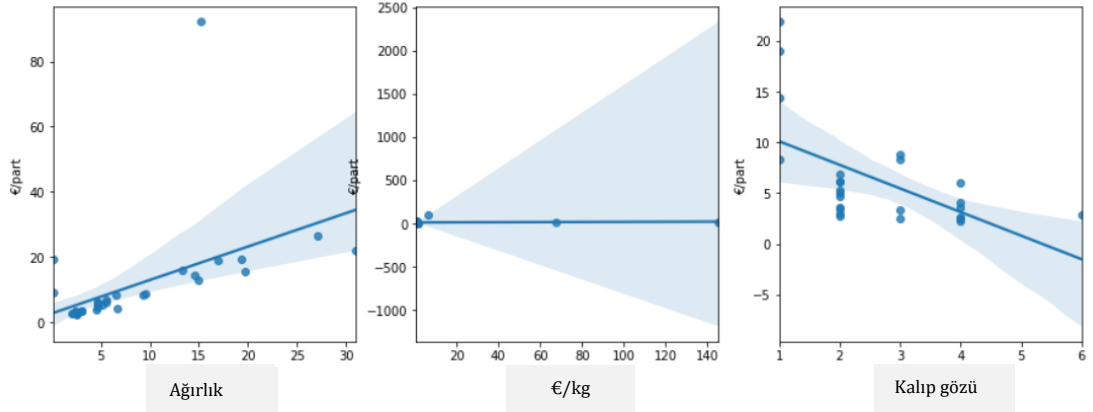
```
plt.scatter(regdata.Volume,regdata.PriceofPart)
plt.xlabel("Volume")
plt.ylabel("€/part")
plt.show()
```



Şekil 4.3. Yıllık kullanım adedine (Volume) karşılık parça birim fiyatı çizelgesi

```
fig=plt.figure(figsize=(15,5))
ax1=fig.add_subplot(1,3,1)
ax2=fig.add_subplot(1,3,2)
ax3=fig.add_subplot(1,3,3)
sns.regplot(ax=ax1, x="Weight", y="€/part", data=regdata)
sns.regplot(ax=ax2, x="€/kg", y="€/part", data=regdata)
sns.regplot(ax=ax3, x="Cavity", y="€/part", data=regdata)
```

<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x7f6657878690>



Şekil 4.4. Parça birim fiyatı ile ağırlık, kilogram fiyatı ve kalıp gözü sayısı arasındaki ilişkiler

4.6. Veri Temizleme Çalışmaları

Son yıllarda sıkça bahsedilen dijitalizm kavramı veri bilimine büyük katkı sağlamıştır. Dijitalizm sayesinde veriler dijital ortamlarda saklanmaya teşvik edilmiş, bu sayede veri

bilimde anlamlı çıktı sağlayabilmek için daha çok, tutarlı ve gerçek veriler elde edilmiştir. Önceki yıllarda kâğıt kullanımının çok olması, bir işe bakan kişilerin farklı çalışma tarzları ve benzeri etkenler, verilerin kayıt altına alınmasını güçleştirmiştir. Veri biliminde gerçeğe yakın tahminler yapabilmek, modellerin doğru ve tutarlı çalışmasını sağlamak, mümkün olduğunca çok girdinin kurulan model ile eğitilmesi sonucu olabilmektedir. İngilizce “Feature Engineering” olarak bilinen kavram veri biliminde kullanılan yöntemler için girdileri derleyen ve tasarlayan bir dizi çalışma olarak tanımlanabilir. Veri temizleme çalışması da denebilecek bu prosedür altında dört başlık vardır.

1. Eksik verilerin tespiti
2. Kategorik verilerin kodlanması
3. Değişken dönüşümü
4. Yeni girdilerin oluşturulması

Tez çalışmasında veri temizleme işlemlerinden, eksik verilerin tespiti, kategorik verilerin kodlanması adımları kullanılarak veri analizi modellerine girdi hazırlığı yapılmıştır. Şekil 4.5.’te verinin data tipleri gösterilmiş ve iki değişkenin kategorik olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişkenler, malzeme ve lokasyon bilgileridir.

	Material	Weight	Cavity	Priceofperkg	Volume	Location	PriceofPart	regdata.shape
Reference								(35, 7)
Reference 1	GG	6.62	4.0	0.614555	132.134920	Türkiye	4.068353	
Reference 2	GS	2.34	2.0	1.166667	641.136209	Çin	2.730000	
Reference 3	GG	2.60	4.0	0.846154	425.882183	TUNISIA	2.200000	
Reference 4	GS	9.56	3.0	0.924644	98.659073	TUNISIA	8.839600	
Reference 5	GS	4.61	2.0	1.008677	180.254384	Çin	4.650000	

```
regdata.dtypes
```

```
Material    object
Weight      float64
Cavity      float64
€/kg        float64
Volume      float64
Location    object
€/part      float64
dtype: object
```

Şekil 4.5. Veri tipleri

Şekil 4.6.'de ana verideki eksik data olan sütunlar tespit edilmiş ve ana veriden çıkarılmıştır. Şekil 4.7.'de ise, kategorik veriye sahip olan lokasyon sütunu, veri analizi modelinde işlenebilmek için numerik haline dönüştürülmüştür.

```
[73] regdata.isnull()
```

	Material	Weight	Cavity	€/kg	Volume	Location	€/part
Reference							
1	False	False	False	False	False	False	False
2	False	False	False	False	False	False	False
3	False	False	False	False	False	False	False
4	False	False	False	False	False	False	False
5	False	False	False	False	False	False	False
6	False	False	False	False	False	False	False
7	False	False	False	False	False	False	False
8	False	False	False	False	False	False	False
9	False	False	False	False	False	False	False
10	True	False	True	False	True	False	False
11	True	False	True	False	True	False	False
12	True	False	True	False	True	False	False
13	False	False	False	False	False	False	False

```
[74] #eksik data olan sütunların tespiti liste şeklinde sütun isimlerini tutuyoruz.
missing_percent = regdata.isnull().mean()
drop_cols = list(regdata.columns[missing_percent > 0])
drop_cols
```

```
['Material', 'Cavity', 'Volume']
```

```
#sütundan çıkarılacak axis 1 olmalı, eksik data olan sütunları veriden çıkardık
regdata_drop_cols = regdata.drop(drop_cols, axis = 1)
regdata_drop_cols.shape
regdata_drop_cols
```

	Weight	€/kg	Location	€/part
Reference				
1	6.620000	0.614555	Türkiye	4.068353
2	2.340000	1.166667	Çin	2.730000
3	2.600000	0.846154	TUNISIA	2.200000

Şekil 4.6. Eksik veri tespiti ve ana veriden çıkarılması

```
[76] #kategorik olan ülke bilgisi n-1 kadar değişkene çevrildi. Böylece işlemlerde kullanılabilir.
regdata_drop_cols_dummy = pd.get_dummies(regdata_drop_cols, drop_first=True)
print(regdata_drop_cols_dummy.shape)
```

```
(35, 7)
```

```
[77] regdata_drop_cols_dummy
```

	Weight	€/kg	€/part	Location_TUNISIA	Location_Türkiye	Location_Çin	Location_İspanya
Reference							
1	6.620000	0.614555	4.068353	0	1	0	0
2	2.340000	1.166667	2.730000	0	0	1	0
3	2.600000	0.846154	2.200000	1	0	0	0
4	9.560000	0.924644	8.839600	1	0	0	0

Şekil 4.7. Kategorik verilerin numerik haline dönüştürülmesi

Çalışmalarda veri temizleme işlemlerinin kullanılması zorunlu değildir. Fakat çözmek istediğiniz problemi modellediğinizde, daha başarılı bir çıktı elde etmek, girdilere bağlı olduğundan, veri temizleme işlemlerinin başarısı, gerçek model çalıştırılmadan önce küçük bir modelle test edilebilir. Örneğin, yapılan çalışmada önce ham veri ile hataların ortalaması ve standart sapması hesaplanmış, daha sonra da eksik verilerin tamamlanması ile hazırlanan girdiler ile hataların ortalaması ve standart sapması hesaplanmıştır. Sonuçlar Şekil 4.8’te gösterilmektedir. Özellikle standart sapmanın büyük oranda azalması, gerçek modelde eksik verileri tamamlanmış girdinin kullanılması gerektiğini göstermektedir. Eksik veriler ise yapılan çalışmada şu şekilde tamamlanmıştır;

1. Malzeme değişkenindeki eksik veriler, malzeme türü en çok olana tamamlanmıştır.
2. Kalıp gözü değişkenindeki eksik veriler, tüm datadaki en çok kullanılan kalıp gözü sayısı ile tamamlanmıştır.
3. Parça adetleri kısmındaki eksik veriler ise, veride bulunan girdilerin ortalaması ile tamamlanmıştır.

Veri tamamlama çalışmaları Python da kodlanarak Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

```
#step 3'deki modellerde full filled data nın kullanılması gerektiği, std. sapmanın iyileşmesinden anlaşılmıştır.
regdata_drop_cols['Material'] = regdata.Material.fillna("GG")
regdata_drop_cols['Cavity'] = regdata.Cavity.fillna(2)
regdata_drop_cols['Volume'] = regdata.Volume.fillna(136)
regdata_drop_cols_dummy = pd.get_dummies(regdata_drop_cols,drop_first=True)
x = regdata_drop_cols_dummy.drop("€/part", axis=1)
y = regdata_drop_cols_dummy["€/part"]
scores = cross_val_score mdl,x,y,cv=6)
results.loc["Full Filled Data"] = [scores.mean(),scores.std()]
results
```

	R2 Score Mean	R2 Score Std
Without NA	-0.490667	1.298717
Full Filled Data	0.458876	0.430919

```
regdata_drop_cols_dummy.shape
```

```
(35, 12)
```

Şekil 4.8. Tamamlanmış ve tamamlanmamış girdilerin başarı sonuçları

```
#material sütunu içinde kaç adet tekrarlı veri var onu saydırdık
dregdatam = regdata.drop("Weight", axis = 1)
dregdatama = dregdatam.drop("Cavity", axis = 1)
dregdatamat = dregdatama.drop("€/kg", axis = 1)
dregdatamate = dregdatamat.drop("Volume", axis = 1)
dregdatamater = dregdatamate.drop("Location", axis = 1)
dregdatamater1 = dregdatamater.drop("€/part", axis = 1)
import pandas as pd
df = pd.DataFrame(dregdatamater1)
#print (df)
df.pivot_table(columns=['Material'], aggfunc='size')
dups_Material = df.pivot_table(columns=['Material'], aggfunc='size')
print (dups_Material)
```

Material	
GG	13
G7L 250	1
G7L 300	2
GS	13
dtype:	int64

```
#Cavity deki veri sıklığını bulduk
dregdatac = regdata.drop("Weight", axis = 1)
dregdataca = dregdatac.drop("Material", axis = 1)
dregdatacav = dregdataca.drop("€/kg", axis = 1)
dregdatacavi = dregdatacav.drop("Volume", axis = 1)
dregdatacavity = dregdatacavi.drop("Location", axis = 1)
dregdatacavityy = dregdatacavity.drop("€/part", axis = 1)
import pandas as pd
df = pd.DataFrame(dregdatacavityy)
#print (df)
df.pivot_table(columns=['Cavity'], aggfunc='size')
dups_Cavity = df.pivot_table(columns=['Cavity'], aggfunc='size')
print (dups_Cavity)
```

Cavity	
1.0	4
2.0	10
3.0	4
4.0	6
6.0	1
dtype:	int64

```
#volume deki verilerin ortalamasını bulduk.
dregdatav = regdata.drop("Weight", axis = 1)
dregdatavo = dregdatav.drop("Material", axis = 1)
dregdatavol = dregdatavo.drop("€/kg", axis = 1)
dregdatavolu = dregdatavol.drop("Cavity", axis = 1)
dregdatavolum = dregdatavolu.drop("Location", axis = 1)
dregdatavolume = dregdatavolum.drop("€/part", axis = 1)
import pandas as pd
df = pd.DataFrame(dregdatavolume)
#print (df)
df.mean()
```

Volume	136.935345
dtype:	float64

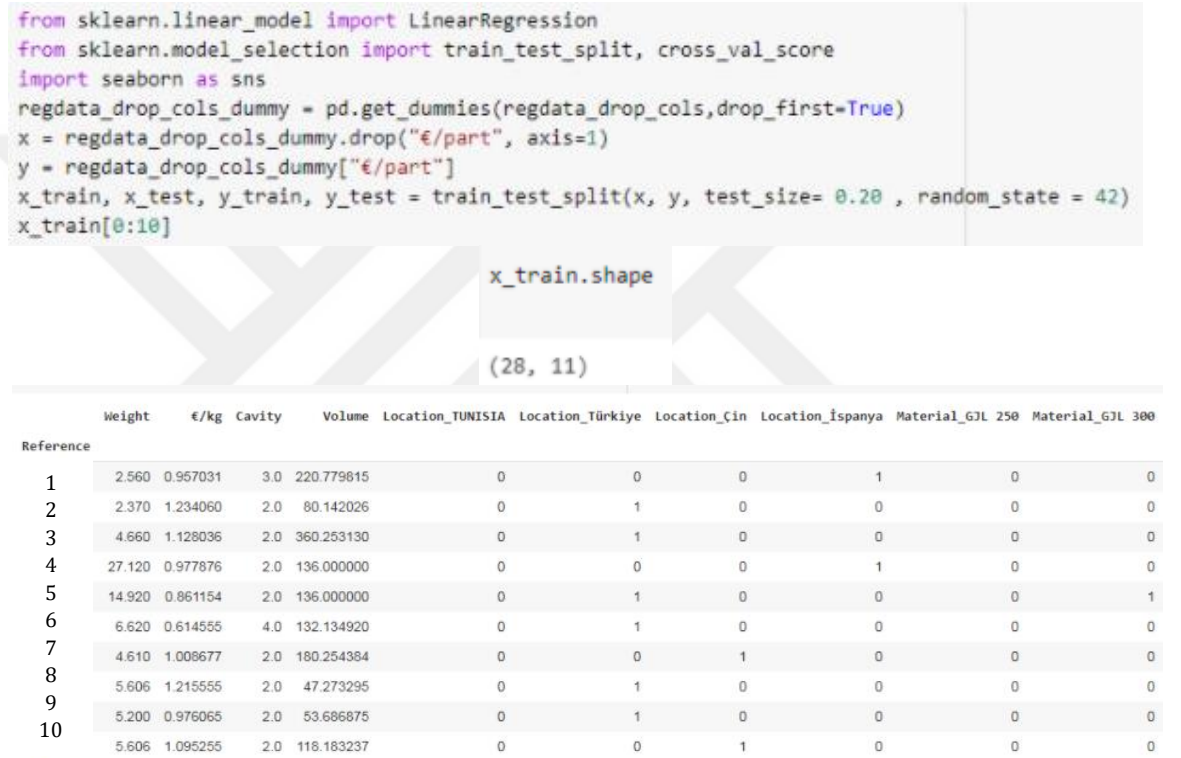
Şekil 4.9. Veri tamamlama için girdi seçimi

4.7. Lineer Regresyon Analizi

Yapılan çalışmada, müşterinin ani fiyat teklifi isteklerine zamanında cevap verebilmek ve döküm tedarikçilerinin talebe dönüş yapmalarının geç olması dolayısı ile verisi

bulunan döküm referanslarından bir lineer regresyon yöntemi ile yeni bir döküm parçasının fiyatını tahmin etmek üzere model kurulmuştur.

Python’da kodlanan modellemede, veri, eğitim ve test verisi olarak bölünmüş, kategorik değerler matematiksel modelde işlenebilsin diye “dummy” değişken olarak yeniden tanımlanmıştır. Şekil 4.10.’de eğitim setinin bir kısmı verilmiştir. Asıl veri 28x11’lik bir matristir.



Şekil 4.10. Lineer regresyon modeli oluşturulması

Model, önce eğitim veri setinde çalıştırılır. Performansı yeterli bulunursa, test veri setinde çalıştırılır ve sonuçları yorumlanır. Şekil 4.11. test veri setinde çalıştırılan modelin sonuçlarını göstermektedir.

```
#%84 doğrulukta fiyat tahmin edebiliyorum.(r2)
lm.score(x_test,y_test)

0.845950627829197

#y_test tahmin sonuçlarıdır. Test seti için ayrılan verilerin tahmin sonuçlarıdır.
predictions = lm.predict(x_test)
predictions

array([ 2.33885541,  3.6572241 ,  0.959824 ,  1.41515855, 12.47037372,
        11.83380024,  1.29186633])

#tahmine karşılık gelen gerçeklerin ortalaması
np.mean(y_test)

5.468880866937724

#Burada gerçek ve tahmin değerlerini yan yana görüyoruz. Amacımız bu değerler arasındaki farkın minimum olması.
comp = pd.DataFrame({"Actual": y_test, "Predictions": predictions})
comp
```

	Actual	Predictions
Reference		
1	3.343400	2.338855
2	3.480000	3.657224
3	2.850000	0.959824
4	2.493291	1.415159
5	14.415475	12.470374
6	9.040000	11.833800
7	2.660000	1.291866

Şekil 4.11. Test verisinin lineer regresyon analizi sonuçları

4.8. Karar Ağaçları ile Regresyon Analizi

Numerik veriler ile regresyon analizi yapabilmenin diğer bir yolu olan karar ağaçları yöntemi, lineer regresyonda kullanılan veri setine uygulanmıştır. Amaç yeni bir döküm parçasının fiyatını tahmin edebilmektir. Python’da yapılan kodlama sonuçları Şekil 4.12. ve Şekil 4.13.’de verilmiştir.

```
from sklearn.tree import DecisionTreeRegressor

regdata_drop_cols_dummy = pd.get_dummies(regdata_drop_cols,drop_first=True)

x = regdata_drop_cols_dummy.drop("€/part", axis=1)
y = regdata_drop_cols_dummy["€/part"]

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(x, y, test_size= 0.20 , random_state = 42)
x_train[0:10]
```

	Weight	€/kg	Cavity	Volume	Location_TUNISIA	Location_Türkiye	Location_Cin	Location_İspanya	Material_GJL 250	Material_GJL 300
Reference										
1	2.560	0.957031	3.0	220.779815	0	0	0	1	0	0
2	2.370	1.234060	2.0	80.142026	0	1	0	0	0	0
3	4.660	1.128036	2.0	360.253130	0	1	0	0	0	0

Şekil 4.12. Verinin tanıtılması, eğitim ve test verisi olarak ayrılması

```
regressor = DecisionTreeRegressor(random_state = 0, max_depth= 3)
regressor.fit(x_train, y_train)

DecisionTreeRegressor(ccp_alpha=0.0, criterion='mse', max_depth=3,
                      max_features=None, max_leaf_nodes=None,
                      min_impurity_decrease=0.0, min_impurity_split=None,
                      min_samples_leaf=1, min_samples_split=2,
                      min_weight_fraction_leaf=0.0, presort='deprecated',
                      random_state=0, splitter='best')

predictions2 = regressor.predict(x_test)
predictions2

array([ 3.03749817,  3.03749817,  3.03749817,  3.03749817, 16.43408267,
        19.4          ,  3.03749817])
```

Şekil 4.13. Karar ağacı yöntemi ile regresyon analiz

Karar ağacının sınırlandırılması daha iyi bir performans sergilemiştir. Hem zaman açısından hem de gerçek değerlere daha yakın tahminler yapabilmesi açısından karar ağaçlarının derinliğinin verilmesi gerekmektedir. Şekil 4.14.'te iki durum arasında fark incelenebilir. Maksimum derinlik 3 ile sınırlandırıldığında gerçek değerlere daha yakın tahminler yapılmıştır.

Max_dept = Not defined.			Max_dept= 3		
comp = pd.DataFrame({"Actual": y_test, "Predictions": predictions2})			comp = pd.DataFrame({"Actual": y_test, "Predictions": predictions2})		
comp			comp		
	Actual	Predictions		Actual	Predictions
Reference			Reference		
1	3.343400	2.200000	1	3.343400	3.037498
2	3.480000	2.200000	2	3.480000	3.037498
3	2.850000	2.480000	3	2.850000	3.037498
4	2.493291	2.730000	4	2.493291	3.037498
5	14.415475	12.848413	5	14.415475	16.434083
6	9.040000	92.226800	6	9.040000	19.400000
7	2.660000	2.730000	7	2.660000	3.037498

Şekil 4.14. Gerçek ve tahmin değerlerinin karşılaştırılması

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada, satın alma bölümünde, döküm parçaların üretimi için çalışılan tedarikçilerin sadece maliyet bazlı değil, kalite ve teslimat başarılarını da hesaba katarak başarı sıralaması oluşturabilecek bir puanlandırma sistemi kurulmuştur.

Şirketin tüm verisini çalışmaya uygun hale getirmek yerine, döküm segmentindeki tedarikçilerin verileri örneklem olarak ele alınmış ve AHP, U kontrol grafiği, veri analizi yöntemleri elde edilen örneklem verisine uygulanmıştır. Bu çalışma şirketin tüm verisine uygulanabilir bir hesaplama platformu elde edilmesine olanak sağlamıştır.

Maliyet, kalite ve teslimat AHP analizi ile sıralanan tedarikçiler karar vericinin belirlediği ağırlık değerleri ile ağırlıklı ortalama yöntemi ile puanlandırılmıştır. Sıralama sonucu Çizelge 5.1.'de verilmiştir. Bu 6 tedarikçi, maliyet, kalite ve teslimat AHP analizinde ortak olarak kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Ağırlıklı ortalama puanları

Tedarikçi	Puan
Tedarikçi 1	90
Tedarikçi 5	80
Tedarikçi 4	74
Tedarikçi 8	70
Tedarikçi 6	66
Tedarikçi 2	63

Ağırlıklı ortalama ile sıralanan tedarikçiler ile kümülatif AHP ile sıralanan tedarikçiler incelendiğinde ilk üç sıradaki tedarikçilerden ikisinin aynı olduğu fark edilmiştir. Kümülatif AHP ile sıralanan tedarikçiler ise Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Kümülatif AHP analizi sıralama sonucu

Tedarikçi	Sıralama Sonucu
Tedarikçi 4	1
Tedarikçi 8	2
Tedarikçi 1	3
Tedarikçi 5	4
Tedarikçi 6	5
Tedarikçi 2	6
Tedarikçi 3	7
Tedarikçi 7	8

Kümülatif AHP'nin yanı sıra yapılan maliyet, kalite ve teslimat AHP sonuçlarına bakıldığında, Tedarikçi 4, kalite AHP'de birinci sırada, Tedarikçi 1 maliyet AHP'de birinci sırada ve Tedarikçi 8, yurtdışı tedarikçisi olmasına rağmen, teslimat AHP analizinde ikinci sırada yer almaktadır. Bu 3 tedarikçi, kümülatif AHP analizinde de ilk 3 sırada yer almaktadır. Bu durum çalışmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. EK - 4'te maliyet, kalite ve teslimat AHP'nin tedarikçi sıralamaları verilmiştir.

U kontrol grafiğinde karar kriteri, kontrol limitleri içinde kalma oranı %50 olarak belirlenmiştir. U kontrol grafiği limitleri içinde kalma oranlarına göre sıralanan tedarikçiler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. U kontrol grafiği içinde kalma oranları

U kontrol grafiği içinde kalma oranları	Tedarikçi
100,00	Tedarikçi 10
100,00	Tedarikçi 13
100,00	Tedarikçi 14
100,00	Tedarikçi 2
97,06	Tedarikçi 4
88,24	Tedarikçi 9
66,67	Tedarikçi 6
66,67	Tedarikçi 11
52,78	Tedarikçi 1
33,33	Tedarikçi 5
20,00	Tedarikçi 15
16,67	Tedarikçi 8
0,00	Tedarikçi 12

Kaza verilerinden hazırlanan U kontrol grafiği ile Kalite AHP analizi tedarikçi sıralama sonuçlarına bakıldığında en son sırada tercih edilebilecek olan 4 tedarikçiden uyumlu sonuç alınması oranı %50'dir. Tedarikçi 5 ve Tedarikçi 15 iki analiz sonucunda da kalitesel açıdan tercih edilmemesi gereken tedarikçiler olarak bulunmuştur.

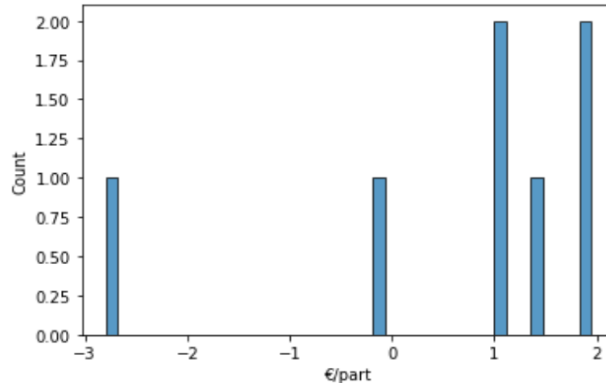
U kontrol grafiğine göre, kaza verilerine dayanarak Tedarikçi 10, 13, 14, 2 kalitesel açıdan tercih edilebilecek, kalite seviyeleri kontrol altında olan tedarikçiler olarak yorumlanabilir.

Ayrıca şirketin CAA çalışmalarına hız kazandırmak için özellikle talep edilen, yeni tasarım bir döküm parçaya tedarikçilerden teklif beklemeden fiyat tahmini yapabilme çalışması kapsamında kullanılan lineer regresyon ve karar ağaçları ile regresyon analizlerinin sonuçları Çizelge 5.4.'te verilmiştir.

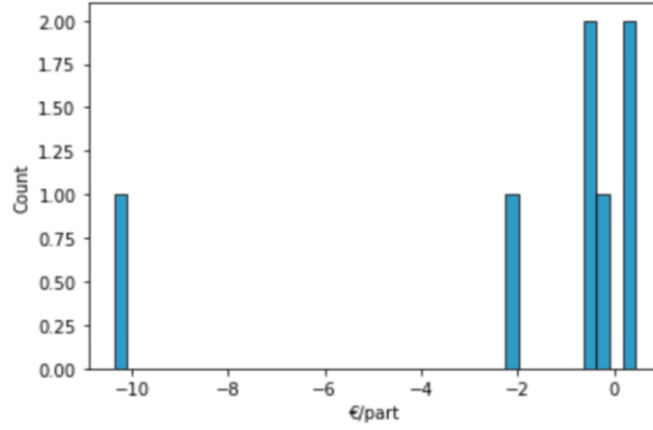
Çizelge 5.4. Regresyon analizi tahmin sonuçları

Ürün Kodu	Gerçek Değeri	Lineer Regresyon ile Tahmin Sonucu	Karar Ağaçları ile Regresyon ile Tahmin Sonucu
Referans 26	3,34	2,34	3,03
Referans 13	3,48	3,65	3,03
Referans 3	2,85	0,95	3,03
Referans 21	2,49	1,41	3,03
Referans 15	14,41	12,47	16,43
Referans 29	9,04	11,83	19,40
Referans 19	2,66	1,29	3,03

Gerçek değerleri ile tahmin değerleri arasındaki farklar Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.'de verilmiştir. Grafiklerin 0'ın çevresinde yoğunlaşması ve normal dağılıma uyması beklenirken Lineer Regresyon analizinin farklar grafiğinde yoğunlaşmanın 0 ve çevresinde olmadığı görülebilir ve verinin içinde aykırı veriler olduğu açıkça anlaşılır. Karar ağaçları ile yapılan analiz sonucunda ise, 0 ve çevresinde yoğunlaşan farklar sayesinde yöntemin daha doğruya yakın tahmin yaptığı söylenebilir. İki analizde de aynı örnek veri kullanılmıştır ve aykırı veri olduğu karar ağaçları ile yapılan tahminin farklar grafiğinde de açıkça görülmektedir.



Şekil 5.1. Lineer Regresyon analizinin farklar grafiği



Şekil 5.2. Karar Ağaçları ile Regresyon analizinin farklar grafiği

Tez çalışmasında ele alınan maliyet, kalite ve teslimat verileri ile ayrı ayrı AHP yapılması ve daha sonra maliyet, kalite ve teslimatın kriter olarak belirlenip nihai bir AHP çalışması yapılması, kademeli olarak karar vermeleri sağlayıp, çıkan sonuçları sonraki AHP’de kullanarak final karara daha güçlü bir verimle yaklaşmayı sağlamıştır. Ayrıca U kontrol grafiği sonuçları ile AHP sonucunun karşılaştırmalı yorumlaması ise yapılan çalışmanın özgün yönlerinden biridir. Python’da kodlanarak yapılan regresyon analizleri ise, CAA çalışmalarına oldukça hız kazandırmıştır. İşletme karar ağaçları ile regresyon analizi kullanarak CAA çalışmalarında daha doğru fiyat tahminleri yapılabilir.

Tez çalışması verisinin sahibi olan işletmenin satın alma birimi için, birim fiyata hangi parametrenin ne şekilde etkisi olduğu görmek önemlidir. Veri görselleştirmede elde edilen lineer ilişkiler içeren grafikler sayesinde hangi referansın lineer ilişkiyi bozduğu gözlemlenmiş ve iyileştirme çalışmalarında öncelik verilerek verimlilik arttırılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akritas, M. G., Babu, G.J., Feigelson, E.D. ve Isobe, T. (1990). Linear regression in astronomy. *41 The Astrophysical Journal: Cilt 364* (s. 104 - 113).
doi: 10.1086/169390
- Aladağ, Z., Alkan, A., Avcı, S. ve Çelik, B. (2017, 29-30 Eylül). Özel hastane seçim kriterlerinin analitik hiyerarşi prosesi ile değerlendirilmesi ve Kocaeli ili uygulaması. *ISITES. Baku - Azerbaijan*.
- Al - Harbi, K. (2000). Application of the AHP in project management. *Elsevier Science Ltd and IPMA*.
- Al - Mudimigh, A. S., Zairi, M. ve Ahmed, A. M. M. (2004, 18 Şubat). Extending the concept of supply chain: The effective management of value chains. *International Journal of Production Economics: Cilt 87* (3) (s. 309 - 320).
- Al - Khalil, M. (2002, Ağustos). Selecting the appropriate project delivery method using AHP. *International Journal of Project Management: Cilt 20* (6) (s. 469 - 474).
- Nsuchaud. (2019). Erişim adresi: <https://www.nsuchaud.fr/2019/08/what-would-you-like-to-show-dataviz/>
- File:Control Chart (tr).png. (2020). Erişim adresi: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Control_Chart_\(tr\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Control_Chart_(tr).png)
- Argoti, M. A., Carrión-García, A. (2019). A quasi arl-unbiased U control chart. *International Journal for Quality Research: Cilt 13* (2) (s. 451 - 466) ISSN 1800-6450.
- Arora, M. K., Watanachaturaporn, P., Xu, M. ve Varshney, P.K. (2005). Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. *Science Direct, Remote Sensing of Environment: Cilt 97* (s. 322 - 336).
- Atmaca, M., Çelenk, H. (2011, 1 Ocak). Uluslararası muhasebe ve finansal raporlama standartlarının finansal analize etkilerinin regresyon analizi ile ölçülmesine yönelik bir araştırma. *The Journal of Accounting and Finance: Cilt 49* (49) (s. 113 - 125).
- Bravo-Marquez, F., Dunstan, J., Fontbona, J., Maass, A., Remenik, D., Silva, J.F. ve Tobar, F. (2021, Mayıs). Data science for engineers. A teaching ecosystem. *IEEE Signal Processing Magazine*. doi: 10.1109/MSP.2021.3053551
- Choudhary, A., Deep, S. ve Mishra, A. K. (2015, Aralık). Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. (s. 181-193).

Clemen, R. T. (1996). Making hard decisions, an introduction to decision analysis. 2nd Edition, Fuqua School of Business, Duxbury Press.

Cosic, P., Keran, Z. ve Kokot, V. (2020). Selection of an optimal supplier. *Tehnički Glasnik: Cilt 14* (4) (s.531 - 539).

Çiçekli, U.G., Şengül, M.K. (2019). Çelik boru bağlantı elemanı tedarikçisi seçiminde analitik hiyerarşi prosesi yönteminin kullanılması: Doğalgaz dağıtım işletmesi uygulaması. *Ekev Akademi Dergisi*: (79).

Erkan, N. (2002). Regresyon analizi ve ormancılıkta kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*: B: Cilt 52 (1).

Güngör, İ., İşler D. B. (2005). Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile otomobil seçimi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi: Cilt 1* (2) (s. 21 – 33).

Hamalainen, R. P., Seppalainen, T. O. (1986). The analytic network process in energy policy planning *Socio-Economic Planning Sciences: Cilt 20* (6) (s. 399 – 405).

Imani, D. M., Shojaie, M. (2021, 2 Şubat). Development of U control chart by variable sample size and sampling interval to improve the statistical properties. *Wiley*.

Jayant, A. (2018). An analytical hierarchy process (AHP) based approach for supplier selection: An automotive industry case study. *International Journal of Business Insights & Transformation: Cilt 11* (1) (s. 36 – 45).

Karagüzel, R., Nas, B., Şener, E. ve Şener, Ş. (2010, Kasım). Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). *ScienceDirect, Waste Management*. doi:10.1016/j.wasman.2010.05.024

Kitapçı, O., Tuna, M.F. ve Türk, T. (2015, 25-28 Mart). Lineer regresyon ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla ev fiyatlarının tahmin edilmesi: Ankara örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Kumar, S., Rathore, S.S. (2016, Ocak). A decision tree regression based approach for the number of software faults prediction. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes: Cilt 41* (1).

Mezei, J., Nikou, S. (2013, Kasım). Evaluation of mobile services and substantial adoption factors with analytic hierarchy process (AHP). *ScienceDirect, Telecommunications Policy*: (s. 915 – 929).

Montgomery, D.C. (2009). Introduction to statistical quality control. Sixth edition, Arizona State University, *John Wiley & Sons, Inc.*

Pınar, A. (2020). Tedarikçi seçiminde kullanılan çok kriterli karar verme metotları. *Journal of Turkish Operations Management, JTOM: Cilt 4 (2)* (s. 449 – 478).

Rajput, B. L., Agarwal, A. L. (2020, Ağustos). Selection of construction equipment supplier using analytical hierarchy process. *The IUP Journal of Operations Management: Cilt 19 (3)* (s. 7 – 57).

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences: Cilt 1 (1)*.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. mat/d modelling, *Pergamon Journals Ltd: Cilt 9 (3-5)* (s. 161 – 176). *Great Britain*.

Stanojevic, D., Stefanovic, S. ve KISS, I. (2014). Application of U-chart and C-chart in technological process of primary wood processing, (*JPMNT*) *Journal of Process Management – New Technologies, International: Cilt 2 (1)*.

Su, X. G., Yan, X. (2009). Linear regression analysis, theory and computing. *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.*

Şahinler, S. (2000). En küçük kareler yöntemi ile doğrusal regresyon modeli oluşturmanın temel prensipleri. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 5 (1-2)* (s. 57 – 73).

Ünal, C. Ağırhan, A. Ö. (2018). Yuvarlak örme kumaş hatalarının kontrol kartlarıyla istatistiksel analizi. *Journal of Textiles and Engineer.*

Üstün, İ. (2018). Regresyon ve multi regresyon analizleri kullanılarak güneş ışınım miktarının tahmininde yeni modellerin oluşturulması. *İskenderun Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

EKLER

EK 1. LPP verisi

EK 2. Tutarlılık oranının hesaplanması

EK 3. U kontrol grafiğinin hesaplanması

EK 4. Maliyet, kalite ve teslimat AHP analizi sıralama sonuçları



EK 1

Referanslar	Referans Tanımı	Tedarikçiler	Material Definition	Ağırlık (KG)	Kalıp Göz Sayısı	€/kg (EXW) 17.01.2020	€/Adet (EXW) 17.01.2020	Teslimat Türü	2020 İhtiyaçları (adet)	Minimum Sipariş Miktarı (MOQ)	Lokasyon
Referans 1	Brüt Volan	Tedarikçi 1	GG	6,62	4	0,61	4,07	FCA TOT	132.135	168	Türkiye
Referans 2	Baskı Plakası	Tedarikçi 2	GS	2,34	2	1,17	2,73	FCA TOT	641.136	300	Çin
Referans 3	Baskı Plakası	Tedarikçi 3	GG	2,60	4	0,85	2,20	EXW	425.882	240	TUNISIA
Referans 4	Brüt Volan	Tedarikçi 4	GS	9,56	3	0,92	8,84	FCA TOT	98.659	130	TUNISIA
Referans 5	Brüt Volan	Tedarikçi 2	GS	4,61	2	1,01	4,65	FCA TOT	180.254	220	Çin
Referans 6	Brüt Volan	Tedarikçi 2	GS	5,61	2	1,10	6,14	FCA TOT	118.183	200	Çin
Referans 5	Brüt Volan	Tedarikçi 4	GS	4,66	2	1,32	6,13	FCA TOT	113.200	220	Türkiye
Referans 4	Brüt Volan	Tedarikçi 1	GG	9,36	3	0,89	8,29	FCA TOT	42.282	130	Türkiye
Referans 2	Baskı Plakası	Tedarikçi 1	GS	2,37	2	1,23	2,92	FCA TOT	80.142	300	Türkiye
Referans 10	Baskı Plakası	Tedarikçi 5		27,12		0,98	26,52			42	İspanya
Referans 3	Baskı Plakası	Tedarikçi 5		2,59		0,96	2,48			240	İspanya
Referans 12	Brüt Volan	Tedarikçi 5		19,35		1,00	19,29			42	İspanya
Referans 13	Baskı Plakası	Tedarikçi 2	GS	2,98	2	1,17	3,48	FCA TOT	118.578	320	Çin
Referans 14	Baskı Plakası	Tedarikçi 1	GG	31,00	1	0,71	21,86	FCA TOT	10.196	40	Türkiye
Referans 15	Brüt Kapak	Tedarikçi 6	GG	14,64	1	0,99	14,42	EXW	25.269	48	Türkiye
Referans 5	Brüt Volan	Tedarikçi 1	GS	4,66	2	1,13	5,26	FCA TOT	360.253	220	Türkiye
Referans 6	Brüt Volan	Tedarikçi 4	GS	5,61	2	1,22	6,81	FCA TOT	47.273	200	Türkiye
Referans 18	Brüt Volan	Tedarikçi 4	GS	4,64	4	1,30	6,04	FCA TOT	53.900	150	Türkiye
Referans 19	Baskı Plakası	Tedarikçi 4	GG	2,22	4	1,20	2,66	FCA TOT	116.729	112	Türkiye
Referans 20	Baskı Plakası	Tedarikçi 1	GS	4,51	4	0,80	3,61	FCA TOT	167.408	176	Türkiye
Referans 21	Baskı Plakası	Tedarikçi 1	GG	2,40	4	1,04	2,49	FCA TOT	121.998	270	Türkiye
Referans 22	Baskı Plakası	Tedarikçi 4	GG	6,51	1	1,28	8,30	FCA TOT	34.240	135	Türkiye
Referans 2	Baskı Plakası	Tedarikçi 4	GS	2,42	2	1,46	3,54	FCA TOT	80.142	300	Türkiye
Referans 3	Baskı Plakası	Tedarikçi 4	GG	2,59	6	1,10	2,85	FCA TOT	92.135	240	Türkiye
Referans 25	Baskı Plakası	Tedarikçi 7		2,04		1,35	2,76			500	Türkiye
Referans 26	Baskı Plakası	Tedarikçi 7	GG	3,09	3	1,08	3,34	EXW	76.724	240	Türkiye
Referans 27	Baskı Plakası	Tedarikçi 1	GS	5,20	2	0,98	5,08	FCA TOT	53.687	144	Türkiye
Referans 28	Baskı Plakası	Tedarikçi 8	GG	13,35		1,18	15,72			100	MOROCCO
Referans 29	Baskı Plakası	Tedarikçi 8		0,13		67,74	9,04			50	MOROCCO
Referans 30	Brüt Kapak	Tedarikçi 8		0,13		145,38	19,40			210	MOROCCO
Referans 31	Baskı Plakası	Tedarikçi 8	GG	16,99	1	1,12	19,00	EXW	12.198	480	MOROCCO
Referans 32	Brüt Volan	Tedarikçi 6	GJL 300	15,16		6,08	92,23			48	Türkiye
Referans 33	Brüt Volan	Tedarikçi 6	GJL 250	19,740		0,78	15,31			36	Türkiye

EK 2

					Satır Toplamı	W	A.W	A.W/W	λ	Tutarlılık Göstergesi	Rassallık Göstergesi	Tutarlılık Oranı
Normalizasyon €/kg (EXW) 17.01.2020 Karşılaştırma Matrisi Karesi	4	6,25	10	6,5	26,75	0,36	6,09	16,84	17,04	4,35	0,89	4,88
	2,8	4	6,25	4,5	17,55	0,24	4,04	17,04				
	2,05	2,8	4	2,9	11,75	0,16	2,74	17,27				
	2,9	4,5	6,5	4	17,9	0,24	4,12	17,01				

EK 3

Tedarikçi Adı	Kaza Sayısı (i)	Örneklem içindeki şüpheli parça adedi (n)	Kaza içinde belirlenmiş toplam uygunsuz parça sayısı (x _i)	$u_i = \frac{x_i}{n}$	$\bar{U}KL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}(1-\bar{u})}{n_i}}$	$AKL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}(1-\bar{u})}{n_i}}$	ÜKL'in dışında çıkma durumu	U chart içinde kalma oranları
Tedarikçi 4	1	120	12	0,100	0,333	0,083	içinde	97,06
Tedarikçi 4	2			0,000	#DEĞER!	#DEĞER!		
Tedarikçi 4	3	900	4	0,004	0,254	0,163	içinde	
Tedarikçi 4	4	7487	1	0,000	0,224	0,192	içinde	
Tedarikçi 9	5	7200	420	0,058	0,224	0,192	içinde	88,24
Tedarikçi 9	6	2494	1343	0,538	0,236	0,181	dışında	
Tedarikçi 4	7	3168	33	0,010	0,233	0,184	içinde	
Tedarikçi 8	8	553	130	0,235	0,267	0,150	içinde	16,67
Tedarikçi 4	9	2422	25	0,010	0,236	0,180	içinde	
Tedarikçi 9	10	495	1	0,002	0,270	0,147	içinde	
Tedarikçi 9	11	495	1	0,002	0,270	0,147	içinde	
Tedarikçi 4	12	3500	145	0,041	0,231	0,185	içinde	
Tedarikçi 4	13	7893	583	0,074	0,224	0,193	içinde	
Tedarikçi 4	14	8286	70	0,008	0,223	0,193	içinde	
Tedarikçi 9	15	192	2	0,010	0,307	0,109	içinde	
Tedarikçi 4	16	3102	4	0,001	0,233	0,184	içinde	
Tedarikçi 4	17	1070	93	0,087	0,250	0,166	içinde	
Tedarikçi 4	18	3450	2	0,001	0,232	0,185	içinde	
Tedarikçi 4	19	5054	1	0,000	0,228	0,189	içinde	
Tedarikçi 9	20	312	73	0,234	0,286	0,131	içinde	
Tedarikçi 4	21	1795	312	0,174	0,241	0,176	içinde	
Tedarikçi 4	22	3370	1	0,000	0,232	0,185	içinde	
Tedarikçi 4	23	950	31	0,033	0,253	0,164	içinde	
Tedarikçi 9	24	1358	1	0,001	0,245	0,171	içinde	
Tedarikçi 4	25	2000	8	0,004	0,239	0,178	içinde	
Tedarikçi 4	26	3000	1	0,000	0,233	0,183	içinde	
Tedarikçi 4	27	7000	1	0,000	0,225	0,192	içinde	
Tedarikçi 4	28	2000	2	0,001	0,239	0,178	içinde	
Tedarikçi 4	29	1200	2	0,002	0,248	0,169	içinde	
Tedarikçi 4	30	7550	6	0,001	0,224	0,193	içinde	
Tedarikçi 4	31	2980	23	0,008	0,233	0,183	içinde	
Tedarikçi 9	32	1000	5	0,005	0,252	0,165	içinde	
Tedarikçi 4	33	125	63	0,504	0,331	0,086	dışında	
Tedarikçi 9	34	428	1	0,002	0,274	0,142	içinde	
Tedarikçi 4	35	1000	1	0,001	0,252	0,165	içinde	
Tedarikçi 9	36	1700	170	0,100	0,241	0,175	içinde	
Tedarikçi 9	37	3000	3	0,001	0,233	0,183	içinde	
Tedarikçi 1	38	1600	50	0,031	0,243	0,174	içinde	52,78
Tedarikçi 9	39	180	36	0,200	0,310	0,106	içinde	
Tedarikçi 9	40	150	130	0,867	0,320	0,096	dışında	
Tedarikçi 9	41	500	5	0,010	0,270	0,147	içinde	
Tedarikçi 9	42	1300	305	0,235	0,246	0,170	içinde	
Tedarikçi 9	43	500	6	0,012	0,270	0,147	içinde	
Tedarikçi 9	44	2000	30	0,015	0,239	0,178	içinde	
Tedarikçi 4	45	1000	2	0,002	0,252	0,165	içinde	
Tedarikçi 10	46	3600	1	0,000	0,231	0,185	içinde	100,00
Tedarikçi 4	47	1300	2	0,002	0,246	0,170	içinde	
Tedarikçi 10	48	7456	10	0,001	0,224	0,192	içinde	
Tedarikçi 4	49	1000	1	0,001	0,252	0,165	içinde	
Tedarikçi 4	50	450	80	0,178	0,273	0,144	içinde	
Tedarikçi 8	51	121	121	1,000	0,333	0,084	dışında	
Tedarikçi 4	52	12000	1	0,000	0,221	0,196	içinde	
Tedarikçi 4	53	5000	5	0,001	0,228	0,189	içinde	
Tedarikçi 4	54	1900	1	0,001	0,240	0,177	içinde	
Tedarikçi 5	55	13000	13000	1,000	0,220	0,196	dışında	33,33
Tedarikçi 6	56	216	216	1,000	0,301	0,115	dışında	66,67
Tedarikçi 11	57	5956	1	0,000	0,226	0,191	içinde	66,67
Tedarikçi 4	58	320	1	0,003	0,285	0,132	içinde	
Tedarikçi 1	59	1243	1	0,001	0,247	0,169	içinde	
Tedarikçi 11	60	800	88	0,110	0,257	0,160	içinde	
Tedarikçi 1	61	150	43	0,287	0,320	0,096	içinde	
Tedarikçi 1	62	55	37	0,673	0,393	0,024	dışında	
Tedarikçi 1	63	350	1	0,003	0,281	0,135	içinde	
Tedarikçi 5	64	928	1	0,001	0,253	0,163	içinde	
Tedarikçi 5	65	10	10	1,000	0,641	0,000	dışında	

EK 3 (devam)

Tedarikçi 1	66	5	5	1,000	0,821	0,000	dışında	
Tedarikçi 8	67	317	317	1,000	0,285	0,131	dışında	
Tedarikçi 1	68	2630	2630	1,000	0,235	0,182	dışında	
Tedarikçi 1	69	200	55	0,275	0,305	0,111	içinde	
Tedarikçi 1	70	3340	3340	1,000	0,232	0,185	dışında	
Tedarikçi 1	71	200	57	0,285	0,305	0,111	içinde	
Tedarikçi 1	72	240	240	1,000	0,297	0,120	dışında	
Tedarikçi 1	73	10000	17	0,002	0,222	0,195	içinde	
Tedarikçi 10	74	916	3	0,003	0,254	0,163	içinde	
Tedarikçi 6	75	150	15	0,100	0,320	0,096	içinde	
Tedarikçi 1	76	72	3	0,042	0,370	0,047	içinde	
Tedarikçi 6	77	685	1	0,001	0,261	0,156	içinde	
Tedarikçi 6	78	300	70	0,233	0,287	0,129	içinde	
Tedarikçi 1	79	3800	3800	1,000	0,230	0,186	dışında	
Tedarikçi 11	80	1536	3	0,002	0,243	0,173	içinde	
Tedarikçi 6	81	250	1	0,004	0,295	0,122	içinde	
Tedarikçi 1	82	6900	1	0,000	0,225	0,192	içinde	
Tedarikçi 1	83	9000	10	0,001	0,223	0,194	içinde	
Tedarikçi 1	84	748	1	0,001	0,258	0,158	içinde	
Tedarikçi 1	85	700	700	1,000	0,260	0,157	dışında	
Tedarikçi 12	86	4500	4500	1,000	0,229	0,188	dışında	0,00
Tedarikçi 1	87	2400	2	0,001	0,236	0,180	içinde	
Tedarikçi 11	88	1900	780	0,411	0,240	0,177	dışında	
Tedarikçi 11	89	950	950	1,000	0,253	0,164	dışında	
Tedarikçi 1	90	6800	2	0,000	0,225	0,192	içinde	
Tedarikçi 6	91	1	1	1,000	1,577	0,000	içinde	
Tedarikçi 1	92	80	80	1,000	0,361	0,055	dışında	
Tedarikçi 1	93	4180	4180	1,000	0,229	0,187	dışında	
Tedarikçi 10	94	5600	14	0,003	0,227	0,190	içinde	
Tedarikçi 10	95	668	97	0,145	0,261	0,155	içinde	
Tedarikçi 1	96	620	1	0,002	0,263	0,153	içinde	
Tedarikçi 11	97	302	68	0,225	0,287	0,130	içinde	
Tedarikçi 11	98	1500	34	0,023	0,244	0,173	içinde	
Tedarikçi 1	99	300	47	0,157	0,287	0,129	içinde	
Tedarikçi 10	100	701	15	0,021	0,260	0,157	içinde	
Tedarikçi 6	101	113	113	1,000	0,337	0,079	dışında	
Tedarikçi 1	102	1300	1300	1,000	0,246	0,170	dışında	
Tedarikçi 11	103	5500	5500	1,000	0,227	0,190	dışında	
Tedarikçi 6	104	1075	1	0,001	0,250	0,167	içinde	
Tedarikçi 1	105	2800	12	0,004	0,234	0,182	içinde	
Tedarikçi 11	106	12612	1	0,000	0,220	0,196	içinde	
Tedarikçi 1	107	48	48	1,000	0,406	0,011	dışında	
Tedarikçi 13	108	1	1	1,000	1,577	0,000	içinde	100,00
Tedarikçi 1	109	3024	3024	1,000	0,233	0,183	dışında	
Tedarikçi 1	110	1410	1	0,001	0,245	0,172	içinde	
Tedarikçi 8	111	782	781	0,999	0,257	0,159	dışında	
Tedarikçi 8	112	432	432	1,000	0,274	0,142	dışında	
Tedarikçi 1	113	7000	7000	1,000	0,225	0,192	dışında	
Tedarikçi 1	114	280	280	1,000	0,290	0,126	dışında	
Tedarikçi 4	115	450	17	0,038	0,273	0,144	içinde	
Tedarikçi 8	116	755	755	1,000	0,258	0,158	dışında	
Tedarikçi 1	117	1428	1	0,001	0,245	0,172	içinde	
Tedarikçi 14	118	497	98	0,197	0,270	0,147	içinde	100,00
Tedarikçi 1	119	1500	1500	1,000	0,244	0,173	dışında	
Tedarikçi 15	120	40500	5750	0,142	0,215	0,201	içinde	20,00
Tedarikçi 6	121	36	36	1,000	0,436	0,000	dışında	
Tedarikçi 1	122	24500	5357	0,219	0,217	0,200	dışında	
Tedarikçi 15	123	4167	25	0,006	0,229	0,187	içinde	
Tedarikçi 15	124	4500	4500	1,000	0,229	0,188	dışında	
Tedarikçi 1	125	1620	1620	1,000	0,242	0,174	dışında	
Tedarikçi 14	126	6500	700	0,108	0,225	0,191	içinde	
Tedarikçi 1	127	18220	42	0,002	0,218	0,198	içinde	
Tedarikçi 4	128	300	3	0,010	0,287	0,129	içinde	
Tedarikçi 2	129	3000	156	0,052	0,233	0,183	içinde	100,00
Toplam		378575	78853	17	0,21			

EK 4

AHP Analizi	Sıralama Sonucu	Tedarikçi
Maliyet AHP Analizi	1	Tedarikçi 1
	1	Tedarikçi 3
	2	Tedarikçi 2
	2	Tedarikçi 5
	3	Tedarikçi 6
	3	Tedarikçi 4
	4	Tedarikçi 7
	4	Tedarikçi 8
Teslimat AHP Analizi	1	Tedarikçi 6
	1	Tedarikçi 8
	2	Tedarikçi 5
	2	Tedarikçi 1
	3	Tedarikçi 4
	3	Tedarikçi 2
	4	Tedarikçi 3
	4	Tedarikçi 7
Kalite AHP Analizi	1	Tedarikçi 4
	1	Tedarikçi 9
	1	Tedarikçi 8
	2	Tedarikçi 10
	2	Tedarikçi 1
	2	Tedarikçi 5
	3	Tedarikçi 6
	3	Tedarikçi 11
	3	Tedarikçi 12
	4	Tedarikçi 13
	4	Tedarikçi 14
	4	Tedarikçi 15
	4	Tedarikçi 2