

Havacılık Sektöründe Yedek Parça Envanter Problemlerine Simülasyon ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Entegre Çözüm



EMRE Ekin



BİDGE Yayınları

Havacılık Sektöründe Yedek Parça Envanter Problemlerine Simülasyon ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Entegre Çözüm / Emre EKİN

ISBN: 978-625-6488-08-3

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

1. Baskı: BİDGE Yayınları, 2023

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayin@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



**Havacılık Sektöründe Yedek Parça Envanter
Problemlerine Simülasyon ve Çok Kriterli Karar
Verme Yöntemleri ile Entegre Çözüm**

**Yazar
Emre EKİN**

2023

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ.....	6
KARAR TEORİSİ VE KARAR VERME.....	8
Karar Teorisi.....	8
Karar Verme.....	9
Kararın Özellikleri.....	12
Karar Vermenin Özellikleri.....	13
Karar Vermenin Bileşenleri.....	14
Karar Vermeyi Etkileyen Faktörler.....	14
Karar Vermenin Aşamaları.....	15
Karar Vermede Karar Ortamları.....	16
İyi Bir Kararın Sahip Olduğu Özellikler.....	18
Karar Verme Çeşitleri.....	18
Karar Türleri.....	19
Çok Kriterli Karar Verme.....	19
Çok Kriterli Karar Vermenin Tarihsel Gelişimi.....	21
ÇKKV Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Paket Programlar.....	21
Çok Kriterli Karar Vermenin Bileşenleri.....	22
Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Sınıflandırılması.....	22
Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	23
VIKOR Yönteminin Aşamaları:.....	25
Entropi Yönteminin İşlem Adımları.....	31
SİMÜLASYON.....	32
Sistemin Tanımlanması.....	32
Modelin Tanımlanması.....	32
Simülasyonun Tanımı ve Simülasyon Kavramı.....	34
Simülasyonun Tarihsel Gelişimi.....	36
Simülasyonun Kullanım Alanları.....	36
Simülasyonun Amaçları.....	37
Simülasyonun Genel Amaçları.....	38
Simülasyonun Özel Amaçları.....	38
Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları.....	38
Simülasyon Modelinin Elemanları.....	39
İyi Bir Simülasyon Modelinin Nitelikleri.....	40
Simülasyon Modelleri.....	40
Deterministik Simülasyon Modeli.....	41
Simülasyon Türleri.....	42
Simülasyon Analizinin Diğer Analizlerden Farkı.....	43
Simülasyonun Aşamaları.....	43
Bir Simülasyon Paket Programı Kullanmak.....	44
Simülasyon Yazılımları ve Olması Gereken Nitelikler.....	45
Arena Yazılımı.....	45
Simülasyonda Zaman İlerletme.....	46
Simülasyonda Rasgele Sayı Üretme.....	46
Simülasyon Modellemede İstatistiksel Kavramlar.....	46
Simülasyon Modellemede Kullanılan Olasılık Dağılımları.....	46
Bekleme Hattı (Kuyruk) Problemlerinin Çözümünde Simülasyon Yöntemi.....	50
Bekleme Hattı (Kuyruk) Teorisi.....	51
Bekleme Hattının Tanımı ve Bekleme Hattı Kavramı.....	51
Bekleme Hattı (Kuyruk) Teorisinin Tarihsel Gelişimi.....	52
Bekleme Hattının Temel Kavramları.....	53

<i>Bekleme Hattı (Kuyruk) Sistemlerindeki Maliyet Yaklaşımları</i>	54
<i>Bekleme Hattı Modelinde Kullanılan Dağılımlar</i>	55
<i>Bekleme Hattı Sisteminin Özellikleri.....</i>	55
<i>Bekleme Hattı Modelinin Yapısı ve Özellikleri</i>	56
<i>Bekleme Hattı Modellerinin Avantajları Ve Performans Ölçütleri</i>	57
<i>Bekleme Hattı Modelleri</i>	57
TÜRK HAVACILIK SEKTÖRÜ VE HAVACILIK BAKIM ONARIM SEKTÖRÜNDE YEDEK PARÇA ENVANTER YÖNETİMİNE GENEL BİR BAKIŞ	58
TÜRK HAVACILIK SEKTÖRÜ	58
TÜRK HAVACILIK SEKTÖRÜNÜN TARİHSEL GELİŞİMİ	59
HAVACILIK BAKIM ONARIM SEKTÖRÜ	60
<i>Havacılık Bakım, Onarım Sektöründe Yedek Parça Envanter Yönetimi.....</i>	60
UYGULAMA VE SONUÇ	62
ARAŞTIRMANIN KAPSAMI VE AMACI	62
ARAŞTIRMA VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	64
<i>PARETO Kuralı (80/20 Kuralı)</i>	64
<i>VIKOR Uygulaması.....</i>	67
<i>Simülasyon Uygulaması</i>	79
<i>Atölye bakım onarım sürecinde simülasyon kullanımına değinecek olursak;</i>	80
<i>Veri Toplama Süreci.....</i>	80
<i>Veri Doğrulama, Aykırı Değerleri Eleme ve Dağılım Uydurma</i>	82
<i>Arena Simülasyon Modeli</i>	82
ENTROPİ UYGULAMASI	88
<i>Kriter Ağırlıklarının Entropi Yöntemiyle Belirlenmesi</i>	88
<i>Promethee Uygulaması</i>	90
SONUÇ VE ÖNERİLER	92
KAYNAKÇA	161

TEŞEKKÜR

Üniversite hayatım boyunca ve bu çalışmanın yapılmasında benden yardımını ve desteğini esirgemeyen, bana her daim yol gösteren, öneri ve tavsiyeleri ile hayatımda önemli bir yere sahip olan çok değerli hocam Prof.Dr. Sait Erdal DİNÇER’e; bu çalışmanın şirkette yapılmasını sağlayarak gerekli izinlerin alınmasını sağlayan değerli dostum Kadir Safa KARAKAŞ’a, atölyede veri toplama sürecinde bana yardımcı olan ve çoğu kez beraber mesai yaptığım atölye mühendisi Ömer KARAALİ’ye, atölye teknisyenleri; Ali KURTİZİ’ne, Barış DÖN’e ve Mustafa YILDIRIM’a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında sevgileriyle beni güçlü kılan, benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, her daim yanımda olan, bana inanan güvenen akademik yolculuğumda bana sonsuz destek olan ve benimle her daim gurur duyan çok sevdiğim kıymetli **“Canım Aileme”** sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. İyi ki Varsınız! Sevgilerimle...

Giriş

Karar verme, insan hayatının bitmez tükenmez bir olgusudur ve kaçınılmaz bir durumdur. İnsanlar yaşamları boyunca her zaman ve her ortamda çeşitli durumlarla ilgili karar vermek durumundadır. Bu kararlar; bazen önemsiz bazen de basit olurken çoğu kez de oldukça kritik ve zor olabilmektedir. Karar verme bir süreçtir ve derinlemesine incelenip değerlendirilmesi gereken karmaşık ve zor bir süreçtir. KV sürecinde karar problemleri basit ve tek bir faktör tarafından etkilenen özelliğe sahip olabileceği gibi birden fazla sayıda faktör tarafından etkilenen çok kriterli problemler şeklinde de karşımıza çıkabilmektedir. Bu problemlere Çok Kriterli Karar Verme problemleri denilmektedir ve bir sonraki bölümde ÇKKV ve yöntemlerinden detaylıca bahsedilecektir.

Çalışmada, karar verme ile simülasyon yöntemleri bütünleşik olarak kullanıldığı için bu kavramlara bakacak olursak; karar verme, mevcut alternatifler arasından amaç ve amaçlara en uygun olan alternatifin tercih edilmesidir. Yani, bir amacı gerçekleştirmek üzere en iyi ve rasyonel olan hareket tarzını seçme ve uygulama sürecidir. (Hwang & Masud, 1979) Simülasyon ise günümüzde önemi gittikçe artan ve yaygın kullanım alanına sahip olan bir araştırma yöntemi, bir karşılaştırma yöntemi ve işletmelerde rasyonel kararlar vermeye yardımcı olan bir yöneylem araştırması tekniğidir. Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini kurma ve model üzerinde denemeler yaparak sistemin davranışlarını anlamaktır (Erkut, 1992).

Yaşanılan çağda kararların süratle, doğru ve rasyonel bir biçimde verilmesi rekabet koşullarında faaliyetlerini sürdüren organizasyonlar veya örgütlerin temel hedeflerindendir. İşletmelerin hızla değişen koşullara ve teknolojik gelişmelere ayak uydurmaları için, karar süreçlerinde çok sayıda nicel ve nitel değişkeni birlikte değerlendirme imkanına sahip olan teknikleri kullanmaları gerekmektedir. Bunlar ise; ÇKKV ve Simülasyon teknikleridir. İşletmelerin karar verme yöntemlerini ve simülasyon modellerini kullanmaları; işletmelere kar maksimizasyonu, maliyet minimizasyonu, kaynakların kullanımında etkinlik, verimlilik, optimum kararlar verme ve sistemin modeli üzerinde denemelerin yapılarak değişen koşullara verilecek tepkilerin görülmesi, tasarı aşamasında olan projelerin makul olup olmadığının tespit edilmesi ve kapasite kullanım oranlarında artış gibi avantajlar sağlamaktadır. Çalışmada, uçaklardan sökülerek atölyeye gönderilen arızalı ve kuyrukta bekleyen komponentlerin hangi sırada bakım onarım göreceğinin belirlenmesine yönelik önceliklendirme ve kuyruk problemine, ÇKKV ile Simülasyon yöntemleri bütünleşik olarak uygulanmıştır. Uygulama aşamasında uçak bakım-onarım sektöründeki yedek parça envanteri ve stok yönetiminin verimli şekilde yönetilebilmesi için atölye planlaması konusunda hibrit bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmanın konusu, tamiri mümkün olan uçak parçaları yani komponentlerdir. Komponent ile yedek parça eşanlamlıdır. Komponentler, geri dönüşümü olabilen yani tamir bakım yapıldığında kullanılabilen envanter kapsamındadır. Komponentler havacılık sektöründe önemli bir yere sahiptir. Havacılık bakım onarım sektöründe uçaklara ve uçak komponentlerine; tamir, bakım ve modifikasyon hizmetleri sunulmaktadır. Havayolu firmalarının sermayesinin büyük bir kısmını komponentlerin envanteri oluşturmaktadır. Bu sebeple komponent bakım onarım sektöründe faaliyette bulunan firmaların yedek parça stoğunu etkin ve rasyonel bir biçimde yönetmesi zaruridir (Dinçer & Ekin, 2017). Atölyede arızalı olan ve uçaklardan sökülerek atölyeye gelen komponentlere tamir bakım hizmeti verilmektedir. Atölyede komponentler test veya tamir edilirken önceliklendirme yapılmaması, atölyeye gelen komponentlerin tamirine rasgele başlanması uygun ve rasyonel bir durum değildir. Bu durumda komponentlerin önceliklendirilmesi problemi karşımıza çıkmaktadır. Çünkü yedek parçaların bakım onarım sürecinde kuyrukta gereğinden fazla beklemeleri uçakların yedek parça ihtiyacından dolayı yerde beklemelerine, rötar yapmalarına ve uçuş operasyonlarının aksamasına sebebiyet verecektir. Bu durum firmalar açısından hiç uygun olmamakla beraber, müşteri memnuniyetsizliğine dolayısıyla müşteri kaybına, maliyetlerin artmasına ve gelirlerin azalmasına neden olacaktır. Belirtilen sebeplerden dolayı, havacılık bakım onarım sektöründe

faaliyet göstermekte olan firmalar açısından etkin ve rasyonel bir yedek parça envanter sistemi ve stok yönetiminin oluşturulabilmesi için komponentlerin önceliklendirilmesi gerekmektedir. Bu önceliklendirme problemi, çok sayıda alternatif ve kriterden oluşan bir sıralama problemi olduğundan dolayı uygulamada ÇKKV kullanılmıştır (Dinçer, Ekin, & Karakaş, 2017). Ayrıca çalışmanın diğer bölümünü oluşturan simülasyon kısmında ise atölye sürecinin stokastik yapıda olması nedeniyle ve sistem değişkenlerinde meydana gelen değişikliklere karşı sistemin nasıl bir reaksiyon verdiğini görmek, atölye sisteminin davranış tarzını analiz etmek maksadıyla optimizasyon yerine simülasyon uygulaması tercih edilmiştir. Bu sebeple, ilk olarak atölyede kuyrukta bekleyen komponentlerin tamir işlem öncelikleri ÇKKV yöntemlerinden VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. VIKOR'dan elde edilen öncelik sırasına göre parçalar simülasyon modelinde işleme alınmıştır. Belirlenen performans ölçütü kriterlerimiz farklı senaryolar altında incelenmiştir. Simülasyonda ortaya çıkan senaryoların öncelik sıraları PROMETHEE yöntemiyle belirlenmiş ve kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak ta ENTROPİ yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, simülasyon ile atölye tamir bakım sürecinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Atölyenin sahip olduğu kaynakların yönetimi, kaynaklardan elde edilen verim, işgücü ve araç gereç planlaması, komponentlerin faal duruma getirilmesi, komponentlere önceliklerine göre işlem yapılması, kaynak ve kapasite kullanım oranlarında artış gibi parametrelerin gerçekleşebilmesi doğru ve rasyonel bir süreç iyileştirme ve atölye planlaması ile mümkündür. Sektörde faaliyet gösteren kuruluşların süreklilikleri ve maliyet minimizasyonuna sahip olmaları, optimal bir kapasite ve kaynak kullanım oranıyla yakından ilişkili olduğu için atölye planlamasının ve atölyedeki bakım onarım sürecinin iyileştirilmesi çok önemli bir konudur. İş akış sürecinin iyileştirilmesi kapsamında; atölye için bakım onarım hattının iyileştirilmesi çalışmada ulaşılmak istenen amaçlardan biridir. Atölyenin iş akış sürecinin iyileştirilmesi; atölyenin operasyonel kabiliyetlerini arttırmak, işlerin çevrim zamanını ve maliyetleri minimize etmek, verimlilik, kalite ve kapasite kullanım oranlarını arttırmak, kaynak kullanımının verimli hale getirilmesi, süreç içerisinde operasyon bekleme sürelerinin kısılması, artan kuyrukların önüne geçilmesi, kuyrukta bekleme sürelerinin kısılması ve müşteri taleplerinin zamanında karşılanmasını sağlamaya yönelik amaçlarla ilgili yapılan çalışmaları ifade etmektedir (Takçı, 2013). Müşteri taleplerinin sürekli ve çok hızlı bir şekilde değiştiği günümüzde, sadece süreç yönetiminin ele alınması ve herhangi bir optimallik çalışması yapılmaması rasyonel bir hareket tarzı değildir. Bu nedenle mevcut süreçlerin iyileştirilmesi önemli bir konudur.

Süreç iyileştirme, mevcut sisteme ait sürecin performansının arttırılması demektir. Bir diğer tanıma göre ise süreç iyileştirme, iş akış sürecinde gerekli olmayan yani herhangi bir katma değeri bulunmayan aşamaların ortadan kaldırılmasıdır. İyileştirilen süreçlere; üretim hattı süreci, montaj hattı süreci ve tamir bakım hattı süreci örnek olarak verilebilir. Süreçlerin performansları belirlenen performans ölçütleri dikkate alınarak belirlenir. Süreç performansı, iş akış sürecinde kullanılan kaynakların etkin ve verimli kullanılmasını ifade eder. Sürece ait iyileştirme gerçekleştirildikten sonra iş akış sürecinin performansı artacak ve böylece süreç daha iyi ve hızlı işleyerek operasyonun çevrim süresi kısılacaktır (Narlı, 2009).

Globalleşen ve adeta küçük bir pazar haline gelen dünyada artan rekabet koşulları ve teknolojiadaki gelişmeler nedeniyle, havacılık bakım onarım sektöründeki işletmelerin süreklilik ve rekabet üstünlüğü sağlayabilmeleri, komponent taleplerine hızlı cevap verme ile etkin bir iş akış sürecinin varlığına bağlıdır. Atölye için hayati öneme sahip komponent önceliklendirme problemine çözüm aramak için bilimsel yöntemlerin yakından takip edilmesi gereklidir. Atölyenin kaynak (işgücü, araç gereç) ve kapasite kullanım oranlarında artışın sağlanarak, tamir bakım sürecinin iyileştirilmesi için sistemin modelinin kurulması ve sistem üzerinde denemeler yapılmasına imkân tanıyan simülasyon yönteminin uygulanması gerekir. Uygulamanın yapıldığı ATE atölyesi için komponent en önemli unsurdur. Bu önemi bir atasözümüzle açıklayacak olursak: Bir mih bir nal kurtarır, bir nal bir at kurtarır. Bir at bir asker kurtarır, bir

asker bir vatan kurtarır. Bir vatanın kurtuluşunda bir mih bile bu kadar önemli iken, ATE atölyesi için de komponentler ve tamir önceliklerinin belirlenmesi ile atölyenin iş akışının iyileştirilerek atölye planlamasının yapılması da son derece önemlidir.

İşte yukarıda detaylıca açıklanan amaç ve hedefler doğrultusunda, çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Giriş, ikinci bölümde Karar Teorisi ve Karar Verme, üçüncü bölümde Simülasyon, dördüncü bölümde Bekleme Hattı (kuyruk) Teorisi, beşinci bölümde Türk Havacılık Sektörü ve Havacılık Bakım Onarım Sektöründe Yedek Parça Envanter Yönetimi, altıncı bölümde ise Uygulama ve Sonuç bölümleri yer almaktadır.

Karar Teorisi ve Karar Verme

Karar Teorisi

Karar teorisi, karar ile ilintili olan bir teoridir. Hemen hemen hayatımızdaki her an bir karar vermeyi gerektirir. Yaptığımız tüm faaliyetlerde bir karar verme zorunluluğu içerisinde bulunmaktayız. Bu nedenle, karar teorisi, beşerî faaliyetlerle ilgili olan bir teoridir. Karar teorisi, seçeneklerin bulunduğu durumda belli bir amaca yönelik olan davranışlarla ilgilenmektedir (Ove, 1994).

Karar teorisinin başlangıcına bakacak olursak; dünyada kesin olan tek şeyin geçmiş olduğu ve üzerinde çalışmak zorunda olunan herşeyin ise gelecek olduğu olgusundan hareketle, karar teorisinin önemi ve karar verme olgusunun başlangıcı ortaya çıkmaktadır. Gelecek ile ilgili durumlarda kesinlik olmadığından dolayı karar teorisi gelecek ile ilgilenmektedir.

Karar teorisi; alternatiflerin optimum olanını tercih etmek için rasyonel bir sürece yönelik faaliyetler ile ilgilenir. Karar vericiler tarafından en uygun kararların verilebilmesi için onlara bir yol açar ve karar vericinin neye karar vereceğini değil de verilecek karara nasıl ulaşılması gerektiğini gösterir. Ayrıca karar teorisi, karar vericileri doğru ve başarılı kararlar vermeleri noktasında destekleyen bir teoridir (Esin , 2003).

Bu teori, Yöneylem Araştırmasının en geniş kullanım alanına sahip olan alanlarından biridir. YA, alan olarak yöneticilerin, daha genel olarak karar verme mekanizmasının başında bulunan kişilerin karşılaştıkları problemler için kantitatif teknikler geliştirilmesi ve uygulanması ile ilgilenmektedir. Yöneylem araştırmasının konularından biri olan karar teorisi, karar problemlerinin çözümüne imkân sağlayan ve sahip olduğu matematiksel yöntemlerle problemlere çözüm sunan bir alandır. Yöneylem araştırması ise problem çözme sanatı olmanın yanında bir karar analizidir. YA, karar verme sürecinde kullanılan matematiksel yöntem ve tekniklere sahip olmanın yanında karar verme problemlerine rasyonel bir bakış açısı ve sistematik bir çözüm anlayışıyla yaklaşmaktadır (Öztürk A. , 2002).

Karar teorisi, matematiksel bir yaklaşım olmanın yanında belli başlı yöntem ve teknikleri içerisinde barındıran bir alandır. Karar teorisi; geleceğe yönelik belirsizlikler altında çeşitli yöntemleri kullanarak var olan probleme ilişkin optimal yani en iyi karar verme ile ilgilenir. Modern anlamda ise karar teorisi, 20. yüzyılın ortalarından itibaren fen ve sosyal bilimlerin yardımlarıyla gelişme göstermiştir. Karar teorileri iki çeşittir. Bunlar; normatif ve tanımlayıcı teorilerdir. Normatif teoriler, kararın nasıl verileceği ile ilgilenmektedir. Tanımlayıcı teoriler ise, kararın nasıl verildiği ile ilgilenmektedir (Çakın, 2013).

Karar teorisi, risk ve belirsizlikler içerisinde çeşitli tekniklerin kullanılmasıyla karar vericilere rehberlik hizmeti sunar. Karar vericilere sağlamış olduğu yol gösterici olma özelliğiyle, problemin analiz edilerek optimum alternatifin seçilip tercih edilmesini sağlar. Böylece, alternatifler arasından (en iyisinin) ortaya çıkarılmasını sağlar.

Karar teorisi, yaygın kullanım alanına sahip olan bir disiplindir. Karar teorisinin kullanıldığı çok sayıda uygulama alanı vardır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir (Yılmaz, 2009).

- Yeni bir ürünün piyasaya sürümü
- Proje yönetimi ve tesis yeri seçimi
- Kalite kontrol araştırmaları
- Turizm
- Kalkınma ve yatırım çalışmaları
- Ekonomi ve finans
- AR-GE çalışmaları
- Seçim ve sıralama problemleri
- Havacılık sektörü
- Otomotiv
- Bilişim
- Performans yönetimi

Karar teorisinin temeli olan karardan bahsedebilmek ve bir karar verme sürecinin varlığından söz edebilmek için iki ya da daha fazla alternatifin(seçeneğin) bulunması gereklidir. Eğer tek bir alternatif varsa bu durumda seçilecek veya tercih edilecek olan alternatif belli olduğundan dolayı karar vermeden söz edilemez (Fergan, 1974). Karar teorisi açısından karar verme sürecinde birden fazla alternatifin olması gerekliliğinden bahsettikten sonra bir diğer konuyu da açıklığa kavuşturmak gerekirse; karar alma ile karar verme kavramları eş anlamlıdır ve literatürde iki şekilde de kullanılmaktadır. Bu iki kavram arasında hiçbir fark yoktur. Çalışmada karar verme kavramı tercih edilip kullanılmıştır.

Karar Verme

İnsanoğlu dünyaya gelişinden itibaren hem gündelik yaşamında hem de iş yaşamında sürekli olarak karar verme durumundadır. İnsanın ömrü boyunca sürekli olarak karar verme süreciyle karşılaşması zaruri bir durumdur (Aktaş ve Diğerleri, 2015). Zaten insanın yaşamı boyunca karar verme süreciyle karşılaşmaması mümkün değildir. Çünkü insan dinamik bir varlıktır ve devamlı olarak karar verilmesi gereken durumlarla karşılaşır. Alışveriş yaparken, üniversitede bölüm seçerken, tatil planı yaparken, sinemada film seçerken, otomobil veya ev alırken, bir mal veya hizmet alımı yaparken vb. gibi durumlarda her daim karar vermek zorundadır. Buradan hareketle; KV sürecinin sona ermesinin mümkün olmadığı, bu sürecin insanoğlu yaşadığı müddetçe devam edeceği ve bu sürecin insanoğlunun yaşamının sona ermesiyle sona ereceği bilinmektedir.

İnsanlar yaşamları boyunca kimi zaman önemli kimi zaman önemsiz, kimi zaman acil kimi zaman ise aciliyeti olmayan kararlar verirler. Fakat türü ne olursa olsun verilen kararlar birden fazla seçenek arasından optimum olanın seçilmesi ve faydayı maksimize eden seçeneğin tercih edilmesi şeklindedir. Burada önemli olan, karar sürecinde çok sayıda alternatifin var olması gerekliliğidir. Bu durumda karar verici en fazla faydayı verecek olan optimum (en uygun) alternatifi seçerek kararını verecektir. Ayrıca verilen kararlar; ister bireyi etkilesin isterse milyonları etkilesin, ister bilinçli isterse de bilinçsizce verilsin, karar vericilerin karşı karşıya kaldıkları problemleri çözmek için kullanılan önemli argümanlardır (Zeleny M. , 1982).

İnsanlar yaşamları boyunca özel yaşamlarıyla ilgili konularda kişisel yönde kararlar verirken aynı zamanda ticari yaşam içerisinde işletmenin yönetilmesi sürecine ait konular

üzerinde de karar vermektedirler. Burada belirttiğimiz gibi; bireyler, özel yaşamlarıyla ilgili olarak nerede tatil yapacakları ne giyecekleri ne yiyip ne içecekleri ve ne zaman uyanıp ne zaman kalkacaklarına ilişkin kararları verirken, aynı zamanda iş yaşamıyla ilgili olarak ta, işletmenin pazarlama ve üretim stratejileri, ekonomik ve mali yapısı, işletmenin tasarrufları ve yatırımları gibi konularda da karar vermektedirler (Cinemre, 2003).

Karar vericiler, günlük hayatlarında ve iş yaşamlarında çeşitli durumlar karşısında karar verirken risk faktörü ile de karşı karşıya kalmaktadırlar. KV, içerisinde riskler barındıran çeşitli alternatifler arasından seçim veya tercih yapmamızı gerektiren bir süreç olduğundan dolayı içerisinde risk unsurunu barındırmaktadır. Ancak şu bir gerçektir ki işletmeler için iş yaşamında verilen ticari kararlar günlük yaşantıda bireyler tarafından verilen kararlardan daha zor, karmaşık ve risklidir. Bunun sebebi işletmelerde birden fazla alternatif arasından optimum olan alternatifin seçilmesi yani karmaşık ve birden fazla faktörün ele alınıp incelenmesini gerektiren kompleks bir yapının var olmasıdır (Ekin, 2014).

Karar verme, sanıldığı gibi kolay bir süreç olarak görülmemelidir. Aksine KV; kompleks, zor ve önemli bir süreçtir. Karar verilmeden önce hiçbir iş eyleme dökülmez. Bu durum ise bir işin eyleme geçirilebilmesi için kararın verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Saaty, 1986). Karar vericiler, verecekleri kararların kendilerini ve diğer kişi veya işletmeleri ne ölçüde etkileyeceklerini dikkate almak durumundadırlar. Rasyonel ve iyi verilmiş olan kararlar bireyleri başarıya sevk ederken kötü ve yanlış verilmiş olan kararlar ise bireylerin başarısız olmasına ve amaçlarından uzaklaşmalarına neden olacaktır. Karar vericilerin iyi kararlar verebilmesi, onların karar verme sürecinin nasıl oluştuğu ve hangi aşamalardan geçerek bir karara varıldığı ile ilgili bilgi sahibi olmalarına bağlıdır (Kıral, 2015).

KV süreci, karar veren için bir düşünme ve fikir oluşturma sürecidir. Fakat bu düşünme ve fikir oluşturma sürecinde doğru bir tercih yapabilmek için çeşitli araştırmaların yapıp verilerin tam olarak toplanması gerekmektedir (Tosun, 1992). Karar vericiler, ne kadar yeterli bilgi ve veri akışına sahip olursa olsunlar muhakkak ki verilecek olan kararlar, bünyesinde bir risk unsuru barındıracaktır. Bu süreç içerisinde çeşitli hareket tarzları vardır ve bunların yapılması çeşitli riskleri de beraberinde getirecektir. Bu hareket tarzları şu şekildedir: Çok aceleci davranmak, çok geç kalmak, yeterli bilgiye sahip olmadan hareket etmek ve süreci etkileyen bileşenleri göz ardı etmek gibi hareket tarzlarıdır (Roger, 1995).

Hayatımızın her alanında sürekli olarak karşılaştığımız KV sürecinde, verilen kararların etkin ve rasyonel olması için nasıl bir sürecin olması gerekmektedir? Vereceğimiz kararın etkilerini, sebep-sonuç ilişkisini ve sonucunda nelerin olabileceğini dikkate alıyor muyuz? Sorulardan da görüldüğü üzere karar verme süreci derinlemesine değerlendirilmesi gerekli olan önemli bir süreçtir (Aktaş ve Diğerleri, 2015).

Karar problemleri hem tek bir faktör tarafından hem de birden fazla sayıda faktör tarafından da etkilenebilen çok kriterli problemler şeklinde olabilmektedir. Çok kriterli karar problemlerinin çözüme kavuşturulduğu yöntemler, ÇKKV yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. ÇKKV yöntemlerinden çalışmanın bu bölümünde detaylı olarak bahsedilecektir.

Karar verme ile ilgili literatürde çok sayıda tanım bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Karar verme, farklı alternatifler arasından seçim ve tercih yapmayı ifade eder. Karar verme, bir problem çözme işlemidir (Seyitoğlu, 2001).

Karar verme; belirlenen amaca ulaşabilmek için iki veya daha fazla mümkün çözümden birinin tercih edilmesi anlamına gelmektedir (Bağırkan, 1983).

Karar verme, çoklu alternatif hareket tarzının tespiti ve aralarından birinin yani en uygun ve en iyi olanın tercih edilmesi işlemidir. (Timor, 2011)

Karar verme, belli bir amaca erişebilmek amacıyla mümkün alternatifler içerisinde optimum olanı seçmektir (Öztürk, 1980).

Karar verme, belirlenen hedef ve amaçlara yönelik olarak oluşturulan alternatif hareket tarzlarından birini seçme sürecidir (Kuruüzüm & Aslan, 2001).

Karar verme, mantıksal bir süreçtir ve eğitim ile birlikte teknolojiye gelişmeler neticesinde optimizasyon ile tamamlanabilecek bir süreçtir (Mucuk, 2003).

Karar verme, alternatifler arasından yapılan tercih işlemidir (Kurt, 2003).

Karar verme, kişilerin planlama ve düşünme odaklı gerçekleştirdikleri ve uygulamaya koydukları eylemlerdir (Onaran, 1971).

Karar verme, belirli bir amaca veya sonuca erişmek için karar verici tarafından önceden belirlenmiş olan kriterlere göre alternatifler arasından tercih yapma sürecidir (Sucu, 2000).

Yukarıda karar verme ile ilgili tanımlamalar yapıldıktan sonra buradan hareketle karar vermenin ortak özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Karar vericinin bir amacının olması gerekir. Örneğin, biriktirdiği parayı değerlendirmek isteyen bir yatırımcının amacı bir arsa veya bir ev satın almak olabilir.
- Karar verici amacını gerçekleştirmek için aralarından seçim yapabileceği birden çok alternatif belirlemelidir. Birden fazla alternatifin (seçeneğin) bulunması gereklidir.
- Karar verici belirlemiş olduğu alternatifler arasından en iyisini seçecektir (Kaplan, 2007).

KV sürecinde en uygun alternatifin seçimini yaparken, ortaya konulan alternatifleri değerlendirecek tüm bilgilere sahip olursak, bu süreçte herhangi bir problemle karşılaşma durumu olmayacaktır. Fakat karar verme süreci dinamik bir süreç olduğundan dolayı problemin bileşenlerine ait tüm bilgilere sahip olmak her zaman mümkün değildir (Üçok, 1988). Ancak bu süreçte çeşitli durumlar vardır ki bunlar tam bilgiye sahip olduğumuz ve fazlasıyla tecrübe sahibi olduğumuz durumlardır. Bu durumda verdiğimiz kararlar basit ve günlük kararlardır. Bu kararlara, kaç kutu süt alacağımızı, kaç kilo sebze-meyve alacağımızı, saat kaçta yatıp, kaçta uyanacağımızı, vb. örnek olarak verebiliriz. Bazı durumlarda vardır ki kısa süre içerisinde ani bir kararın verilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Örnek olarak, basketbol müsabakasında 24 saniyelik hücum süresinin bitimine 2 saniye kaldığını gören basketçinin o anda ani bir karar verme durumunda olması ve detaylı düşünme imkânı olmadan şut atmasıdır (Aktaş ve Diğerleri, 2015).

KV sürecinde iki çeşit yaklaşımdan yararlanılmaktadır. İlk yaklaşım kantitatif yaklaşımdır. Kantitatif (yöneylem) yaklaşımda öncelikle problem tanımlanır, analiz edilir, veriler toplanır, model kurulur, çözülür ve daha sonra alternatif olan çözüm yolları ortaya konarak daha önceden belirlenmiş olan kriterlere göre bu çözüm yolları arasından birisi tercih edilir ve uygulamaya sokulur. İkinci yaklaşım ise, karar vericinin kişisel tecrübe ve yargılarına dayanan karar verme sürecidir. İyi ve doğru bir karar verebilmek için karar probleminin analizinin bilimsel yöntemler kullanılarak yapılması gerekmektedir. İşte bu noktada kantitatif yaklaşım, sayısal yöntem ve tekniklerin kullanılmasıyla doğru kararlara ulaşılmasını amaçlamaktadır (Croucher, 1980).

Karar verme sürecinde temel olarak iki tür yaklaşım vardır. Bunlar;

- Sonuç Odaklı Yaklaşım: Bu yaklaşımda, karar verici tarafından KV sürecinin sonucunun tam ve doğru olarak öngörülmesi söz konusudur.

- Süreç Odaklı Yaklaşım: Bu yaklaşımda ise nasıl karar verilmesi gerektiğini bilmenin önemli olduğu vurgulanmaktadır. Karar verici tarafından karar sürecinin iyi anlaşılması beraberinde sonucun tam ve doğru şekilde tahmin edilmesini sağlar anlayışı vardır (Zeleny M. , 1982).

KV'nin tanımlarından bahsettikten sonra şimdi de "karar" kavramına değinelim. Karar, karar vericinin basit veya karmaşık olan mevcut alternatifler içerisinde birini elde ettiği süreçteki anlık bir olaydır. Yani, KV süreç iken, karar ise bu sürecin sonucunu ifade etmektedir. Kararın özellikleri ise aşağıda açıklanmıştır.

Kararın Özellikleri

Karmaşıklık

Eğer bir karar karmaşık ise bu karar birden fazla faktör tarafından etkilenmektedir. Örneğin, yeni bir ürünü pazara sürececek olan işletmenin birçok faktörü dikkate alması gerekir. Ürüne ne kadar talep olacaktır? Satış fiyatı ne kadar olacaktır? şeklindeki karar problemini etkileyen faktörleri arttırmak mümkündür.

Belirsizlik

Karar verici, bir probleme ilişkin olarak karar verdiğinde bu kararın gelecekte ortaya çıkacak durumları ne şekilde etkileyeceğini bilemez, yani kesinlik yoktur. Örneğin, tasarruflarını borsada değerlendirmek isteyen bir kişi üç ay sonra, yatırdığı hisse senetlerinin fiyatının ne olacağını kesin olarak bilemez ve belirsizlik durumu söz konusudur.

Kararın Etkilerinin Önemli Olması

Verilen kararlar bazen etkileri yönünden çok önemli olmaktadır. Bu tür kararlar hayati kararlar olarak nitelenebilir. Örneğin, bir kişinin hayati tehlikesi olan bir ameliyatı olup olmama kararı da bu tür bir karardır.

Karardan Birçok Kişinin Etkilenmesi

Bazı önemli kararlardan çok fazla sayıda kişi etkilenebilmektedir. Çünkü, bazı kararlar sayıca çok geniş bir kitleyi etkileme potansiyeline sahiptir. Örneğin, bir yatırımcının bir bölgede fabrika kurma kararı, o bölgede yaşayan tüm bireyleri ve yatırımcının çevresini etkileyecektir (Clemen, 1990).

Kararın Etkilerinin Uzun Vadede Ortaya Çıkması

Pek çok karar verildiğinde etkisini hemen göstermemektedir. Bu kararların etkilerinin görülmesi için anca uzun bir zaman diliminin geçmesi gerekir. Örneğin, bir yatırım projesinin getirisi 10-15 yıl sonra elde edilir (Keeney, 1982).

Birden Fazla Alternatif ve Kriterin Dikkate Alınması

Karar verirken bazı durumlarda birden fazla kriterin dikkate alınması ve değerlendirilmesi gerekir. Örneğin; bir araba satın alırken arabanın fiyatı, motor hacmi, yakıt durumu, hızı, konforu gibi birden fazla kriterin dikkate alınması gerekir. Tek bir alternatifin de belirlenen kriterlerin tamamında en iyi olması gibi bir durum söz konusu değildir. Çünkü bir alternatifin yakıt durumu iyiysen fiyat durumu iyi olmayabilir. Diğer bir alternatifin ise motor hacmi iyiysen konforu iyi olmayabilir.

Riske Karşı Duyarlılık

Karar vericilerin bir kısmı daha çok getiri elde etmek için riski yüksek olan alternatifleri tercih ederler. Karar vericilerin diğer bir kısmı ise yüksek getiri peşinde değil de az getiri ile yetinip riski küçük olan alternatifleri tercih ederler (Aktaş ve Diğerleri, 2015).

Karar Vermenin Özellikleri

Karar vermenin özelliklerini; psikolojik ve maddi güçlüklerle sahiptir, etkinlik ve rasyonelliğe dayanır, geleceğe yöneliktir ve teknik bir konudur şeklinde sıralayabiliriz (Turanlı, 1998).

Karar vermenin özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Karar verme, psikolojik güçlükler taşımaktadır.

Karar verme, insanı psikolojik olarak etkilemektedir. KV sürecinde alternatiflerin belirlenmesi işlemi, insanı psikolojik olarak etkiler ve alternatiflerin avantaj/dezavantaj durumları karar vericide baskı ve stres oluşturur. Ayrıca KV sürecinde karar probleminin karmaşıklığı da karar vericiyi psikolojik olarak etkilemektedir.

Karar verme, etkinlik ve rasyonelliğe dayanmaktadır.

Karar vermenin sonunda etkin ve rasyonel bir karara ulaşabilmek asıl amaçtır. Kararın rasyonel olması, karar verme aşamalarında ortaya çıkacak olan maliyetlerin öngörülen seviyede tutulmasını ifade etmektedir (İmrek, 2003). Karar vermenin etkinliği ise, karar vericinin optimum karara ulaşmasıyla orantılı olarak ölçülmektedir (Victor, 1973).

Karar verme, maddi güçlükler taşımaktadır.

Karar verme, maddi zorluklara sahip olan dinamik bir süreçtir. Çünkü karar vericiler bir karar vermek için verilere gereksinim duyarlar. Verilerin elde edilmesi için personel ve araç-gereç ihtiyacı olduğundan dolayı bir maliyet ortaya çıkmaktadır (Hammond & Raiffa, 1999).

Karar verme, geleceğe yönelik bir işlemdir.

KV, geleceğe yönelik bir hareket ve davranış tarzıdır. Bu alanda yapılan çalışmaların temelinde gelecekle ilgi kaygılar bulunmaktadır (Evren & Ülengin, 1992).

Karar bir plandır ve geleceği görmeye yöneliktir.

KV, bir planlama faaliyeti ve karar ise bir çeşit plan demektir. Karar ile plan arasındaki temel fark şu şekildedir. Plan, karara nazaran ayrıntılıdır. Plan, kararların biraraya gelmesiyle oluşur. Bu nedenden dolayı, her plan bir karardır ancak her karar bir plan değildir.

Kararın, belirlenen amaçlara uygun olması, doğru ve rasyonel olarak minimum maliyetle elde edilmesi gerekir.

Bir karar problemiyle karşılaşılması durumunda, problemin çözümüne yönelik amacın belirlenmesi ve çözüme minimum maliyetle ulaşılması hem etkinlik açısından hem de doğru karar verip doğru sonuçlar elde etme açısından önemli olmaktadır.

Karar verme süreci, karar vericiye geniş bir hareket alanı ve özgürce hareket edebilme imkânı sağlar.

KV süreci, kaynakların kullanılmasını ve karar vericilerin özgürce hareket edebilmesini sağlamaktadır. Bu süreçte karar vericiler, kaynakların sınırlı ve kıt oluşu ile belirlenen amaçlar hariç olmak üzere hareket kabiliyeti konusunda geniş bir özgürlük alanına sahiptir.

Karar verme, teknik bir konu olma özelliğine sahiptir.

KV, elde edilen verileri işleme ve analiz etmeyi gerektirmektedir. Bu nedenle teknik bir konudur. KV işlemi, iyi yetişmiş ve alanında uzman personelin verileri toplaması, analiz etmesi ve bu sürecin karar aşamalarını doğru işletmesiyle mümkün olmaktadır (Sipahi, 2002). KV işleminin alanında uzman personel tarafından yerine getirilmesi, karar vermenin teknik bir konu olduğunu göstermektedir.

Karar verme, sorun çözmek demektir.

KV, amaçlara erişme yolunda meydana gelen sorunları çözümleme işlemidir (Palmer & Winters, 1993). Sorun demek, belirli standarttaki veya beklenen performans seviyesindeki ortaya çıkan sapmalardır. Karar vericiler, kararların birçoğunu sorun çözmek amacıyla vermektedirler.

Karar verme, zaman gerektiren bir süreçtir.

Karar vericiler, erişmek istedikleri karara ne zaman ulaşılacağını açık şekilde ortaya koymak isterler (Daft, 2003). Bu yüzden karar verirken zamanlamaya önem verilmelidir. Kararların zamanında verilip uygulamaya sokulması önemli bir husustur. Zamanında verilmiş olan kararların daha etkili kararlar olduğunu belirtmekte fayda vardır.

KV sürecinin yukarıda belirtilen özelliklere göre işletilmesi durumunda hatalı karar verme riski minimize edilmiş olacaktır. Hatalı karar vermenin minimize edilmesi ise bireylere haz ve mutluluk vererek onları motive edecektir (Dinçer E. , 2019).

Karar Vermenin Bileşenleri

Karar problemlerinin tümünde var olan ve karar verme sürecini oluşturan bileşenler aşağıda belirtilmiştir. Bu bileşenlere karar elemanları da denmektedir. Karar elemanları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Karar Verici/Karar Alıcı: Karar verme mekanizmasının başında olan, mevcut seçenekler arasından seçim yapan ve sorumluluk sahibi olan kişidir. Karar verici/vericiler, mevcut alternatifler arasından KV sürecinin tüm aşamalarını sırasıyla uygulayarak bir tercih ve seçim yapabilme kabiliyetine sahip olan kişi/kişilerdir.

Karar ortamı: Karar vericinin tercihini etkileyen ve KV sürecinde kullanılan tüm alternatifleri, kriterleri, bileşenleri içerisinde barındıran çevreye karar ortamı denmektedir. Karar ortamı, kararın verildiği ortam demektir.

Amaçlar: Amaç, karar verici tarafından gelecekte ulaşılacak istenen durumu ifade etmektedir. Amaç, karar vericinin faaliyetleri sonucunda elde edeceği hedef ve sonuçlardır.

Alternatifler (Seçenekler): Alternatifler, karar vericinin seçim yapabileceği karar probleminin sonucunu veren seçeneklerdir. Seçilen alternatif, ulaşılacak istenen amacı yerine getiren en iyi alternatiftir. Seçenekler yani alternatifler, karar probleminin önemli bileşenlerindendir. Zaten seçenekler yoksa herhangi bir seçimden bahsetmekte mümkün değildir (Dinçer E. , 2019).

Kriterler: Karar vericinin seçim yaparken oluşturmuş olduğu değerler bütünüdür. Bir karar problemi için karar kriterleri; kar, fayda maksimizasyonu veya maliyet, zarar, gider minimizasyonu şeklinde olabilmektedir.

Olaylar: Amaca ulaşılmasını etkileyen durumlardır. Olaylar, karar vericinin kontrolü altında olmayan faktörleri ifade etmektedir (Cinemre, 2004).

Sonuçlar: Herhangi bir alternatifin meydana getirdiği sonuçlardır. Yani her bir alternatif ve olaydan meydana gelen değeri ortaya koyar (Halaç, 2001).

Karar Vermeyi Etkileyen Faktörler

KV sürecini etkileyen çok sayıda faktör vardır. Karar verme sürecini etkileyen faktörlerin bir kısmı öznel bir kısmı da nesnel nitelik taşımaktadır.

Öznel olan faktörler; sezgi ve tecrübedir. Nesnel olan faktörler ise, karar vericinin kişiliği dışında var olan diğer faktörlerdir (Sucu, 2000). Diğer faktörler ise: Yanlış karar vermeye

ilişkin duyulan endişe, karar ortamı, zaman, kararın getireceği risk ile çevresel, sosyal, kültürel, ekonomik ve psikolojik faktörlerdir (Onaran, 1971).

Karar Vermenin Aşamaları

Karar vermenin aşamalarında kilit nokta, alternatifler ile kriterlerin sistematik olarak biraraya getirilmesi ve birbirleri ile olan ilişkilerinin tanımlanarak alternatiflerin belirli ölçütlere göre değerlendirilmesidir. KV aşamalarının oluşturulma sebebi, problem için optimum (en uygun) olan seçeneğe en hızlı ve doğru şekilde ulaşmaktır (Finnigan, 1997). KV, bir süreci ifade ettiğinden dolayı bu süreç çeşitli aşamalardan oluşur. Karar verici eğer vereceği kararın rasyonel ve iyi bir karar olmasını istiyorsa karar vermenin tüm aşamalarını atlamadan uygulamalıdır. Şimdi de KV sürecinin aşamalarını belirterek detaylı olarak açıklayalım (Yozgat, 1998).

- Problemi tanımlamak,
- Amacı belirlemek
- Alternatifleri belirlemek,
- En uygun olan alternatifi seçmek,
- Seçilen alternatifte göre karar vermek
- Kararı uygulamaya koymak ve sonuçları izlemek

Problemi Tanımlamak

Karar analizinin başlangıcı, karar probleminin tanımlanmasıdır. Bu nedenle karar analizine başlamadan önce, problemin tam ve doğru olarak tanımlanması gerekir. Karar probleminin doğru tanımlanması, karar verme sürecine ilişkin geri kalan aşamaların temelini oluşturur. Yanlış tanımlanmış bir problem sonucunda ulaşılan bir çözüm karşılaşılan sorunu gideremeyecektir (Düren, 1994). Problemin açık ve net olarak tanımlanmaması, sürecin işlemesine engel değildir ancak bu durumda karar verme süreci sonunda rasyonel bir karara ulaşılması mümkün olmayacaktır (Erem, 1974).

Amacı belirlemek

KV sürecinin ikinci aşaması ise amaç veya amaçların belirlenmesidir. Amaç, gelecekte ulaşılmak istenen durumun ifadesidir. Karar vericiler önceden belirlemiş oldukları amaçlarla gelecekte hangi konumda olmak istediklerini göstermiş olurlar. Amaç belirlemek, KV süreci için bir yol haritası belirleme işlemidir. Amaçlar; iki çeşittir. Uzun dönemli amaçlar, stratejik olarak düşünmeyi gerektirirken; kısa dönemli amaçlar ise taktik düşünmeyi gerektirmektedir (Koçel, 2003).

Alternatifleri Belirlemek

Bu aşamada karar probleminin alternatifleri belirlenmektedir. Alternatifler, problemin çözülmesi sonucunda ulaşılabilecek olan seçenekleri ifade eder. Bu aşamada belirlenen alternatifler uygulanabilir olmalı ve problemi çözebilme yeteneğine sahip olmalıdır. Karar verici tarafından belirlenecek olan alternatiflerin sayısı da önem arz etmektedir (Erem, 1974). Alternatifler belirlenirken karar vericinin konuya ilişkin bilgisi, deneyim ve tecrübesi gibi özellikler alternatiflerin belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Sayıca fazla ve probleme ilişkin doğru alternatifleri belirleyip ortaya koymak, daha doğru ve etkili kararların verilmesini sağlayacaktır. Ancak alternatif sayısının fazla oluşu daha iyi ve doğru kararlar verilmesini sağlarken bir yandan da bu sürecin karmaşıklığını arttırıp uzamasına neden olacaktır. KV sürecinde her bir alternatif karar probleminin çözümü olabilme sıfatı taşımaktadır. Alternatifler probleme uygun şekilde seçildikleri takdirde karar probleminin çözümü de o oranda iyi ve uygun olacaktır (Koçel, 2003).

En Uygun Olan Alternatifi Seçmek

Karar problemlerinde çok sayıda alternatif arasından en uygun olanını seçmek gerekir. Çeşitli alternatifler arasından en uygun olanını seçmek karmaşık ve zordur (Emhan, 2007). Alternatifler arasından en uygun alternatifin seçilmesi aşamasında dikkat edilmesi gereken dört bileşen vardır. Bunlar; risk derecesi, ekonomiklik, zamanlama ve kaynakların sınırlı oluşudur.

Seçilen Alternatife Göre Karar Vermek

Problem tam ve açık olarak tanımlanıp, uygun alternatifler belirlenip, her alternatifin muhtemel sonuçlarının öngörülmesinin ardından, nihai alternatif seçimi gerçekleştirilir. Fakat süreç bu kadar kolay görülmemelidir. Çoğunlukla alternatiflerin her biri çeşitli sonuçların ortaya çıkmasını sağlar ve bu sonuçlar farklı zamanlarda ve değişen olasılıklarla karşımıza çıkmaktadır. Bu çeşitli sonuçlar içerisinde bir tercih yapabilmek için kompleks bir değerler sistemine gereksinim vardır (Newhman, 1979). Karar verici, alternatiflerin ortaya koyacağı sonuçları düşünmeli ve dikkatli bir karşılaştırma ile maksimum fayda sağlayacağına emin olduğu alternatifi tercih etmelidir.

Kararın Uygulanması ve Sonuçların İzlenmesi

Bu aşamada karar verici verdiği kararı uygulamaya koyar ve bu uygulama aşaması karar vericinin zamanını en fazla alan aşamadır. Zorluklar ile KV sürecinin her aşamasında karşılaşılabilir ancak yaşanan zorluklara rağmen karar verilmiş fakat verilen karar uygulanmamış ise bu durumda süreç boyunca harcanan emek ve zaman boşa gidecektir. Karar, uygulanmaya başladıktan sonra seçilen çözümün beklenen sonuçları verip vermediği karar verici tarafından takip edilmelidir. Seçilen alternatifin ortaya koyduğu gerçek sonuç ile beklentiler arasında anlamlı derecede farklar oluştuğunda, karar verici tarafından yanlış bir karar verildiğinin farkına varılması ve kararın düzeltilmesi sağlanmalıdır (Erdoğan & Özalp, 2000). Karar verici, kararın ortaya çıkardığı etkileri ortaya koymalı ve varsa eksikler gidermek için gerekli tedbirleri almalıdır (Drucker, 2001). Açıklamalardan anlaşıldığı gibi KV, anlık bir olay değil kompleks ve dinamik bir süreçtir.

Karar Vermede Karar Ortamları

KV sürecinde, kararın hangi ortamda verileceğinin bilinmesi gerekir. Karar vermede üç çeşit karar ortamı bulunmaktadır (Dinçer E. , 2019). Bunlar;

- Belirlilik ortamında karar verme
- Belirsizlik ortamında karar verme
- Risk ortamında karar verme

Karar ortamlarının aynı olmaması farklı analiz yöntemlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Karar ortamları için çok sayıda yöntem mevcuttur. Bu durumda önemli olan husus ise, karar ortamlarına uygun olan yöntemlerin seçilip kullanılmasıdır. Karar ortamlarından aşağıda bahsedilmiştir.

Belirlilik Ortamında Karar Verme

Belirlilik ortamında karar verme durumunda; karar verici seçeneklerin hangi şartlar altında hangi sonuçları vereceğini bilmektedir. Ortaya çıkacak olay kesin olarak bilinirse ilgili karar problemi belirlilik ortamında karar verme problemidir (Öztürk A. , 2002). Belirlilik durumunda; koşullar, amaç ve değişkenler bilinmektedir. Seçilecek olan alternatifin ortaya koyacağı sonuçlar bilinmektedir. Yani bu ortamda karar verici, mevcut olan alternatiflerin sonuçlarına ilişkin tam, doğru ve kesin bir bilgiye sahiptir (Tekin, 1999). Bu şekildeki karar verme problemlerinde, alternatiflerin her birinin seçimine ilişkin olarak tam bilgi mevcut olduğundan dolayı ortaya çıkacak olan olayın gerçekleşme olasılığı 1'dir. Bu karar ortamında

deterministik yöntemler kullanılarak optimal sonuçlar elde edilmektedir (Yaralıoğlu, 2010). Belirlilik ortamında karar vermeye ilişkin bir örnek verelim. Örneğin, elimizde bir miktar para var ve farklı yatırım araçlarına bir yıllığına yatırım yapmak istiyoruz. Eğer tüm yatırım araçlarının bir yıl sonraki getirilerini net olarak biliyorsak bu tip karar problemleri belirlilik ortamında verildiği için deterministik bir yapıya sahiptir. Burada amaç, getiriye maksimum yapmak olduğundan dolayı en fazla gelir sağlayan yatırım aracı seçilir.

Belirsizlik Ortamında Karar Verme

Gelecekte ortaya çıkabilecek olaylara ilişkin herhangi bir olasılığın bilinmediği karar ortamlarında gerçekleştirilen karar süreçleri belirsizlik ortamında karar verme olarak adlandırılır. Belirsizlik ortamında karar vermede mümkün olan durumların olasılıkları bilinmemekte ve kısmi bir bilgi söz konusu olmaktadır. Belirsizlik ortamında karar verme durumunda; karar verici seçeneklerin hangi şartlar altında hangi sonuçları vereceğini bilmemekte ve herhangi bir alternatifin sonucu ile ilgili kesinlik bulunmamaktadır (Öztürk A. , 2002). Gelecekle ilgili olaylar için olasılıkların belirlenmesi her zaman mümkün olmamakla beraber bazen de olaylara ilişkin olasılıkları belirlemek için elimizde yeterli veri bulunmayabilir. Bu durumda karar vericinin deneyimleri, tecrübeleri de olayların olasılıklarının açığa çıkarılması açısından büyük öneme sahiptir.

Belirsizlik ortamında kullanılan karar verme kriterleri aşağıda belirtilmiştir (Dinçer E. , 2019).

- İyimserlik (Plunger) Kriteri
- Kötümserlik (Wald) Kriteri
- Uzlaşma (Hurwicz) Kriteri
- Pişmanlık (Savage) Kriteri
- Eşolasılık (Laplace) Kriteri

Risk Ortamında Karar Verme

Risk ortamında karar verme durumunda; karar verici tüm alternatiflerin her koşul altında alabileceği sonuçlara belirli olasılık değerleri ile ulaşabilmektedir. Bu durumda karar verici olasılık değerlerini kullanarak optimum olan amaca göre bir alternatif seçecektir. Bu karar ortamında birden çok olay var ise ve bu olayların meydana gelme olasılıkları bilinirse ilgili karar problemi risk ortamında karar verme problemidir (Newbold, 1988). Risk ortamında karar verme durumunda, farklı durumlara göre alternatiflerin sonuçları da değişkenlik arz etmektedir. Risk ortamında alternatiflerin nihai sonuçları belli bir olasılıkla bilinmektedir. Bu durumda sonuçlar belli bir olasılıkla bilindiğinden dolayı sonuca ilişkin bilgi seviyesi ne kadar düşük ise alternatifte ait olan riskte o kadar yüksek olacaktır. Aynı şekilde sonuca ilişkin bilgi seviyesi ne kadar yüksek ise alternatifte ait olan riskte o kadar düşük olacaktır (Taha, 2000).

Risk ortamında kullanılan karar verme yaklaşımları aşağıda belirtilmiştir (Dinçer E. , 2019).

- Beklenen değer yaklaşımı
- Maksimum olasılık yaklaşımı
- Beklenen fırsat kaybı yaklaşımı
- Tam bilginin beklenen değeri yaklaşımı
- Fayda teorisi yaklaşımı
- Karar ağacı yaklaşımı

İyi Bir Kararın Sahip Olduğu Özellikler

İyi bir kararın sahip olması gereken dört temel özellik vardır. Bu özellikler aşağıda açıklanmıştır (Varoğlu, 2000).

İyi bir karar etkili olmalıdır.

Verilen karar var olan sorunu çözüme kavuşturma eğiliminde olmalıdır. Bir kararın iyi bir karar olması aynı zamanda etkili olmasıyla eşdeğerdir (Kıvrak, 2001).

İyi bir karar verimli ve mantığa dayalı olmalıdır.

KV sürecinde ve kararın uygulanması aşamasında meydana gelebilecek maliyetlerin makul düzeyde tutulması kararın verimli olması anlamına gelir.

İyi bir karar uygulanabilir olmalıdır.

Verilen kararın iyiliğini arttıran veya azaltan durum ise kararların uygulanabilirliğidir. Verilen kararların mevcut olan koşullara uygunluğu, kararın uygulanabilirliğini arttıracaktır.

İyi bir karar tam zamanında verilmiş olmalıdır.

Kararın makul bir zaman zarfı içerisinde verilmesi ve kararın mücbir sebepler haricinde geciktirilmemesi gerekir. Çünkü zamanında verilmeyen karar faydalı bir karar olma özelliğinde değildir (İmrek, 2003).

Karar Verme Çeşitleri

Karar vericiler tarafından kullanılan matematiksel yöntemlerin yanı sıra geleneksel karar verme çeşitleri de kullanılmaktadır. Geleneksel karar verme çeşitleri aşağıda açıklanmıştır.

Sezgiye Dayanan Karar Verme

Sezgiye dayanan karar verme yöntemi çok eski zamanlardan beri karar vericiler tarafından kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemi kullanan karar verici, deneyim tecrübe ve sezgilerine dayanarak bir karar vermektedir. İlgili yöntemde sistematik bir yaklaşım yoktur. Bu yöntemde tüm bilgi ve analizler karar vericinin zihninde sezgi yoluyla şekillenmektedir.

Deneme -Yanılmaya Dayanan Karar Verme

Deneme- yanılmaya dayanan karar verme, karar vericiler tarafından sıklıkla kullanılan karar verme çeşididir. Bu yöntemde karar problemi ile ilgili yapılan objektif olmayan değerlendirmelere göre bir çözüm yolu belirlenir ve uygulanır. Ulaşılan sonuç olumlu ise, verilen karar gelecekte ortaya çıkabilecek problemler için emsal oluşturur. Ulaşılan sonuç olumsuz ise, subjektif değerlendirmelerin tekrar gözden geçirilmesi ve değişik bir karara ulaşılması istenir.

Lideri İzlemeye Dayanan Karar Verme

Bu yöntemde karar verici, aynı veya benzer durumlar karşısında diğer karar vericiler tarafından verilmiş olan kararları örnek alarak aynısını verme eğilimindedir. Karar vericilerin benzer durumlar karşısında aynı kararları kopya etmeleri “onlar için geçerli olan neden bizim için neden geçerli olmasın” anlayışıdır (Harcar, 1992).

Karar Türleri

Kararlar çeşitli türlere ayrılmıştır. Bunlar; stratejik kararlar, yönetsel kararlar, operasyonel kararlar, programlı ve programsız kararlardır.

Stratejik Kararlar

İşletme veya örgütün dış çevresi ile olan ilişkilerini dikkate alan ve dış çevreyi kapsayan kararlardır. Stratejik kararlar, çoğunlukla uzun dönemli amaçların gerçekleştirilmesine ilişkin kararlardır.

Yönetsel Kararlar

Yöneticiler tarafından verilen yönetim süreciyle ilgili olan kararlardır. Örneğin, işletmenin yönetsel politikalarının uygulamaya geçirilmesine ilişkin kararlar, yönetsel kararlar olarak kabul edilmektedir (Kaya, 1984).

Operasyonel Kararlar

Uygulamaya yönelik eylemsel nitelikteki kararlardır. Stratejik ve yönetsel kararları destekleyen ve bunlara işlerlik kazandıran kararlara gereksinim duyulmaktadır. Bunlar ise operasyonel kararlardır.

Programlı Kararlar

İşletmenin veya örgütün içerisinde farklı departmanlarda faaliyet gösterenler tarafından verilen tekraren uygulanan rutin kararlardır.

Programsız Kararlar

Tek bir kez için verilen kararlardır. Bu kararlar, programlı kararlar gibi tekrar tekrar uygulanmadığından dolayı nitelikli kararlardır (Yılmaz & Talas, 2010).

Çok Kriterli Karar Verme

KV sürecini detaylıca açıkladıktan sonra şimdi de birden fazla kriter için aynı anda değerlendirme yapma imkânı tanıyan Çok Kriterli Karar Verme ve bu süreçte kullanılan ÇKKV yöntemlerinden bahsedilecektir.

ÇKKV yöntemleri, birden fazla kriterin olduğu karar problemlerinin çözümünüyle ilgilenmektedir. Bu yöntemler, ölçülebilen ve ölçülemeyen kriterlerin aynı anda değerlendirildiği analitik yöntemlerdir. ÇKKV sürecinde kullanılan bu analitik yöntemlere ÇKKV yöntemleri denmektedir. ÇKKV sürecinde karşılaşılan zorluk ve tutarsızlık durumu şu şekildedir. Bir alternatif değerlendirilen bir kriter bakımından en iyi olarak belirlenirken diğer kriter açısından en iyi olmayabilir. Bu nedenle ÇKKV yöntemlerinde amaç; mevcut tüm kriterleri en yüksek düzeyde sağlayan alternatifin seçilmesidir (Lezki, 2014).

Tek değişkene sahip olan problemlerde karar verici, maksimum tercih değerine sahip olan alternatifi seçmektedir. Fakat, gerçek dünya şartlarında karar problemleri tek değişkenden ibaret değildir. Genelde birden fazla değişkene sahip olan problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu durum karar problemlerinin kompleks ve zor bir yapıda olduğunu göstermektedir. Özellikle çok sayıda kriter ve alternatifi bulunduğu durumlarda KV süreci çok daha karmaşık ve zor bir süreç haline geldiğinden dolayı ÇKKV yöntemleri de bu karmaşıklığı ortadan kaldırmaya yönelik olarak oluşturulmuş yöntemler topluluğudur. Sonuç olarak; kompleks ve çok sayıda kriter ve alternatife sahip olan problemlerin varlığı ÇKKV yöntemlerinin kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur (Çakın, 2013).

ÇKKV, yaygın olarak kullanılan ve yöneylem araştırmasına ait olan bir disiplindir. ÇKKV ile ilgili literatürde çok sayıda tanım bulunmaktadır. Bunlardan birkaçına aşağıda yer verilmiştir.

ÇKKV, birden fazla sayıda alternatif ve kriteri bütünleştirip çözüm gerçekleştirebilen bir özelliğe sahiptir. ÇKKV, çok sayıda kriter baz alınarak alternatiflerin hem avantajlarını hem de dezavantajlarını ortaya koyup analiz eden bir yöntemler kümesidir (Özdamar, 2004).

ÇKKV, karar verici tarafından sonlu sayıda alternatifin yer aldığı alternatif kümesi içerisinde en az iki kriterin kullanılmasıyla yapılan seçme işlemine denir (Habenicht, Scheubrein, & Scheubrein, 2002).

ÇKKV yöntemleri, birden fazla kriterin bulunduğu karar problemlerine çözüm getiren yöntemlerdir (Özden, 2009). Bu yöntemler, karar vericilere ölçülebilen ve ölçülemeyen çok sayıda değişkeni eş anlı olarak inceleme fırsatı tanıyan analitik yöntemlerdir (Timor, 2011).

ÇKKV, literatürde KV sürecine yardımcı olabilmek ve karar problemlerine daha hızlı ve kolay çözüm sunmak amacıyla araştırmacılar tarafından ortaya konulan sayısal yöntemlerden biridir (Güngör, 2007).

ÇKKV, içerisinde sonlu sayıda alternatif barındıran bir kümeden birden fazla kriterin dikkate alınması suretiyle yapılan seçim işlemidir (Ersöz & Kabak, 2010).

ÇKKV problemlerinde temel amaç; problemdeki kriterlerin hepsi için maksimum düzeyde uygunluğu sağlayan en uygun ve en iyi alternatifi belirlemek ve seçim işlemi gerçekleştirmektir (Karaatlı & Dağ, 2018). ÇKKV yöntemlerinde amaç; birden fazla kritere göre inceleme yapılarak alternatifler içerisinde optimum olanın seçilmesidir.

Artan rekabet koşulları altında faaliyet gösteren işletmelerin ve karar vericilerin rasyonel (optimal) kararlar verebilmeleri, alternatiflerin değerlendirilmesinde çok sayıda kriterin dikkate alınmasına ve eşanlı olarak birlikte incelenmesine bağlıdır. Bu duruma imkân tanıyan yöntem ise belirtildiği gibi çok sayıda kritere ve alternatife sahip olan karar problemlerinin çözümünü sağlayan ÇKKV yöntemleridir. ÇKKV problemlerinde, karar verici genellikle birbirleriyle çelişki içerisinde bulunan kriterler ışığı altında alternatifleri seçme veya sıralama ile karşı karşıya kalmaktadır (Söylemez, Koç, & Deniz, 2017). İnsanlar, ÇKKV problemleriyle karşılaştıklarında tek bir kriteri dikkate alarak karar verme eğilimi göstermezler. Benzer şekilde işletmeler de karar verirken problemi etkileyen birden fazla kriteri dikkate almadan karar vermezler. Fakat genellikle bir karar probleminde, tüm kriterlerin eş anlı olarak sağlandığı optimum bir sonuç elde etmek imkansızdır. Bu yüzden karar problemlerinde alternatifler arasından, tüm kriterlerin dikkate alınmasıyla ideal bir çözümün elde edilmesi amaçlanmaktadır (Karaoğlu & Şahin, 2018). Ancak kriterlerden birinin tüm alternatifler karşısında en iyi veya optimum olmadığı göz önüne alındığında bu sakıncayı gidermek için ÇKKV yöntemleri devreye girmektedir. Bu tür problemlerin çözümüne önemli yararlar sunmaktadırlar. Bu durum, ÇKKV yöntemlerinin en önemli işlevlerinden ve karar teorisi alanına yapmış olduğu en büyük katkılardan biridir (Tüter, 2013).

ÇKKV yöntemlerinin en önemli avantajı sayıca fazla olan kriterleri ve alternatifleri birlikte değerlendirmesidir. Karar problemleri genelde birden fazla kriteri içerisinde barındırmaktadır. Örneğin, yeni bir ev satın almak isteyen bir aile için karar vermek kolay değildir. Çünkü aile bireyleri tarafından belirlenmiş olan birden fazla kriter bulunur ve bu kriterler birbirleriyle çelişebilme potansiyeline sahiptir. Hiç kimse sadece fiyat kriterini dikkate alarak bir ev almamaktadır. Evin konforu, kalitesi, merkezi konumu, büyüklüğü, ulaşım ağına yakınlığı gibi çeşitli kriterlerde dikkate alınarak karar verirler. Bu kriterlere göre bireyler farklı tercihlerde bulunabilirler ve bu tercihlerde birbirleriyle çelişebilmektedir. Bir kriterin karşılanması diğer kriterin veya kriterlerin karşılanmasına engel olabilir veya bir alternatif tüm kriterlerde en iyi olmayabilir. Bu durum ise karar vermeyi daha zor ve karmaşık bir hale sokar. Kriterler arasında uzlaşmanın sağlanabilmesi için kriterler arasındaki çelişkilerin iyi

değerlendirilmesi gerekir (Özbek & Engür, 2019). Bu değerlendirme ve ortada var olan sakınca ÇKKV yöntemleriyle bertaraf edilmektedir.

ÇKKV problemlerinin çözümünde karar verici tarafından ilk olarak kriterler belirlenir ve bu kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin ataması gerçekleştirilir. İkinci aşamada alternatiflerin bu kriterleri hangi oranda karşıladıkları belirlenir ve tüm kriterler için her alternatife ait nihai değerlendirme yapılır. Nihai aşamada ise maksimum değere sahip alternatifin seçim işlemi gerçekleştirilir (Tzeng & Huang , 2011).

ÇKKV yaklaşımı, terminolojide iki farklı şekilde isimlendirilmektedir. Bunlar; Avrupalı ve Amerikalı bilim adamlarının ifadelerine göre iki farklı şekilde literatürdeki yerini almıştır. Amerikalı bilim adamları ÇKKA (Çok Kriterli Karar Alma) (Multi Criteria Decision Making-MCDM) ifadesini kullanırken, Avrupalı bilim adamları da ÇKKV (Multi Criteria Decision Aid-MCDA) ifadesini kullanmaktadırlar. Bu ufak söylem farklılığı ise, ÇKKV yaklaşımının temel amacı ve uygulanış biçimlerinde hiçbir farklılık oluşturmamaktadır (Ekin, 2014). Bu çalışmada, Avrupalı araştırmacıların belirttiği gibi karar verme ifadesi tercih edilmiş ve ÇKKV ifadesi kullanılmıştır.

Çok Kriterli Karar Vermenin Tarihsel Gelişimi

ÇKKV yöntemlerinin, 1960'lı yıllarda KV süreçlerine katkı sağlayıp çözümlere yardımcı olması amaçlanarak çalışmalar başlamıştır. ÇKKV, 1970'li yıllara gelindiğinde öncelikle karar teorisi ve YA'na ilişkin uygulamalarda kullanılmıştır. İlerleyen zamanlarda ise mali ve iktisadi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Kılıç, 2005).

ÇKKV alanında Ralph Keeney ve Howard Raiffa tarafından 1976 yılında yayımlanan "Çok Nitelikli Değer Teorisi" isimli eser ÇKKV alanında önemli bir referans kitap haline gelmiştir. ÇKKV yöntemlerinin tarihsel gelişimine bakacak olursak;

Bernard Roy ve ekibi yapmış olduğu çalışmalar neticesinde, 1960'lı yılların ortalarına gelindiğinde ÇKKV yöntemleri içerisinde yer alan ELECTRE yöntemini ortaya koymuşlardır. 1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) literatüre kazandırılmıştır. 1981 yılında, Kwangsun Paul Yoon ve Ching-Lai Hwang tarafından TOPSIS yöntemi geliştirilmiştir. 1982 yılında, Jean Pierre Brans tarafından PROMETHEE yöntemi ortaya konmuştur. ÇKKV yöntemlerinden bir diğeri olan VIKOR yöntemi ise 2000'li yılların başında önceden yayımlanmış olan uzlaşılmış yöntem temeli üzerine Serafim Opricovic ve Gwo-Hshiong Tzeng tarafından diğer yöntemlere ilave yapılarak oluşturulmuştur. ÇKKV alanındaki gelişmeler teknolojinin gelişimine paralel olarak ilerlemekte ve bu yöntemler çeşitli paket programlar ile entegre şekilde araştırma yapanlar tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır (Genç, 2012).

ÇKKV Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Paket Programlar

ÇKKV, bünyesinde bulunduğu YA bilim dalına katma değer katan bir alandır. ÇKKV alanında son yıllarda çok hızlı gelişmeler yaşanmış ve bu alanda yapılan araştırma ve çalışmalar bu disiplinin gelişimine büyük katkı sağlamıştır. ÇKKV alanında sürekli olarak akademik çalışma ve araştırmalar yapılmasına rağmen, bu alandaki ilerleme bilhassa son 15-20 yılda büyük bir artış göstermiştir. ÇKKV alanında meydana gelen gelişim süreci, yazılım ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle paralellik göstermiştir (Xu & Yang , 2001). Karar problemlerinin modellenip çözümlenmesi paket programlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Karar problemlerine çözüm sağlayan paket programlara; Team Expert Choice, Decision Hosting, Impact Explorer, ELECTRE, Logical Decisions for Windows, Decision Lab, TOPSIS, Decision Explorer, High Priority, Logical Decisions for Windows, ELECTRE III, ELECTRE IV, EXSYS Corvid, Frootier Analyst, PRIME Decisions, Treeplan, PROMCALC ve VISUAL PROMETHEE örnek olarak verilebilir (Ersöz & Kabak, 2010).

Çok Kriterli Karar Vermenin Bileşenleri

ÇKKV yöntemlerinde mevcut olan elemanlar (bileşenler) aşağıda belirtilmiştir.

Alternatifler: Karar sürecinde seçim yapılabilecek olan farklı hareket tarzlarıdır. Alternatifler aynı zamanda seçenek olarak ta adlandırılmaktadır.

Çok Sayıda Kriter: ÇKKV’de birden fazla kriter bulunmaktadır. Kriterler “nitelik” olarak ta ifade edilmektedir. Kriterler, alternatiflerin farklı açılardan değerlendirildiği niteliklerdir.

Kriterler Arasında Çelişki: Karar problemlerinde birden fazla kriter olduğundan dolayı farklı kriterler birbirleriyle çelişebilmektedir. Örneğin; ev alma probleminde evin büyüklüğü kriteri ile evin fiyatı kriteri çelişecektir.

Karşılaştırılmaz Ölçü Birimleri: Değerlendirme faktörleri veya ölçütler, bazen karşılaştırılmaz nitelikte olan ölçü birimleri cinsinden ifade edilebilir. Örneğin, ev satın alma kararında “maliyet” kriteri TL birimi ile “evin büyüklüğü” kriteri ise metrekare birimi ile ölçülmektedir. Kriterler arasında farklı ölçü birimlerinin kullanılması ÇKKV problemlerinin çözümünde zorluğa neden olmaktadır. Kriterlerle ilgili diğer bir husus ise sayısal ve sözel nitelikteki kriterlerin birlikte değerlendirmeye alınmasıdır. Örneğin, araba alım probleminde fiyat sayısal nitelikli bir kriter iken yakıt kriteri ise, “iyi”, “orta”, “kötü” şeklinde belirtilen sözel nitelikli kriterdir.

Kriter Ağırlıkları: Kriter ağırlıkları, kriterlerin verilecek olan karara yapacakları katkıyı ifade etmektedir. Her bir kriterin önem derecesi farklı olurken kriter ağırlıkları da farklı olmaktadır. Ağırlıklar, karar verici tarafından direkt atanır veya ağırlıkları belirleme amaçlı olarak geliştirilmiş yöntemler kullanılmaktadır. Kriter sayısının n olması durumunda;

$$w^t = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad \text{ve} \quad \sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Karar Matrisi: ÇKKV problemlerinde (mxn) boyutlu karar matrisi bulunmaktadır. Aşağıdaki matris genel gösteriminde; A_i : Alternatifler, a_{ij} : i. alternatifin j. kriter ile değerlendirilmesi sonucundaki matris elemanı, w_j : kriterlerin ağırlık değerlerini ifade etmektedir (Lezki, 2014).

Tablo 1. Karar Matrisi Genel Gösterimi

Alternatifler	Kriterler				
	K1	K2			Km
A_1	a_{11}	a_{12}			a_{1m}
A_2	a_{21}	a_{22}			a_{2m}
.					
.					
A_n	a_{n1}	a_{n2}			a_{nm}
Ağırlıklar(W_j)	W_1	W_2			W_m

Kaynak: S. Erdal Dinçer, **Çok Kriterli Karar Alma**, 1.Baskı, Ankara: Gece Kitaplığı Yayınevi, s.32.

Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Sınıflandırılması

ÇKKV yöntemleri; optimum olan alternatifi tespit etmek, (seçim problemleri) alternatiflerin sıralanmasını sağlamak, (sıralama problemleri) veya alternatiflerin sınıflandırılmasını gerçekleştirmek (sınıflandırma problemleri) amacıyla kullanılmaktadır.

Seçim Problemleri

Birbirleriyle karşılaştırılması zor ve eşit ağırlık değerine sahip olan alternatifler kümesinden, en uygun alternatifin elde edilmesini sağlayan problemlere **Seçim Problemleri** denmektedir.

Sınıflandırma Problemleri

KV problemlerinde bazı durumlarda alternatiflerin belli kriter veya tercihlere göre sınıflandırılmasını sağlayan problemlere **Sınıflandırma Problemleri** denmektedir.

Sıralama Problemleri

Karar verici tarafından alternatif kümesi içerisindeki alternatiflerin iyiden kötüye sıralanmasını sağlayan problemlere **Sıralama Problemleri** denmektedir (Dinçer E. , 2019).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde önemli olan çözülmesi hedeflenen problemi iyi analiz etmek ve en uygun yöntemi seçip uygulamaktır. Problemler yapılarına göre farklı tipteki yöntemlerden biriyle çözüme kavuşturulur. ÇKKV yöntemlerinden bir kısmı uygulamada araştırmacılar tarafından çok sık bir kullanım alanına sahip iken, bir kısmı ise nadir olarak az sayıdaki problemin çözüm aşamasında kullanılmaktadır. ÇKKV yöntemleri oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Çok sayıda sektör tarafından sıklıkla başvurulup çeşitli durumlarda kullanılmaktadırlar. ÇKKV yöntemleri; finans, enerji, ekonomi, sağlık, insan kaynakları, inşaat, askeri, ticari, endüstri vb. alanlarda kullanılmaktadır (Dinçer & Yüksel, 2018).

Karşılaşılan karar probleminin tipine göre ÇKKV yöntemlerinin uygulaması değişiklik göstermektedir. Karar verici problem için hangi yöntemin daha uygun olduğuna, problemin tipine (Seçim, Sınıflandırma, Sıralama) ve yapısına göre karar verir. ÇKKV yöntemlerinden bazıları aşağıda belirtilmiştir (Özbek & Engür, 2019).

- | | | | |
|------------------------|-----------|-------------|-----------|
| • AHP | • VIKOR | • ARAS | • ELECTRE |
| • ENTROPI | • DEMATEL | • PROMETHEE | • MOORA |
| • OCRA | • COPRAS | • TOPSIS | • ORESTE |
| • SAW | • MAUT | • SWARA | • VZA |
| • Gri İlişkisel Analiz | • ANP | • WSA | • CRITIC |

ÇKKV yöntemlerinde önemli bir husustan bahsedecek olursak; karar vericiler tarafından aynı probleme karşı aynı varsayımlar uygulandığında bile farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bunun nedenleri ise, her yöntemde ağırlıkların farklı olarak uygulanması, çözümün elde edilmesinde yöntemlerin algoritmalarındaki farklılık ve subjektif yaklaşım tarzıdır. Son yıllarda, belirlenen kriterlere uygun optimum alternatif seçiminin yapılmasında kullanılan çok fazla sayıda yöntem ortaya konmuştur. Bahsedilen yöntemlerden biri kullanılırken oluşacak olan bir eksiklik herhangi bir yöntem ile giderilebilmektedir. Böylece yöntemlerin eksik yönleri diğer yöntemlerle giderilmek suretiyle probleme ilişkin daha iyi ve daha doğru sonuçlara ulaşılabilmektedir.

ÇKKV yöntemlerinin her biri farklı özelliklere sahiptir ve farklı tipteki karar problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Bunlardan bir kısmına örnek verecek olursak; Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Prosesi (ANP) kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde dikkate alınmaktadır. DEMATEL yöntemi ise hem kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde hem de kriterler arasındaki etkileşimde dikkate alınmaktadır. TOPSIS,

VIKOR, PROMETHEE ve ELECTRE gibi yöntemler de farklı alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanmasında kullanılmaktadır (Özden, 2009).

Çalışmanın temelini oluşturan ve kuyrukta bekleyen yedek parçaların tamir önceliklerinin belirlenmesi problemi, tip olarak sıralama ve ÇKKV problemlerindendir. Çeşitli sıralama yöntemlerinden yararlanarak bu tür problemlerde alternatiflerin öncelik sıraları belirlenmektedir. Şimdi de çalışmanın uygulama aşamasında kullanılan VIKOR, PROMETHEE ve ENTROPİ yöntemleri detaylı olarak anlatılacaktır.

VIKOR Yöntemi

VIKOR (Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje); Sırpça bir kelimenin baş harflerinden oluşmakla beraber kelime anlamı olarak çok ölçütlü optimizasyon ve uzlaşık çözüm demektir. Yöntem, ÇKKV problemlerinin optimizasyonu için geliştirilip literatüre kazandırılmıştır. (Mutlu & Sarı, 2017)

VIKOR yöntemi, ilk olarak 1998 yılında Serafim Opricovic tarafından geliştirilmiş ve 2004 yılında Opricovic ve Tzeng'in yapmış olduğu çalışma ile dünya çapında popüler hale gelmiştir. VIKOR, ÇKKV problemlerinin çözümünde sıralama amaçlı çözümler elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Yöntem, alternatifler arasında değerlendirme kriterleri aracılığıyla optimum çözümün elde edilmesi temeline dayanmaktadır. Burada belirtilen optimum çözüm, ideal çözüme en yakın olan çözüm demektir (Özden, 2012). VIKOR yöntemi, çeşitli alternatifler arasında en iyi ve optimum alternatifin seçilmesi ve diğerlerinin de sıralanmasını sağlayan ÇKKV yöntemidir.

VIKOR yönteminde temel amaç; karşılaşılan karar problemlerinde minimum bireysel pişmanlık ile maksimum grup faydasını gerçekleştiren çözümü elde etmek ve alternatiflerin değerlendirilmesi suretiyle uzlaşık bir çözüme ulaşmaktır. Karar vericilerin uzlaşık çözüm elde etmelerine imkân tanıyan yöntemde ifade edilen uzlaşık çözüm kavramı, karar vericilerin herhangi bir alternatif üzerinde mutabakata varma durumudur. VIKOR yöntemi, karar vericinin tercihlerinin kesin olarak bilinmediği ve bu tercihlerin tanımlanamamış olması durumunda kullanılır. VIKOR yönteminde elde edilen uzlaşık çözüm, karar verici/vericiler için kabul edilebilir niteliktedir. Çünkü bu uzlaşık çözüm, çoğunluğun maksimum grup faydasını sağlarken aynı zamanda rakibin de bireysel pişmanlığını minimize eder. VIKOR yöntemi, yedek parçaların önceliklendirme probleminde, kaynakların planlanmasında, fabrika ve her türlü tesis yerinin seçilmesinde, kalite ve performans değerlendirme problemleri ile her türlü sıralama gerektiren karar problemlerinin çözümünde tercih edilip kullanılmaktadır (Obricovic & Tzeng , 2004).

Bu yöntemin esası, alternatifler ve kriterler bağlamında optimum ve uzlaşılmış çözümün elde edilmesine dayanmaktadır (Mihçı, 2014). VIKOR yönteminde, çelişki potansiyeline sahip olan kriterlerin beraber değerlendirilip optimum çözüme yakın çözümlerin elde edilerek alternatiflerin performanslarına göre sıralanması sağlanır. VIKOR, alternatif kümesi için uzlaşılmış bir sıralama yapılmasını ve bu sayede uzlaşılmış ortak bir çözüme varılmasını sağlar. Yöntemde alternatiflerin herbiri için, tek tek tüm kriterler için değerlendirilmesi söz konusudur. (Uludağ & Doğan , 2016) Karar verici tarafından karşılaşılan problemlerde VIKOR yönteminin uygulanabilmesi için karar probleminin bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bunlar şu şekildedir (Özden, 2012):

- Fikir çatışmalarının çözüme kavuşturulması için uzlaşmanın kabul edilebilir nitelikli olması şarttır.
- Karar verici, elde edilen uzlaşılmış çözüme en yakın olan sonucu kabul etme isteğinde olmalıdır.
- Belirlenen alternatiflerin her biri, tüm kriterler için değerlendirmeye alınmalıdır.

VIKOR Yönteminin Aşamaları:

VIKOR yöntemi 6 aşamadan oluşmaktadır.

Adım 1: İlk aşamada karar verici tarafından karar matrisi oluşturulur.

Tablo 2. Vikor Yöntemi Tipik Karar Matrisi

Karar Birimleri	Değerlendirme Faktörleri (Kriterler)				
	F ₁	F ₂	F ₃		F _k
A ₁	F ₁ (A ₁)	F ₂ (A ₁)	F ₃ (A ₁)		F _k (A ₁)
A ₂	F ₁ (A ₂)	F ₂ (A ₂)	F ₃ (A ₂)		F _k (A ₂)
.....					
Ağırlıklar	w ₁	w ₂	w ₃		w _k

Kaynak:S. Erdal Dinçer, **Çok Kriterli Karar Alma**, 1.Baskı, Ankara: Gece Akademi Yayıncılık, 2019, s.32.

Karar matrisinin sütunları (i=1, 2, ..., n) kriterleri, satırları ise (j=1, 2, ..., m) alternatifleri gösterebilir.

Adım 2: En iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) kriter değerlerinin bulunması.

Karar matrisinin kurulmasının ardından kriterlerin tümü için ayrı ayrı (i= 1, 2, ..., n) en iyi ve en kötü değerler tespit edilir. En iyi ve en kötü kriter değerlerinin oluşturulmasında kriterlerin tipine göre hareket edilmelidir.

Eğer i. kriter fayda/kar özelliği taşıyorsa,

$$i \text{ kriteri fayda kriteri ise: } f_i^* = \max_j f_{ij}, f_i^- = \min_j f_{ij}$$

(f_i^*)= min f_{ij} denklemi kullanılır.

Eğer i. kriter maliyet özelliği taşıyorsa,

$$i \text{ kriteri maliyet kriteri ise: } f_i^* = \min_j f_{ij}, f_i^- = \max_j f_{ij}$$

(f_i^-)= max f_{ij} denklemi kullanılır.

Adım 3: S_j (Ortalama Grup Skoru) ve R_j (En Kötü Grup Skoru) değerlerinin elde edilmesi.

En iyi f_i^* ve en kötü f_i^- değerleri hesaplandıktan sonra karar matrisindeki alternatiflerden her biri için (j=1, 2, 3, ..., m), S_j j. alternatif için ortalama grup skoru ve R_j j. alternatif için en kötü grup skoru değerleri hesaplanır (Opricovic & Tzeng , 2007).

S_j Ve R_j aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right]$$

Adım 4: Q_j (Maksimum Grup Faydası) değerlerinin elde edilmesi.

Alternatiflerden her biri için (j=1,2,3,...,m) için Q_j (maksimum grup faydası) aşağıdaki formülle elde edilir. Aşağıdaki denklemde; S^* minimum S_j değeri; S^- maksimum S_j değeri, R^* minimum R_j değeri ve R^- maksimum R_j değeridir. “v değeri” maksimum grup faydasını gösteren stratejinin ağırlığını ve “(1-v)” değeri de kişisel pişmanlığın ağırlığını göstermektedir. Genellikle v=0,5 alınır.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1 - v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*}$$

Adım 5: S_j, R_j, Q_j değerlerinin hesaplanması.

Bu adımda; Ortalama Grup Skoru, En Kötü Grup Skoru ve Maksimum Grup Faydası Değerlerinin sıralaması yapılır. Alternatiflerin her biri için ulaşılan S_j, R_j, Q_j değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak üç farklı sıralama sütunu elde edilir.

Adım 6: Kabul edilebilir avantaj (C1) ve kabul edilebilir istikrar (C2) kümesinin belirlenmesi.

S_j, R_j, Q_j Değerlerinin sıralanması doğrultusunda kabul edilebilir avantaj C_1 ve kabul edilebilir istikrar C_2 kümeleri belirlenir.

Kabul Edilebilir Avantaj(C1): En iyi ve ona en yakın olan alternatifler arasında belirgin derecede farklılık olduğunu gösteren şarttır.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ$$

Yukarıdaki formülde (A1) en iyi alternatifi A2 ise en iyi ikinci alternatifi göstermektedir. Aşağıdaki ifade de J alternatif sayısını göstermektedir.

$$DQ = \frac{1}{j - 1}$$

En iyi ilk iki alternatif arasında olan fark ne kadar büyük ise en iyi alternatifi seçmenin kolaylaşacağı söylenebilir (Özden, 2012).

Kabul Edilebilir İstikrar(C2): En iyi alternatif olan değer S veya R ile en iyi sıralanan alternatif olması gerekir. Eğer bu iki koşuldan biri sağlanmazsa uzlaşılmış en iyi çözüm kümesi şu şekilde olur: İkinci koşul sağlanmazsa birinci sıradaki A1 ve ikinci sıradaki A2 alternatiflerinin ikisi de en iyi uzlaşılmış alternatif çözüm olarak bulunur.

Birinci koşul sağlanmazsa sıralanan tüm alternatiflerin hepsi $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$ maksimum için $Q(A_2) - Q(A_1) < DQ$ ilişkisi ile belirlenir. Uzlaşıp çözüm (Q) değerlerine göre yapılır. En iyi alternatif (Q) minimum olandır (Dinçer & Demir, 2018).

PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE, “The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation” olarak belirtilen yöntemin açık şekilde yazılışında baş harflerinin bir araya getirilmesiyle oluşan ve bilim dünyasına kazandırılan bir yöntemdir. Literatürde var olan ÇKKV yöntemleri içerisinde en sık tercih edilen yöntemlerden biridir. Önceliklendirme ve sıralama yapılmasının gerekli olduğu karar problemlerinin çözümünde araştırmacılar tarafından yaygın olarak başvurulmuş bir sıralama yöntemidir. PROMETHEE yönteminin önceliklendirme problemlerinin çözülmesinde en çok rağbet gören yöntem olmasının nedeni ise, literatürde mevcut önceliklendirme yöntemlerinin kullanılması aşamasında karşılaşılan zorluklardan yola çıkılması ve tespit edilen eksiklerin giderilmesi sonucunda geliştirilmiş olmasıdır (Dağdeviren & Eraslan, 2008).

PROMETHEE yöntemi, Jean-Pierre Brans tarafından 1982 yılında literatüre kazandırılmış ve 1985 yılında Jean-Pierre Brans ve Philippe Vincke’nin yapmış olduğu çalışmalar sonucunda geliştirilmiştir. Yöntem, ÇKKV yöntemleri içerisinde en son geliştirilenlerden biridir. PROMETHEE yöntemi ile sonlu sayıda alternatif için hem kısmi sıralama (PROMETHEE I) hem de tam sıralama (PROMETHEE II) yapma imkânı bulunmaktadır. Yöntemde iki temel model vardır. Bunlar ise; PROMETHEE I (kısmi sıralama) ve PROMETHEE II (tam sıralama) dir. (Brans, Vincke, & Mar, 1986) PROMETHEE I ile

tercih fonksiyonları aracılığıyla alternatiflere ilişkin; üstünlük, eşitlik ve karşılaştırılmaz şeklinde gruplandırma yapılarak bir sonuca varmak mümkündür. Fakat elde edilecek bu sonuç tam bir sıralama değildir. Bu şekilde alternatiflerin sadece pozitif ve negatif akımları ortaya konulmuş olur. PROMETHEE II ile alternatiflerin pozitif veya negatif akımı değil de net akımları elde edilmektedir. Bu net akımlara göre alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralaması gerçekleştirilir (Genç, 2012).

PROMETHEE yöntemi, belirlenen kriterler altında optimum olan alternatifin seçilmesi amacını gerçekleştirmek üzere geliştirilen etkili, kolay ve iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Yöntemin çeşitleri bulunmaktadır.

Bunlara değinecek olursak; PROMETHEE I ile alternatiflerin belirli kriterler altında incelenmesi sonucunda kısmi öncelikler elde edilmektedir. PROMETHEE II ile alternatiflerin belirli kriterler altında incelenmesi sonucunda tam öncelikler elde edilmektedir. PROMETHEE III ile aralıklı sıralama yapma imkânı ortaya çıkarılmıştır. PROMETHEE IV ile devamlı sıralama yapma imkânı ortaya çıkarılmıştır. 1988 yılında GAIA olarak isimlendirilen görsel bir metot geliştirilmiş ve GAIA ile görsel grafikler oluşturulması sağlanmıştır. 1992 ve 1994 yıllarına gelindiğinde Brans ve Mareschal tarafından PROMETHEE yöntemine ait iki farklı metot geliştirilmiştir. Bunlar ise PROMETHEE V ve PROMETHEE VI'dır. PROMETHEE V, parçalara ayrılmış olan kısıtları kapsayan ÇKKV'yi ifade ederken, PROMETHEE VI ise insan beynini temsil edip simgeleyen bir metottur (Dinçer E. , 2019).

PROMETHEE yöntemi, alternatiflerin belirlenen kriterler aracılığıyla altı tip tercih fonksiyonuna göre ikili mukayeselerinin yapılması şeklinde gerçekleşen bir ÇKKV yöntemidir. Yani PROMETHEE yönteminde alternatiflerin kriterlere göre ikili mukayesesi yapılmaktadır (Brans & Vincke, 1985). PROMETHEE yönteminin diğer sıralama yöntemlerinden bazı üstün yanları bulunmaktadır. Bunlar; alternatiflerin değerlendirilmesinde kriterlerin her birinin farklı tercih fonksiyonuna tabi tutulması ve yöntem sonucunda alternatiflere ait olan kısmi ve tam sıralamaların elde edilebilmesidir (Özdağoglu, 2013). Yöntem, ÇKKV yöntemleri arasında basit, anlaşılır ve diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak belirlenmiş olan altı tip tercih fonksiyonunu kullanan ve aynı zamanda alternatiflerin hem kısmi hem de tam önceliklerine ulaşarak detaylı ve iyi bir analiz yapma imkânı sunar (Erpolat Taşabat, Cinemre, & Şen, 2015). Ayrıca PROMETHEE, kullanımı kolay olan, basit, açık ve dengeli bir sıralama yöntemidir (Kecek & Yüksel, 2016). Yöntemin uygulanabilmesi için 2 tip bilgiye ihtiyaç vardır. Bunlar; kriterlerin ağırlıkları ve karar verici tarafından belirlenen alternatiflerin kriter değerleridir (Dinçer, Ekin, & Karakaş, 2017). Şimdi de yöntemin aşamalarına değinelim.

PROMETHEE Yönteminin Aşamaları

PROMETHEE yöntemi 6 aşamadan oluşmaktadır.

Adım 1: İlk aşamada karar verici tarafından karar matrisi oluşturulur.

Tablo 2. PROMETHEE Yöntemi Tipik Karar Matrisi

Karar Birimleri	Değerlendirme Faktörleri (Kriterler)				
	F_1	F_2	F_3		F_k
A_1	$F_1(A_1)$	$F_2(A_1)$	$F_3(A_1)$		$F_k(A_1)$
A_2	$F_1(A_2)$	$F_2(A_2)$	$F_3(A_2)$		$F_k(A_2)$
.....					
Ağırlıklar	w_1	w_2	w_3		w_k

Kaynak: S. Erdal Dinçer, **Çok Kriterli Karar Alma**, 1.Baskı, Ankara: Gece Akademi Yayıncılık, 2019, s.146.

Adım 2: Alternatiflerin belirlenen kriterler aracılığıyla altı tip tercih fonksiyonu kullanılarak ikili mukayeseleri yapılır. Kriterlere özgü altı tip tercih fonksiyonu aşağıda sunulmuştur. (Atıcı & Ulucan, 2009)

Tablo 3. Tercih Fonksiyonları

Tip	Parametre	Fonksiyon	Grafik, $P(x)$
Birinci Tip (olağan)	-	$p(x) = \begin{cases} 0, & \forall x \leq 0 \\ 1, & \forall x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U-tipi)	l	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-tipi)	m	$p(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	
Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq q+p \\ 1, & x > q+p \end{cases}$	
Beşinci Tip (Lineer)	s, r	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x-s)/r, & s < x < s+r \\ 1, & x \geq s+r \end{cases}$	
Altıncı Tip Gaussian	σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x > 0 \end{cases}$	

Kaynak: Kazım Barış Atıcı ve Aydın Ulucan, “Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları” H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt.27, Sayı.1, (2009), s.176.

Buradaki parametreler; q: Farksızlık Değeri, p: Kesin Tercih Eşiği, s: p ve q arasındaki ara değerdir. q değeri, kriterlerin alternatiflere göre en büyük fark değeri iken, p değeri ise en küçük farktır. Burada d değeri, bir kriter açısından iki alternatif değeri arasındaki farktır. Hangi kriter için hangi tercih fonksiyonunun seçileceği karar verici tarafından bir kriterle ilişkin verilerin dağılımına bakılarak karar verilir (Pavi & Babi , 1991).

Yöntemde kullanılan tercih fonksiyonlarının tipi aşağıda belirtilen durumlara göre belirlenir (Brans & Vincke, 1985).

1. Karar verici için ilgili kriter özelinde herhangi bir tercih söz konusu değilse, o kriter için kullanılacak olan tercih fonksiyonu Birinci tip(olağan) tercih fonksiyonudur.
2. Karar verici tercihini, ilgili kriter için kendi belirlemiş olduğu sayısal değer in üstündeki bir değere sahip karar noktasından yana kullanmak istiyorsa, kullanılacak olan tercih fonksiyonu İkinci tip (U tipi) tercih fonksiyonudur.
3. Karar verici tercihini, bir kriter için ortalamanın üstünde bir sayısal değere sahip alternatiften yana kullanmak istiyor, fakat bu değerden daha küçük olan değerleri de dikkate almak istiyorsa, kullanılacak olan tercih fonksiyonu Üçüncü tip (V Tipi) tercih fonksiyonudur.

4. Karar verici tercihini, bir kriter için belli bir sayısal değer aralığında belirlemek istiyorsa, kullanılacak tercih fonksiyonu Dördüncü tip (seviyeli) tercih fonksiyonudur.
5. Karar verici bir kriter için tercihini ortalamanın üstünde bir değere sahip alternatiflerden yana kullanmak istiyorsa, kullanılacak olan tercih fonksiyonu Beşinci tip (Doğrusal) tercih fonksiyonudur.
6. Karar vericinin tercihinde belirleyici olan durum, ilgili kriter değerlerinin ortalamadan sapma değerleri ise kullanılacak olan tercih fonksiyonu Altıncı tip (Gaussian) tercih fonksiyonudur.

PROMETHEE yöntemi KV sürecine alternatiflerin kriter değerlerini ikili mukayese ederek başlar. Bu mukayese tercih fonksiyonları yardımıyla gerçekleştirilir. Kullanılacak olan tercih fonksiyonlarına göre, her bir kriter için alternatiflerin ikili mukayese edilmesi sağlanır ve ortak tercih fonksiyonları belirlenir. A ve B iki karar noktasını göstermesi durumunda alternatifler arasındaki tercih fonksiyonu ise aşağıda gösterilmiştir.

$$p[f(a), f(b)] = p[f(a) - f(b)]$$

Yöntemde iki alternatifin belli bir kriter üzerindeki değerleri arasındaki fark dikkate alınır. Küçük sapmalar (farklar) karar vericilerin alternatifler arasında küçük bir farkla tercih yaptıklarını göstermektedir. Fark ne kadar büyük olursa, karar vericinin tercihi de o kadar kesinlik kazanacaktır. Bu yüzden kesin ve daha sağlıklı sonuçlar için farkın büyük olması istenir.

Adım 3: Ortak tercih fonksiyonları kullanılarak karşılaştırılan alternatiflere ait tercih indeksleri aşağıda yer alan eşitlik yardımıyla belirlenir. Tercih indeksleri, her iki alternatifin (a, b) karşılıklı olarak üstünlüklerinin tespit edilmesi bakımından aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b)$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(b, a)$$

Adım 4: Alternatiflerden her biri için belirlenen tercih indeksleri aracılığıyla, alternatiflere ait pozitif ve negatif akım değerleri belirlenir ve alternatifler için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) akım değerleri ise aşağıdaki formüllerin kullanılmasıyla belirlenir.

Pozitif akım:

$$\varphi^+(a) = \sum \pi(a, b)$$

Negatif akım:

$$\varphi^-(a) = \sum \pi(b, a)$$

Adım 5: PROMETHEE 1 ile kısmi sıralamalar elde edilir.

Bu aşama, alternatiflere ait pozitif ve negatif akım değerlerinin ikili olarak mukayese edildiği ve bu ikili mukayese neticesinde karşı karşıya kalınabilecek üç farklı durumun gözlemleneceği aşamadır. Bu durumlar ise şu şekildedir. Bir alternatifin diğer bir alternatifte üstün olması, alternatiflerin birbirlerinden farksız olması ve alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılamazlığıdır (Atıcı & Ulucan, 2009, s. 161-177).

Pozitif ve negatif akım değerleri ile PROMETHEE I (kısmi sıralama) değerlerine ulaşan karar verici, eldeki bu sonuçları baz alarak alternatifler arasında en iyiden en kötüye doğru bir sıralamaya ulaşamayabilir. Bu durumda PROMETHEE II sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Brans, Vincke, & Mar, 1986).

Adım 6: PROMETHEE 2 ile tam sıralamalar elde edilir.

Karar vericinin daha etkin ve rasyonel bir karara ulaşabilmesi için tam sıralama değerlerine ulaşması gerekmektedir. Bunun içinde PROMETHEE II ile net akım değerleri aşağıdaki denklemden yararlanarak elde edilir. Alternatiflere ilişkin tam sıralama yapılırken net akım değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanması gerçekleştirilir.

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

Hesaplanan net akım değeri ise $\Phi(a)$, pozitif ve negatif akımlar arasındaki farktır. Net akım değerleri ile alternatifin performansı arasında çok sıkı ve doğru orantılı bir ilişki vardır. Net akım değerinin yüksek olması alternatifin performansı da o derece yüksek olacağını gösterir. Elde edilen net akım değerlerine göre alternatifler arasında nihai bir sıralama yapma imkânı doğmaktadır (Soba).

Son yıllarda bilişim ve yazılım sektöründe yaşanan gelişmeler sayesinde PROMETHEE yönteminin çözümünde kullanılmak üzere geliştirilen farklı bilgisayar programları bulunmaktadır. Çok sayıda veri kullanımının gerekli olduğu durumlarda problemlerin çözümünün PROMETHEE yöntemiyle sağlanması ve karar vericilere bu süreçte kolaylık ve destek sağlayacak olan DECISION LAB ve VISUAL PROMETHEE gibi yazılımlar oluşturulmuştur (Ekin, 2014).

ENTROPİ Yöntemi

Entropi kavramı, bir sistemde var olan belirsizliği, düzensizliği ifade etmektedir. İlk kez Alman Fizikçi Rudolf Clausius tarafından 1865 yılında termodinamiğin ikinci yasası olarak ortaya atılmasından sonra Entropi kavramını 1948 yılında Claude E. Shannon kullanmıştır. Shannon'a göre Entropi, bir iletinin bilgi içeriğini ölçmede kullanılan bir kavramdır. Entropi; istatistik, matematik ve mühendislik alanlarında çok sık kullanılan bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir.

Shannon Belirsizliği olarak ta bilinen Entropi yöntemi, eldeki verilerin sağlamış olduğu faydalı bilginin miktarının ölçülmesinde kullanılmaktadır (Orakçı & Özdemir, 2017). Entropi yöntemi, doğrudan veriler üzerinden yapılan bir ağırlıklandırma işlemidir. Aynı zamanda nesnel bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir (Çınar, 2004).

Entropi yöntemi, bilginin düzensizlik derecesini ortaya koymaktadır. Bu yöntemde değişkenlik ile düzensizlik arasında doğru yönlü bir ilişki vardır. Düzensizlik fazla ise bu durum değişkenliğin fazla olduğunu ve buna bağlı olarak incelenen sistem ile ilgili bilginin az olduğunu gösterir. Düzensizlik az ise bu durum değişkenliğin az olduğunu ve buna bağlı olarak incelenen sistem ile ilgili bilginin fazla ve doyurucu olduğunu ortaya koyar. Entropi, ayırık olasılık dağılımı P_i ile birlikte sunulan belirsizlik miktarını içeren bir kriterdir. Tanımlanan belirsizliğe ait matematiksel ifadeye aşağıda yer verilmiştir.

$$S(P_1, P_2, \dots, P_n) = -k \sum_{j=1}^n P_j \cdot \ln P_j$$

Matematiksel ifadede yer alan k sabit bir katsayısı ve (P_j) ise olasılık dağılımının entropisini ifade etmektedir. “Entropi” ve “Belirsizlik” kavramları eş anlamlı olarak değerlendirilmektedir. Tüm P_i değerleri $P_i=1/n$ değerini aldığı anda $S(P_1, P_2, \dots, P_n)$ en büyük değeri alır. (Aydoğdu & Şahin, 2019)

Yöntem ile veri kümelerinde var olan belirsizliklerin ölçümü yapılır ve bu belirsizlik (entropi) değeri ile veri kümelerine ait farklılaşma değerlerine ulaşılır. Bu durumda kriterlerin her biri için farklılaşma değerinin toplam farklılaşma içerisindeki payı o kritere ait ağırlık değerini ortaya koyacaktır (Ömürbek, Karaatlı, & Balcı, 2016).

Entropi Yönteminin İşlem Adımları

Entropi yöntemi 4 aşamadan oluşmaktadır.

Adım 1: Normalizasyon işlemi.

Entropi yöntemi ile kriterler için ağırlık değerlerinin belirlenmesi aşamasında $m \times n$ boyutlu karar matrisine sahip olduğumuzu düşünürsek, öncelikle kriterler farklı ölçeklere sahiptir ve değerlendirme yapabilmek için farklı ölçek düzeylerinden kaynaklanacak olan hatayı ortadan kaldırmak için normalizasyon işlemi yapılır. Bu işlem için aşağıdaki formülasyondan yararlanılmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{p=1}^m x_{pj}}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Bu eşitlik ile $R = [R_{ij}]_{m \times n}$ normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmiş olur.

Adım 2: Entropi değerlerinin hesaplanması.

Her bir kriter için entropi değeri veya belirsizlik ölçüsü değeri aşağıda verilen formül ile elde edilir.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \cdot \ln r_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Buradaki k değeri $\frac{1}{\ln m}$ ile tanımlı sabit bir katsayıyı gösterir ve k değerinin $0 \leq e_j \leq 1$ arasında olduğu bilinmektedir. e_j Değeri j . kriterin entropi değerini göstermektedir.

Adım 3: Farklılaşma derecesi değerinin hesaplanması.

Bulunan entropi değerinden hareketle farklılaşma derecesi değerleri her bir kriter için aşağıdaki formül kullanılarak elde edilir.

$$d_j = 1 - e_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Adım 4: Ağırlıkların hesaplanması.

Bu aşamada her bir kritere ait olan farklılaşma derecesi toplam farklılaştırma derecesine bölünerek her bir kritere ait olan kriterler ağırlık değerlerine ulaşılır. Aşağıdaki denklemde W_j değeri j . kriterin ağırlığıdır. Ağırlıklar toplamı ise 1'dir (Çelebi, Demirarslan, Küçükönder, & Kınır, 2019).

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{p=1}^n d_p}$$

Sonuç olarak; bu yöntemde e diye ifade edilen Entropi değerinden yola çıkılarak farklılaşma değeri olarak bilinen $d=1-e$ değerleri elde edilir. Her bir kriter için elde edilen farklılaşma değerlerinin toplamı alınır. Her bir kriterin farklılaşma değerinin toplam farklılaşma değerine oranı ise kriter ağırlıklarını vermektedir.

Entropi yönteminin işlem adımlarına baktığımızda, her bir kritere ait entropi değerlerinin elde edilmesinde negatif değerlerin olması halinde karar problemlerinde bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunların bertaraf edilmesinde kullanılan yöntemlerden en bilineni ise z -değeri standartlaştırması yapılarak negatif değer sorununu ortadan kaldırmaktır. Bu yönetime göre; verilen karar matrisinde yer alan her bir x_{ij} elemanı için aşağıda verilen eşitlik yardımıyla standartlaşma işlemine tabi tutulur.

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

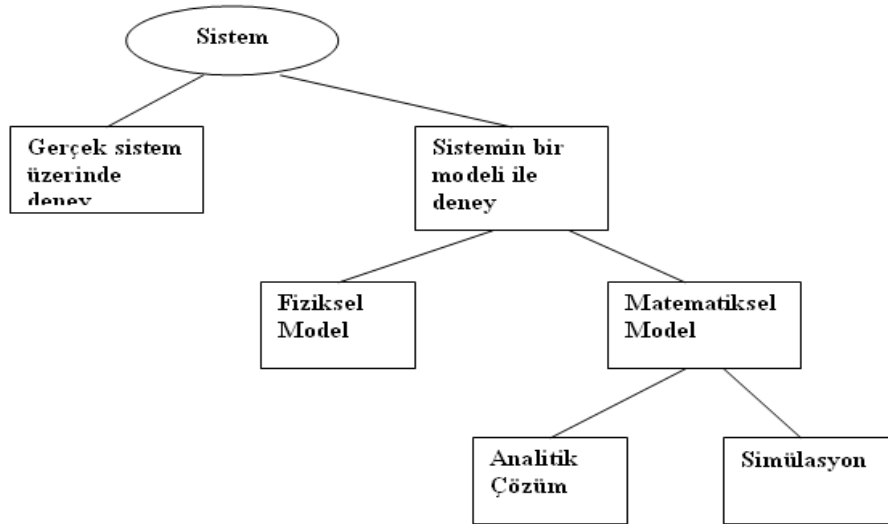
Burada $\bar{x}_j$ ve s_j değerleri, sırasıyla kritere ilişkin aritmetik ortalama ve standart sapma değerlerini gösterir. Ardından aşağıdaki denklem kullanılarak pozitifleştirme işlemi yapılır.

$$X_{ij}^* = Z_{ij} + A$$

Simülasyon

Sistemin Tanımlanması

Simülasyonu açıklamadan önce bu konu ile sıkı ilişki içerisinde bulunan ‘‘Sistem’’ ve ‘‘Model’’ kavramlarının açıklanıp anlaşılması çok önemlidir. Sistem, bir amacı gerçekleştirmek ve bir veya birden fazla sonuca ulaşabilmek amacıyla aralarında çeşitli ilişkiler olan bileşenlerin oluşturmuş olduğu bir bütündür. (Öner, 1985) Örneğin; yedek parça bakım onarımı yapan bir atölye sisteminde, makinalar, komponentler ve personeller; komponent bakım onarım sisteminin unsurlarıdır.



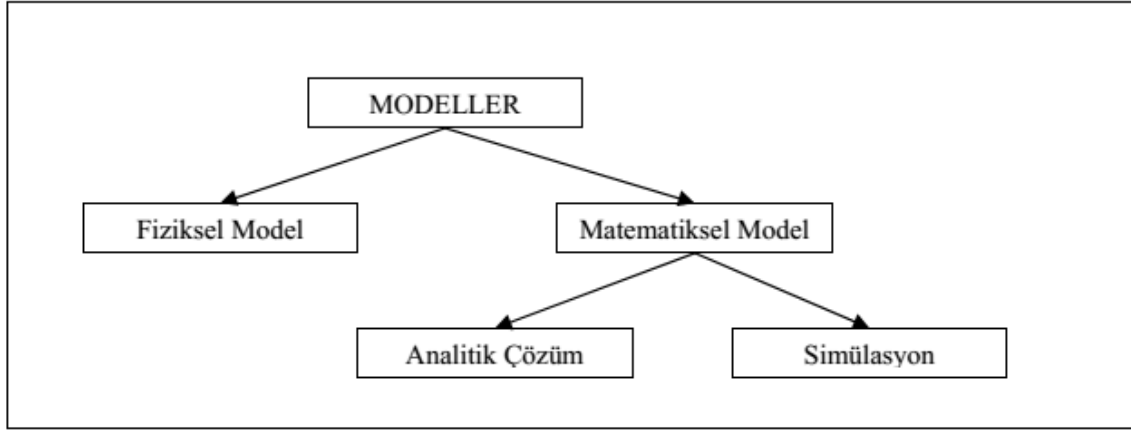
Şekil 1. Sistemin Sınıflandırılması

Kaynak: Prof.Dr. Ünal Halit Özden, ‘‘Simülasyon Ders Notları’’, 2015, s.14.

Modelin Tanımlanması

Model; bir objenin veya bir sistemin temsidir. Model, gerçek dünyada var olan bir olayın veya sistemin karmaşıklığını azaltıp basitleştirerek, anlaşılır hale getirilmesi ve soyutlaştırılmasıdır. Model, bir olayı veya sistemi tanımlamaya imkân sağlamaktadır (Ültanır, 1991).

Modelin amacı; sistemi açıklamak, tanıtmak ve anlamaktır. Model, gerçek sistem hakkında gerekli ve yeterli sonuçları elde etmeye imkân verecek detaya sahip olmalıdır. Simülasyon tekniğinin temelinde modelleme vardır. Çünkü çalışmanın konusu olan simülasyon, modelleme tiplerinden sadece biridir. Modeller, karar vericilere sistemi açıklama ve anlama konusunda sunmuş olduğu olanaklar dışında haberleşme, eğitim ve daha pek çok alanda çeşitli olanaklar sunmaktadır. Bir sistemin incelenmesinde kullanılan modellerin sınıflandırılması aşağıda belirtilmiştir (Kavcar, 2004).



Şekil 2. Modellerin Sınıflandırılması

Kaynak: Barış Kavcar, “Simülasyon Yöntemi Kullanılarak Yapılan Satış Tahminleriyle Satış Bütçesi Hazırlanması, (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi S.B.E., 2004), s.44

Modellerin sahip olduğu fonksiyonlar ise şu şekildedir. (Halaç, İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, 1998)

- 1- Düşünceye yardım etme
- 2- Haberleşmeye yardımcı olma
- 3- Eğitime hizmet etme
- 4- Tahmin ve deneme aracı olma

Modeller genellikle üç grupta incelenir. Bunlar; uyuşum, benzeşim ve matematiksel modellerdir. (Karasar, 1986)

Model, bir sistemin temsilidir. Simülasyon ile model arasındaki fark ise; simülasyon gerçeğin bir taklidi iken model ise gerçeğin bir temsili olmasıdır (Akalin, 1979).

Model kurulurken dikkat edilmesi gereken nokta, modelin gerçek sistemin sahip olduğu karakteristik özellikleri temsil etme yeteneğine sahip olmasıdır. Bir modelin sahip olması gereken esas nitelik; gerçek sisteme en yakın ve doğru tahminlerin yapılmasını sağlayan detayları içermesidir. Yani özetle, bir modelin sahip olduğu karakteristik özellikler ile modellenen sistemin karakteristik özellikleri arasında bir ahengin olması gerekir.

Model en genel haliyle ve basit şekilde aşağıdaki gibi gösterilir.

$$C = f(X_i, Y_i)$$

E: Sistem performansının etkisi

X_i : bağımsız değişken ve parametreler

Y_i : bağımlı değişken ve parametreler

F: X_i ve Y_i arasındaki ilişkiler

Bazen matematiksel olarak kurulan modelin gerçek sistemi temsil etme yeterliliğine sahip olmadığı görülür. Matematiksel modelin aksine bir diğer modelleme tipi olan simülasyonda ise durum farklılık gösterir. Simülasyon, modellenen sistemin parametrelerinin değiştirilmesi ve farklı koşulların test edilmesi kabiliyetini sağlar. Modelin sisteme ait özellikleri veya durumu temsil etme gücü ne kadar fazla ise elde edilecek sonuçlarda gerçek sistemi o kadar iyi yansıtacaktır. Modelin kurulmasından sonra çıktılar elde edilir ve çıktıların analiz edilmesiyle analiz sonuçlarına bağlı olarak birtakım kararlar verilir (Genç T. , 2000).

Simülasyonun Tanımı ve Simülasyon Kavramı

Simülasyon terimi, çok sık kullanılan ve popüler olması ile beraber herkes tarafından bilinen bir sözcük haline gelmiştir. Simülasyonun oldukça geniş bir uygulama alanı vardır. Özellikle iş dünyasında yönetsel kararların alınmasında yöneticiler tarafından kullanılan çok önemli bir yöneylem araştırması metodudur. Simülasyon, çok sayıda bilim dalıyla yakından ilişkili olan ve hakkında çok sayıda akademik yayın bulunan bir metottur.

Simülasyonun sözlük anlamı "benzetme" veya "benzetim" dir. Benzetim farklı dillerde karşılığı olan bir terimdir. Almanca, Fransızca ve İngilizcede "Simulation", İtalyancada "Simulazione", İspanyolcada "Simulacion" şeklinde ifade edilmektedir. Bu terimler Latince kullanılarak "Simulare" sözcüğünden türetilmiştir (Akbel, 2010).

Benzetim, deterministik veya stokastik sistemlerin incelenmesini sağlayan bir tekniktir. Bu yöntem ile sistemlerin analiz edilmesi, incelenmesi, geliştirilmesi ve aksayan yönlerin tespit edilmesi sağlanır (Hiller & Lieberman, 1990). Burada belirtilen stokastik sistemlere örnek olarak; kuyruk sistemleri verilebilir.

Simülasyona ait literatürde çok sayıda tanım bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Gerçek bir sisteme ait özellikleri içerisinde barındıran bir model kurup, kurulan model üzerinde farklı senaryo denemeleri yapma ve sonuçlar elde etmeye simülasyon denir (Karayalçın, 1979).

Simülasyon; matematiksel model ile inceleme imkânı bulunmayan sistemlerin modellenerek, canlandırılması ve model üzerinde değişik koşulların incelenmesidir (Erkut, 1992).

Simülasyon; gerçek bir sistemin tasarlanması, sistemin davranışlarının incelenmesi ve değişen koşullar karşısında sistemin verdiği tepkilerin gözlenmesi sürecidir (Halaç, 1998).

Simülasyon; sistemin yapay geçmişinin üretilmesi ve bu yapay geçmişe bağlı kalarak gerçek sistemin diğer koşullar karşısındaki durumunun gözlenmesidir (Kabadayı, 2007).

Simülasyon; farklı alternatifleri veya stratejileri inceleyip görmek amacıyla model üzerinde denemeler yapmaktır (Sariaslan, 1986).

Simülasyon, karmaşık ve çok sayıda faktör tarafından etkilenen sistemlerin davranışını gözlemek ve geleceğe dair tahminler yürütmek için oluşturulan modeller üzerinde deneyler yapma imkânı tanıyan matematiksel ve deneysel bir tekniktir (Shannon).

Simülasyon, uygun bir yazılım programının kullanılarak sisteme ait davranışların bilgisayar üzerinde denemesi ve benzetim yapılarak sistemin nasıl davrandığının-nasıl davranacağını incelenmesi metodudur (Pekel, 2015).

Simülasyon, sistemin davranışlarını inceleyen, anlamaya çalışan ve sistemde meydana gelen değişimlerin etkilerini ortaya koyan deneysel ve uygulamalı bir metottur (Sariaslan, 1997).

Simülasyon, matematiksel ilişkilerden oluşan karmaşık yapıdaki sistemleri hem yapı olarak hem davranış olarak analiz edip incelemek için sistemi bilgisayar ortamında modelleyerek, model üzerinde kontrolü sağlama çabalarına denir (Yeroğlu, 2001).

Simülasyon ile hem mevcut sistemler hem de tasarım aşamasında olan sistemler modellenebilmektedir. Simülasyon hem modelin yapısını hem de problem çözümü için modelin deneysel kullanımını içerir. Bu sebeple simülasyon, deneysel ve uygulamalı bir analiz yöntemidir. Bir sistemin simülasyonu, sistemi temsil etme kabiliyetine sahip ve sistemden yeterli düzeyde bilgi sağlayıp sistemle ilgili tahminde bulunulmasını sağlayacak olan bir model kurma sürecidir. Kurulan model veya modeller, temsil etmiş olduğu sistem üzerinde

uygulanması yüksek maliyet oluşturan değişiklikler ve farklı senaryoların uygulanmasına imkân tanır. Böylece sistemde herhangi bir bozulma yaşanmadan, yüksek maliyetlere katlanılmadan, tasarım aşamasındaki planlara ait sonuçların görülmesini ve uygulanması düşünülen fakat sonuçları kestirilemeyen senaryoların çıktılarına ulaşılmasını sağlamaktadır.

Model üzerinde yapılan denemelerde gerçek sistem ve onun alt sistemlerine ait tepkiler öngörülmekte ve ortaya çıkması muhtemel sonuçlar izlenmektedir. Simülasyon ile bir sistemin yapay kayıtları oluşturulur ve gerçek sistemin parametreleri ile sonuçların elde edilmesinde oluşturulan bu yapay (hayali) kayıtlar incelenir (Bilget, 2015). Kurulan bir model, gerçek olaylarla ilgili çok çeşitli durumları ve soruları araştırabilmek üzere kullanılabilir. Model üzerinde yapılan değişikliklerin sistemin performansı üzerindeki etkilerini görmek için, sistemdeki değişikliklerin simüle edilmesi gerekir.

Çoğunlukla gerçek sistemler çok karmaşık yapıya sahiptirler. Bu sistemlere ait modellerin matematiksel olarak çözülmesi de imkansızdır. Bu gibi durumlarda analitik çözüm yerine simülasyon tekniği kullanılacaktır. Simülasyonda iki temel safha vardır. Bunlar; sistemin modelini kurmak ve kurulmuş modele verileri girerek denemeler yapmak suretiyle çıktıları elde etmektir (Genç T. , 2000). Model kurulması, sistemin önemli durumlarını temsil eden bir modelin oluşturulmasıdır. Modelin kurulmasının ardından model üzerinde denemeler yapılır. Kurulan model üzerinde denemeler yapılmasının nedeni ise; pahalı ve zor kurulabilen sistemler üzerinde ortaya çıkabilecek sonuçları, hayali olarak kurulan model üzerinde görme isteğidir. Bu bahsedilen deneyler ise simülasyon paket programlarının kullanılmasıyla bilgisayarda kurulan model üzerinde gerçekleştirilir (Pekel, 2015).

Bilgisayar simülasyonu, gerçek bir sistemin matematiksel ve mantıksal bir modelinin bilgisayar ortamında denemesidir. Bu denemeler sistemlerle ilgili sonuçlar elde edilmesini sağlar. Simülasyonda adeta gerçekte var olan sistem gözlemleniyormuş gibi veriler elde edilir. Simülasyon sonucunda elde edilen veriler, sistemin performans ölçütlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bilgisayar simülasyonu, sistemlerin dizayn ve analiz edilmesinde hızlı şekilde ilerleme gösteren bir araçtır. Yeni bir sistemi kurmadan önce bilgisayarda sistem modellenerek, sistemin denemesi aşamasında karşılaşılabilecek çok sayıda engeli ve hatalı süreçleri önceden görebilme imkânı sağlar. Bunlar; simülasyonun karar vericilere veya kullanıcılara sağladığı en önemli yararlarıdır (Simulation Week 13, tarih yok).

Uygulamada, benzetim yerine bilgisayarla benzetim terimi de kullanılmaktadır. Bilgisayarla benzetim, iş yaşamında yöneticilere oldukça iyi ve doyurucu bilgiler sağlamanın yanında yol gösterici olma özelliğine sahiptir. Benzetim ya da bilgisayarla benzetim hem mevcut sistemlerin hem de tasarım aşamasındaki sistemlerin incelenmesinde sırasıyla analiz ve tasarım aracı olma özelliğine sahiptir (Kuş, 2004).

Bilgisayarla yapılan benzetime ait özellikler şu şekildedir:

- Simülasyon uygulaması endüstrilerde firmalar için uygulanabilmektedir.
- Simülasyon denemelerinde sayısal bilgisayarlar kullanılır.
- Simülasyonda denemeler matematiksel modeller üzerinde yapılır.
- Simülasyon denemeleri uzun bir zaman dilimi içerisinde stokastik ya da dinamik olan koşullar altında gerçekleştirilir (İşyar, 1999).

Bir simülasyon çalışmasının başarısı, kurulan simülasyon modelinin gerçek sistemi ne kadar iyi ve detaylı olarak yansıttığı ile orantılıdır. Oluşturulan modelin gerçek sisteme benzer davranışlar sergileyebilmesi ve sistemi temsil edebilmesi için, modelin hazırlanma amacının ve hedeflerinin belirlenmesi, problemin ve modelin doğru bir şekilde kurulması gerekir. Bunun yanında simülasyonun ne zaman ve hangi durumlarda kullanılacağına bilinmesi de önem arz etmektedir. Şimdi de karar vericiler tarafından hangi durumlarda simülasyon tekniğinin kullanılacağına değinelim.

Aşağıdaki durumlardan bir veya birkaçının gerçekleşmesi durumunda simülasyon tekniğine başvurulabilmektedir (Ören, 2006).

1. Problemi çözmek için matematiksel modelin analitik yöntemlerle çözümü bulunamıyorsa,
2. Analitik yöntemler problemin çözümünde kullanılabilecek durumdadır, fakat problem üzerinde çalışma yapan kişilerde bu bilgiler mevcut değilse,
3. Belli parametrelerin tahmin edilmesi söz konusu ise,
4. Deneme yapmak için simülasyon tek yöntem ise,
5. Sistemlerin davranışları ortaya konulmak isteniyorsa,
6. Gerçek bir sistem ortada yoksa,
7. Gerçek sistem üzerinde benzetim yapmak imkânsız ise,
8. Analitik çözümün olmayışı gibi durumlarda simülasyon yöntemi kullanılır.

Simülasyonda kurulan herhangi bir model tam anlamıyla gerçek sistemi yansıtamayabilir. Bu nedenle simülasyon modeli kurulurken hesaba katılmayan hususlar ve göz ardı edilen çeşitli varsayımlar simülasyon çıktı sonuçlarını etkilemektedir. Simülasyon çalışmasında beşerî etkilerin var olması simülasyon sonuçlarının etkilenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca simülasyon analizi yapılırken hatalı verilerin kullanımı ve değişkenlerin hatalı belirlenmesi gibi durumlar çıktı sonuçlarının hatalı ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Bu duruma kullanıcıların/karar vericilerin dikkat etmesi önem arz etmektedir.

Simülasyonun Tarihsel Gelişimi

Simülasyonun kökeni, 1940 lı yılların sonlarında John VAN NEUMANN ve Stanislaw ULAM'ın Los Alamos Scientific laboratuvarında yapmış oldukları çalışmaya kadar uzanmaktadır. Sözü edilen iki araştırmacı bu laboratuvarında Monte-Carlo yöntemini ortaya koymuşlardır. Monte Carlo yönteminde, olasılıklı olmayan matematiksel problemlere, çeşitli olasılık dağılımlarının kullanılmasıyla çözüm sağlanır. 1950'li yıllarda bilgisayarların ortaya çıkışı ve ilerleyen dönemlerde de bigi sistemlerinde yaşanan gelişmeler sayesinde simülasyon, sosyal bilimlerde ve daha birçok alanda sıklıkla kullanılmaya başlanmış ve günümüzde de popüler hale gelerek çok sayıda araştırmacı tarafından kullanılmaya devam etmektedir (Sarıaslan, 1986). Simülasyon uygulamada ilk kez 1950 li yıllarda askeri stratejik planlama için kullanılmıştır. Simülasyonun diğer uygulama alanlarında çok sık kullanılması ve popüleritesinin artması ise son on beş yirmi yıl içerisinde gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak; tarihsel süreç içerisinde bilgisayarların gelişimine bağlı olarak araştırmacılar ve sosyal bilimciler tarafından, fen bilimleri laboratuvar deneylerine benzer deneyler bilgisayarlarda yapılmaya başlanmıştır (Halaç, 2001).

Simülasyonun Kullanım Alanları

Simülasyon, çok sayıda bilim dalında kullanılan bir tekniktir. Sosyal ve temel bilimlerde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Simülasyon; mühendislik, finans, ekonomi, askeri, endüstri, üretim, sanayi, vb. sektörlerde kullanılırken bu alanlardaki en sık karşılaşılan problemler ise bekleme hattı ve envanter problemleridir. Simülasyonun etkin olarak kullanımı, bilgisayarların gelişimi ve kapasitelerinin artmasıyla gerçekleşmiştir. Simülasyonun gerçek yaşamdaki kullanım alanlarına ilişkin çeşitli örnekler aşağıda verilmiştir (Özkıran & Düşünür).

- Şirketlerin geleceğe yönelik kar, zarar durumlarının tahmin edilmesinde
- Pilotların çeşitli koşullar altında uçuş eğitimlerinde
- Bir ürüne ait satış tahminlerinin elde edilmesinde

- Değişik piyasa koşullarında bir ürüne ait talebin belirlenmesinde
- Yatırım politikalarının planlanmasında
- Bir işletmede yeni ürünlerin araştırılıp geliştirilmesinde
- Kuyruk sistemlerinin tasarımıda,
- Üretici ve tüketicilerin davranışlarının incelenmesinde
- Savaş strateji ve taktiklerinin geliştirilmesinde
- Tasarım aşamasındaki tesislerin ve üretim hatlarının incelenmesinde
- Envanter (stok kontrolü) problemlerinde
- Trafik ve ulaşım problemlerinde
- Kuyruk, sıra bekleme problemlerinde
- Finansal yatırımların getiri düzeylerinin araştırılmasında
- Bakım onarım hattının iyileştirilmesinde
- Üretim ve montaj hattı süreçlerinin iyileştirilmesinde
- İşletmelerde iş akış süreçlerinin iyileştirilmesi problemlerinde
- Bir stok sistemi için sipariş politikalarının belirlenmesinde
- Finansal ve ekonomik sistemlerin analizinde

Şimdi de simülasyon tekniğinin uygulama alanlarına ilişkin istatistiksel bilgilere değinelim. 1980'li yılların başında A.B.D' de simülasyonun kullanılmasına ilişkin yapılan bir çalışmada, simülasyonun uygulama ve kullanılma yüzdeleri aşağıda belirtilmiştir (Hillier & Lieberman, 1990).

Tablo 5. Simülasyonun Kullanım Alanlarına Ait Yüzde

Kullanım miktarı	Yüzde
Üretim	%59
Planlama	%53
Mühendislik	%46
Finans	%41
ARGE	%37
Pazarlama	%24
Veri işlem	%16
Personel	%10

Kaynak:S.Hillier Frederick ve J. Lieberman Gerald, **Introduction to Operations Research**, Singapore: 5th Edition, 1990, s.864.

Simülasyonun Amaçları

Simülasyonun kullanılması hem kullanıcılara hem de işletmelere çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Simülasyon, işletmeye ekonomiklik, yeterli sermaye kullanımı, teslim ve dolaşım süresinin kısaltılması, maliyetlerin minimize edilmesi, karlılığın artırılması, tasarı aşamasında olan planların hayata geçirilip geçirilmemesini görme, doğru kararların verilmesini

sağlama vb. gibi çok sayıda amacın gerçekleştirilebilmesini sağlar. Simülasyonun önce genel anlamda amaçlarına, ardından ise özel anlamda amaçlarına aşağıda yer verilmiştir.

Simülasyonun Genel Amaçları

• **Değerlendirme:** Belirlenen kriterlere göre sistemin hangi düzeyde çalıştığını tespit etmek için benzetim kullanılır.

• **Karşılaştırma:** Sistem tasarımlarının ve performans ölçütlerinin karşılaştırılması için benzetim kullanılır.

• **Tahmin:** Çeşitli koşullar ile değerlendirildiğinde sistemin kalite ve performans tahmini için benzetim kullanılır.

Duyarlılık Analizi: Sistemin performansına ait değişmeler ile ilgili olarak hangi bileşenlerin bu değişmeler üzerinde etkisinin olduğunu ortaya koymak için benzetim kullanılır (Özden, 2015).

Simülasyonun Özel Amaçları

- Tasarı aşamasında veya tamamlanmış olan planların sonuçlarının görülmesi
- İşletmede yaşanabilecek risklerin minimize edilmesi
- Sistemdeki kaynak kullanım oranlarının maksimize edilmesi
- Kapasite kullanım oranlarının maksimize edilmesi
- Envanter yönetiminde rasyonellik ve etkin bir stok kontrol akışının sağlanması
- İş akışlarının iyileştirilmesi
- Sistemin daha iyi anlaşılması
- İş akış süreçlerinde yaşanan darboğazların tespit edilip ortadan kaldırılması
- Süreçlerin minimum maliyetle yürütülmesi (Law M., 2000).

Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Simülasyonun Avantajları

1-Bir sistemin değişen koşullara göre nasıl bir davranış sergileyeceğini incelemek amacıyla deneyler yapılmasını sağlar.

2-Simülasyon ile modeli kurulacak olan sistemin detaylı olarak gözlemlenmesi, sistemin daha iyi anlaşılıp kavranması ve sistemin daha etkin, verimli ve kullanışlı hale getirilmesi sağlanır.

3-Bir model kurulduktan sonra kurulan bu model, aynı problem içerisinde yapılmak istenen değişiklikleri analiz edebilmek için tekrar tekrar sınırsız sayıda kullanılabilir (Banks, Carson, & Barry, 1996).

4-Simülasyon modeli üzerinde veriler çoğunlukla gerçek hayattakinden daha ucuz ve kolay elde edilir.

5-Bazı sistemlerin incelenmesi ve bazı problemlerin çözümünde simülasyon tek alternatiftir.

6-Simülasyon karmaşık yapıdaki sistemler üzerinde çok sayıda deneme yapma imkânı tanır (Soysal, 1972).

7-Simüle edilen sistem, bilgisayar ortamında detaylı olarak gözlemlenir, analiz edilir ve sistemin daha iyi anlaşılması sağlanır.

8-Simülasyon değişen koşullar altında sistemin davranışını test eder.

9-Simülasyon ile alternatif olarak belirlenen sistemlerin hangisinin en iyi çalıştığı ve hangisinin iyi sonuçlar verdiği gözlemlenir.

10-Simülasyon çalışma şartlarının iyileştirilmesi altında var olan sistemin performansının tahmin edilmesini sağlar.

11-Simülasyon bakım onarım hattı, üretim hattı vs. gibi süreçlerin iyileştirilmesini sağlar (Law & Kelton, 1982).

Simülasyonun Dezavantajları

1-Simülasyonda her bir sistem için ayrı ayrı model kurulması gereklidir. Tek bir model ile sistemler analiz edilememektedir.

2-Bilgisayarlara ait simülasyon modellerinin kurulması aşırı zaman gerektirdiğinden dolayı son derece maliyetlidir.

3-Simülasyon modelinin çok fazla sayıda tekrarlanıp çalıştırılması gerektiğinden dolayı uygulamanın yapılması yüksek maliyetler gerektirir.

4-Simülasyon, optimal sonuç vermez ve optimizasyon amacıyla kullanılmaz. Sisteme ait performans ve diğer ölçütlere ilişkin kıyaslama, tahmin ve analiz amacı güdülür.

5-Sonuçların analizi ve yorumlanmasında iyi bir olasılık ve istatistik bilgisine sahip olunmalıdır.

6-Bir simülasyon modelini kurmak kolay değildir. Bilimsel bilgi, beceri ve emek gerektirmektedir (Öztürk L. , 1997).

7-Simülasyon modelleri, matematiksel modeller gibi çözülmezler, çalıştırılırlar.

Simülasyon Modelinin Elemanları

Simülasyon modelini oluşturan elemanlar aşağıda açıklanmıştır (Erkut, 1992).

- **Bileşenler:** Bir araya gelerek sistemi oluşturan parçaların her birine bileşen adı verilmektedir. Uygulama için oluşturmuş olduğum modelde komponentler, bileşenleri ifade eder.
- **Değişkenler:** Sistemin değişik koşullar karşısında farklı değerler alan özellikleridir. Yapmış olduğum uygulama için; makine, teçhizat sayıları ve işçiler değişkenlere örnektir. Değişkenler şu şekilde sınıflandırılırlar.
- **Bağımlı – bağımsız değişkenler:** Araştırmacı tarafından değiştirilebilen değişkenler bağımsız değişkenlerdir. Sistemde bulunan bağımsız veya kontrol edilebilen değişkenlerin değiştirilmesi sonucunda değerleri belirlenen değişkenler ise bağımlı değişkenlerdir.
- **Kontrol Edilebilen – Kontrol Edilemeyen Değişkenler:** Kontrol edilebilen değişkenler, değerleri araştırmacılar tarafından belirlenen değişkenlerdir. Kontrol edilemeyen değişken değerleri sistemdeki bileşenlerin etkileşimleri sonucunda belirlenen değişkenlerdir.
- **İçsel ve dışsal değişkenler:** İçsel değişken, sistemdeki elemanların performansına göre oluşan değişkenler olup kontrol edilemeyen değişken olarak adlandırılmaktadır. Dışsal değişkenler ise, araştırmacılar tarafından belirlenen değişkenlerdir.

- **Girdi ve çıktı değişkenleri:** Girdi değişkenleri, sistemdeki bileşenlerin etkileşimi sonucunda belirlenemeyen değişkenlerdir. Çıktı değişkenleri ise değerleri sistem bileşenlerinin etkileşimi sonucunda belirlenen değişkenlerdir.
- **Parametreler:** Analiz öncesinde oluşturulan ve analiz süresince değişmeyen değerlere denmektedir.
- **İlişkiler:** Sisteme ait bileşenler, parametreler ve değişkenlerin birbirleriyle kurdukları bağıntılardır. Bunlar sistemin durumundaki değişimleri denetlemektedir.
- **Varsayımlar:** Modelin çözümünün gerçekleşebilmesi için gerekli olan ve modeli gerçek durumdan soyutlayan kabullerdir.
- **Kısıtlar:** Değişkenlerin değerleri üzerindeki sınırlandırmaları ifade eder.
- **Ölçütler:** Sisteme ait olan amaçların ve bunların nasıl değerlendirileceğinin ortaya konması demektir.

İyi Bir Simülasyon Modelinin Nitelikleri

Karar vericiler/araştırmacılar, iyi bir simülasyon modelinin taşıması gereken niteliklere ilişkin çeşitli beklentilere sahiptirler. İyi bir simülasyon modelinin sahip olduğu nitelikler aşağıda belirtilmiştir. Bunlar:

Simülasyon, gerçek dünya problemlerinin çözümünü sağlamaya yöneliktir.

Simülasyon, sistemin davranışının gözlenmesine ve sistemin denetlenmesine ilişkindir.

Simülasyon modeli, açık ve kolay anlaşılır olmalıdır.

Amaç ve hedefe ulaşma odaklı olmalıdır.

Anlamli ve güvenilir sonuçlar ortaya koyma potansiyeline sahip olmalıdır.

Problemin tüm dinamiklerini içerecek şekilde eksiksiz olarak oluşturulmalıdır.

Model değişikliği yapılmak istendiğinde buna imkân tanıma özelliğine sahip olmalıdır.

Süreç içerisinde evrilme özelliğine sahip olmalıdır. Yani basit bir şekilde başlayıp karmaşıklık düzeyi gittikçe artan özelliğe sahip olmalıdır. Sonuç itibarıyla iyi bir simülasyon modeli; kullanıcılar tarafından kolaylıkla anlaşılmalı, anlamlı ve kabul edilebilir sonuçlara ulaşılabilesini sağlamalıdır (Erkut, 1992).

Simülasyon Modelleri

Simülasyon modelleri aşağıda açıklanmıştır.

Statik Simülasyon Modelleri

Bir sistemin zamanın belli bir anındaki durumu inceleniyorsa kurulan model statik modeldir. Statik modellerde zaman değişkeni tam olarak ele alınmaz. Statik modellerin analiz edilmesinde simülasyon kullanılmasının başlıca nedenlerinden biri, statik modellerin neredeyse tamamının deterministik olmasıdır.

Dinamik Simülasyon Modelleri

Zamanla değişmekte olan sistemleri gösteren simülasyon modelleri dinamik modeller olarak adlandırılır.

Dinamik modeller, zamanın değişimi ile yakından ilişkili olan matematiksel modellerdir. Dinamik modeller kendi içerisinde çeşitli gruplara ayrılmıştır (Öztürk L. , 1997). Bunlar;

- Statik ve durağan
- Statik ve tarihsel
- Dinamik ve nedensel
- Dinamik ve tarihsel
- Stokastik ve tarihsel olmayan
- Stokastik ve tarihsel

Deterministik Simülasyon Modeli

Davranışı önceden öngörülebilien ve gelecekte ise davranışının nasıl olacağı bilinen modellere deterministik modeller denmektedir. Deterministik simülasyon modelinde, model haline getirilecek olan sistemin daha iyi tanımlanabilmesi için sistemin elemanları ve bu elemanların özellikleri ile aralarındaki ilişkilerden faydalanılması gerekir. Deterministik simülasyon modeli aşağıda gösterilmiştir (Yılmaz Z. , 1988).



Şekil 3. Deterministik Simülasyon Modeli

Kaynak: Latif Öztürk, “Simülasyon Tekniğinin İncelenmesi ve Bir Monte Carlo Çalışması”, (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E., 1997), s.7.

Stokastik Simülasyon Modeli

Sistem davranışlarının önceden öngörülüp, tahmin edilemediği modeller stokastik modellerdir. Bu tipteki modellerde süreç, olasılık dağılımları ile temsil edilir (Öztürk L. , 1997).

Gerçek dünya problemleri genelde stokastik yapıda olduğundan dolayı stokastik modellerin analiz edilmesi ve çözülmesinde simülasyon sık başvurulan bir yöntemdir. Stokastik simülasyon modelini aşağıdaki gibi şematik olarak gösterebiliriz (Genç).



Şekil 4. Stokastik Simülasyon Modeli

Kaynak: Tolga Genç, “Bekleme Hattı ve Simülasyon Modelleri ile Türk Silahlı Kuvvetlerinde Örnek Bir Uygulama”, (Yüksek Lisans Tezi, 2000), s.53.

Süreklî Simülasyon Modeli

Sistemin zaman içerisinde zamanın her noktasında takip edildiği modeller sürekli simülasyon modelleridir. Yani bu modeller, davranışları zamanla birlikte sürekli olarak değişen sistemlerin çözümünün gerçekleştirilmesine ilişkindir (Karaca, 2007). Sürekli sistemlerde, durum değişkenleri zaman içerisinde devamlı değişiklik göstermektedir. Bu değişkenler devamlı değiştiğinden dolayı, istatistikler sistemdeki durumun sürekli olarak gözlemlenmesiyle elde edilmektedir. Bahsedilen durum değişkenleri zamanın her noktasında sürekli olarak

değişim gösterdiğinden dolayı bu yönüyle kesikli modellerden ayrılmaktadır. Hem sürekli hem de kesikli simülasyon modellerinde nihai amaç, simüle edilen sistemin davranışını test etmek, gözlemlemek ve açıklamak için kullanılabilecek olan istatistikleri elde etmektir (Öztürk L. , 1997).

Kesikli Simülasyon Modeli

Zaman içerisinde kesikli veya sayılabilir noktalarda sistemin sahip olduğu temel değişken değerlerinde değişim meydana geliyorsa bu modellere kesikli modeller denmektedir. Kesikli modeller; sistemin davranışlarındaki değişimlerin zamanın sadece belli bir anında izlenmesini sağlayan modellerdir. Bu modellere; bekleme hatlarında ortalama kuyruk bekleme süresi ve kuyruk uzunluğunun tahmin edilmesi örnek verilebilir (Karaca, 2007). Kesikli sistemlere ait simülasyonlarda, zaman içerisinde sadece belirlenen ve özel olarak incelenmek istenen ve belirli zaman aralıklarında simüle edilen sistem gözlemlenmektedir. Kesikli sistemlerde duruma ait istatistikler sadece çeşitli olayların ortaya çıkmasında değişiklik gösterir. O halde sadece istatistiklerde değişiklik meydana getiren olayların gözlenmesi önemlidir. Diğer zaman dilimlerinde, sistem durağan olduğundan dolayı istatistiklerin toplanması için gözlem yapılmasına ihtiyaç duyulmaz (Öztürk L. , 1997).

Simülasyon Türleri

Benzetim, sistemin operasyonel yönlerini ortaya koyma amacıdadır. İncelenen sistemin darboğazlarını belirlemede, yeni bir hareket tarzı belirlemede, sistemin iyi çalışan yönlerini görmeye, tasarım aşamasında olan sistemin gerçeğe dönüştüğünde elde edilecek kazanımların tespit edilmesinde kullanılır. Şimdi de simülasyonun (benzetimin) türlerine değinelim.

Dört adet benzetim çeşidi vardır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir (Yılmaz Z. , 1988).

- 1- Monte-Carlo Benzetimi
- 2- Sürekli Olay Benzetimi
- 3- Kesikli Olay Benzetimi
- 4- Karma Benzetim

1- Monte-Carlo Benzetimi: Matematiksel sistemlere ait benzetimlerde Monte-Carlo kullanılmaktadır. Bu benzetim türü çoğunlukla rastlantısal değişkenlerin sisteme yapmış olduğu etkinin incelenmesi amacıyla kullanılır. Bu yöntem, rastlantısal değişkenler için rasgele sayılar üreten bir algoritma aracılığıyla işletilir (Bozkaya, 2006).

Monte Carlo, zaman akışının önemsenmediği stokastik ya da deterministik problemlerin çözüme kavuşturulmasında rassal sayıların kullanılmasıyla gerçekleşen bir simülasyondur. Daha çok statik karaktere sahip olan Monte Carlo simülasyonu, en çok rağbet edilen ve kolay anlaşılan simülasyon yöntemlerinden biridir. Bu simülasyon yönteminde değişkenler olasılık dağılımlarıyla modellenmektedir (Law & Kelton, 1982).

2- Sürekli Olay Benzetimi

Sürekli Olay Benzetiminde, davranışları zaman içerisinde sürekli değişim gösteren sistemlerle ilgilenilmektedir. Bu benzetim tipinde modellenen sisteme ait olan değişkenler zamana bağlı olarak sürekli değişim içerisinde. Sürekli sistemlerin benzetiminde kurulan modeller genel olarak, sistemin farklı elemanları arasındaki ilişkilerin çeşitli denklemlerle ifade edildiği model tipindedir (Taha, 2000).

3- Kesikli Olay Benzetimi

Kesikli Olay Benzetimi, bir olayın zamanın belirli bir anında gerçekleşmesi durumunda sistemde meydana gelen değişimi gösterir. Bekleme hattı problemlerinin çözümünde kesikli olay benzetimi kullanılmaktadır (Pidd, 1998).

4- Karma Benzetim

Bir sistemde durum değişkenlerinin bir kısmı sürekli bir kısmı ise kesikli olarak değişiyorsa ilgili sisteme karma benzetim uygulaması uygulanır. Bu benzetim tipinde, modelin bağımlı değişkenleri kesikli ya da sürekli olarak değişebilir (Aydın, 2007).

Simülasyon Analizinin Diğer Analizlerden Farkı

Simülasyonda gerçek sistem gözlem altına alınarak, çıktılar, süreç ve girdiler analiz edilir. Sistemin amaçları ile sonuçlar arasında bir uyumsuzluk bulunursa simülasyon uygulaması ile bu uyumsuzluğun giderilmesine çalışılır. Matematiksel modellerde ise, bir sistemin eşitlik veya eşitsizlik şeklinde ifade edilmesi sağlanır. Sistem değişkenleri arasındaki nicel ilişkiler incelenebilir. Ayrıca, modeller analiz edilerek problemin optimal çözümü bulunabilir. Fakat, karmaşık olan sistemlerde, gerçek durumun matematiksel ifadelerle tam olarak ortaya konulması son derece zordur. Bu nedenle, karmaşık sistemlere ait elde edilen matematiksel sonuçlarda var olan karmaşıklık düzeyiyle orantılı olarak belli bir hata payının ortaya çıkabileceğini kabul etmek gerekir. Fakat, sistemin karmaşıklığı belli bir sınırı aştığında ilgili sistemin matematiksel olarak formüle edilmesi mümkün değildir. İşte bu tür bir durumun varlığında matematiksel olarak formüle edilemeyen karmaşık sistemlerin analiz edilip incelenmesinde simülasyon modelleri kullanılmaktadır.

Simülasyon modelleri de tıpkı matematiksel modellerde olduğu gibi matematiksel eşitliklerle gösterilebilmektedir. Bu nedenden dolayı, simülasyon modelleri, matematiksel modellerin özel bir halidir. Fakat, simülasyon modelleri, diğer matematiksel modellerin optimal bir sonuç için eşitlikleri çözmesinin aksine sistemi açıklama ve anlama adına model üzerinde yapılan denemelerle, değişik koşullar altında, sistem davranışlarını taklit etmektedir. Simülasyon modelleri, optimal sonucu amaçlayan matematiksel modellerin kullanılmadığı problemler için kurulur. Simülasyon modelleri, optimal sonuç vermez, kesin ve net sonuçlardan ziyade istatistiksel tahminlere imkân tanır; alternatiflerin optimalini elde etmekten çok, onları geliştirmeye ve karşılaştırmaya önem vermektedir (Şahin, 1978).

Modeli kurulan bir sistemin incelenebilmesi için araştırmacılar iki farklı alternatife sahiptir. Bunlardan ilki gerçek sistemin üzerinde deneme yapmak diğeri ise sistemin kurulan modeli üzerinde deneme yapmaktır. Sisteme ait model kurulmadan evvel, sistemle ilgili yapılması istenilen değişikliklerin gerçek sistem üzerinde yapılması imkanının olup olmadığına karar verilmesi gerekir. Eğer yapılması istenilen değişikliklerin gerçek sistem üzerinde yapılması mümkün ise gerçek sistem üzerinde yapılacak denemeler daha doğru ve anlamlı sonuçlar verecektir. Bazen gerçek sistem üzerinde deneme yapmak imkânsız ve maliyetli olabilir. Bu tip durumlarda sisteme ait model ile denemeler yapmak suretiyle sistemin incelenmesi sağlanır. Bir sistemin modelinin kurulmasına karar verilirse bu durumda iki alternatif ortaya çıkmaktadır. Bunlar; fiziksel model veya matematiksel model. Matematiksel modellerde sisteme ait olan ilişkiler matematiksel formüllerle ifade edilmektedir ve analitik çözüm ile optimal sonuca ulaşılabilir. Simülasyon yönteminde ise optimal sonuç elde edilmez. Simülasyon modelleri doğrusal programlamanın aksine optimal çözümü elde etmek için kurulmazlar. Kurulan model ile sistem elemanları analiz edilerek sistemin davranışları ortaya konmak suretiyle karşılaştırma yapılarak karar verilmektedir (Kavcar, 2004).

Simülasyonun Aşamaları

Simülasyon modelleme süreci, iyi bir istatistik, matematik ve mühendislik bilgisine sahip olmayı gerektirir. Modeli kurup simüle edecek olan araştırmacı veya karar verici, sistemi iyi analiz etmeli, karışık halde bulunan sisteme ait neden sonuç ilişkilerini ortaya koymalıdır. Bir simülasyon çalışması yapılırken simülasyon aşamalarının doğru ve tam olarak uygulanması, simülasyon modelinin kurulması için gerekli olan verilerin detaylı, sağlıklı ve problemi tam olarak yansıtacak şekilde toplanıp analiz edilmesi ve modelin gerçek sistemi temsil edip

etmediği son derece önemlidir (Akın, 2010). Simülasyonun adımlarını başarılı ve tam olarak tamamlamadan doğru ve etkin bir simülasyon uygulaması yapmak mümkün değildir. Bu aşamalar aşağıda belirtilmiştir (Atçı, Gürsoy, & Nazar, 1997).

Problemin Belirlenmesi

Simülasyonda ilk olarak yapılması gereken araştırmanın açık ve net şekilde ortaya konulmasıdır. Simülasyon denemesine başlarken araştırmanın amacı, kapsamı ve değerlendirme kriterleri mutlaka belirlenmelidir.

Modelin Formüle Edilmesi

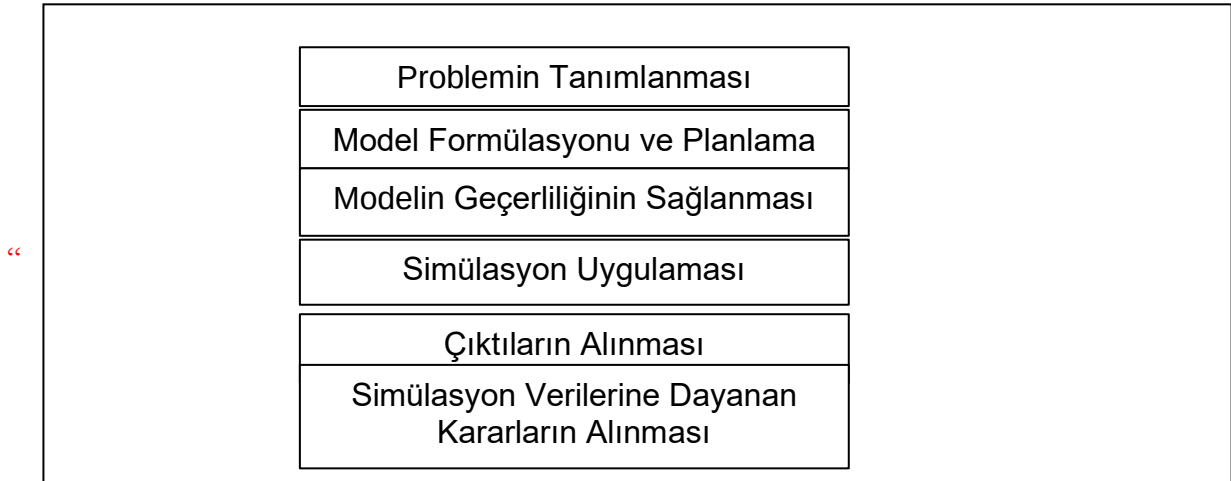
Modelin formüle edilmesinde matematiksel ifadeler kullanılmaktadır. Model, gerçekleştirilmek istenen amaca uygun olarak formüle edilecektir. Yani bir simülasyon modeli tüm sistemi temsil edecek şekilde olabileceği gibi sadece problemin gözlemlendiği bölümü yansıtacak şekilde de olabilir.

Veri Toplama

Karar verici veya kullanıcı tarafından hangi tür verilere ihtiyaç olduğu saptanmalı ve model için gerekli olan verilerin toplanması sağlanmalıdır. Başarılı bir simülasyon modelinin kurulmasında toplanan veriler, verilerin istatistiksel dağılımları ve teorik dağılımlara uygunlukları önemli faktörlerdir. Simülasyon sürecinde yeterli ve makul sayıda verinin toplanması ve işlenmesi gerekir. Bilgisayarda yapılacak olan bir simülasyon projesinden başarılı ve etkin sonuçlar elde etmek için toplanan verilerin; matematiksel model kurmaya elverişli olması, sistemin matematiksel modelini iyileştirme imkânı vermesi ve sistemde var olan değişimleri ve çalışmada kullanılan parametreleri tahmin etmesi gerekir.

Uygulama

Bu aşamada model ve elde edilen sonuçlar ortaya konmaktadır. Bir simülasyon çalışmasının aşamaları aşağıda şekil ile gösterilmiştir.



Şekil 5. Simülasyonun Aşamaları

Kaynak: Barış Kavcar, “Simülasyon Yöntemi Kullanılarak Yapılan Satış Tahminleriyle Satış Bütçesi Hazırlanması, (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi S.B.E., 2004), s.54.

Bir Simülasyon Paket Programı Kullanmak

Tüm simülasyon paketleri benzer fonksiyonlardan meydana gelir. Çok sayıda simülasyon paketi, model oluşturma sistemini basitleştirmek için geliştirilmiştir. Simülasyon paketlerinin bazıları diğerlerine nazaran daha kolay öğrenilmektedir. Çalışmada, atölye sistemine ait

modelin kurulması ve sonuçların elde edilmesinde Arena 14.0 paket programından yararlanılmıştır. Çünkü Arena programı bekleme hattı gibi sistemler için uygun modeller kurulmasına imkân tanımaktadır.

Simülasyon paketi kullanmanın hem avantajları hem dezavantajları vardır. Avantajları; kullanıcıyı modellenecek olan sistemin mantığı üzerinde düşündürmesi ve elde edilmiş olan deneyim ve tecrübelerin başka programlama çalışmalarında kullanılmasına imkân tanınmasıdır. Dezavantajları ise; satın alınma maliyetinin yüksek olması ve özel olarak hazırlanmış olan kullanıcı sistemleri için uygun olmayışıdır (Genç T. , 2000).

Simülasyon Yazılımları ve Olması Gereken Nitelikler

Simülasyon yönteminin günümüzde sıklıkla kullanılmasının nedenleri, simülasyon yazılımlarında yaşanan sayıca artış ve kullanımındaki kolaylık ile ortaya çıkan sonuçların yüksek güvenilirlik seviyesidir. Bir simülasyon yazılımında olması istenen nitelikler aşağıda belirtilmiştir.

1- Esnekliğe sahip olması: Gerçek hayatta karşılaşılabilecek farklı sistemlerin modellenmesine imkân tanımalı ve esnek olmalıdır.

2- Modelin oluşturulması sürecinin kolay olması: Birçok çalışma için zaman kısıtlaması söz konusu olduğundan dolayı simülasyon yazılımının kolaylıkla model geliştirme özelliğine sahip olması önemlidir.

3- Hızlı çalışması: Kurulan simülasyon modeli bilgisayarda çalıştırılması esnasında hızlı olmalıdır.

4- Farklı ortamlarda kullanılabilmesi: Bilgisayarlarda oluşturulan modelin farklı diğer ortamlarda da çalıştırılabilmesine imkân tanıyan özelliğe sahip olunan yazılımların olması önemlidir (Özkıran & Düşünür, 2011).

1950’li yıllardan itibaren simülasyon tekniğinin kullanılması ve giderek önem kazanıp gelişmesine paralel olarak, son yarım asırlık süreç içerisinde simülasyon dilleri ve kullanılan paket programlarının hem sayılarında hem niteliklerinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bilişim ve yazılım sektöründe yaşanan gelişmelere bağlı olarak çok sayıda simülasyon programı geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir. Promodel, ARENA, ACSL, ARTIFEX, Dynamo, SIMAN, Automod, CSIM, GPSS, JavSim, Mesquite, NETWORK, OPNET, POSES++, Simulat8, Powersim, QUEST, REAL, SIMSCRIPT, SLAM, Sim Plus Plus gibi paket programlardır. Şimdi de araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen ve çalışmanın uygulama aşamasında kullanılan ARENA paket programına değinelim.

Arena Yazılımı

ARENA, günümüzde simülasyon uygulamasında en fazla rağbet gösterilen programlar arasında yer almaktadır. Arena istatistiksel verilerin elde edilmesi için kullanışlıdır.

Arena ile kuyruktaki ortalama birim sayısı, kuyrukta bekleyen en fazla ve en az birim sayısı, kaynağın kullanım süreleri gibi değerler elde edilebilirken aynı zamanda makinelerde meydana gelen arıza, yemek ve çay molaları ile diğer süreçlere ait veriler modele eklenerek model gerçek bir temel üzerine kurulabilmektedir. Arena, WINDOWS ile çalıştığından dolayı araç çubukları, menüler ve pencerelerle çalışma hususunda önemli fayda sağlamaktadır. Arena yazılımı, sağlık sektöründe, bakım-onarım sektöründe ve diğer tüm sektörlerde problemlerin çözümüne imkân tanıyan bir simülasyon programıdır. Arena programı, iyi bir simülasyon çalışması için gerek duyulan animasyon ile giren ve çıkan verilerin analizi gibi fonksiyonları detaylı olarak içermektedir (Akbel, 2010). Arena, görsel ara yüze sahip olmasıyla SIMAN dilindeki kodlamanın görsel bloklar aracılığıyla yapılmasını sağlar. Arena programında simülasyon işlemi, programda kullanılan modüller aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Simülasyonu yapılacak olan sistemlere ait süreçlerin tanımlanmasını sağlayan temel inşa

bloklarına modül denmektedir. Arena paket programında kullanılan modüller ise şu şekildedir: Create Modülü, Process Modülü, Decide Modülü, Assign Modülü, Delay Modülü, Dropoff Modülü, Pickup Modülü, Release Modülü, Search Modülü, Dispose Modülü, Hold Modülü, Expression Modülü, VBA Modülü'dür (Pekel, 2015).

Simülasyonda Zaman İlerletme

Simülasyon uygulamasında sonuçlara ulaşabilmek için modelin çalıştırılması ve zamanın ilerletilerek sistemin göstereceği reaksiyonların ortaya konması zaruri ve önemli bir konudur. Zaman ilerletme, modelin farklı senaryolar altında ve değişen zaman aralıklarında sistemin vereceği tepkilerin hangi zaman aralıklarında kontrol altında tutulabileceğini ifade eder. Simülasyonda zaman ilerletmeye ilişkin olarak kullanılan iki farklı yöntem vardır. Bunlar; Sabit Artışlarla Zaman İlerletme ve Değişken Artışlarla Zaman İlerletmedir.

Simülasyonda Rasgele Sayı Üretme

Simülasyon modellerinde stokastik(tesadüfî) olaylara ait olasılık dağılımlarının üretilmesi için rasgele sayılara ihtiyaç duyulmaktadır. Rasgele sayı; her basamağının aynı olması olasılığına sahip olan ve ardışık basamakların kendi aralarında bağımsız olduğu bir basamaklar serisini ifade eder. Rasgele sayı üretmek arzusunda olan karar vericinin matematiksel yöntemlerden yararlanması gerekir. Matematiksel yöntemlerde ise başlangıç değeri belirlendikten sonra başka rasgele sayıların belirlenmesi işlemi, algoritma kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Rasgele sayı üretiminde kullanılan iki farklı yöntem vardır. Bunlar; Orta Kare ve İki Sayının Çarpımı yöntemleridir (Kavcar, 2004).

Simülasyon Modellemede İstatistiksel Kavramlar

Ortalama: Aritmetik ortalamayı ifade eder. Çok sık kullanılan bir merkezi eğilim ölçüsüdür. Seride bulunan birimlerin toplamının, serideki birim sayısına bölünmesiyle elde edilir. Bir diğer tanıma göre ise aritmetik ortalama, bir sayısal veri kümesinde bulunan sayıların toplamının gözlem sayısına bölünmesiyle elde edilir.

Örneğin; serimiz 5,8,10,9,12,20 ve 34 olsun. Seride bulunan birimlerin toplamı $5+8+10+9+12+20+34=98$ 'dir. Seride bulunan birim sayısı ise 7'dir. Ortalama bu durumda $98/7=14$ olur (Newbold, 2008).

Varyans: Bir seride bulunan her bir terimin, serinin aritmetik ortalamasından olan farklarının kareleri toplamının, seride bulunan terim sayısına bölünmesiyle elde edilen sayısal değerdir. Varyans ile standart sapma arasındaki ilişki şu şekildedir. Varyans, standart sapmanın karesine eşittir.

Standart sapma: Varyansın kareköküne eşittir. Standart sapma, serilerin dağılımını ortaya koyan bir dağılım ölçüsüdür. Küçük değerlerdeki standart sapma, seride bulunan terimlerin aritmetik ortalama etrafında daha fazla ve yoğun olarak toplandığını, büyük değerlerdeki standart sapma ise aritmetik ortalama etrafında dağınık bir dağılımı işaret etmektedir (Akın B. , 2008).

Simülasyon Modellemede Kullanılan Olasılık Dağılımları

Kesikli ve Sürekli Dağılımlar

Olasılık fonksiyonu, bir değişkenin alabileceği değerlerle, bu değerleri hangi olasılıklarla alabileceği arasındaki ilişkileri ortaya koyan bir fonksiyondur. Kesikli bir x değişkeninin belirli bir x_0 değerini alabilmesi olasılığı $Pr(X=x)$ ise $f(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonu da $Pr(a \leq x \leq b) = \sum_{x=a}^b f(x)$ veya $Pr(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x)dx$ şeklindedir. Kesikli olasılık

dağılımı, sonlu sayıdaki olası x değerlerinin oluşturduğu bir dağılımdır. Sürekli olasılık dağılımı ise sonsuz sayıdaki x değerlerinin oluşturduğu bir dağılımdır.

Standart Dağılımlar

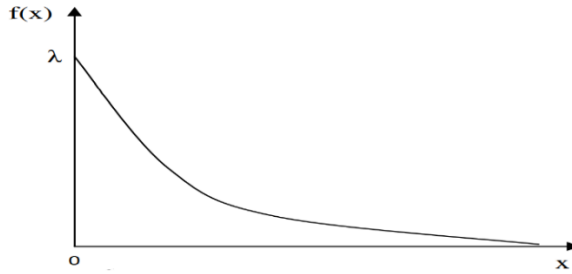
Standart dağılımlar, deneysel verilerin dağılımını göstermektedir. Standart dağılımlar, genel olarak olasılık yoğunluk fonksiyonlarından elde edilir. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının şeklini ve aralığını gösteren parametreler vardır. Bunlar; α ve β parametreleridir. α parametresi dağılımın şeklini β parametresi ise dağılımın aralığını göstermektedir. Simülasyonda kullanılan standart dağılımlara örnek olarak; Üssel, Normal, Weibull, Erlang, Poisson, Beta, Gamma ve Lognormal dağılımları verilebilir. Şimdi bu dağılımlara kısaca değinelim.

Üssel Dağılım

Üssel dağılım, birbirine benzer olayların ortaya çıkmaları arasındaki zaman aralığını açıklamak için kullanılır. Verilen zaman aralığı içerisinde bir olayın ortaya çıkma olasılığı az ise, olayların meydana gelişleri arasındaki zaman aralıkları üssel dağılmış olur (Karaca, 2007).

Olasılık yoğunluk fonksiyonu:
$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} & x \geq 0 \\ 0 & d.d \end{cases}$$

Dağılım:
$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} & x \geq 0 \\ 0 & d.d \end{cases}$$



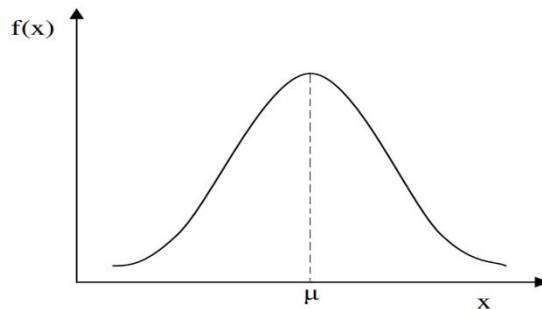
Şekil 6. Üssel Dağılım

Kaynak: Sezar Karaca, “Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizine Optimizasyonu”, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., ,2007), s.46.

Normal Dağılım

Boy, kilo, ağırlık, vize-final sonuçları vb. gibi günlük hayatımızda sıkça karşılaşılan olaylar normal dağılımla ifade edilir (Karaca, 2007).

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu:
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Şekil 7. Normal Dağılım

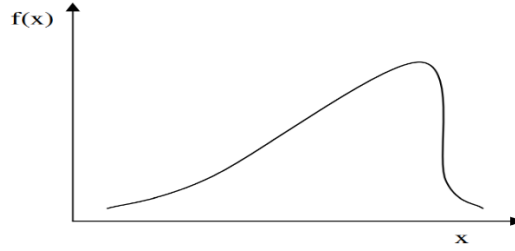
Kaynak: Sezar Karaca, “Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu”, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.47.

Weibull Dağılımı

Weibull dağılımı, güvenilirlik analizindeki arızalanma oranı özelliklerinin açıklanmasında sıklıkla kullanılan bir dağılımdır. Bir makine parçasının bozulana dek arada geçen süre veya bir işleme ait tamamlanma süresi bu dağılımla gösterilir (Genç T. , 2000).

$$\text{Olasılık yoğunluk fonksiyonu: } f(x) = \begin{cases} a\beta^{-a}x^{a-1}e^{-(x/\beta)^a} & x > 0 \\ 0 & d.d \end{cases}$$

$$\text{Dağılım: } F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-(x/\beta)^a} & x > 0 \\ 0 & d.d \end{cases}$$



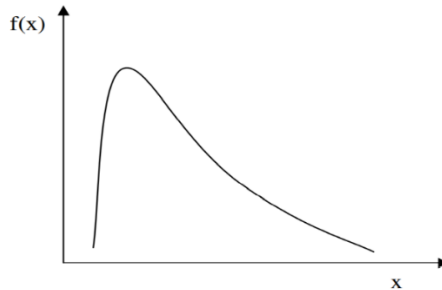
Şekil 8. Weibull Dağılım

Kaynak: Sezar Karaca, “Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizive Optimizasyonu”, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.48.

Erlang Dağılımı

Erlang dağılımı, çoğunlukla bekleme hattı sistemlerinde faaliyetler için hizmet zamanına ait dağılımı ortaya koymak için kullanılan gama dağılımının özel durumunu ifade eden dağılımdır (Karaca, 2007). Bir Erlang değişkeni üretebilmek için, her biri 1/k beklenen değerinde olan k adet üstel değişkenlerin toplanması kafiidir. Bu nedenle Erlang değişimi olan x ,

$$x = \sum_{i=1}^k y_i = -\frac{1}{a} \sum_{i=1}^k \ln r_i \quad \text{Şeklinde gösterilir.}$$



Şekil 9. Erlang Dağılım

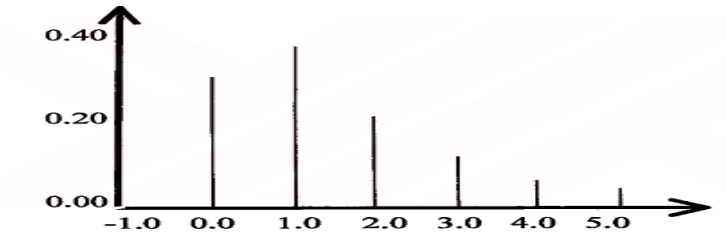
Kaynak: Sezar Karaca, “Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizive Optimizasyonu”, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.48.

Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı, çoğunlukla varış hızı ile ilgili olan bir dağılımdır. Verilen zaman aralığı içerisinde bulunan sonlu sayıda olan varışlarla ilgili olasılığı ortaya koyan bir dağılımdır.

Bekleme hattı modellerinde müşteriler veya birimlerin sisteme varış hızlarının Poisson dağılıma uyduğu bilinir (Genç T. , 2000).

Dağılım: $P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$

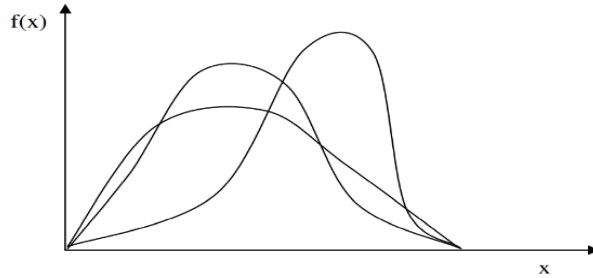


Şekil 10. Poisson Dağılım

Kaynak: Tolga Genç, "Bekleme Hattı ve Simülasyon Modelleri ile Türk Silahlı Kuvvetlerinde Örnek Bir Uygulama", (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E., 2000), s.78-79.

Beta Dağılımı

Olasılık yoğunluk fonksiyonu:
$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{a_1-1}(1-x)^{a_2-1}}{B(a_1, a_2)} & 0 < x < 1 \\ 0 & d. d \end{cases}$$



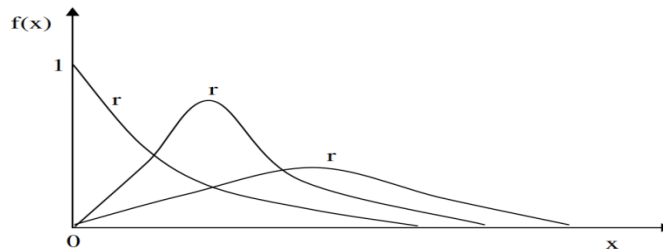
Şekil 11. Beta Dağılım

Kaynak: Sezar Karaca, Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.49.

Gamma Dağılımı

Olasılık yoğunluk fonksiyonu:
$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^{-a} x^{a-1} e^{-x/\beta}}{\Gamma(a)} & x > 0 \\ 0 & d. d \end{cases}$$

Dağılım:
$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} \sum_{j=0}^{a-1} \frac{(x/\beta)^j}{j!} & x > 0 \\ 0 & d. d \end{cases}$$



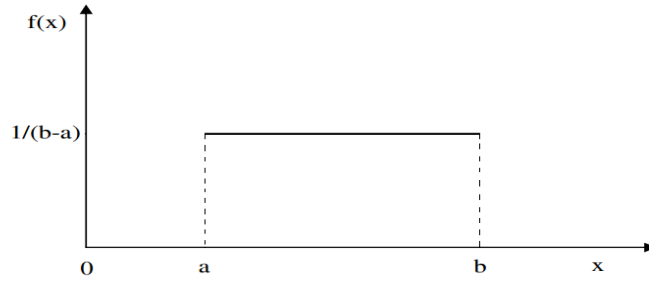
Şekil 12. Gamma Dağılım

Kaynak: Sezar Karaca, Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.50.

Uniform Dağılımı

Olasılık yoğunluk fonksiyonu:
$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & x > 0 \\ 0 & d. d \end{cases}$$

Dağılım:
$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b < x \end{cases}$$

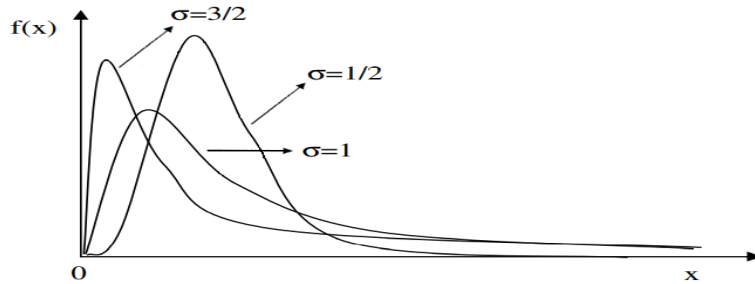


Şekil 13. Uniform Dağılım

Kaynak: Sezar Karaca, Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.50.

Lognormal Dağılımı

Olasılık yoğunluk fonksiyonu:
$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \frac{-(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} & x > 0 \\ 0 & d. d \end{cases}$$



Şekil 14. Lognormal Dağılım

Kaynak: Sezar Karaca, Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu, (Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi F.B.E., 2007), s.53.

Bekleme Hattı (Kuyruk) Problemlerinin Çözümünde Simülasyon Yöntemi

Bekleme hattının bir diğer ismi de kuyruktur. Kuyruk sistemi, bekleme hattını içeren bir sistemdir. Uçak bakım onarım sektöründe faaliyet gösteren firmaya ait atölyede var olan problemde kuyruk problemi söz konusu olmakla birlikte bekleme hattı sorunlarının çözümünde simülasyon yönteminin kullanılması söz konusu olacaktır. Bekleme hattına ait sistemlerin incelenmesinde simülasyon önemli bir tekniktir. Bu tekniğin kullanılmasını gerektiren neden

ise, bekleme hattı sistemlerinin genelde stokastik özelliğe sahip olmasıdır. Yedek parça atölyesine ait kuyruk probleminde de stokastik bir süreç olduğundan dolayı bekleme hattı sisteminin çözümünde simülasyon kullanılmıştır.

Kuyruk problemlerinde çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlardan biri olan sistem tasarımı, deneme yanılma esasını göz önüne almaktadır. İncelenen sistemlerin daha karmaşık olduğu yapıda deneme yanılma yolu ile optimal bir tasarımın bulunması çok güçtür. Çok sayıda kuyruk sisteminin analitik yöntemlerle çözülmesi zordur. Bu durumda karar vericiler simülasyon yaklaşımını kullanmaktadırlar. Kuyruk sistemlerinde simülasyon yaklaşımı ile çözüm bulunması sistemin performansı hakkında daha doğru ve daha güvenilir tahminler yapılabilmesini sağlamaktadır. Belirli kuyruk problemlerini matematiksel yöntemlerle çözme imkânı vardır. Ancak, bu durumda, kuyruk probleminin yapısı, matematiksel yöntem için zorunlu olan şartlara uygun olmalıdır. Bazı durumlarda ise kuyruk sisteminin çözümünde tek alternatif, simülasyon yöntemidir. Simülasyonla kuyruk problemlerini çözmek için gerekli olan bileşenler şunlardır: işlem merkezlerine gelişlerin dağılımı, işlem zamanlarının dağılımı, gelişler arası süreler, bekleme maliyeti, iş merkezleri ile işlem için gelenler arasındaki ilişki ve kuyruktaki öğelere uygulanacak işlem sırasını belirlemede öncelik sırasıdır (Şahin, 1978).

Bekleme Hattı (Kuyruk) Teorisi

Uygulama aşamasında önemli bir yere sahip olan ve uçaklardan sökülerek bakım onarım hizmeti görmek için atölyeye gelen komponentlerin tamir önceliklerinin belirlenmesi probleminde, yedek parçalar bekleme hattı (kuyruk)probleminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sebeple çalışmanın bu bölümünde Yöneylem Araştırmasının sıklıkla kullanılan ve en önemli konularından biri olan Bekleme Hattı (Kuyruk) Teorisi ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Bekleme Hattının Tanımı ve Bekleme Hattı Kavramı

Bekleme ile gündelik yaşam içerisinde sürekli olarak karşılaşmaktadır. Beklemek, günlük hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. Bu nedenle günlük yaşam içerisinde kuyruk bekleyen insanlar ve araçlarla daima karşı karşıya geliriz. Bu bekleme durumu, sadece insan veya araçlarla sınırlı olmayıp tüm birimlere özgü bir olgudur (Bağırkan, 1976). Örneğin; tamir edilmeyi bekleyen yedek parçalar, montajlanmayı bekleyen malzemeler ve havalanmak için sıraya giren uçaklar kuyrukta işlem görmeyi beklerler. Görüldüğü gibi bir hizmet almak için beklemek ve kuyruğa girmek, günlük hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Yaşamın hemen hemen her alanında karşılaşılan kuyruk (bekleme)durumlarına; tiyatro bileti almak için bekleyenlerin bilet kuyruğu, hastanelerde röntgen çekilmek veya muayene olmak için sıra bekleyenlerin oluşturduğu hastane kuyruğu, bankalarda vezne aracılığı ile işlem yaptırmak isteyenlerin oluşturduğu banka kuyruğu, üniversite yemekhanelerinde yemek sırası bekleyen öğrencilerin yemekhane kuyruğu, metrobüs veya otobüse binmek isteyen yolcuların toplu taşıma kuyruğu, otoparklarda ödeme yapmak için bekleyen araç kuyrukları, lokantalarda yemek yemek için bekleyen vatandaş kuyrukları vs. örnek olarak verilebilir (Yıldız & Arslan, 2013).

Kuyruk ile sadece günlük yaşamda değil aynı zamanda iş yaşamı içerisinde; üretim sistemlerinde, bakım onarım sistemlerinde ve daha birçok sistemde karşılaşmaktadır. Bu sebeple kuyruk teorisi, Yöneylem Araştırmasının çok sık kullanılan ve geniş bir uygulama alanına sahip olan konularından biridir. Kuyruk Teorisi, servis imkanlarına ait en iyi sayının ve en iyi giriş veya çıkış sürelerinin tespit edilmesinin incelenmesini sağlar. Bir sistemde zamanın belirli bir anında servis talebinin, servis arzından daha fazla olması durumunda kuyruk oluşmaktadır (Reis, 1991).

Kuyrukların oluşmalarına neden olan çeşitli faktörler vardır. Hizmet almak için gelen müşterilerin taleplerine anında cevap verilememesi, hizmet sağlayan servis istasyonlarının

yetersiz olması ve hizmet almak için gelen birimlerin servis istasyonlarından daha fazla sayıda olması bir yığılma durumunun oluşmasına ve bekleme probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu yığılmaya “Bekleme Hattı” ya da başka bir deyişle kuyruk, ortaya çıkan probleme ise “Bekleme Hattı Problemi” veya başka bir deyişle “Kuyruk Problemi” denilmektedir (Erdin, 1992).

Bekleme hattının bir diğer ismi kuyruktur. Bekleme hattı; bekleme alanı ve servis istasyonu olmak üzere iki bölümden oluşur. Bekleme hattı; hizmet verilen bir sisteme gelen müşterilerin, sistemin daha önceden hizmet almak üzere gelen müşterilere servis vermekte olması nedeniyle oluşturmuş olduğu yığılmadır. Servis istasyonu ise, müşterilere talep etmiş oldukları hizmeti sağlayan istasyondur. Hizmet almak için gelen birimlerin sayısının, servis istasyonu sayısından fazla olması durumunda kuyruk oluşur. Bu durum kuyruk olarak ifade edilen bekleme hattı probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Uslu & Abdulkadir). Bir bekleme hattının uzunluğu, gelen müşteri sayısı, servis süresi ve hizmet sağlayan servis istasyonu sayısı ile doğru orantılıdır. Kuyruk teorisinde önemli bir husus da kuyrukta bekleyen birimlerin ve servis istasyonlarının boş kalmasından dolayı oluşan maliyettir. Bu durumda amaç ise, optimum çözümün bulunarak dengenin kurulmasıdır (Şimşek, 2004).

Kuyruk teorisi, kuyruk veya bekleme problemleriyle ilgilidir. Bu teori ile bir sistemde servis bekleyen birimlerin optimal servis görmeleri amaçlanmıştır (Tekin B. , 2011)8 Kuyruk teorisi, stokastik özelliğe sahip belirsizlik koşulları altında faaliyette bulunan kuyruk sistemlerini ele alıp inceleme amacıyla olmakla birlikte kuyrukların matematiksel olarak incelenip araştırılması ve çözümlenmesini konu alır (Tekin B. , 2015). Kuyruk teorisinin amacı, müşterilerin bekleme süreleriyle servis istasyonlarının boşta kalmaları arasındaki dengeyi sağlamaktır (Köksal, 1980).

Günümüzde işletmelerin baş etmek zorunda kaldıkları konuların başında müşterilerine iyi bir servis hizmeti sunmaları gelmektedir. Hizmet almak için sisteme gelen müşteriler taleplerinin hızlıca karşılanmasını arzu ederler. Çünkü müşteriler için beklemek can sıkıcı bir durumdur. Zaten işletme için müşterilerin kuyrukta çok fazla bekletilmeleri uygun bir durum değildir. Çünkü kuyrukta beklemek istemeyen müşteriler, hizmet almadan kuyruğu terk etme eğilimi gösterirler. Müşteri bekleme sürelerinin engellenmesi veya minimize edilmesi istendiğinde ise hizmet sağlayan personel sayısında meydana getirilecek olan artış işletmeye ilave maliyet yükleyecektir (Öztürk A. , 2002). Kuyruk bekleme süresinin yaşandığı işletmelerde, hizmet almak isteyen müşteriler tarafından oluşan talebin belirsiz olması iki karşıt durumun meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bunlar; müşterilerin başka bir deyişle birimlerin beklemesi nedeniyle müşteri memnuniyetsizliğinden dolayı müşteri kaybı ve hizmet sağlayan istasyonların hizmet verecek müşteri bulamayıp boş beklemesidir. Bu belirtilen problemlere çözüm bulmak için bilimsel yöntemlerin kullanılması zaruridir. Nitekim bekleme hattı (kuyruk) modelleri aracılığıyla, bekleme hattı problemlerine çözüm getirilmektedir. Belirtilen problemlere çözüm getirilememesi durumunda ise bekleme zamanını minimize etmek ve müşteri kayıplarını engellemek maksadıyla oluşan talebe hızlı ve anında cevap verebilmek için servis kapasitesinde yapılacak olan artış servis sağlayan istasyonun boş kalıp beklemesine sebep olacak ve bu durum işletmeye ek maliyet yükleyerek etkinlik ile verimlilik sorununa yol açacaktır. Burada amaç; bekleme zamanını azaltacak, müşteri kaybını önleyecek ve rasyonel hizmet kapasitesini ortaya koyacak olan etkin bir bekleme hattını oluşturmak ve dengeye getirmektir (Çevik & Yazgan, 2008).

Bekleme Hattı (Kuyruk) Teorisinin Tarihsel Gelişimi

Bazı kaynaklarda kuyruk teorisi alanında yapılan ilk bilimsel çalışmanın, 1909 yılında Danimarkalı telefon mühendisi Erlang tarafından yapılan çalışma olduğu gösterilmektedir (YerTutucu2) (Kara, Bağırkan, & Karayalçın). Fakat kuyruk teorisi alanında ortaya konan ilk eser Johannsen tarafından 1907 yılında yazılmış olan “Bekleme Zamanları ve Telefon Etme Sayısı” isimli makaledir. Ancak, bu çalışmada kullanılan yöntem matematiksel olmadığından

dolayı kuyruk teorisini matematiksel olarak ele alıp inceleyen ilk çalışma olarak A.K ERLANG'ın yapmış olduğu çalışma kabul görmüştür. Sonuç olarak; kuyruk teorisi alanında yapılan çalışmaları hızlandıran ve bu teorinin gelişimine katkı sağlayan isim olan Erlang'ın 1909 yılında kaleme aldığı makaleler bu alandaki ilk eserler olarak kabul edilmiştir (Timor, 2001).

A.K. ERLANG'ın çalışmalarından sonra 1917'den itibaren C. MOLİNA ve C. FRY tarafından yayınlanan eserler kuyruk teorisi alanında ortaya konan eserlerdir. Sırasıyla 1927 ve 1928 yıllarında C. MOLİNA ve C. FRY tarafından ortaya konan eserler, A.K. ERLANG'ın incelemiş olduğu telefon sıra bekleme problemini ele alan çalışmanın değerlendirilmesini kapsar niteliktedir. CROMMELİN, KOLOMOGOROW, POLLACZEK ve PALM gibi bilim insanları 1930 – 1950 yılları arasında geçen dönemde kuyruk kuramının gelişimine katkıda bulunmuşlardır. D.KENDALL tarafından, 1953 yılında çok kanallı kuyruklarda gelişlerin dağılımı ve servis süresi dağılımını tanımlamak için bir notasyon ortaya koyulmuştur. 1966 yılına gelindiğinde ise A.LEE, KENDALL tarafından ortaya konan bu notasyona, servis disiplini ve sistemin içerisinde bulunan maksimum müşteri sayısı ilave edilmiştir. Daha sonra 1976 yılında KLEINROC tarafından “QUEUEİNG SYSTEMS” isimli eser yayınlanmıştır. 1909 yılından beri kuyruk modelleri ile ilgili çok sayıda makale, bildiri ve kitap yayımlanmış olmasına rağmen hala bu konunun gelişimine yönelik olarak literatüre katkı sunulmaya devam edileceği görülmektedir (Ertan, 1986).

Bekleme Hattının Temel Kavramları

Kuyruk problemlerinin yapısının incelenmesi ve çözülebilmesi için bazı temel kavramların bilinmesi ve özümzenmesi gerekmektedir. Kuyruk sistemlerinde kullanılan temel kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

- **Müşteriler:** Servis görmek amacıyla gelen birimlerdir. Müşteriye; muayene olmak için dışıye gelen hastalar, tamir için sıraya dizilen yedek parçalar, montaj için montaj hattına gelen ürünler, bilet almak için gişeye gelen taraftarlar, kalkış sırası bekleyen uçaklar örnek olarak verilebilir.
- **Bekleme hattı (Kuyruk):** Servis görmek için bekleyen müşteri sayısıdır.
- **Servis kanalı:** Müşterilere talep etmiş oldukları hizmeti veya servisi sağlayan sisteme servis kanalı denir. Poliklinikte hastaları muayene eden doktor, gişede bilet satan veznedar, tamir için gelen yedek parçaları tamir eden teknisyen servis kanalına örnek olarak verilebilir (Halaç, 2001).
- **Geliş oranı (λ):** Zaman birimi başına müşteri veya birimlerin bekleme hattına geliş sayısıdır. Gelişler arası süre ise müşterilerin/birimlerin gelişlerine göre arada geçen süreyi ifade eder. Normal olarak geliş özelliklerinin, Poisson dağılımına uyduğu kabul edilir (Doğan, 1995).
- **Servis oranı (μ):** Servis görmek için gelen birimlerin taleplerinin karşılanması için birim zamanda gerçekleşen servis süresini ifade eder. Eğer birimlerin servis süreleri eşit süreye sahip olursa servis oranı Uniform dağılıma uyar. Karmaşık tipte olan servis oranları ise Üstel ya da Erlang dağılıma uyar (Öztürk A. , 2002). Servisin ortalama değeri veya dağılım ortalaması μ dür.
- **Kuyruk disiplini:** Hangi müşterinin daha sonra servis göreceğini belirleyen yöntemdir. Kuyruktan seçilen müşterilerin veya birimlerin hizmet alma sıralarını ifade eden bir kavramdır. Uygulamada sıklıkla kullanılan kuyruk disiplini ilk gelen ilk hizmet görür kuralıdır (Taha, Baray, & Esnaf, 2014). Dört tip servis disiplini vardır. Bu disiplinler; FIFO, LIFO, rastgele seçim ve öncelikli seçimdir (Andrade & vd.).

- **Servis olanaklarının yapısı:** Servis istasyonlarının sahip olduğu fiziksel imkanları gösterir. Çoğunlukla servis imkanlarının düzenlenmesinde servis yapısı çok kanallı ya da tek kanallı olmak üzere ikiye ayrılır.
- **Geliş kaynağı (Ana kütle hacmi):** Müşterileri servis istasyonuna gönderen grubun büyüklüğü veya hacmidir.
- **Geliş debisi dağılımı:** Genelde, geliş debisinin Poisson dağılımına sahip olduğu belirtilir. Bu durum ise servis veya geliş olaylarının birbirlerinden bağımsız olmasını gerekli kılar.
- Bekleme hattı modellerinde kullanılan notasyonlar aşağıda belirtilmiştir.
- **Ortalama Kuyruk Uzunluğu (L_q):** Servis bekleyen müşteri sayısını ifade eder. Buna kuyruk uzunluğu adı verilir.
- **Sistemde olması beklenen ortalama müşteri sayısı (L_s):** Servis gören ve kuyrukta bekleyen müşteri sayısının toplamını ifade eder. Yani; sıradaki müşteri + servisteki müşteri anlamına gelmektedir.
- **Kuyrukta bekleme süresi (W_q):** Bir müşterinin kuyrukta beklerken harcamış olduğu süreyi ifade eder.
- **Sistemde bekleme süresi (W_s):** Müşterinin kuyrukta bekleme süresi ile servis görürken geçireceği sürenin toplamını ifade eder.
- **Ortalama bekleme süresi (W_n):** Kuyruk sistemindeki bir müşterinin kuyrukta bekleme süresidir. Bu değer servis kanalı dolu olduğunda kuyrukta olan müşteriler için ortalama bekleme süresine karşılık gelir.
- **Servis Sisteminde Ortalama Müşteri Sayısı (L_n):** Kuyrukta hiç müşteri olmadığı süreler dikkate alınmaksızın kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısıdır (Genç T. , 2000).

Bekleme Hattı (Kuyruk) Sistemlerindeki Maliyet Yaklaşımları

Beklemek hem hizmet almak isteyen birimler hem de servis hizmeti sağlayan istasyonlar tarafından hoşlanılan ve rasyonel olan bir durum değildir. Çünkü yaşanan bekleme süreleri dolayısıyla iki taraf için maliyetlerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Burada iki tür maliyet vardır. Bunlar; müşteri bekleme sürelerinden dolayı oluşan maliyet ve hizmet sağlayan istasyonların boş kalmasından dolayı oluşan maliyettir. Kuyruk problemlerinde amaç ise, birimlerin kuyrukta bekleme sürelerinin toplam maliyetini ve servis sağlayan istasyonların âtıl kalması sebebiyle oluşan toplam maliyeti minimize etmektir (Şahin, 1978).

Kuyrukta beklemek, müşterilerin kuyruktan çıkarak hizmet almaktan vazgeçmelerine sebep olurken, diğer yandan da işletme için müşterilerin kaybına ve gelirlerin azalmasına neden olacaktır. Müşteri memnuniyetini ve getirisini maksimize etmek amacı ile hareket eden ve müşterilerini kuyrukta bekletmeyi uygun görmeyen işletmeler, bekleme hattı modelleri ile müşterilerin veya birimlerin kuyrukta bekleme sürelerini minimum kılma amacındadırlar (Güray & Ulusam). Bu amacı gerçekleştirmek üzere hizmet kapasitesinin artırılması için yapılacak olan maliyetler ile hizmet bekleyen birimlerin bekleme sürelerinin fazlalığından kaynaklanan sakıncaların mukayese edilmesi gereklidir (Tekin M. , 2008). İşletme, müşterilere daha iyi hizmet sağlamak için servis süresini kısaltacak ilave tesis ve personel istihdam etmelidir (Reis, 1991). İşletme yöneticileri, sağlamış oldukları hizmetlere ilişkin maliyetlerin minimize edilmesini, hizmetin kalitesinin maksimize edilmesini ve müşterilerin kuyrukta bekleme zamanlarının minimize edilmesini amaçlar. Bu durum işletmenin çıkarları ile müşterilerin talepleri ve beklentilerinin dengede tutulması problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu ekonomik denge ise Bekleme hattı modelleri ile sağlanabilir (Sevgin, 2000).

Sisteme gelen müşterilerin büyük çoğunluğuna hizmet sunulmak istendiğinde, hizmet kapasitesinin normalden fazla artırılması gerekecektir. Bu durum ise bazen hizmet istasyonlarının boş kalmasına sebep olacaktır. Hizmet istasyonunun boş kalması aylak kalış maliyetini ortaya çıkarır ve ilgili maliyet, servis kapasitesiyle doğru orantılıdır. Bu sebeple servis kapasitesi arttıkça aylak kalış maliyetinde de doğru orantılı şekilde artış görülecektir. Taleplerin karşılanmasında hizmet (servis) sağlayan istasyonların yetersiz olması veya bu hizmet olanaklarının düzensiz işlemesi nedeniyle oluşan bekleme zamanı maliyeti, servis kapasitesiyle ters orantılıdır ve kapasitede artış oldukça bekleme zamanı maliyetinde azalma görülecektir. Kuyruk sisteminde servis istasyonlarının âtil durumda olması ile müşterilerin bekleme hattında beklemeleri arasında ters yönlü bir ilişki vardır (Kara, 1976). Sonuç itibariyle, servis istasyonunun boş kalma süresi ve müşteri bekleme zamanının minimize edilmesi kuyruk sisteminin etkinliğinin artmasını sağlayacaktır. Hizmet veren istasyonların sayıca artması bekleme zamanının ve ortaya çıkan bekleme maliyetinin azalmasına neden olacaktır. Fakat, toplam bekleme maliyetinde azalma olmasına rağmen, ilave hizmet istasyonlarının kurulması sebebiyle toplam hizmet maliyeti artacaktır (Sezgin & Ada).

Bekleme Hattı Modelinde Kullanılan Dağılımlar

Bekleme hattı problemlerinde genellikle tesadüfîlik söz konusudur. Kuyruk modellerinde müşterilerin geliş yapısının ve onlara sağlanan servis yapısının bilinmesi gerekir. Müşteriler veya birimlerin kuyruğa gelişleri tesadüfî olarak gerçekleşebilir veya önceden bilinebilir. Ancak birimlerin kuyruk sistemlerine gelişleri çoğunlukla tesadüfî olmaktadır. Gelişler ve gelişler arasındaki sürelerin açıklanmasında Poisson ve üssel dağılımdan yararlanılmaktadır. Servis sistemini etkileyen parametreler şunlardır: Tek veya çok sayıda personelin olması (tek kanallı veya çok kanallı servis), servis personelinin hizmetlerini uzmanlıklarına göre yapıp yapmadıkları, tüm servis personelinin aynı hızda çalışıp çalışmadığıdır. Servis oranı μ zaman birimi başına düşen servis sayısını ifade eder. Servis oranlarının ortaya konulmasında ise en fazla üssel, poisson, erlang ve sabit dağılımlardan yararlanılmaktadır (Öztürk A. , 2002).

Hizmet talebinin düzenli olması ve müşteri için gerekli hizmetin her daim aynı süre gerektirmesi çok zordur. Örneğin; gerçek dünya şartlarında bakım hattına bir birimin geliş farklı aralıklarda, farklı zaman dilimlerinde yani tesadüfî (stokastik) olarak gerçekleşirken, iş bitirme süreleri ise tesadüfen farklı olmaktadır. İşletmelerin sahip olduğu hiçbir faaliyette talep ve hizmetin düzenli ve sabit olduğu bir durum söz konusu olamaz. Bu durum bekleme hattı modellerinin stokastik (tesadüfî) özelliğe sahip olduğunu gösterir. Nitekim, bekleme hattı sistemlerinde sisteme girişler ve hizmet alma süreçleri stokastik özelliğe sahiptir (Kendall, 1953).

Bekleme Hattı Sisteminin Özellikleri

Bekleme hattı sistemlerinin incelenmesi ve bu sürecin matematiksel olarak ifade edilebilmesi için bekleme hattı sistemine ait özelliklerin bilinmesi gerekir. Bu özellikler aşağıda açıklanmıştır (Yılmaz Z. , 1988).

- Giriş özelliği
- Çıkış özelliği
- Kanal sayısı ve düzeni
- Kuyruk disiplini

Giriş Özelliği

Giriş özelliği, birimlerin sisteme girişlerini ifade eder. Birimlerin sisteme girişleri aynı aralıklarla gerçekleşmez. Bu nedenle birimlerin sisteme girişleri λ ile gösterilir. Bekleme hattı sisteminde girdi sürecinin analiz edilmesinde gelişlere ait zaman aralıkları ve geliş kaynağının

biliniyor olması çok önemlidir. Müşteriler hizmet sağlamaya tek tek gelebilirken gruplar halinde kitlesel olarak ta gelebilirler. Girdi sürecini belirleyen geliş kaynağı, müşterilerin geldiği ana kütlelerin sonlu veya sonsuz yapıda olup olmadığını ifade eder (Sariaslan, 1986).

Çıkış Özelliği

Herhangi bir hizmet sağlamak için bekleme hattı sistemine gelen bir birimin kendisine gereken hizmeti almasıyla sistemden ayrılmasını ifade eder. Gelişlerde görüldüğü gibi bekleme hattı sisteminden çıkışlar da μ ile ifade edilir.

Kanal Sayısı ve Düzeni

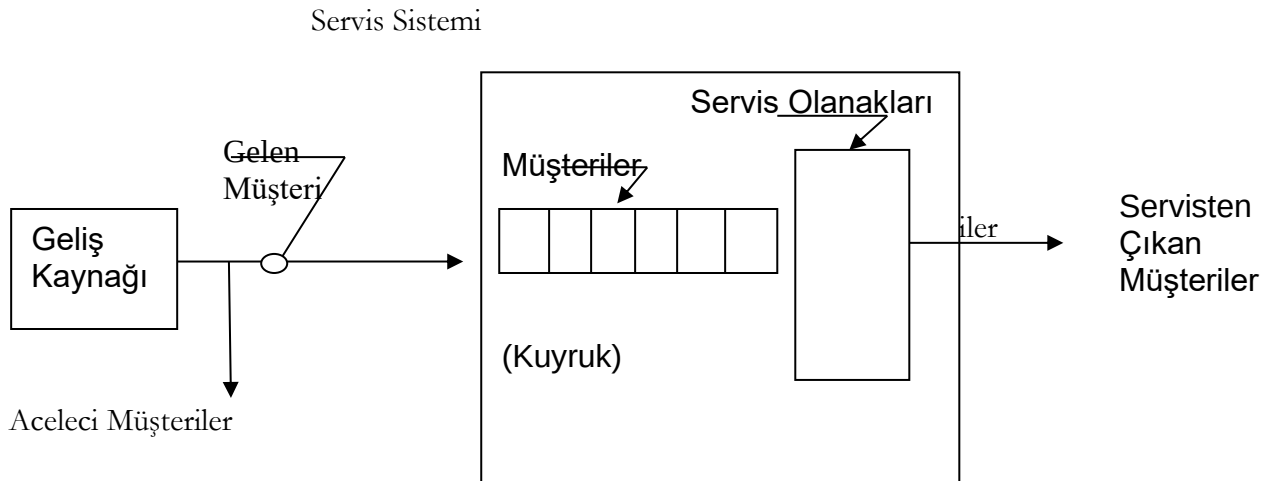
Kanalın sayısı; kuyruğun uzunluğu ve kuyruk bekleme süresi gibi değerler için büyük önem taşımaktadır (Yılmaz Z. , 1988). Bekleme hattı modelleri, kanal sayısı olarak tek kanallı ve çok kanallı modeller olmak üzere iki çeşittir.

Kuyruk Disiplini

Bir sistemin kuyruk disiplini, gelişlerin servis sıralamasının kontrolünü sağlar. Bir bekleme hattı sisteminde ortaya çıkan kuyruklar, kanalın çeşidine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Hillier & Lieberman, 1990).

Bekleme Hattı Modelinin Yapısı ve Özellikleri

Kuyruk teorisi için müşteriler giriş verisidirler. Müşteriler kuyruğa girer ve kuyruğa entegre olurlar. Bekleme hattında sisteme giren müşteriler, hizmet veren servis istasyonunun meşgul olması sebebi ile bekler ve kuyruk oluştururlar. Bir kuyruk sisteminde, hizmet istasyonuna sabit veya değişen oranda gelen müşteriler bulunur. Müşteriler geldiklerinde servis istasyonuna giriş yapabilirlerse servis görürler. Talep ettikleri hizmeti almak için beklemeleri şartsa, bekleme hattına entegre olurlar ve servis alana kadar kuyrukta beklerler. Ardından servis istasyonundan hizmet sağlayarak sistemden ayrılırlar (Ada, 1990).



Şekil 15. Bekleme Hattının Genel Gösterimi

Kaynak: Tolga Genç, “Bekleme Hattı ve Simülasyon Modelleri ile Türk Silahlı Kuvvetlerinde Örnek Bir Uygulama”, (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2000), s.18

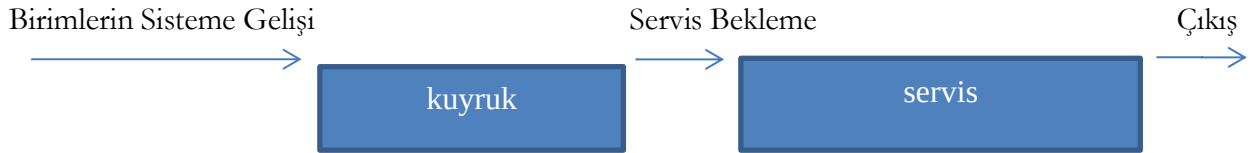
Yukarıdaki şekilde bekleme hattının genel bir şeması gösterilmiştir. Bekleme hattına baktığımızda geliş kaynağından gelen müşteriler servis vermekte olan istasyonun önünde oluşan kuyruğu gördüğünde kuyruğa girmeyebilir. Bu şekilde hareket tarzı benimseyen müşteriler aceleciler olarak nitelendirilir. Ancak öyle servis sistemleri vardır ki bu sistemlerde geliş kaynağından gelen müşterilerin aceleciler gibi davranma lüksleri yoktur. Bu duruma örnek olarak; uçakların havalanmak için pistte beklemeleri esnasında oluşan kalkış

kuyruğu ve vergi ödemek üzere vergi dairelerine gelen mükelleflerin oluşturduğu ödeme kuyruğu verilebilir.

Kuyruk problemlerinde iki temel aksiyon vardır. Bunlar şu şekildedir:

1. Bekleme hattına ulaşan müşteriler servis alma işlemi sona erene kadar kuyrukta bekleme vaziyetindedirler.
2. Sistem boş ise gelen müşterilere anında hizmet sağlanır, hizmet alanların sistemden ayrılmaları gerçekleşir (Sundarapandian, 2009).

Bekleme hattı (kuyruk) modelinin basit bir şekli aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 16. Basit Kuyruk Modeli

Kaynak: Bilgehan Tekin, “Sağlık Hizmeti Sistemlerinin Etkinliği: Bir Kamu Hastanesi ve Özel Hastane Karşılaştırması”, Çankırı Karatekin Üniversitesi S.B.E. Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, (2015), s.492.

Bekleme Hattı Modellerinin Avantajları Ve Performans Ölçütleri

Bekleme hattı (kuyruk) modellerinin uygulanması karar vericilere çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir (Yıldız & Ungan, 2009).

- Sistemin yapısına ait özelliklerin ortaya konulması,
- Sistemde aksayan yönlerin tespit edilmesi,
- Gelir ve gider dengesinin tutturulması,
- Makul ve efektif bir çözümün sağlanması.

Kuyruk modellerinin performans ölçütlerine ilişkin yararlanılan parametreler, bekleme süresinin ve sistemde harcanan sürenin dağılımları, sistemde bulunan müşteri sayısına ait dağılım, iş yükü miktarına ait dağılım ve servis istasyonunun meşgul süresinin dağılımı şeklindedir (Ivo & Resing, 2002).

Burada temel performans ölçütleri ise; ortalama bekleme süresi, sistemde geçirilen ortalama süre ve ortalama kuyruk uzunluğudur. Bu ölçütler, kuyruk sistemi performansının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadırlar. Bu değerler işletme yöneticilerine hizmet kapasitesine ilişkin karar verme durumunda yardımcı olmakta ve kuyruğun analiz edilmesinde karar vericilere sistemin performansını gösterme imkânı sağlamaktadır (Tekin B. , 2015).

Bekleme Hattı Modelleri

Bekleme hattı (kuyruk) modelleriyle kuyrukta beklenen sürenin minimize edilmesi hedeflenmekte ve bekleme sonucunda meydana gelen maliyetlerin azaltılmasına yönelik çözümler getirilmektedir. Bekleme hattı modellerinin amacı, sistemin işleyişinin incelenmesiyle; sistemin analiz edilmesi, maliyetlerin minimize edilmesi ve sistemin daha düzgün çalışmasının sağlanmasıdır (Üreten, 2006). Bekleme hattı modelleri, geliş kaynağı ve kanal sayıları bakımından dört başlık halinde sınıflandırılmaktadır. Bu modeller aşağıda açıklanmıştır.

- Sonsuz Geliş Kaynaklı, Sonlu Tek Kanallı Bekleme Hattı Modelleri
- Sonsuz Geliş Kaynaklı, Sonsuz Çok Kanallı Bekleme Hattı Modelleri
- Sonlu Geliş Kaynaklı, Sonsuz Tek Kanallı Bekleme Hattı Modelleri
- Sonlu Geliş Kaynaklı, Sonsuz Çok Kanallı Bekleme Hattı Modelleri

Türk Havacılık Sektörü ve Havacılık Bakım Onarım Sektöründe Yedek Parça Envanter Yönetimine Genel Bir Bakış

Türk Havacılık Sektörü

Havayolu taşımacılığı, İkinci Dünya savaşının ardından teknolojideki gelişim sayesinde daha ileri bir konuma gelmiştir. Dünyada havacılık sektöründe teknolojinin etkisiyle hızlı bir gelişme yaşanırken ülkemizde bu konuda önemli mesafeler katetmiştir. Türkiye’de uçak trafiği ve uçakla seyahat eden yolcu sayılarında yaşanan rekor artış, özel havayolu şirketlerinin sayılarındaki artış, yurt içi ve yurt dışı uçuş ağlarındaki artış, havalimanlarına ait mega projeler ve büyük yatırımlar ile havacılık emniyeti ve uçuş güvenliği konularında gerçekleştirilen gelişmeler ve ülke genelinde devletin havacılık sektörünün gelişimine ilişkin yürütmüş olduğu politikalar Türk havacılık sektörünün gelişmesini ve önemli bir konuma gelerek dünyada söz sahibi bir ülke olmasını sağlamıştır (Gerede, 2002).

Türkiye’nin sahip olduğu coğrafi konumu sebebiyle uluslararası ilişkilerde yaşanan artışta en büyük paya sahip olan sektör havayolu taşımacılığıdır. Türkiye, havacılık sektöründe kilit bir öneme sahiptir. Ülkemiz konum itibarıyla kıtalararası bir kavşakta yer almaktadır. Bu coğrafi üstünlüğünün yanında ayrıca Türkiye yapmış olduğu ikili havacılık anlaşmalarıyla 118 ülke ve 286 farklı lokasyona uçuş yapma imkanına sahip olarak dünyada en fazla noktaya seyahat düzenleyen ülkelerden biri haline gelmiştir. Ülkemiz havacılık sektörüne çok büyük yatırımlar yapmaktadır. Nitekim bu yatırımlardan en büyüğü olan ve Türkiye Cumhuriyeti devleti tarafından dünyanın en büyük havalimanları arasında yerini alacak olan 3.havalimanı projesi başlatılmış ve bir bölümü tamamlanarak 29 Ekim 2018 tarihinde hizmete açılmıştır. 3.havalimanı ülkemize; dünya havacılığının merkezi olma, bölgesinde daha güçlü bir konuma gelme ve ekonomik olarak ülkemize büyük bir katma değer sağlama konularında büyük avantajlar sağlayacaktır (Aksoy & Dursun, 2018).

Havayolu taşımacılığı küreselleşen dünyada ekonomik ve sosyo-kültürel gelişimin sağlanması için önemli bir sektör haline gelmiştir. Havayolu taşımacılığı ulusal ve uluslararası düzeyde ekonomik, sosyal ve siyasi kararlardan etkilenme özelliğine sahip olan bir sektördür. Havacılık sektörü ülkemizde, ekonomik durum, teknoloji ve yoğun rekabet sayesinde hızlı bir ilerleme sağlamıştır. Türkiye, havacılık sektöründe dünya ortalamasının 3 katı kadar büyüme sağlamıştır. Havayolu yolcu sayısına ilişkin kategoride, dünyada 10. ve Avrupa’da ise 4. sırada olmamız dünyada havacılık sektöründe söz sahibi olduğumuzun bir işaretidir.

Havacılık, yüksek katma değerli, yüksek bütçeli ve aynı zamanda yüksek maliyetlerin gerçekleştiği bir hizmet sektörüdür. Sivil havacılık sektörünün ekonomiye yapmış olduğu katkı ile diğer sektörlerin ekonomiye yapmış olduğu katkı kıyaslandığında ortaya şöyle bir durum çıkmaktadır. Havacılık sektörü, ekonomiye yapmış olduğu 600 milyar doları aşan katkı ile ekonomiye çok sayıda sektörün yapmış olduğu katkıdan daha fazlasını katmaktadır.

Günümüzde havacılık sektörü, ülke ekonomilerinin temel taşı konumundadır. Ülkedeki ekonomik sektörlerin işleyebilmesi ve çarkların dönmesi için başta turizm, sanayi, ticaret, tarım ve diğer tüm sektörler açısından havacılık sektörünün gelişimi son derece önemlidir. Havacılık sektörü sayesinde ülkelerin diğer ülkelere entegre olması ve ulaşılabilirliği sağlanmakta ve

küreselleşen dünyada ülkeler arası ticari etkileşimler yaşanmaktadır. Havacılık sektörü, ülkeler arasında ticari, ekonomik, sosyal ve kültürel yönden adeta bir köprü görevi görmektedir. Ülkemizde “sivil havacılık” alanında yapılan yatırımlar ve izlenen politikalar ile yolculuk maliyetlerinin düşmesi, havaalanlarının kalite ve fiziki şartlarının iyileştirilmesi, yeni havalimanlarının inşa edilmesi ve dünyanın sayılı havalimanları arasında yer alması gibi etkenler sektöre ivme kazandırmıştır. Havacılık sektöründeki bu büyümeyle birlikte havacılık altyapısında da büyük bir ilerleme kaydedilmiş ve uçak bakım, onarımı gibi alanlarda önemli adımlar atılmıştır (Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi).

Havacılık endüstrisi; yer hizmetleri, bakım-onarım ile üretim ve destek hizmetleri veren işletmelerin toplamından oluşmaktadır. Havacılık endüstrisi de buna bağlı olarak büyük sermayeli kuruluşların bir araya geldiği bir endüstridir. Bunun nedenleri ise; uçak satın alma maliyetlerinin, uçak yakıtlarının, uçaklarda kullanılan yedek parçaların satın alma maliyetlerinin ve bu yedek parçaların bakım onarım maliyetlerinin yüksek olmasıdır (Arıkan & Ahıpaşaoğlu, 2006). Havacılık sektörünün, 20.yüzyılda gelişmesini ve ilerlemesini sağlayan faktörler aşağıda belirtilmiştir (Akça & Karagülle, 2012).

- Küreselleşme
- Toplumun refah düzeyinin artması
- Uluslararası ticaretin gelişmesi
- Havayolu endüstrisinin serbestleşmesi
- Hava trafik ağındaki artış
- Havayolu ulaşım ağlarının gelişmesi
- Artan turizm olanakları

Sonuç olarak; havacılık sektöründe ülkemiz hak ettiği konumdadır. Bu durum ise ülkemizde sivil havacılık endüstrisinin sağlam temellere dayandığını, uygulanan politikalarla havacılık sektörünün ülkenin lokomotif sektörü olarak her şartta gelişim göstermekte olduğunu gözler önüne sermektedir (SHGM İnternet Sitesi, 2017).

Türk Havacılık Sektörünün Tarihsel Gelişimi

Ülkemizde havacılık konusuyla ilgili ilk çalışmalar, Osmanlı döneminde başlamıştır. İtalyanlarla yapılan Trablusgarp Savaşı’nda Osmanlı Devleti’ne karşı hava saldırısı düzenlenmesi, askeri anlamda havacılığın öneminin kavranmasına sebep olmuş ve bu sayede havacılık alanında çalışmalar başlamıştır. Türkiye’de havacılık alanında yapılan ilk çalışma, Atatürk Havalimanı’nın yer aldığı bölgenin yakınlarında bulunan Sefaköy’ deki hangarda 1912 yılında başlamıştır. 1925 yılına gelindiğinde ise Türk Tayyare Cemiyetinin kurulması ile Türk havacılık sektörünün temeli atılmıştır. 1933 yılında ise, Türk Hava Postaları ismi ile kurulan bir filo aracılığıyla sivil havayolu taşımacılığı yapılmıştır. (Aktepe & Şahbaz, 2010) Ayrıca 1933 yılında ülkemizde sivil havayolu işletmelerinin kurulmasını gerçekleştirmek üzere sorumluluk verilen kurum, “Havayolları Devlet İşletme İdaresi” ismiyle kurulmuştur. Ardından Türk Havayolları Anonim Ortaklığı, yani kısa ismi THY olan kurum ise, 1933 yılında Ankara’da “Havayolları Devlet İşletmesi” ismi ile ortaya çıkmıştır. Ülkemizde sivil havacılık 2. Dünya Savaşı’ndan sonra büyük bir ilerleme katetmiştir. Savaş sonrası dönemde, uçakların kalkınma amacıyla ekonomik anlamda kullanılmasına yönelik çalışmalara ve yeni havalimanlarının inşa edilmesine öncelik verilmiştir. Sonuç olarak; havacılık sektörü, havayolu taşımacılığının başladığı ilk andan itibaren, sürekli bir gelişim göstermiştir. Bu gelişim, 2003 yılından itibaren hatırı sayılır şekilde artış göstermiş ve özel havayolu şirketlerinin sayısındaki önemli artışın meydana gelmesiyle zirve yapmıştır (Şentürk, 2011).

Havacılık Bakım Onarım Sektörü

MRO; (Maintenance, Repair, Overhaul) uçak ve uçak komponentlerine bakım onarım hizmeti sunan firmalar için atfedilen isimdir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğüne göre MRO'nun tanımı: "Uçağın üretiminden başlayıp hizmet süresinin sona ermesine kadar geçen süre zarfında hava aracının uçuşa hazır ve uygun halde bulunması için yapılan servis ve kontrol faaliyetleri, bakım- onarım faaliyetleri, tadilat ve revizyon faaliyetlerini yapan firmalara MRO denir (SHGM İnternet Sitesi, 2017).

Havacılık sektöründe pazar payının hızlı şekilde büyümesi aynı zamanda uçak bakım onarım sektörünün de büyümesine neden olmuştur. Dünyada uçak sayılarının artması, aynı zamanda uçak yedek parçalarına olan ihtiyacın artması anlamına gelmekte ve arızalı olan yedek parçaların tamir bakım işlemlerinin yapılmasını zaruri kılmaktadır. Uçak yedek parçalarına ilişkin tamirler ve büyük ölçekli tadilatlar havayolu şirketleri için hayati olmakla birlikte yedek parça tedariklerinin sağlanması, envanterin optimum düzeyde olması ve giderlerin minimize edilmesi gibi şirketlerin ulaşmak istediği hedefler bakım onarım sektörü ile ilişkili olan hedeflerdir.

Dünyada 500 civarında MRO firması tarafından, sayıları yaklaşık 27 bin civarında olan uçağa bakım onarım hizmeti verilmektedir. Bu durum firmaların uçakları için ihtiyaç duyduğu yedek parça sayılarının artmasına ve yedek parça envanter yönetiminin çok önemli hale gelmesine neden olmuştur. Ayrıca havacılık sektöründe faaliyet gösteren firmalar, uçaklarında arıza yapan komponentleri süratli şekilde tamir edecek ve onları faal hale getirecek olan yedek parça bakım onarım firmalarına ihtiyaç duymaktadırlar. Havayolu endüstrisi içerisinde önemli bir yere sahip olan yedek parça bakım onarım sektörü, havayolu şirketleri için önemli bir yerdedir. Bu sektör çok önemli bir yere sahip olmakla birlikte havacılık endüstrisinin temel taşıdır. Ülkemizde bu sektörde faaliyet gösteren şirketlerin var olması uçak yedek parçalarına yurt içinde bakım onarım hizmetinin sunulmasını sağlamıştır (Bahar, 2018).

Havacılık bakım onarım sektörü yüksek maliyetler ve büyük sermayeli yatırımlar içeren bir sektördür. Sektörde faaliyet gösteren şirketler için MRO maliyetlerinin minimize edilmesi kuşkusuz ki tedarikçi performanslarına bağlıdır. MRO firmaları arasında var olan rekabet durumundan dolayı bu firmaların maliyetlerini azaltmaları tedarik zincirinde verimliliğin sağlanması ve kaynakların verimli kullanılmasına bağlıdır. Uçak bakımı, havayolu şirketleri için güvenlik, zaman ve maliyet etkinliği açısından son derece önemlidir. Bir uçağın arıza nedeniyle hizmet verememesi, uçağın rötar yapması maliyetlerin yükselmesi demektir. Bu durum ekonomik açıdan, müşteri memnuniyeti ve marka değeri açısından şirket için hiçte uygun bir durum değildir. Bu nedenle tedarik zinciri yönetiminin, MRO'lara ait test, tamir, revizyon ve onarım operasyonlarının efektif hale gelmesinde önemli bir faktör olduğu açıktır. Sonuç olarak; havacılık bakım onarım sektörü, uçakların uçuşa hazırlıklı olabilmeleri için hayati öneme sahip bir sektördür (Kuyucak & Şengür, 2009).

Havacılık Bakım, Onarım Sektöründe Yedek Parça Envanter Yönetimi

Havacılık bakım onarım sektöründe yedek parça envanter yönetiminden bahsetmeden önce envanter konusuna değinelim.

Envanter, üretimi istenen seviyede tutmak, teslimat ve satışı talep edilen özelliklere göre yerine getirmek amacıyla malzeme mamul ve tamamlanmış/tamamlanmamış ürünlerin elde bulundurulmasıdır. İşletmelerde envanter yönetiminin temel amacı; envanteri kullananlara talep edilen hizmet düzeyini sağlamak için en düşük maliyeti sağlamaktır (Ecer, 2009). **Envanter;** gelecekte üretim ve satışlar için ortaya çıkabilecek talepleri karşılamak için elde tutulan mallara denmektedir. Elde bulundurulan envanter miktarının fazla veya az olmasının bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Envanterin az olması durumunda, firma veya işletme daima stok tükenmesi ile karşılaşacaktır. Stokların tükenmesi tüketici talebinin karşılanamaması neticesinde satışlarda kayıpların oluşmasına ve envanterin elde fazla

bulundurulması ise belirli bir depolama maliyetinin ortaya çıkmasına sebep olacaktır (Öztürk A. , 2002). Envanter yönetimi, talep ile arz arasındaki farkın minimize edilerek stok maliyetlerinin düşürülmesini amaçlar. Siparişin ne zaman verilmesi ve verilecek sipariş miktarının ne olması gerektiği gibi durumlarda envanter yönetimi kilit rol oynamaktadır. Envanter yönetiminin vazgeçilmez unsuru olan envanter kontrolü, önemli konuların başında gelmektedir. Envanter kontrolü açısından amaç; envanter maliyetlerini minimize eden komponent miktarını elde etmektir. Envanter yönetiminde stok kontrolüne ilişkin bir diğer amaç ise, doğru ürünü, doğru mekânda ve sürede, talep edilen miktarda hazır etmektir. Firmalar da envanter yönetiminde stok seviyelerini yönetirken bu konuya hassasiyet göstermeli ve dengeyi sağlamalıdır (Genç R. , 2009). Şimdi de çalışmanın odak noktası olan tamir edilebilen uçak yedek parçaları yani komponentlerin envanter yönetimine değinelim.

Havacılık sektöründe müşterilerin yedek parçaya olan taleplerindeki dengenin kurulması, ek maliyetlerin ortaya çıkmasının engellenmesi için gereklidir. Çünkü bir uçağın rötar yapması, yerde beklemesi ve sefere çıkamaması hem yüksek bir maliyetin ortaya çıkmasına hem de prestij kaybıyla birlikte müşteri memnuniyetsizliği ve müşteri kaybının oluşmasına sebep olacaktır. Diğer taraftan bir yedek parçanın gereksiz bir şekilde elde fazla miktarda bulundurulması da stok maliyetlerinin artmasına neden olacaktır. Burada zaten amaç; bu dengenin kurulmasıdır (Dinçer & Ekin, 2017).

Komponentlerin envanter seviyeleri dinamikdir ve bu seviyelerin artmasını ve azalmasını sağlayan faktörler ise satış veya satın alma durumlarıdır. Uçak yedek parçalarının tamiri her zaman mümkün olmamaktadır. Komponentler, tamiri mümkün olmadığında veya tamir edilmesinin satın alınmasından daha maliyetli olması durumunda hurdaya çıkarılabilmektedir. Bu durum doğal olarak envanter sayısını azaltmaktadır. Bu sebeple envanter hareketini etkileyen temel faktörlerden biri, komponentte ortaya çıkan arıza olduğundan dolayı talebin hesaplanması durumunda genelde arızalarla ilgili inceleme ve analizler yapılmaktadır. Komponentlerin tamir ve stok döngüsünü daha etkin bir duruma getirmek için, stokta yedek parçaların uzun süre âtil kalması, boş yere beklemesi engellenmeli yani stokta gerekli olan sayıdan fazla yedek tutulmamalı ve stok devir hızını artırıcı tedbirler alınmalıdır. Bir diğer önemli husus ise, uçaklardan sökülen arızalı parçaların lojistiğinin süratle yerine getirilmesidir. Bu şekilde tamir-bakım sürecinden önce gereksiz zaman kaybının giderilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca şirketlerin bakım onarım hizmeti veren firmalarla görüşüp anlaşmalar yapılması suretiyle tamir süresi belli bir zamanı geçtiğinde uçuş operasyonlarının etkilenmemesi için takas komponent talep edebilmenin mümkün olması sağlanmalıdır. Bu geçen sürede firmaya takas komponent verilmesiyle, parçanın tamir kabiliyetine alınarak tamirin firmanın kendi bünyesi içerisinde yapılması tamir sürecini kısaltacaktır.

Stokta bulundurulması gerekli olan yedek parça miktarının hesaplanmasındaki amaç, uçuş operasyonlarının aksamasını engelleyecek ve istenilen güvenilirlik düzeyinde hizmet verebilecek şekilde komponent tedarikinin sağlanmasıdır (Kilpi, 2007).

Bakım/onarım sektöründe faaliyet gösteren firmalar, arıza anında operasyonda herhangi bir aksaklığın oluşmaması için envantere ihtiyaç duyarlar. Yedek parça envanteri tutmak, talepte oluşacak olan dalgalanmalara ve beklenmeyen durumlara karşı hazırlıklı olmak için zaruridir. Hangi sektör olursa olsun firmaların amacı, düşük maliyetle müşteri memnuniyetini maksimum oranda sağlamak ve envanterin rasyonel, etkin ve dengeli yönetilmesini sağlamaktır. İşte arızalı yedek parçaların tamirinin yapıldığı atölye için envanter kontrolü ve rasyonel bir tamir bakım sürecinin işlemesi ile tamir önceliklerinin yapılması son derece önemlidir (Dinçer, Karakaş , & Ekin, 2018).

Sonuç olarak; havacılık bakım onarım sektöründe hayati öneme sahip olan yedek parçalara ilişkin etkin ve rasyonel bir envanter yönetimi için, atölyede tamir bakım işlemlerinin bilimsel teknikler ve kriterlere uygun olarak öncelik sırasına göre yapılması ve önceliği olmayan parçalara zamanından önce kaynak ayrılmasının önüne geçilmesi gerekmektedir. Bu

durum ayrıca stokta faal komponent bulunmayışından dolayı uçuş operasyonlarında aksamalar yaşanmasına engel olacaktır.

Uygulama ve Sonuç

Araştırmanın Kapsamı ve Amacı

Tezin uygulama kısmında havacılık bakım onarım sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın yedek parça (komponent) atölyesi incelenmiş ve bu atölyedeki yedek parçalara ilişkin kuyruk problemine simülasyon ve ÇKKV teknikleriyle entegre bir çözüm yaklaşımı sunulmaya çalışılmıştır. Atölye, kendisine komponent kontrol merkezinden gelen arızalı parçaları test, tamir veya modifikasyon yapan bir kurumdur. Bu işlemleri yerine getirirken sahip olduğu kaynakların maliyeti çok yüksektir. Öncelikle, atölyeye gelen yüzlerce parçanın hangi sırada işleme gireceğinin belirlenmesinde VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra, uçuş operasyonlarına sundukları hizmet çok önemli olduğundan dolayı ATE atölyesine ilişkin uygulamada, atölyede kaynakların etkin ve rasyonel kullanılması, atölye sistemine ait performansın tespit edilmesi ile atölye iş akışının iyileştirilmesi için simülasyon etkin bir araç olarak kullanılmıştır. Atölyenin sahip olduğu kaynak sayılarında değişiklikler yapılarak farklı senaryolar altında ortaya çıkabilecek atölye durumları görülebilmekte ve atölye için belirlenen performans ölçütlerinde ortaya çıkan değişiklikler ve atölye için makul mantıklı olan değerler elde edilmektedir. Ardından, yine ÇKKV tekniklerinden olan Entropi ve PROMETHEE metotları vasıtasıyla üretilen senaryoların objektif şekilde ağırlıklarının belirlenmesi ve sıralanması sağlanmıştır. PROMETHEE 2 çıktıları en uygun senaryoyu seçmede temel olarak kullanılmıştır.

Yani özetle, çalışmadaki işlem adımları aşağıdaki gibi sayılabilir.

1. Atölyenin iş süreçlerinin anlaşılması ve süreç haritasının alınması
2. PARETO yöntemiyle atölyeye en fazla uğrayan parçaların belirlenmesi (124 adet parça tipi)
3. Atölyedeki tüm çalışanlara belirlenen kriterlere göre anket yapılması
4. Anket sonuçlarına göre ağırlıkların tespiti ve karar matrisinin oluşturulması
5. VIKOR metoduyla 124 adet parçanın atölyede öncelik sıralarının belirlenmesi
6. Simülasyon verilerinin toplanması ve doğrulanması
7. Aykırı değerlerin veri setinden temizlenmesi (XLSTAT Grubbs test)
8. İstatistiksel dağılımların tespiti (XLSTAT Otomatik Dağılım Uydurma)
9. Dağılıma uymayan değişkenler için veri setlerinden yeniden örneklem alınması (XLSTAT Bootstrap)
10. Yeniden alınan örneklemlemlerle tekrar dağılım uydurma (XLSTAT Otomatik Dağılım Uydurma)
11. Rockwell ARENA’da VIKOR’dan gelen işlem öncelik sıralarını kullanarak simülasyon modelini oluşturma
12. Simülasyon modelini tüm senaryolar için çalıştırma ve çıktıları elde etme
13. Senaryoların sıralaması için Entropi yöntemiyle kriter ağırlıklarını saptama
14. PROMETHEE yöntemiyle Entropi’den gelen ağırlıkları kullanarak en iyi senaryonun seçilmesi
15. Sonuç ve değerlendirme ile birlikte şirketle tavsiyelerin paylaşılması

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen işlem adımları firmanın çok sayıda atölyesinden sadece biri olan ATE (Automatic Test Equipment) atölyesinde yapılmıştır. Yöneylem araştırması tekniklerinden olan Simülasyon ile Çok Kriterli Karar Vermenin bütünleşik olarak entegre şekilde uygulaması gerçekleştirilmiş ve sonuçlar elde edilip yorumlanmıştır.

Bu çalışmadaki amaç; tamir görmek için atölyeye gelerek kuyruğa giren uçak komponentlerinin öncelik sıralarını belirlemek, sistematik ve etkin bir envanter yönetimini sağlamak, yedek parça eksikliğinden kaynaklanan uçuş operasyonlarının aksamaması ve yedek parçanın tamir bekleme süresini azaltan, yedek parça verimi ile kaynakların etkin kullanımını sağlayan, kapasite kullanım oranını arttıran ve bu amaçlara ulaştıracak olan personel ve makine düzeyini ortaya koyacak olan çeşitli senaryoların geliştirilmesidir. Bu çalışmada yedek parçaların atölyelere gönderildikten sonra hangi öncelik sırasıyla test, tamir ve modifikasyon göreceğinin tespiti ve atölyenin performans ölçütleri ile iş akışlarının iyileştirilmesi için ÇKKV teknikleri ile Simülasyon yöntemi bütünleşik olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamada ilk olarak komponent önceliklendirme probleminin çözümü 124 alternatif ve 11 kriter için VIKOR yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Ardından VIKOR'dan elde edilen işlem önceliği sıralarına göre komponentler, tamir bakım sürecindeki tüm aşamalardan geçirilmek kaydıyla atölye sistemine ait olan model üzerinde simülasyon uygulaması yapılmıştır. Yedek parça atölyesinde kurulan sistem modellenerek yapılan denemeler ile işleyiş görülmüş ve atölye performans ölçütleri değerlendirilerek, simülasyon ile atölyedeki kaynak sayılarını değiştirerek çeşitli senaryolar altında oluşan çıktılar birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Simülasyon aşamasında atölyenin sahip olduğu kaynak sayılarında değişiklikler yapılarak oluşturulan 12 adet senaryo ÇKKV yöntemlerinden olan Entropi ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. 12 adet senaryo içerisinden en uygun senaryonun seçimi, atölyenin performans ölçütü (kriteri) olarak belirlenen 6 adet kriter için elde edilmiştir. Burada kriterlerin ağırlıklandırılmasında sayısal veriler üzerinden işlem yapan ve nesnel bir ağırlıklandırma yöntemi olan Entropi kullanılmıştır. Alternatiflerin yani senaryoların en iyiden daha az iyiye doğru sıralanmasında ise PROMETHEE yöntemi kullanılarak çözüm sağlanmıştır.

Çalışmanın Yapıldığı Atölyeye Ait Bilgiler

Uygulama çalışması İstanbul'da Havacılık bakım onarım sektöründe faaliyet göstermekte olan yerel bir kuruluştaki gerçekleştirilmiştir. Havacılık Bakım Onarım sektöründe faaliyet gösteren firmaya ait bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Şirket, uçak yedek parçalarına bakım onarım ve modifikasyon hizmeti verdiği için aviyonik, hidrolik, mekanik & elektro mekanik, pnömatik, yakıt sistemleri, lastik, fren, jant ve acil durum teçhizat gibi atölyeleri bünyesinde bulundurmaktadır. Şirket; EASA, FAA ve 35'ten fazla yerel havacılık otoritesinden alınan sertifikalar ile müşterilere komponent bakım onarım ve sertifikasyon hizmeti sunmaktadır. Komponent atölyelerinde, 10.000'den fazla komponente yüksek güvenilirlik ve hızlı geri dönüş süresinde bakım onarım ve test operasyonları başarıyla uygulanmaktadır. Ayrıca, müşterilere kabiliyetler dahilinde komponent kiralama, satış ve değişim hizmetleri sunulmaktadır. Şirketin bünyesinde bulunan 9 adet aviyonik komponent bakım atölyesi bulunmaktadır. Bu atölyelerden en önemli ve iş yoğunluğu fazla olanı ise ATE (Automatic Test Equipment) atölyesidir. ATE atölyesi uçakta bulunan tüm elektronik parçaların bakım ve onarımlarının yapıldığı komponent atölyesidir. Şirket müşterilerine modern atölyelerde bakım ve onarım hizmetleri sunmaktadır. Şirket tarafından komponentlere test, onarım ve revizyon işlemleri yapılmaktadır. Bu operasyonların yürütülmesinde en son teknolojik ekipmanlar kullanılmaktadır.

Araştırma Verilerinin Elde Edilmesi

Atölye, çeşitli nedenlerden dolayı uçaklardan sökülen gayri faal yedek parçaların tamir edilmek amacıyla geldiği yerdir. Atölyede teknisyenler arıza durumlarına göre parçalara test, muayene ve tamir işlemleri yapmaktadır. Uçakların elektronik olan tüm parçalarının bakım onarımının yapıldığı atölye çok kritik öneme sahip olduğundan dolayı bu atölyenin verimliliği, etkinliği, kaynak ve kapasite kullanımlarının makul seviyelerde olması büyük önem arz etmektedir. ATE atölyesi, üçlü vardiya düzeniyle 7 gün 24 saat esasına uygun şekilde faaliyetlerini sürdürmektedir. Havayolu şirketinin bünyesinde çok fazla sayıda atölye vardır ancak bakım onarım için gelen parça sayısının çokluğu ve 3 lü vardiya şeklinde 7/24 çalışma düzeniyle en yoğun atölye olan ATE atölyesi çalışma için daha iyi sonuçlar vereceğinden dolayı seçilmiştir. Veriler, atölyenin 2016-2017-2018 yıllarındaki form-one iş emir raporları dikkate alınarak elde edilmiştir. Form-one, atölyedeki herhangi bir parçanın faal hale getirildikten sonra uçuşa elverişlilik için onaylayıcı personel konumundaki başteknisyen tarafından onaylanan, imzalı çıktı olarak basılan ve komponentin çeşitli bilgilerini içeren bir sertifikadır. Veriler, son 3 yılın ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca çalışmanın ilk aşaması olan komponent önceliklendirme probleminde dikkate alınacak olan alternatif sayısının belirlenmesinde 80/20 Pareto kuralı kullanılmıştır.

PARETO Kuralı (80/20 Kuralı)



Pareto kuralı, 1906 yılında İtalyan ekonomist ve matematikçi **Vilfredo Pareto** tarafından ortaya atılmıştır. Pareto, 1897 yılında İtalya'daki servetin %80'ine İtalya'daki nüfusun %20'sinin, İngiltere'deki toprakların %80'ine İngiltere'deki nüfusun %20'sinin sahip olduğunu gözlemlemiştir. Daha sonra Pareto ilkesi ilginç bir biçimde hayatın hemen hemen her alanında işlemiş ve hayatımızın genelinde 80/20 kuralının hâkim olduğu gözlemlenmiştir. Bu kural; nedenler ve sonuçlar arasında dengesiz bir orantının olduğunu göstermektedir. Pareto kuralına aşağıdaki örnekler verilebilir. (Matematiksel.org, tarih yok)

- Bir şirketin gelirlerinin %80'inin kaynağı, müşterilerinin %20'sidir.
- Bir şirkete gelen şikayetlerin %80'i, müşterilerinin %20'sinden gelir.
- Trafik kazalarının %80 'i sürücülerin %20'sinden kaynaklanır.
- Dünya servetinin %80 'i toplam nüfusun %20 'sinin elindedir.
- Vaktimizin %80 'i tanıdıklarımızın %20 'si ile geçer.

Alternatif sayısı **Pareto Kuralı** ile belirlenmiştir. VIKOR uygulamasında kullanılacak olan alternatifler (komponentler) 124 adet olarak aşağıda gösterilmiştir.

PN	Toplam	Ortalama	Kümülatif	Küm Yüzde
D717-02-001	1512	504	504	0,066385669
B250-81	834	278	782	0,103003161
B184-1	748	249	1031	0,135800843
B214-62-10	518	173	1204	0,158587987
B74101-02-01	512	171	1375	0,181111697
B4197-20-02	471	157	1532	0,201791359
LA2K2B100DG0000	449	150	1682	0,221548999
C12848CA01	420	140	1822	0,239989463
B4041-70	399	133	1955	0,257507903
B64700500A4D	371	124	2079	0,273840885
B7121-19971-01AC	334	111	2190	0,288461538
B4197-20-04	290	97	2287	0,301238145
D717-01-100	281	94	2381	0,3136196
B35-1H5-1002	272	91	2472	0,325605901
C12850AC02	270	90	2562	0,337460485
B196BS101-1	242	81	2643	0,34812961
B5822-21	233	78	2721	0,358403583
B49-170-11	209	70	2791	0,367623815
C13042BA03	210	70	2861	0,376844046
B4086850-922	197	66	2927	0,385537408
C19298AF05	198	66	2993	0,394230769
E21327106	194	65	3058	0,402792413
B37292325V06	183	61	3119	0,410827187
B35-0L0-1003-06	179	60	3179	0,418730242
B1700667D	170	57	3236	0,426238145
B35-0L0-1001-04	170	57	3293	0,433746048
B3372BAM0515	171	57	3350	0,441253952
BK282AAM0406	160	53	3403	0,448234984
B4081600-930	156	52	3455	0,455084299
BK217ABM11	156	52	3507	0,461933614
B3214-54-10	154	51	3558	0,468651212
B35-0L0-1002-05	152	51	3609	0,475368809
E21327006	151	50	3659	0,481954689
B4082260-939	147	49	3708	0,488408851
BHG2050AC07	140	47	3755	0,494599579
B174101-02-03	134	45	3800	0,50052687
B3250-80	128	43	3843	0,506190727
B4082730-901	129	43	3886	0,511854584
BK282AAM0305	128	43	3929	0,51751844
B2042M67P02	127	42	3971	0,52305058
B4041-48	125	42	4013	0,528582719
B4077880-962	127	42	4055	0,534114858
B760SUE2-4	127	42	4097	0,539646997
B3397BAM0619	125	42	4139	0,545179136
B473955-1	123	41	4180	0,550579557
B0650-35-0002	121	40	4220	0,555848261

2042M67P04	116	39	4259	0,560985248
C12850AC03	117	39	4298	0,566122234
3250-31	114	38	4336	0,571127503
LA2E50700C90000	114	38	4374	0,576132771
3945128215	110	37	4411	0,581006322
3957985205	111	37	4448	0,585879874
4077880-982	108	36	4484	0,590621707
324972-11-022	107	36	4520	0,595363541
RAI2811M0106	107	36	4556	0,600105374
767584K	106	35	4591	0,60471549
3055515-4501	101	34	4625	0,609193888
0650-35-0005	07	32	4657	0,613408851
20791-02AB	02	31	4688	0,617492097
3945129100	03	31	4719	0,621575342
3PAS10-5	02	31	4750	0,625658588
LA2T0G21006CA10	04	31	4781	0,629741834
1853M33P06	00	30	4811	0,633693361
7123-19973-03AB	01	30	4841	0,637644889
3494AAM0617	37	29	4870	0,6414647
0600-58-0000	33	28	4898	0,645152792
LA2E20202T30000	35	28	4926	0,648840885
285A1300-1	30	27	4953	0,65239726
285W0029-4	31	27	4980	0,655953635
285A1600-6	77	26	5006	0,659378293
322814-5	79	26	5032	0,66280295
3372BBM0104	79	26	5058	0,666227608
4197-10-02	75	25	5083	0,669520548
796815-02-03	75	25	5108	0,672813488
3372BAM0511	74	25	5133	0,676106428
LA2E50700100000	74	25	5158	0,679399368
35-0L5-1005-08	73	24	5182	0,68256059
3957985114	73	24	5206	0,685721812
HG2030AE23	72	24	5230	0,688883035
1803B0000-02	68	23	5253	0,69191254
3214-62	68	23	5276	0,694942044
3S2192-2	70	23	5299	0,697971549
C12849AB03	69	23	5322	0,701001054
LA2E90606HM0100	70	23	5345	0,704030558
3214-54	66	22	5367	0,706928346
3214-55-10	66	22	5389	0,709826133
6664287-0	65	22	5411	0,71272392
399-0850-004	65	22	5433	0,715621707
285W0114-3	64	21	5454	0,718387777
4042-10	62	21	5475	0,721153846
785002-9	63	21	5496	0,723919916
LA2E20202T50000	63	21	5517	0,726685985
RAI2800M0706	62	21	5538	0,729452055
4197-10-04	69	20	5558	0,732086407
C12848DB01	60	20	5578	0,734720759
10-1733-1	66	19	5597	0,737223393
4305740091	67	19	5616	0,739726027

C13200HA01	58	19	5635	0,742228662
5IC5059-14-20	56	19	5654	0,744731296
1803B0000-02	58	23	5253	0,69191254
5214-62	58	23	5276	0,694942044
3S2192-2	70	23	5299	0,697971549
C12849AB03	59	23	5322	0,701001054
LA2E90606HM0100	70	23	5345	0,704030558
5214-54	56	22	5367	0,706928346
5214-55-10	56	22	5389	0,709826133
5664287-0	55	22	5411	0,71272392
899-0850-004	55	22	5433	0,715621707
285W0114-3	54	21	5454	0,718387777
4042-10	52	21	5475	0,721153846
785002-9	53	21	5496	0,723919916
LA2E20202T50000	53	21	5517	0,726685985
RAI2800M0706	52	21	5538	0,729452055
4197-10-04	59	20	5558	0,732086407
C12848DB01	50	20	5578	0,734720759
10-1733-1	56	19	5597	0,737223393
4305740091	57	19	5616	0,739726027
C13200HA01	58	19	5635	0,742228662
5IC5059-14-20	56	19	5654	0,744731296
740120C	49	16	6013	0,792017914
0651-35-0002	47	16	6029	0,794125395
3397BAM0623	47	16	6045	0,796232877
5250-30	44	15	6060	0,798208641
4041-58	45	15	6075	0,800184405

Atölyede işlem gören her bir çeşit PN için 2016-2018 yıllarında açılan iş emri sayılarının toplamı alınmış ve daha sonra 3 senenin ortalaması alınarak hesaplama yapılmıştır.

Toplam değerler: 3 yıllık parça gelişlerin toplam sayısıdır. Bu sayı 22776'dır.

Ortalama değerler: Parça gelişlerin sayısının 3'e bölünmüş halidir. Bu sayı 7592'dir.

Pareto kuralının çalışmada kullanılmasının amacı; atölyede gerçekten önem arz eden ve çok fazla sayıda arızalı olarak atölyeye uğrayan komponentlere odaklanmak ve atölyeye seyrek olarak gelip kritik bir öneme sahip olmayan parçalara zaman ayrılmasının önlenmesidir. Pareto yöntemini kullanarak atölyedeki parça hareketinin % 80 'ine karşılık gelen parça çeşidi sayısı 124 adet olarak belirlenmiştir.

Yıllık ortalama iş emri sayısı 7592'dir. Bu değerin %80 'ine denk gelen 6075'e 124 adet PN numarasında ulaşılmıştır. Sonuç olarak; alternatif sayısı 124 'tür. Alternatif olarak kastedilen komponent çeşididir. 3 yıllık periyotta atölyeye gelen arızalı parça çeşidi PN sayısı 492'dir. 492 çeşit parçayı incelemeye alıp ÇKKV ve Simülasyon uygulaması yapmak bir hayli zordur. Bu durumda sadeleştirme yoluna giderek çalışmanın daha iyi sonuçlar vermesi için parçaların büyük bir kısmı incelemeye alınmıştır. Atölyeye az sayıda ve ender olarak gelen parçalar dikkate alınmamıştır.

VIKOR Uygulaması

Uygulamanın ilk aşamasını oluşturan ÇKKV kısmında, VIKOR sıralama yöntemi kullanılmıştır. VIKOR yönteminde komponentlerin tamir önceliklerinin belirlenmesinde kullanılacak olan yedek parçalar yani alternatifler yukarıda sunulmuştur. Önceliklendirme

problemde dikkate alacağımız komponent sayısı yani problemimiz için alternatif sayısı 124'tür.

Uygulamada komponentlerin tamir öncelik sıralarının belirlenmesinde VIKOR yönteminin tercih edilmesinin nedeni ise şu şekildedir.

ÇKKV yöntemlerinden biri olan VIKOR yöntemi, çalışmadaki önceliklendirme probleminin çözümünü sağlayacak olan yöntemlerdendir. Çünkü VIKOR, ideal çözüme yakınlığı baz alan ve karar vericilere uzlaşık çözüme ulaşma imkânı veren bir yöntemdir. VIKOR ile uzlaşık bir sıralama ve uzlaşık bir çözüm elde edilmektedir. VIKOR yöntemi, aynı birimle ölçülemeyen kriterlerden meydana gelen problemlerin çözümünü sağlamaktadır. Problemden bulunan kriterlerin farklı ölçü birimleriyle ifade edilmesi, VIKOR yönteminin karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonunu sağlaması, uzlaşık bir çözüm sunması ve kriterlerin birlikte değerlendirilerek ideal çözüme en yakın çözümlerin elde edilmesini ve alternatiflerden en iyisinin tercih edilmesini sağlayan bir yöntem olması nedeniyle VIKOR tercih edilerek kullanılmıştır.

Komponentlerin Önceliklendirilmesinde Belirlenen Kriterler

Komponentlerin önceliklendirilmesinde rol oynayan kriterler; atölyede bulunan şef, mühendis, başteknisyenler ve teknisyenlerle yapılan görüşme sonucunda 11 adet olarak belirlenmiştir. Komponentlerin işlem önceliklerinin belirlenmesinde kullanılan kriterlere ve açıklamalarına aşağıda yer verilmiştir.

Kriterler

- 1-Depo Yedek Sayısı
- 2-Zorunluluk Kodu
- 3-TAT Süresi
- 4-Test Süresi
- 5-Parçanın Güven Seviyesi
- 6-Parçanın Ait Olduğu Uçak Tipi
- 7-Komponentin Uçak Üzerindeki Sayısı
- 8-Faal Stok Oranı
- 9-Komponentin Elde Bulundurulma Maliyeti
- 10-Komponentin Maliyeti
- 11-Komponentin Kullanılma Sıklığı

Depo Yedek Sayısı: Depoda faal olarak hazır olan komponent sayısıdır. Depo yedek sayısı az olan komponentlere daha önce işlem yapılması beklenmektedir. Bu kriter min seçilmiştir.

Zorunluluk kodu: Uçak parçalarının uçak üzerindeki konumu ve işlevine göre aldıkları bazı kodlar vardır. Bunlar 3 gruba ayrılmaktadır. No Go (3): Eksikliğinde ya da arızasında uçak uçmaz. Go If (2): Eksikliğinde uçak şartlı olarak uçar. Go (1): Eksikliğinde uçak uçar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Kodu 3 olduğu için bu kriter max seçilmiştir.

TAT Süresi (Turn Around Time): Komponentlerin operasyon çevrim süresidir. Atölyenin parçayı fiziksel olarak teslim aldığı, parçaya işlem yaparak onardığı süreyi içerir. Tat süresi kısa olan komponentlerin daha önce onarılması tercih edilebilir. Bu yüzden bu kriter min seçilmiştir.

Test Süresi: Test süresi kısa olan komponentlere öncelik verilsin ki atölyede parça birikmelerin önüne geçilsin. Bu kriter min seçilmiştir.

Parçanın Güven Seviyesi: Mevcut yedek sayısı ile gelen talebi karşılama ihtimalidir. Güven seviyesi düşük olan komponentlerde talebin karşılanamama ihtimali daha yüksek olduğu için böyle komponentler sıralamada öncelikli olacaktır. Bu kriter min seçilmiştir.

Parçanın Ait Olduğu Uçak Tipi: Şirketin filosunda bulunan uçaklar dar ya da geniş gövde olabilmektedir. Bazı komponentler her iki uçak tipinde kullanılabilmektedir. Geniş gövde uçaklarının komponentlerinin ihtiyaç halinde depoda bulunmaması dar gövde uçaklarına göre firmaya daha büyük maliyetler oluşturacağından bu tip uçaklarda kullanılan komponentlerin bakım ve onarımına öncelik verilmesi gerekir. Bu kriter max seçilmiştir.

Komponentin Uçak Üzerindeki Sayısı: Uçakta bir tip parçadan toplam kaç adet takılı olduğunu ifade eder. Sayının artması demek parçanın kritikliğinin azalması demektir. Çünkü arıza halinde aynı görevi icra eden diğer parçalar faal bir şekilde çalışmaya devam edecektir. Bu kriter min seçilmiştir.

Faal Stok Oranı: Yedek parça havuzunda gayri faal ve faal parçalar bulunmaktadır. Faal stok oranı, faal parçaların yedek parça havuzundaki toplam parça sayısına oranıdır. Faal stok oranı az olan parçaların atölye işlem önceliğinin daha fazla olması istenmektedir çünkü stoksuzluk riski doğabilir. Bu kriter min seçilmiştir.

Komponentin Elde Bulundurma Maliyeti: Komponentin birim stokta tutma maliyetidir. Stok maliyeti fazla olan parçaların maliyeti çok olanlara göre daha sonra işleme alınması mantıklı olacaktır. Bu kriter min seçilmiştir.

Komponentin Sipariş Maliyeti: Envantere bağlanan sermaye maliyetinden dolayı pahalı parçaların bir an önce iş görür duruma getirilmesi gerekmektedir. Bu kriter max seçilmiştir.

Komponentin Kullanılma Sıklığı: Komponentin 1 sene içinde operasyonda bulunan uçaklarda kullanılma (değişme) sıklığıdır. Kullanılma sıklığı fazla olan parçalar daha öncelikli olmalıdır. Bu kriter max seçilmiştir.

ATE atölyesinde görevli olan tüm personele anket yapılmış ve belirlenen kriterlere önceliklendirme probleminde ne derece önemli olduklarına dair 1'den 10'a kadar değer verilmesi istenmiş ve anket uygulanmıştır. Her bir ankettten elde edilen değerler tek bir tabloda aşağıda sunulmuştur.

Tablo 6. Kriterlerin Anket Değerleri

Sıra No.	Görev	Yedek Sayısı	Zorunluluk Kodu	TAT Süresi	Test Süresi	Güven Seviyesi	Uçak Tipi	Uçak Üzeri Sayı	Faal Stok Oranı	Elde Bulund. Maliyeti	Sipariş Maliyeti	Kullanılma Sıklığı
1	Atl. Şefi	10	10	7	3	1	9	10	8	7	8	10
2	Atl. Müh.	10	9	9	6	4	3	3	8	7	7	9
3	Başteknisyen 1	9	10	7	4	6	4	3	6	5	6	7
4	Başteknisyen 2	10	10	9	4	7	4	10	9	8	6	10
5	Teknisyen 1	9	8	9	7	5	4	5	5	4	4	10
6	Teknisyen 2	9	10	9	2	7	6	3	5	4	7	8
7	Teknisyen 3	10	9	7	2	4	2	2	5	3	3	8
8	Teknisyen 4	8	9	8	4	3	3	3	6	5	6	7
9	Teknisyen 5	10	10	9	5	4	3	2	6	5	6	7
10	Teknisyen 6	9	10	8	6	3	4	2	4	4	5	9
11	Teknisyen 7	9	10	8	6	3	6	3	7	5	6	9

12	Teknisyen 8	9	10	9	4	5	5	2	6	3	8	9
13	Teknisyen 9	10	10	9	6	3	2	2	7	2	8	10
14	Teknisyen 10	9	10	8	6	4	6	5	7	3	9	10
15	Teknisyen 11	10	10	7	4	2	7	5	7	1	9	10
16	Teknisyen 12	9	10	8	6	5	5	4	7	3	4	9
17	Teknisyen 13	9	10	8	7	4	7	6	5	3	3	7
18	Teknisyen 14	10	10	9	4	1	1	7	2	3	4	10
19	Teknisyen 15	9	10	8	7	2	8	2	2	4	4	8
20	Teknisyen 16	10	10	8	6	4	1	1	1	2	2	2
21	Teknisyen 17	9	10	9	5	5	3	5	2	2	2	6
22	Teknisyen 18	8	10	9	8	8	5	5	1	7	5	9
23	Teknisyen 19	10	10	8	6	4	1	3	1	3	7	10
24	Teknisyen 20	10	10	7	6	3	5	5	1	3	8	10
25	Teknisyen 21	10	10	8	5	5	5	5	1	5	10	10
26	Teknisyen 22	10	10	9	5	5	5	4	1	9	10	10
27	Teknisyen 23	10	10	10	4	6	6	5	9	8	9	10
28	Teknisyen 24	10	10	9	6	5	5	1	7	3	7	10
29	Teknisyen 25	10	10	9	7	6	4	6	7	4	8	10
30	Teknisyen 26	10	10	10	8	6	1	1	2	2	8	7
31	Teknisyen 27	7	10	9	7	6	1	1	7	3	3	8
32	Teknisyen 28	10	9	9	6	7	1	4	8	5	5	9
33	Teknisyen 29	10	9	6	5	8	1	1	6	1	1	8
34	Teknisyen 30	9	9	9	4	3	7	7	8	5	4	9

Her bir kritere ait anketten elde edilen önem değerlerinin ortalaması alınmış ve ardından normalizasyon işlemi uygulanarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda anketten elde edilen sonuçlara göre kriterlerin önem derecelerinin ortalama değerleri yer almaktadır.

Tablo 7. Kriterlerin Önem Değerlerine İlişkin Ortalama Değerler

Depo Yedek Sayısı	Zorunluluk Kodu (Go, Go If, No Go)	TAT Süresi	Test Süresi	Güven Seviyesi	Uçak Tipi	Uçak Üzerindeki Sayısı	Faal Stok Oranı	Elde Bulundurma Maliyeti	Komponentin Sipariş Maliyeti	Komponentin Kullanılma Sıklığı
9,441	9,764	8,382	5,323	4,794	4,117	3,911	6,705	4,147	5,947	8,676

Normalizasyon işlemi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 8. Kriter Ağırlıkları

Depo Yedek Sayısı	Zorunluluk Kodu (Go, Go If, No Go)	TAT Süresi	Test Süresi	Parçanın Güven Seviyesi	Uçak Tipi	Komponentin Uçak Üzerindeki Sayısı	Faal Stok Oranı	Komponent Elde Bulundurma Maliyeti	Komponent Sipariş Maliyeti	Komponentin Kullanılma Sıklığı
0,1326	0,1371	0,1177	0,0748	0,0673	0,0578	0,0549	0,0942	0,0582	0,0834	0,1219

124 adet alternatif ve 11 adet kriter için VIKOR sıralama yöntemi ile karar problemi çözülüp komponentlerin işlem öncelikleri elde edilmiştir. Yedek parçaların hangi sırayla bakım onarım göreceği ortaya konmuştur.

VIKOR yöntemi için gerekli olan alternatiflerin kriter değerleri, atölyede yapılan uzun çalışma ve araştırmalar sonucunda, atölyenin ERP sisteminden de yararlanmak suretiyle elde edilmiştir. 124 adet alternatifin kriter değerleri tabloda sunulmuştur. Aşağıdaki tabloda VIKOR yöntemine ilişkin karar matrisi yer almaktadır.

Tablo 9. Alternatifin Kriter Değerleri/VIKOR Yöntemi Karar Matrisi

PN	Yedek Sayısı	Zorun. Kodu	TAT Süre	Uçak Üzeri	Siprş. Malyt(\$)	Kulln. Sıklığı	FaalStok Oranı	Uçak Tipi	Güven Sevy.	Elde Bulun. Maly.	Test Süresi
			Adet						(\$/gün)		
D717-02-001	46	2	20,15	10	2856	537	0,41	2,0	99,80	1,56	480,00
3 250-81	24	1	28,33	5	1274	191	0,83	2,0	99,02	0,70	30,00
8 184-1	14	1	17,9	3	2156	127	0,64	2,00	99,80	1,18	60,00
3 214-62-10	41	2	23,9	6	4500	468	0,15	2,00	97,05	2,47	60,00
1 74101-02-01	26	2	34,7	2	30000	175	0,65	1,00	98,81	16,44	30,00
4 197-20-02	15	1	27,58	84	530	189	0,80	2,00	64,13	0,29	120,00
LA2K2B100DG0000	7	2	15,31	3	115000	43	0,86	3,00	99,94	63,01	180,00
C12848CA01	19	2	53,97	3	12375	138	0,00	2,00	43,47	6,78	30,00
4 041-70	35	1	49,99	16	1268	188	1,00	1,00	96,77	0,69	30,00
6 64700500A4D	31	2	37,38	2	4330	56	0,87	1,00	100,00	2,37	60,00
7 121-19971-01AC	8	2	24,62	1	27500	61	0,00	1,00	97,50	15,07	90,00
4 197-20-04	15	1	27,58	107	611,6	189	0,80	2,00	64,13	0,34	120,00
D717-01-100	120	2	20,8	10	737	489	0,98	2,00	100,00	0,40	480,00
3 5-1H5-1002	19	2	36,81	2	7016	97	0,32	1,00	99,73	3,84	30,00
C12850AC02	17	2	31,56	1	60000	140	0,06	1,00	93,29	32,88	120,00
1 96BS101-1	5	3	20,16	4	3750	34	0,40	1,00	98,75	2,05	120,00
5 822-21	14	2	12,9	5	1629	110	0,64	1,00	100,00	0,89	120,00

4	9-170-11	8	2	41,46	2	8000	32	0,75	1,00	98,76	4,38	180,00
	C13042BA03	6	2	33,93	2	69000	60	0,67	1,00	67,38	37,81	120,00
4	086850-922	28	2	39,16	6	42000	159	0,57	1,00	99,48	23,01	240,00
	C19298AF05	28	2	43,98	6	55000	176	0,00	2,00	93,80	30,14	150,00
	E21327106	15	3	19,13	1	13316	108	0,13	1,00	99,97	7,30	150,00
8	7292325V06	6	2	39,26	1	2700	31	0,17	1,00	94,67	1,48	30,00
3	5-0L0-1003-06	20	2	62,14	1	24808	37	0,95	1,00	100,00	13,59	15,00
1	700667D	6	3	26,12	1	69333	33	0,33	2,00	98,93	37,99	120,00
3	5-0L0-1001-04	20	2	62,14	1	12300	37	0,95	1,00	100,00	6,74	15,00
	B372BAM0515	20	2	32,05	3	20500	90	0,50	1,00	99,99	11,23	90,00
	K282AAM0406	9	1	43,61	1	13000	49	0,33	3,00	92,57	7,12	60,00
4	081600-930	11	3	32,92	2	10200	48	0,45	1,00	99,82	55,89	400,00
	K217ABM11	5	2	58,13	1	5936	18	0,60	1,00	92,89	3,25	90,00
	3214-54-10	13	2	12,51	4	4656	70	0,92	1,00	100,00	2,55	60,00
	35-0L0-1002-05	20	2	62,14	1	19500	37	0,95	1,00	100,00	10,68	15,00
	E21327006	15	3	19,13	1	13600	108	0,13	1,00	99,97	7,45	150,00
	4082260-939	15	2	52,21	1	68500	72	0,40	1,00	94,01	37,53	100,00
	HG2050AC07	18	2	44,71	2	81000	95	0,11	1,00	97,10	44,38	120,00
	174101-02-03	26	2	34,7	2	66000	175	0,65	1,00	98,81	36,16	30,00
	3250-80	24	1	28,33	86	775	191	0,83	2,00	99,02	0,42	30,00
	4082730-901	8	2	39,77	2	8466	49	0,25	1,00	90,75	4,64	15,00
	K282AAM0305	9	1	43,61	1	11950	49	0,33	3,00	92,57	6,55	60,00
	2042M67P02	18	3	51,54	2	18986	86	0,39	1,00	95,88	104,04	480,00
	4041-48	27	1	59,34	6	1195	72	0,93	1,00	100,00	0,65	30,00
	4077880-962	20	2	46,66	2	2400	84	0,40	2,00	99,64	1,32	150,00
	760SUE2-4	3	2	12	1	29500	3	1,00	1,00	100,00	16,16	90,00
	B397BAM0619	18	2	42,14	2	16000	49	0,89	1,00	100,00	8,77	90,00
	473955-1	6	2	59,06	1	3850	19	0,50	1,00	96,26	2,11	45,00
	9650-35-0002	50	2	20,59	16	1497	58	0,56	1,00	100,00	0,82	45,00
	2042M67P04	18	3	51,54	2	43600	86	0,39	1,00	95,88	238,90	480,00
	C12850AC03	17	2	31,56	1	10449	140	0,06	1,00	93,29	57,26	120,00

3250-31	4	1	15,84	2	1363	25	0,75	2,00	99,49	0,75	30,00
LA2E50700C90000	1	2	14,5	2	45000	2	0,00	3,00	99,70	24,66	90,00
3945128215	23	2	31,1	2	38400	132	0,17	1,00	99,92	21,04	90,00
3957985205	6	3	1922	2	1500	35	0,50	1,00	99,71	0,82	90,00
4077880-982	20	2	4,66	2	5200	84	0,40	1,00	99,64	2,85	150,00
824972-11-022	14	3	6,41	2	14000	92	0,43	1,00	99,63	76,71	270,00
RAI2811M0106	1	3	13,92	1	48000	12	1,00	3,00	92,24	26,30	75,00
767584K	4	2	14,09	2	15000	40	0,00	2,00	97,93	8,22	120,00
8055515-4501	11	1	39,02	1	2225	65	0,00	1,00	94,89	1,22	120,00
9650-35-0005	21	2	17,2	15	1356	30	0,33	1,00	100,00	0,74	45,00
20791-02AB	23	2	44,77	2	15000	107	0,22	1,00	99,56	8,22	60,00
3945129100	23	2	31,61	2	70000	12	0,17	1,00	99,92	38,36	90,00
BPAS10-5	12	2	17,73	4	12372	38	0,58	3,00	98,00	6,78	120,00
LA2T0G21006CA10	12	1	37,92	1	76500	51	0,33	2,00	99,67	41,92	90,00
1853M33P06	18	3	51,54	2	12500	86	0,39	1,00	95,88	68,49	480,00
7123-19973-03AB	6	2	34,89	1	49950	21	0,33	1,00	99,54	27,37	90,00
B494AAM0617	8	3	13,63	2	12000	23	0,75	3,00	100,00	6,58	180,00
9600-58-0000	30	2	33,74	20	1750	114	0,50	1,00	100,00	0,96	45,00
LA2E20202T30000	8	2	9,15	2	90000	27	1,00	3,00	100,00	49,32	90,00
285A1300-1	1	3	31,53	1	14000	18	0,00	1,00	53,96	7,67	60,00
285W0029-4	27	1	21	77	5200	4	0,81	3,00	100,00	2,85	30,00
285A1600-6	13	3	56,43	1	22500	40	0,08	1,00	99,53	12,33	120,00
622814-5	5	2	50,73	2	29000	15	0,60	1,00	98,02	15,89	120,00
B372BBM0104	20	2	32,05	3	10812	90	0,50	1,00	99,99	59,24	90,00
4197-10-02	6	1	26,67	20	530	36	0,83	2,00	98,18	0,29	120,00
796815-02-03	5	2	32,48	1	5300	23	0,00	1,00	98,17	2,90	80,00
B372BAM0511	20	2	32,05	3	4400	90	0,50	1,00	99,99	2,41	90,00
LA2E50700100000	1	2	6,5	2	12000	6	1,00	3,00	99,47	6,58	90,00
35-0L5-1005-08	8	2	29,69	2	1000	33	0,50	1,00	99,82	0,55	15,00
3957985114	6	3	40	2	1050	14	0,00	1,00	99,89	0,58	90,00
HG2030AE23	18	2	39,88	3	80000	93	0,44	2,00	99,16	43,84	120,00

1803B0000-02	6	2	39,23	2	48000	36	0,00	1,00	90,25	26,30	120,00
3214-62	41	2	14,05	9	4000	468	0,15	3,00	100,00	2,19	60,00
BS2192-2	0	3	34,14	4	1642	7	0,00	1,00	51,96	0,90	120,00
C12849AB03	3	2	19,08	1	46500	14	0,67	3,00	99,33	25,48	120,00
LA2E90606HM0100	4	2	48,32	1	29373	19	0,75	3,00	88,91	16,09	30,00
3214-54	13	2	15,08	4	4656	70	0,92	1,00	100,00	2,55	60,00
3214-55-10	13	2	10,3	2	4501	38	1,00	1,00	100,00	2,47	60,00
6664287-0	14	2	39,64	2	1500	27	0,71	1,00	100,00	0,82	30,00
899-0850-004	19	2	53,97	3	1900	138	0,00	2,00	43,47	1,04	30,00
285W0114-3	4	2	18,14	3	12500	7	1,00	3,00	100,00	6,85	60,00
4042-10	25	1	73,23	4	782	31	1,00	1,00	100,00	0,43	45,00
785002-9	15	2	42,67	2	7316	55	0,47	1,00	99,90	4,01	30,00
LA2E20202T50000	8	2	9,15	2	90000	27	1,00	3,00	100,00	49,32	90,00
RAI2800M0706	9	2	46,6	1	2310	29	0,00	1,00	99,51	1,27	75,00
4197-10-04	6	1	26,67	9	530	36	0,83	2,00	98,18	0,29	120,00
C12848DB01	8	3	63,19	3	27000	27	0,13	2,00	95,11	14,79	30,00
10-1733-1	101	2	48,78	21	2549	182	0,99	1,00	100,00	1,40	120,00
4305740091	4	3	28,88	4	7306	28	0,75	3,00	92,58	4,00	15,00
C13200HA01	0	2	12,88	2	44848	8	0,00	3,00	75,40	245,75	120,00
SIC5059-14-20	2	3	24,29	1	70000	24	0,50	1,00	78,41	38,36	270,00
1982660116	7	2	36,7	3	31700	36	0,57	2,00	96,84	17,37	180,00
21933-01AC	8	2	24,62	2	30000	61	0,00	1,00	97,50	16,44	60,00
350E5500205	8	2	16,19	2	14000	59	0,38	1,00	99,84	7,67	60,00
824972-7-022	14	3	26,41	2	140000	92	0,43	1,00	99,63	76,71	270,00
8ES005309-00	12	1	22,5	2	1100	25	0,50	2,00	100,00	0,60	120,00
BFS24	18	3	52,48	1	5627	68	0,56	2,00	99,43	3,08	180,00
C12850BC02	3	2	14,88	1	60000	8	1,00	1,00	99,96	32,88	120,00
10-1327-2	82	2	49,28	16	200	114	0,96	1,00	100,00	0,11	120,00
1151952-19	15	3	50,44	2	72500	51	0,53	1,00	99,74	39,73	75,00
285A1200-1	9	3	56,89	1	20000	20	0,78	1,00	99,85	10,96	90,00
350E053021212	4	2	31,37	2	27500	19	0,75	1,00	97,45	15,07	60,00

4082499-902	4	2	29,83	2	12500	6	0,75	1,00	99,98	6,85	125,00
65-84209-21	2	1	44	1	600	3	0,50	1,00	99,40	0,33	180,00
9615325060	7	2	60,38	3	5500	9	0,86	1,00	99,98	3,01	90,00
C12848DA01	8	3	63,19	3	22000	27	0,13	2,00	95,11	12,05	30,00
C2029339C9C9C	4	3	12,91	1	12950	49	0,00	3,00	96,82	7,10	220,00
10-1327-1	101	2	48,78	21	544	182	0,99	1,00	100,00	0,30	120,00
174101-02-02	26	2	34,7	2	121834	175	0,65	1,00	98,81	66,76	30,00
49-170-07	8	2	41,46	2	7000	32	0,75	1,00	98,76	3,84	180,00
622814-4	5	2	50,73	2	8300	15	0,60	1,00	98,02	4,55	120,00
740120C	4	2	51,17	3	8700	6	0,75	1,00	99,82	4,77	120,00
9651-35-0002	21	2	28,34	14	1497	72	0,62	1,00	100,00	0,82	45,00
B397BAM0623	18	2	42,14	2	45000	49	0,89	1,00	100,00	24,66	90,00
3250-30	4	1	15,84	4	1363	25	0,75	2,00	99,49	0,75	30,00
4041-58	9	1	60,12	2	1705	22	0,78	1,00	99,58	0,93	30,00

Atölyede 124 adet komponent için işlem(tamir) öncelik sırası VIKOR yöntemiyle belirlenmiştir. VIKOR yönteminde öncelik sıralarının elde edilmesinde Excel kullanılmıştır. Aşağıdaki tabloda öncelik sıraları sunulmuştur.

Tablo 10. S_i, R_i, Q_i Değerlerinin Sıralaması

Sıra	natif	S _i	Alternatif	R _i	Alternatif	Q _i
1	A15	0,306	A3	0,082	A1	0,020
2	A23	0,314	A10	0,082	A2	0,071
3	A1	0,319	A12	0,082	A3	0,169
4	A21	0,324	A13	0,082	A4	0,170
5	A31	0,339	A2	0,083	A5	0,171
6	A2	0,360	A1	0,083	A6	0,175
7	A45	0,366	A6	0,083	A7	0,213
8	A29	0,374	A18	0,086	A8	0,232
9	A43	0,376	A11	0,090	A9	0,232
10	A8	0,379	A14	0,090	A10	0,237
11	A9	0,379	A4	0,091	A11	0,241
12	A26	0,379	A5	0,091	A12	0,241
13	A4	0,379	A7	0,091	A13	0,243
14	A5	0,380	A16	0,092	A14	0,244

15	A35	0,386	A17	0,092	A15	0,263
16	A27	0,393	A28	0,096	A16	0,288
17	A54	0,406	A81	0,096	A17	0,291
18	A38	0,407	A22	0,097	A18	0,329
19	A40	0,411	A8	0,098	A19	0,334
20	A49	0,413	A9	0,098	A20	0,334
21	A50	0,413	A24	0,098	A21	0,350
22	A7	0,414	A25	0,100	A22	0,354
23	A51	0,417	A30	0,101	A23	0,358
24	A33	0,429	A32	0,101	A24	0,379
25	A34	0,434	A19	0,101	A25	0,386
26	A19	0,434	A20	0,101	A26	0,387
27	A20	0,434	A37	0,102	A27	0,391
28	A11	0,439	A41	0,102	A28	0,391
29	A69	0,440	A44	0,102	A29	0,391
30	A6	0,441	A36	0,103	A30	0,391
31	A3	0,441	A46	0,103	A31	0,392
32	A14	0,442	A48	0,103	A32	0,392
33	A53	0,447	A47	0,103	A33	0,392
34	A75	0,447	A60	0,103	A34	0,398
35	A65	0,451	A61	0,106	A35	0,417
36	A66	0,451	A64	0,106	A36	0,420
37	A67	0,454	A58	0,106	A37	0,421
38	A42	0,454	A59	0,106	A38	0,421
39	A56	0,457	A39	0,107	A39	0,423
40	A63	0,459	A33	0,108	A40	0,424
41	A16	0,464	A34	0,108	A41	0,427
42	A39	0,465	A52	0,109	A42	0,427
43	A17	0,466	A42	0,109	A43	0,428
44	A79	0,467	A74	0,109	A44	0,428
45	A57	0,468	A82	0,110	A45	0,436
46	A68	0,468	A70	0,110	A46	0,437
47	A55	0,469	A55	0,111	A47	0,437
48	A77	0,474	A15	0,111	A48	0,442
49	A62	0,478	A57	0,111	A49	0,442
50	A71	0,478	A84	0,111	A50	0,442

51	A52	0,478	A85	0,111	A51	0,454
52	A22	0,481	A62	0,111	A52	0,455
53	A32	0,482	A102	0,112	A53	0,457
54	A73	0,482	A103	0,112	A54	0,460
55	A25	0,484	A56	0,113	A55	0,463
56	A30	0,485	A27	0,113	A56	0,464
57	A72	0,489	A53	0,113	A57	0,466
58	A80	0,491	A78	0,114	A58	0,467
59	A36	0,493	A97	0,114	A59	0,472
60	A10	0,494	A98	0,114	A60	0,473
61	A24	0,495	A99	0,114	A61	0,476
62	A12	0,497	A63	0,114	A62	0,480
63	A76	0,499	A76	0,114	A63	0,481
64	A13	0,500	A40	0,114	A64	0,483
65	A37	0,500	A38	0,115	A65	0,489
66	A104	0,504	A26	0,115	A66	0,489
67	A105	0,504	A72	0,115	A67	0,501
68	A47	0,504	A88	0,115	A68	0,503
69	A58	0,504	A89	0,115	A69	0,503
70	A41	0,505	A68	0,115	A70	0,510
71	A44	0,506	A71	0,115	A71	0,517
72	A46	0,507	A73	0,116	A72	0,525
73	A59	0,508	A29	0,116	A73	0,525
74	A83	0,509	A49	0,116	A74	0,526
75	A48	0,511	A50	0,116	A75	0,528
76	A78	0,514	A65	0,116	A76	0,531
77	A70	0,514	A66	0,116	A77	0,535
78	A106	0,514	A87	0,116	A78	0,545
79	A61	0,515	A51	0,117	A79	0,551
80	A28	0,516	A35	0,117	A80	0,553
81	A92	0,516	A67	0,117	A81	0,564
82	A86	0,517	A80	0,118	A82	0,572
83	A64	0,521	A83	0,118	A83	0,577
84	A90	0,523	A77	0,118	A84	0,586
85	A107	0,527	A86	0,118	A85	0,588
86	A108	0,528	A91	0,118	A86	0,589

87	A74	0,532	A21	0,118	A87	0,598
88	A93	0,532	A94	0,118	A88	0,614
89	A60	0,532	A95	0,119	A89	0,614
90	A109	0,533	A96	0,119	A90	0,620
91	A110	0,535	A54	0,119	A91	0,620
92	A87	0,537	A69	0,119	A92	0,621
93	A111	0,539	A43	0,120	A93	0,634
94	A18	0,541	A101	0,120	A94	0,634
95	A91	0,542	A23	0,120	A95	0,638
96	A112	0,542	A90	0,120	A96	0,639
97	A113	0,542	A31	0,121	A97	0,654
98	A95	0,550	A79	0,121	A98	0,655
99	A96	0,551	A75	0,121	A99	0,655
100	A94	0,552	A93	0,121	A100	0,681
101	A114	0,554	A100	0,121	A101	0,705
102	A88	0,558	A92	0,122	A102	0,715
103	A89	0,559	A45	0,122	A103	0,715
104	A84	0,565	A115	0,133	A104	0,746
105	A82	0,565	A104	0,137	A105	0,746
106	A85	0,566	A105	0,137	A106	0,760
107	A100	0,569	A106	0,137	A107	0,776
108	A116	0,570	A107	0,137	A108	0,777
109	A117	0,576	A108	0,137	A109	0,784
110	A118	0,583	A109	0,137	A110	0,786
111	A119	0,584	A110	0,137	A111	0,791
112	A115	0,589	A111	0,137	A112	0,795
113	A101	0,594	A112	0,137	A113	0,795
114	A97	0,599	A113	0,137	A114	0,810
115	A98	0,600	A114	0,137	A115	0,812
116	A99	0,600	A116	0,137	A116	0,830
117	A120	0,609	A117	0,137	A117	0,837
118	A121	0,641	A118	0,137	A118	0,845
119	A122	0,643	A119	0,137	A119	0,847
120	A81	0,655	A120	0,137	A120	0,877
121	A102	0,665	A121	0,137	A121	0,918
122	A103	0,665	A122	0,137	A122	0,921

123	A123	0,667	A123	0,137	A123	0,950
124	A124	0,707	A124	0,137	A124	1,000

$C1 \rightarrow 0,050551 \geq 0,008130081$ şart sağlandı

$C2 \rightarrow$ Şart sağlanmadı

- Kabul edilebilir avantaj (C1):

$Q(A2) - Q(A1) \geq DQ$ bu formülde A1 en iyi alternatifi ve A2 en iyi ikinci alternatifi ifade etmektedir.

$$DQ = 1/J-1$$

$$0,07-0,02 \geq 1/124-1$$

$0,05 \geq 0,008$ olduğundan kabul edilebilir avantaj vardır.

- Kabul edilebilir istikrar (C2):

En iyi alternatif olan değer, aynı zamanda S veya R ile en iyi sıralanan alternatif olması gerekir. Eğer bu iki koşuldan biri sağlanmazsa uzlaşılmış en iyi çözüm vardır deriz. C2 koşulunun sağlanmaması durumunda, birinci sırada yer alan A1 alternatifi ile ikinci sırada yer alan A2 alternatifi en iyi uzlaşılmış alternatif çözümdür.

Sonuç olarak; VIKOR yönteminde koşulların incelenmesi sonucunda, mevcut olan iki koşuldan biri sağlanmadığından dolayı uzlaşılmış çözüm vardır. 1.koşul olan C1 problemimiz için sağlandı ve 2.koşul C2 ise sağlanmadı. 2.koşul sağlanmadığından dolayı A1 ve A2 alternatifleri en iyi uzlaşılmış alternatif çözüm olarak elde edilir. Burada kabul edilebilir avantaj vardır ancak kabul edilebilir istikrar yoktur.

Simülasyon Uygulaması

Simülasyon: Benzetim demektir. Sistem baz alınarak oluşturulan modelin mevcut veya yeni ve değişik durumlar karşısında oluşturulan verilere göre sistemin davranışının tespit edilip sonuçların gerçek sistemle kıyaslanmasıdır.

Gerçek dünyada rastlanılan sistemler karmaşık yapıdadır ve bu sistemlere ait modelleri matematiksel yöntemler ile çözmek imkansızdır. Atölye bakım onarım süreci de karmaşık yapıya sahip olduğundan dolayı uygulamada problemi matematiksel metotlar ile çözmek yerine, değişen koşullara göre sistemin davranışını görmemizi sağlayan, yapılan değişikliklerin etkilerini tahmin etmemizi sağlayan, analiz yapmamıza imkân tanıyan, sistemden toplanan verilerle sistemin performans ölçülerini ortaya koyan ve sistemin modeli üzerinde çok sayıda deneme yapmayı sağlayan simülasyon tekniği tercih edilip kullanılmıştır. Simülasyon tekniği ile atölye sisteminin performansı, kaynakların etkin ve verimli kullanılması ile atölye iş akışının iyileştirilmesi durumlarını ortaya koymak mümkün olmaktadır. Simülasyon ayrıca yeni parametreler ve değişen durumlar karşısında oluşturulan veriler ile yeni çalışma koşullarının denenmesine imkân tanıyarak sistemin performansının yeni durumlar karşısında davranışını ortaya koyar. Atölyede yaşanan arızalı komponent beklemleri, kaynakların etkin ve uygun seviyelerde kullanılmaması ve kapasite kullanım oranlarının âtil seviyelerde olması gibi çok sayıda problemin çözüme kavuşturulmasında simülasyondan yararlanılmaktadır. İşte tüm bu nedenlerden dolayı uygulamada simülasyon yöntemi kullanılmıştır.

Atölye, sürekli olarak arızalı komponentlerin rastgele(random) süre aralıklarıyla ve yoğun olarak geldiği, belirsizliğin ve karmaşıklığın olduğu bir yerdir. Burada stokastik bir süreç söz konusudur. Komponentlerin atölyeye gelişleri deterministik bir süreçten ziyade rassal gelişler söz konusu olduğundan dolayı stokastik bir süreç söz konusudur.

Bakım onarım sürecinin iyileştirilmesine yönelik problemde kuyruk simülasyonu uygulanmıştır. **Kuyruk Simülasyonu**, atölyeye gelen arızalı parçalar öncelik sıralarına göre işlem sırasına alınmakta ve sırası gelene kadar gayri faal komponent rafında bekletilmektedir. Bu durum kullanılacak olan simülasyon yönteminin kuyruk simülasyonu olduğunu ortaya koymaktadır. Bakım onarım görmek için bekleyen komponentler, sırası geldiğinde çeşitli test cihazlarında ya da tamir tezgahlarında belirli bir istatistiksel dağılıma uyan servis süresinde işlemler dizisinden geçmektedir. Simülasyon yapılırken veri setinin istatistiksel dağılımları ve tanımlayıcı istatistik özelliklerini bilmek çok önemli ve gereklidir. Veri setlerine ait tüm tanımlayıcı istatistikler ve dağılımlara uygunluk testleri yapılarak bu sonuçlar simülasyon girdilerinde kullanılmıştır.

Bakım onarım sürecinin iyileştirilmesi ve izlenmesine yönelik olan problemde var olan kuyruk modeli; Sonsuz geliş kaynaklı, sonsuz kuyruklu çok kanallı kuyruk modelidir. Yedek parça atölyesinde birden fazla test cihazıyla arızalı komponentlerin bakım onarımının yapılması çok kanallı kuyruk problemlerine örnektir. Çok kanallı olması, komponentlerin bakım onarımının yapıldığı birden fazla teknisyen veznesi veya test cihazının olması demektir. Sonsuz geliş kaynaklı olması, komponentlerin gelişinin sınırlandırılmaması yani aynı anda çoklu sayıda parçanın atölyeye uğrayabilmesidir. Bu yüzden sonsuz geliş kaynaklıdır. Sonsuz kuyruk olması, bakım onarım işlemi bekleyen çok sayıda komponentin olması ve bunun bir sınırının olmaması demektir.

Kesikli Benzetim Modeli; kesikli sistemlerde, durum değişkenleri zamanın herhangi bir anında değişir ve kesikli değerler alır. Yedek parça örneğinde, durum değişkeni olan komponent sayısı, sisteme arızalı komponent geldiğinde veya komponentin tamiri tamamlandığında değişir. Bu sebeple bu çalışma, kesikli simülasyon modeline uymaktadır. Kesikli benzetim modeli söz konusudur.

Atölye bakım onarım sürecinde simülasyon kullanımına değinecek olursak;

Arızalı olan yedek parçaların uçaklardan sökülerek bakım onarım için gönderildikleri atölyede müşteri taleplerinin zamanında karşılanabilmesi, kapasitenin doğru ve kaynakların optimum düzeyde kullanımı büyük önem arz etmektedir.

Çalışmada simülasyon ile bakım onarım hattının iyileştirilmesi problemi üzerinde durulmuştur. Atölyede kaynak olarak şef, mühendis, başteknisyen, teknisyenler ile ATEC ve TESTEK diye tabir edilen otomatik test cihazları ve diğer manuel test cihazları bulunmaktadır. Atölyeye ait iş akış süreci detaylı ve tüm süreçleri kapsayan şekilde oluşturulmuştur. Atölye sistemine ait tüm işlem süreçlerinin yer aldığı model kurulmuş ve daha iyi sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

Bir sonraki başlıkta, simülasyon için veri toplanması ve uygun dağılımların bulunması hakkında bilgi verilmiştir.

Veri Toplama Süreci

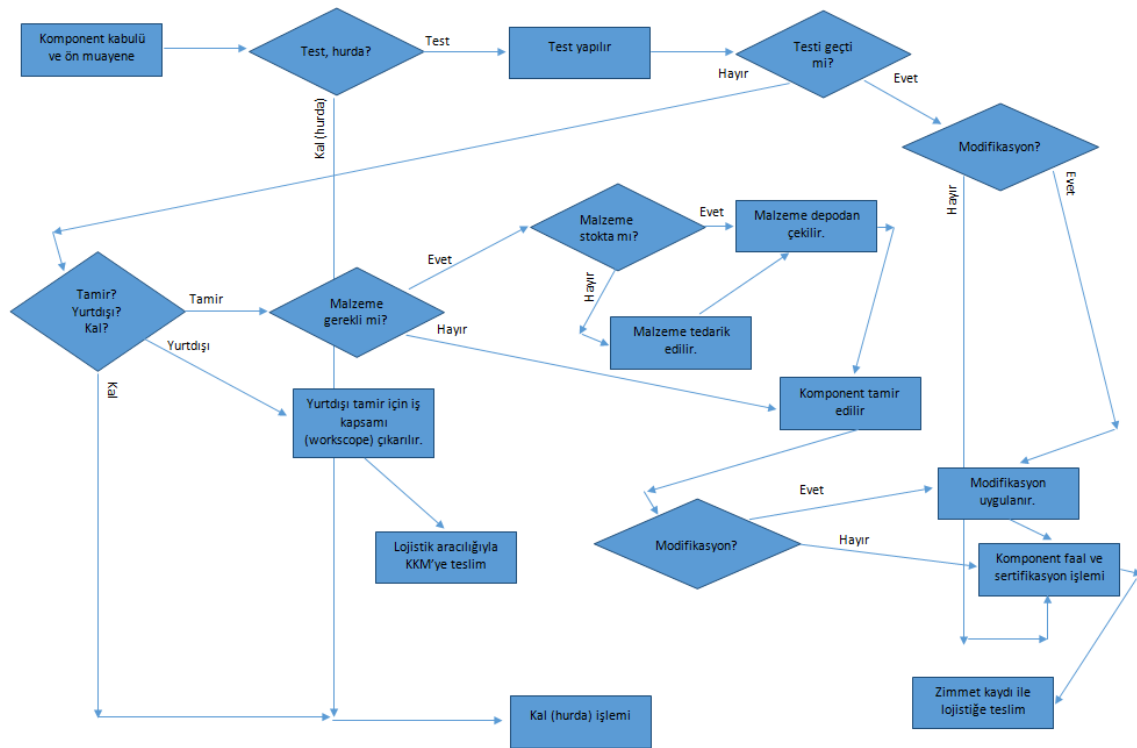
Aşağıdaki iş akış şeması oluşturulduktan sonra atölye sistemine ait simülasyon modeli kurulmuştur. Model kurulduktan sonra modelin çözümüne ilişkin toplanan verilerin toplanması ve analizi yapılmıştır. Verilerin toplanmasında, bakım onarım sürecinin iş akışı, atölye personel görüşü, komponent veri kayıtları, arşiv, demirbaş listesi ve bilgisayar kurumsal sisteminden yararlanılmıştır.

Atölyedeki süreç arızalı olan komponentin KKM'den (komponent kontrol merkezi) taşıma görevlisi tarafından atölyedeki parça kabul teknisyenine teslim edilmesiyle başlar. Gayri faal olarak alınan komponentin bakım onarımının yapılarak sertifikalandırılması ve faal hale getirilerek taşıma personeli tarafından KKM'ye gönderilmesiyle sona erer.

İşlem adımları;

1. Komponent kabulü ve ön muayene
2. Test süresi
3. Tamir süresi
4. Modifikasyon süresi
5. Kal (hurda) işlem süresi
6. Yurtdışı tamir kapsam hazırlama süresi
7. Malzemeyi depodan çekme süresi
8. Malzeme tedarik süresi
9. Komponent faal ve sertifikasyon işlemi
10. Kotasyon onay süresi (müşteri komponentleri için fiyat teklifi onay süresi)
11. Temizlik, kutulama ve zimmet defterine kayıt

Aşağıdaki şekilde atölyeye ait iş akış şeması oluşturulmuştur. Burada atölye bir sistemdir ve sistem üzerinde denemeler yapma fırsatı sunan simülasyon ile çıktılar elde edilmiştir. Atölyedeki bakım onarım sürecine ait model kurulmuş ve model üzerinde farklı senaryolar denenmiştir.



Şekil 17. ATE Atölyesi İş Akış Şeması

Yukarıda bahsedilen işlemlerin 3 yıllık süreleri (iş emri bazında) şirketin kurumsal kaynak planlama yazılımı vasıtasıyla elde edilmiştir. Bunlar dışında şirket mülkiyetindeki komponentlerin gelişler arası süreleri, müşteri komponentlerinin gelişler arası süreleri ve diğer işlemlerin gelişler arası süreleri de yine sistemden alınmıştır.

Ek olarak ARENA yazılımında DECIDE modülünde kullanılacak olasılık değerleri de sistemden alınmıştır. Bu değerler parçaların hangi olasılıklarla hangi süreçlere gireceğini belirlemek için kullanılmıştır ve gerçek verilerden temin edilmiştir.

Veri Doğrulama, Aykırı Değerleri Eleme ve Dağılım Uydurma

Simülasyonda kullanılacak girdiler elde edildikten sonra bu verilerin önce doğrulanması gerekmektedir. Yani istatistiksel olarak bütünlük içinde olup olmadıklarının tespiti ve varsa aykırı değerlerin veri setinden temizlenmesi gerekmektedir. Bunun için **XLSTAT** yazılımında **Grubbs test** yöntemi kullanılarak veri setlerindeki aykırı uç değerler çıkarılmıştır. Anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmış ve çift taraflı hipotez testi yapılmıştır. Daha iyi bir simülasyon yapabilmek için aykırı değerler veri setlerinden atılmıştır. Grubbs test kullanmanın nedeni daha kolay ve hızlı sonuç alabilmektir.

Aykırı değerler elendikten sonra verilerin istatistiksel dağılımlara uygunlukları test edilmiştir. Veri setlerinin olasılık dağılımlarından hangilerine uygun olduğu ve tanımlayıcı istatistik değerleri bulunmuştur. Veri setlerinin; Poisson, Weibull, Lognormal, Binom, Düzgün, Üstel, Gamma, Beta, Geometrik, Normal vs. dağılımlara uygunluğu araştırılmış ve bu dağılımlar ortaya konmuştur. Bu elde edilen veriler simülasyona girişte problemin çözülmesi için kullanılmıştır.

Her dağılımın bir olasılık yoğunluk fonksiyonu vardır. Veri setine dağılım uydururken verilerin bu dağılıma ne düzeyde uyduğu belirli testler yardımıyla elde edilir. Sayısal verilerde **Kolmogorov – Smirnov** testi kullanmak daha uygundur. Burada XLSTAT programı altında seçilebilen tüm dağılımları verilerin üzerinde deneyerek p değeri en yüksek bulunan dağılım en uygun dağılım olarak kabul edilmiştir. Atölyedeki işlemler için uygun dağılımlar; Weibull, Gamma, Lognormal, Normal ve Erlang dağılımları olarak gözlenmiştir. Gelişler arası süreler için ise Gamma, Weibull, Lognormal, Üstel ve Erlang dağılımları en uygun dağılımlar olmuştur. Olasılık dağılımı için p değeri işlem adımlarında 0,25'ten, gelişler arası sürelerde de 0,125'ten küçükse bu değişkenlerin hiçbir dağılıma uymadığı varsayılarak Bootstrap yöntemiyle yeni örneklemeler oluşturulmuş ve bunların dağılımları bulunmuştur.

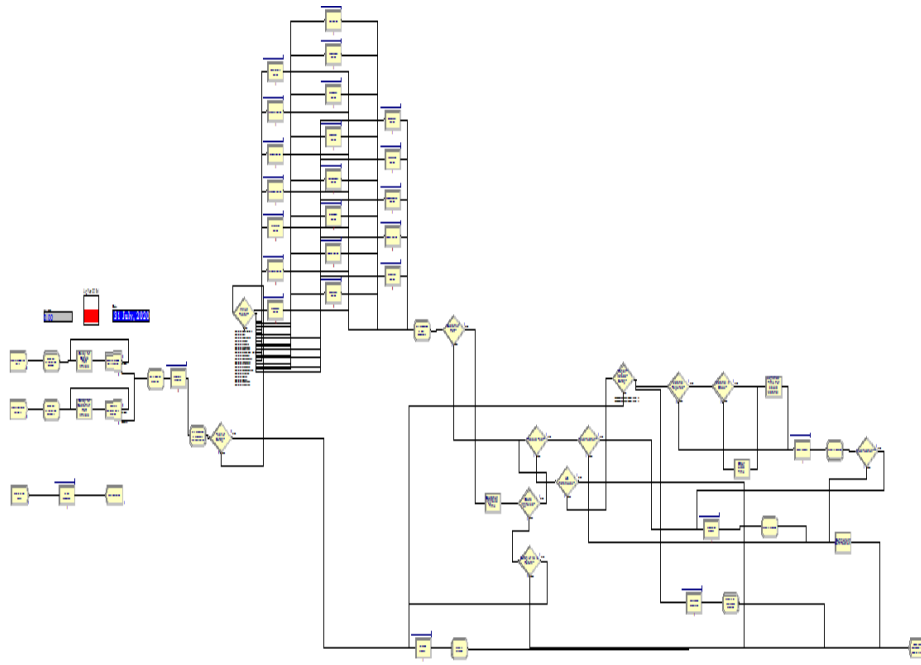
Bootstrap, büyük veri setleri oluşturmak ya da yeniden örnekleme yapmak için kullanılan istatistik metodudur. İstatistiksel testler anlamlı sonuçlar vermediği durumlarda kullanılması uygundur. Çalışmada bazı komponentlerin dağılımlarını uydururken p değerleri kayda değer çıkmadığında Bootstrap yöntemiyle yeniden örneklemeler üreterek p değeri anlamlı olan dağılımlar elde edilmiştir.

Test, tamir, modifikasyon, gelişler arası süre dağılımları parça tipine göre farklılık gösterdiğinden her parça tipine özel dağılımlar belirlenmiştir. Diğer işlem süreleri parça tipine göre farklılık göstermediğinden tek bir dağılım elde edilmiştir.

Dağılımlar elde edildikten sonra ARENA simülasyon yazılımında model kurulmuştur.

Arena Simülasyon Modeli

Önceki kısımlarda simülasyon aşamasında kullanılacak tüm veriler elde edilmiştir. Bölüm 6.5.1'deki süreç haritasına uygun olarak ARENA simülasyon programında model inşa edilmiştir. ARENA model görüntüsü aşağıda verilmiştir.

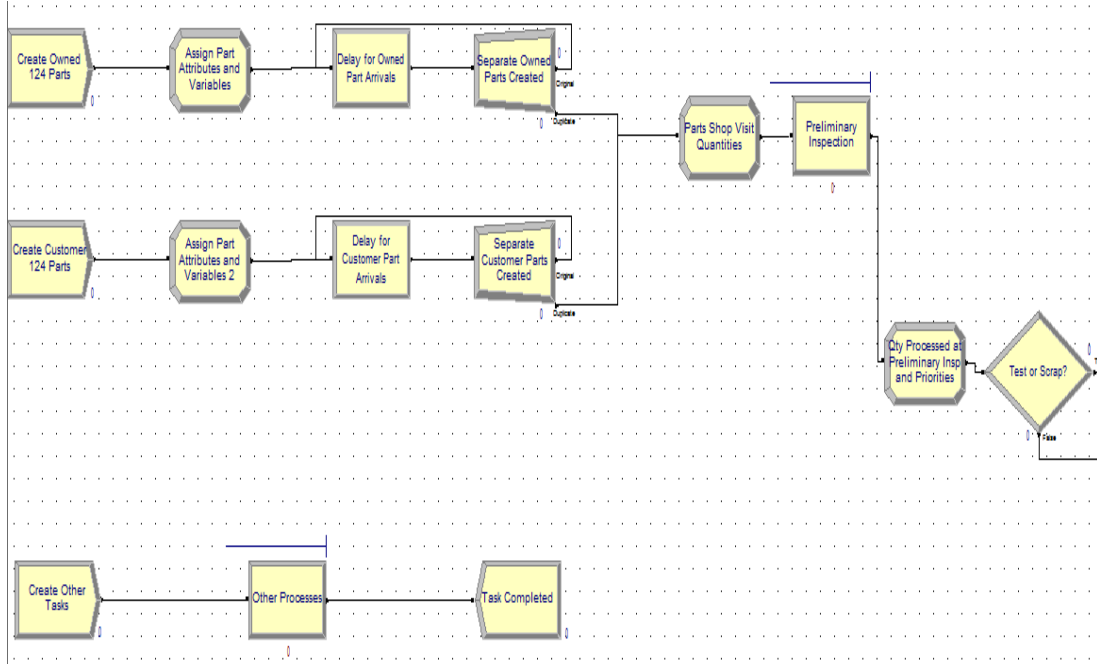


Şekil 18. ARENA Simülasyon Modeli

Modelin 1. kısmında sol taraf parçaların gelişlerini temsil etmektedir. Farklı dağılımlara ve parametrelere sahip 124 parça tipi için tek bir CREATE modülü kullanmak ve işlem sayısını sadeleştirmek için bu yapı oluşturulmuştur. 124 tip parça bir döngü içinde “Delay for Customer Part Arrivals” ve “Separate Customer Parts Created” işlemleri arasında simülasyon süresi boyunca gidip gelmektedir. 124 parça tipi için dağılım değerleri ARENA’da Expressions modülündeki tablodan beslenmektedir. SEPARATE modülünden çıkan orijinal parçalar döngüye girerken kopya parçalar ise diğer işlem adımlarına devam etmektedir. “Delay for Owned Part Arrivals” ve “Delay for Customer Part Arrivals” işlemleri iki parçanın gelişi arasındaki sürelerin parça tipine göre girildiği alandır.

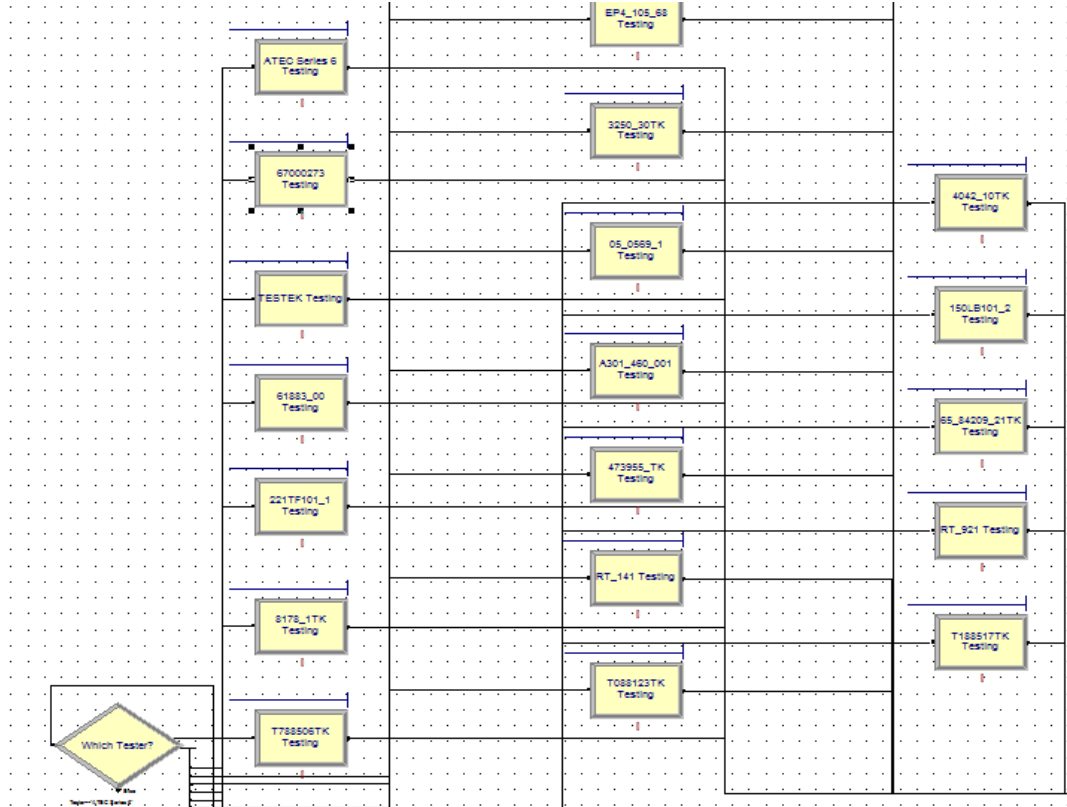
Sol alttaki “Create Other Tasks” işlemi 124 adet parça tipinin dışında kalan diğer görevleri simgelemektedir.

Assign modülleriyle değişken ve özellik atamaları yapılmış ve daha sonra atölyenin ilk süreci olan sağ üstteki “Preliminary Inspection” yani komponent kabulü ve ön muayene süreci başlamaktadır.



Şekil 19. Büyütülmüş ARENA Simülasyon Modeli 1. Kısım

Modelin 2. kısmı ise test süreciyle alakalıdır. 124 farklı parça tipi farklı test cihazlarından geçmektedir. Toplam 20 farklı test cihazı vardır ve yukarıdaki şekilde test cihazlarının hepsi görülebilir. “Which Tester” karar modülü hangi parça tipinin hangi test cihazından geçeceğinin atamasını yapmaktadır.

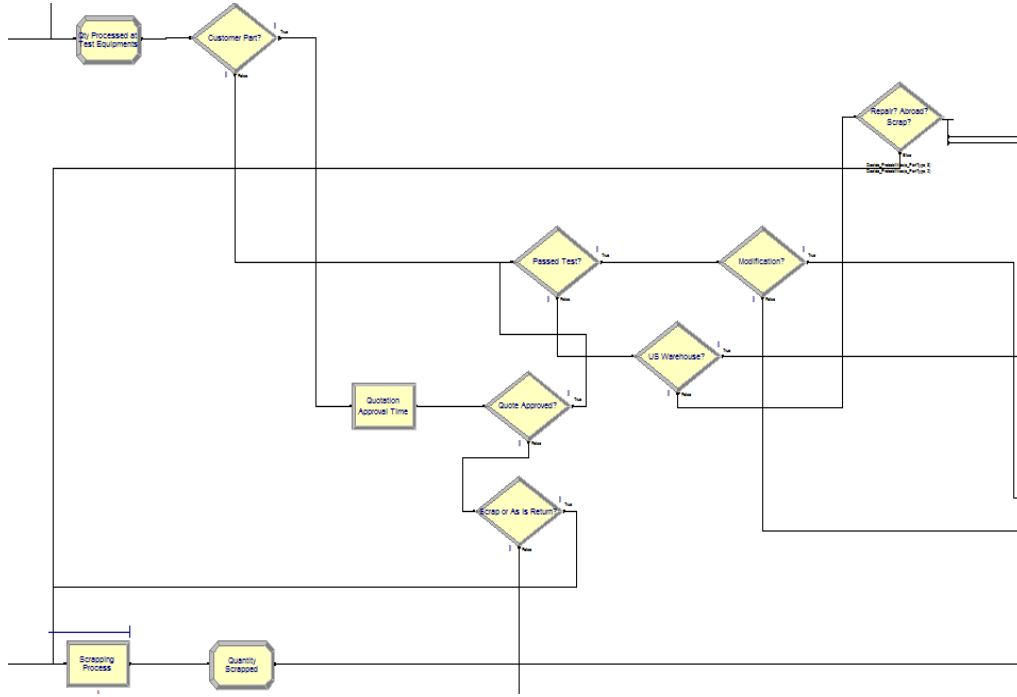


Şekil 20. Büyütülmüş ARENA Simülasyon Modeli 2. Kısım

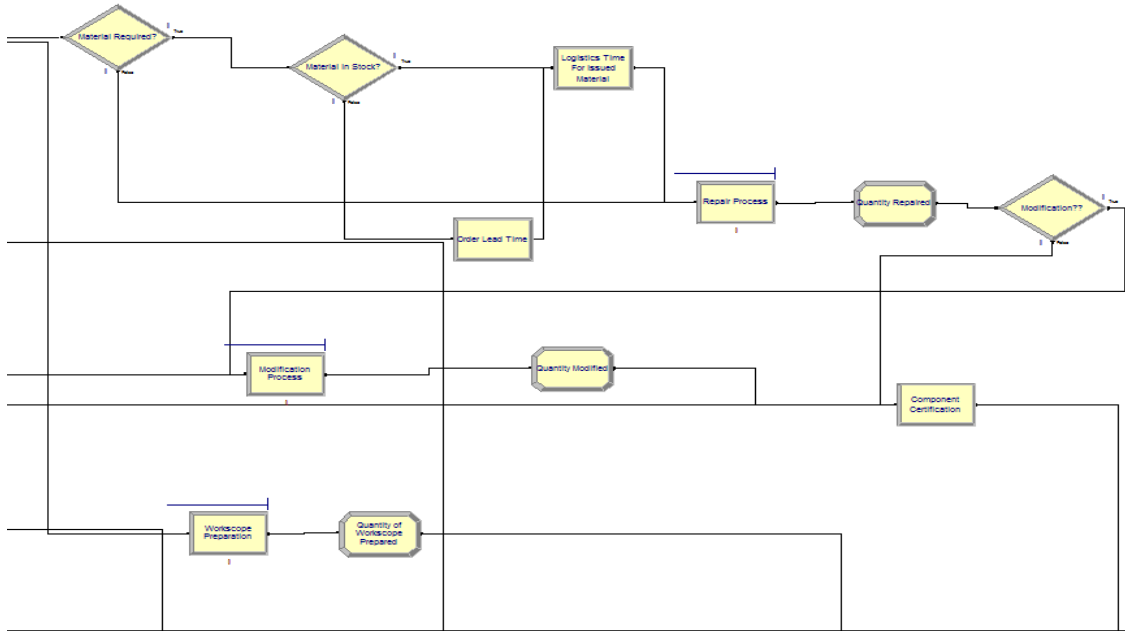
3 ve 4. kısımlarda yani alttaki şekillerde ise parçanın testi geçip geçmemesine ve mülkiyet durumuna göre (şirket mülkiyeti ya da müşteri mülkiyeti) hangi işlem adımlarına yönlendirileceği görülmektedir. Tamir, modifikasyon, yurtdışı tamir kapsamı hazırlama, hurda

işlemi, kotasyon onay süresi, malzeme tedarik süresi vb. 6.5.1’de bahsedilen süreçlerden geçebilmektedir.

Bu kısımda da ASSIGN ve DECIDE modülleri kullanılarak değişkenlerin atamaları ve hangi olasılıkta parçaların hangi işlemlerden geçeceği belirlenmiştir.



Şekil 21. Büyütülmüş ARENA Simülasyon Modeli 3. Kısım



Şekil 22. Büyütülmüş ARENA Simülasyon Modeli 4. Kısım

Komponent sertifikasyon ve zimmet defteri kaydından sonra parçanın atölyedeki işlemi bitmekte ve sistemi terketmektedir.

Aşağıda ARENA’da kullanılan özellikler tablosu görülebilir. Parça tipi (a_PartType), mülkiyet durumu (Possession), VIKOR öncelik sıralamaları (Priorities), Decide Probabilities (DECIDE modülü olasılık matrisi) ve TesterRoute (hangi parça tipinin hangi test cihazında test edileceğini belirtmektedir) gibi çeşitli özellikler tanımlanmıştır.

Tablo 11. Özellikler Tablosu

Attribute - Basic Process					
	Name	Rows	Columns	Data Type	Initial Values
1	a_PartType			Real	0 rows
2	Possession			String	0 rows
3	Priorities	124		Real	124 rows
4	Spec_Priority			Real	0 rows
5 ►	Decide_Probabilities	124	10	Real	1237 rows
6	TesterRoute	124		String	124 rows
7	Tester			String	0 rows

Double-click here to add a new row.

Değişkenler tablosunda ise v_PartType her bir parça tipine özel 1'den 124'e kadar bir rakam atanmasını sağlamaktadır. Diğer değişkenler süreçlerden çıkan parça sayısını saymaktadır.

Tablo 12. Değişkenler Tablosu

Variable - Basic Process							
	Name	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
1 ►	v_PartType ▼	2		Real	System		0 rows
2	PartQty	124		Real	System		0 rows
3	PreInsp_Qty	124		Real	System		0 rows
4	Test_Qty	124		Real	System		0 rows
5	Mod_Qty	124		Real	System		0 rows
6	Scrap_Qty	124		Real	System		0 rows
7	Workscope_	124		Real	System		0 rows
8	Repair_Qty	124		Real	System		0 rows

Double-click here to add a new row.

Atölyedeki personeller; normal düzen, ikili vardiya ve üçlü vardiya düzenlerinde çalışabilmektedir. SCHEDULE modülünden alınan aşağıdaki tablo, çeşitli vardiya tiplerinde çalışan atölye personelinin uyacağı çalışma çizelgesini göstermektedir.

Tablo 13. Günlük Program Tablosu

Schedule - Basic Process					
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1 ►	A Shift Schedule ▼	Capacity	Minutes	1.0	41 rows
2	B Shift Schedule	Capacity	Minutes	1.0	41 rows
3	C Shift Schedule	Capacity	Minutes	1.0	40 rows
4	D Shift Schedule	Capacity	Minutes	1.0	40 rows
5	R1 Shift Schedule	Capacity	Minutes	1.0	149 rows
6	R2 Shift Schedule	Capacity	Minutes	1.0	149 rows
7	Normal Schedule	Capacity	Minutes	1.0	41 rows

Double-click here to add a new row.

İstatistik tablosu, 12 adet senaryoyu değerlendirmek için kullanılacak performans kriterlerini hesaplamak için hazırlanmıştır.

Tablo 14. İstatistik Tablosu

Statistic - Advanced Process			
	Name	Type	Expression
1	Labor Cost	Output	NUMMEM(Staff_Set)*6500*12
2	Equipment Cost	Output	MR(05_0569_1 Test Bench)*8219+MR(150LB101_2 Test Bench)*15400+MR(221TF101_1 Test Bench)*10475+MR(3250_30TK Test Bench)*13630+MR(4042_10TK Test Bench)*10475
3	Qty Exited The System	Output	EntitiesOut(Entity 1)
4	Qty Work In Process	Output	EntitiesWIP(Entity 1)
5	Average Utilization for Test Equipments	Time-Persistent	(DAVG(05_0569_1 Test Bench.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(05_0569_1 Test Bench.NumberScheduled)))+(DAVG(150LB101_2 Test Bench.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(150LB101_2 Test Bench.NumberScheduled)))+(DAVG(221TF101_1 Test Bench.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(221TF101_1 Test Bench.NumberScheduled)))+(DAVG(3250_30TK Test Bench.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(3250_30TK Test Bench.NumberScheduled)))+(DAVG(4042_10TK Test Bench.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(4042_10TK Test Bench.NumberScheduled)))
6	Average Utilization for Staff	Time-Persistent	(DAVG(Staff 1.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(Staff 1.NumberScheduled)))+(DAVG(Staff 2.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(Staff 2.NumberScheduled)))+(DAVG(Staff 3.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(Staff 3.NumberScheduled)))+(DAVG(Staff 4.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(Staff 4.NumberScheduled)))+(DAVG(Staff 5.NumberBusy)/MAX(0.0001,DAVG(Staff 5.NumberScheduled)))
7	Avg Time In System	Output	TAVG(Entity 1.TotalTime)
8	Avg Wait Time	Output	TAVG(Entity 1.WaitTime)

Tablo 15. Simülasyon Çıktıları

Senaryo	Personel Sayısı	Test Ekipmanı Sayısı	Ort.Pers. Kapasite Kullanım Oranı	Ort.Ekipman Kapasite Kullanım Oranı	Sistemde Geçen Ort.Süre (saat)	Ort. Bekleme Süresi (saat)	Personel Maaşı (Yıllık TL)	Ekipman Gideri (İlk Yatırım USD)	Sistemden Çıkan Parça Ad.	Bitmemiş İş Adedi
Senaryo 1	29	29	69,76%	14,54%	99,51	33,28	2.262.000	10.314.889	3919	298
Senaryo 2	29	28	69,97%	16,08%	110,89	45,22	2.262.000	9.364.889	3990	302
Senaryo 3	29	26	67,32%	15,76%	105,94	39,62	2.262.000	9.344.377	3863	315
Senaryo 4	30	29	67,07%	14,32%	94,42	32,74	2.340.000	10.314.889	3848	294
Senaryo 5	31	29	64,45%	14,75%	97,96	31,2	2.418.000	10.314.889	3823	296
Senaryo 6	32	29	63,14%	14,34%	96,87	32,05	2.496.000	10.314.889	3851	294
Senaryo 7	34	29	57,88%	13,98%	104,46	30,28	2.652.000	10.314.889	3830	294
Senaryo 8	30	30	66,95%	13,64%	98,58	29,37	2.340.000	11.264.889	3875	279
Senaryo 9	30	31	65,46%	12,58%	93,98	32,12	2.340.000	10.324.538	3716	287
Senaryo10	30	29	66,24%	13,58%	97,16	33,24	2.340.000	9.374.538	3820	317
Senaryo11	32	31	62,91%	13,19%	91,76	30,47	2.496.000	10.324.538	3853	288
Senaryo12	34	32	57,38%	13,52%	93,62	28,11	2.652.000	10.324.538	3710	306

Daha sonra ARENA’da ilgili simülasyon modeli 12 adet senaryo için çalıştırılmıştır. Yukarıdaki tabloda senaryolara ilişkin Simülasyon çıktı sonuçlarına yer verilmiştir. Atölyenin kaynakları olan personel ve test cihazlarının sayısı değiştirilerek 12 senaryo simüle edilmiştir.

Simülasyon 1 senelik süreyi kapsamaktadır. 1 sene içinde binlerce parça atölyeye uğradığından bu süre yeterli görülmüştür. Toplam 5 adet yineleme yapılmıştır. Akademik çalışmalar incelendiğinde yineleme sayıları için olması gereken net bir rakama ulaşılamamıştır. Ayrıca her bir senaryo için simülasyon çalıştırıldığında 5-10 dk arasında zaman almaktadır ve 12 senaryo için program çalıştırıldığında uzun bir zamana karşılık gelmektedir. Bu da hesaba katıldığında 5 adet yinelemenin yeterli olacağı varsayılmıştır.

Senaryolarda personel sayısı 29 ve 34 arasında değişmektedir. Test ekipmanı sayısı ise 26 ve 32 arasında değişmektedir. Mevcut duruma göre en fazla %25’lik değer değişiklikleri

yapılarak bu senaryolar elde edilmiştir. Atölye şefinin görüşüne dayanarak personel sayısı ve test ekipmanı sayılarında radikal değişiklikler yapmanın atölyedeki verimliliği kayda değer bir oranda arttırmayacağı ve maliyetler de göz önünde bulundurulduğunda ciddi maddi külfet getireceğine kanaat getirilmiş ve belirtilen sınırlar çerçevesinde ilgili kaynakların sayılarında değişiklikler yapılarak senaryolar oluşturulmuştur.

Atölyenin mevcut durumda 29 personel, 29 test cihazı çalıştığı durumda personel kapasite kullanım oranı ortalama %69,76, ekipman kapasite kullanım oranı %14,54 olarak gerçekleşmiştir. Sistemde bir parçanın geçirdiği ortalama süre 99,51 saat iken bu parçanın kuyrukta bekleme süresi ortalama 33,28 saat olmuştur. Mevcut kaynak sayıları için personel maaşı yıllık 2.262.000 TL ve ekipman için ilk yatırım maliyeti 10.314.889\$'dır. 1 yıllık simülasyonun sonucu olarak sistemden 3919 adet parça çıkmıştır ve hali hazırda tamamlanmayı bekleyen 298 adet iş mevcuttur.

Entropi Uygulaması

Kriter Ağırlıklarının Entropi Yöntemiyle Belirlenmesi

Simülasyondan elde ettiğimiz 12 adet senaryonun sıralanması işleminde, 6 adet kritere ait ağırlıkların belirlenmesinde Entropi yöntemi kullanılmıştır. Simülasyon çıktı tablosu, Entropi ile ağırlıklandırmada karar matrisini oluşturmaktadır.

İş akış süreçlerinin iyileştirilmesi ile ilgili olarak literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; sistemin performansının izlenmesi, sistemin davranışının test edilmesi, iyileştirilmesi ve artırılmasında performans ölçütü olarak belirlenen kriterler incelenmiştir. Çalışmada genel olarak; ortalama komponent bekleme süresini azaltmak, komponent verimliliğini artırmak, atölyenin insan kaynaklarının (şef, mühendis, başteknisyen, teknisyen) kullanım etkinliğini arttırmak, atölyenin endüstriyel kaynaklarının (makina, teçhizat sayısı) kullanım etkinliğini arttırmak performans değerlendirme ölçütleri olacaktır. Çalışmada, arızalı bir komponentin atölyeye girip tüm işlemlerden geçerek faal olarak depoya teslimine kadar olan geçen sürede belirlenen atölye performans ölçütleri (kriterleri) 6 adet olarak atölye mühendisi ve başteknisyenlerle yapılan görüşme ile belirlenmiştir.

Kriterler

1. Ortalama personel kapasite kullanım oranı,
2. Ortalama ekipman kapasite kullanım oranı,
3. Sistemde geçen ortalama süre,
4. Tamamlanmamış işler,
5. Personel maaşı,
6. Ekipman gideri.

Tablo 16. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Entropi Karar Matrisi

KARAR MATRİSİ						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	69,76	14,54	99,51	298	2.262.000,0	10.314.889
A2	69,97	16,08	110,89	302	2.262.000,0	9.364.889
A3	67,32	15,76	105,94	315	2.262.000,0	9.344.377

A4	67,07	14,32	94,42	294	2.340.000,0	10.314.889
A5	64,45	14,75	97,96	296	2.418.000,0	10.314.889
A6	63,14	14,34	96,87	294	2.496.000,0	10.314.889
A7	57,88	13,98	104,46	294	2.652.000,0	10.314.889
A8	66,95	13,64	98,58	279	2.340.000,0	11.264.889
A9	65,46	12,58	93,98	287	2.340.000,0	10.324.538
A10	66,24	13,58	97,16	317	2.340.000,0	9.374.538
A11	62,91	13,19	91,76	288	2.496.000,0	10.324.538
A12	57,38	13,52	93,62	306	2.652.000,0	10.324.538
Σ	778,53	170,28	1.185,15	3.570,00	28.860.000,0	121.896.752,0

Tablo 17. Normalize Edilmiş Entropi Değerleri

NORMALİZE EDİLMİŞ ENTROPİ DEĞERLERİ						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
A2	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
A3	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
A4	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
A5	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
A6	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08
A7	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08
A8	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
A9	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
A10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08
A11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08
A12	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08

Tablo 18. Entropi İşlem Adımları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
Σ rij*ln(rij)	-2,4831	2,4826	2,4834	2,4843	-2,4834	-2,4836	
-KΣ rij*LN(rij)	0,9993	0,9991	0,9994	0,9997	0,9994	0,9995	
							Σ(1-e)
(1-e)	0,0007	0,0009	0,0006	0,0003	0,0006	0,0005	0,0037

Tablo 19. Entropi Kriter Ağırlıkları

Kriter Ağırlıkları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	ΣW_j
W_j	0,20	0,25	0,16	0,07	0,17	0,15	1,00

Sonuç olarak; Entropi yöntemiyle 6 adet kritere ilişkin ağırlıklar belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları; ortalama personel kapasite kullanım oranı için 0,2, ortalama ekipman kapasite kullanım oranı için 0,25, sistemde geçen ortalama süre için 0,16, tamamlanmamış işler için 0,07, personel maaşı için 0,17 ve ekipman gideri için 0,15’dir. Bu şekilde ağırlık değerleri insan müdahalesi olmadan simülasyondan elde edilen değerlere göre objektif olarak belirlenmiştir. Entropi yöntemi ile kriter ağırlıklarının elde edilmesinde Excel kullanılmıştır.

Promethee Uygulaması

Uygulamada senaryoların sıralaması yapılırken PROMETHEE yönteminin tercih edilmesinin nedeni ise şu şekildedir: Kuyruk Simülasyonu uygulaması neticesinde oluşturulan senaryolar arasından en uygun olanın seçim işlemi bir başka sıralama yöntemi olan ve literatürde yaygın olarak kullanılan PROMETHEE sıralama yöntemi ile elde edilecektir. PROMETHEE, birden fazla ölçüte sahip problemlerde alternatiflere ilişkin öncelik sırası belirleme tekniğidir. Önceden belirlenmiş altı tip tercih fonksiyonuna göre karar vericiye alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması imkânı tanımaktadır. PROMETHEE yönteminin en son geliştirilen sıralama yöntemlerinden olması, araştırmalarda sıralama yapmak amacıyla sıklıkla başvurulana basit, anlaşılır ve tutarlı bir yöntem olması, alternatiflerin sıralanmasında görsel zevk uyandıran göze hitap eden grafikler sunması, istatistiksel analizler yapılmasına imkan tanıyan matematiksel özelliklere sahip olması, karar vermede bilimselliği baz alması, hızlı ve doğru kararlar verebilmeyi sağlaması ve ayrıca ikili karşılaştırmalar yaptığı için veriler üzerindeki aşırı sapmalardan çok fazla etkilenmemesi özelliklerinden dolayı simülasyon uygulaması sonucunda elde edilen senaryoların öncelik sıraları PROMETHEE yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 20. Senaryoların Sıralanmasında Kullanılan PROMETHEE Karar Matrisi

	Ort. Pers. Kapasite Kullanım Oranı	Ort. Ekipman Kapasite Kullanım Oranı	Sistemde Geçen Ort. Süre (saat)	Tamamlanmamış İşler (adet)	Personel Maaşı (Yıllık TL)	Ekipman Gideri (İlk Yatırım \$)
Senaryo 1	69,76	14,54	99,51	298	2.262.000	10.314.889
Senaryo 2	69,97	16,08	110,89	302	2.262.000	9.364.889
Senaryo 3	67,32	15,76	105,94	315	2.262.000	9.344.377
Senaryo 4	67,07	14,32	94,42	294	2.340.000	10.314.889
Senaryo 5	64,45	14,75	97,96	296	2.418.000	10.314.889
Senaryo 6	63,14	14,34	96,87	294	2.496.000	10.314.889
Senaryo 7	57,88	13,98	104,46	294	2.652.000	10.314.889
Senaryo 8	66,95	13,64	98,58	279	2.340.000	11.264.889
Senaryo 9	65,46	12,58	93,98	287	2.340.000	10.324.538

Senaryo 10	66,24	13,58	97,16	317	2.340.000	9.374.538
Senaryo 11	62,91	13,19	91,76	288	2.496.000	10.324.538
Senaryo 12	57,38	13,52	93,62	306	2.652.000	10.324.538

Tablo 21. PROMETHEE Kriter Ağırlıkları ve Fonksiyon Değerleri

Ağırlıklar	0,20	0,25	0,16	0,07	0,17	0,15
fonksiyon tipi	3	3	5	5	2	2
Q			5	15	100000	500000
P	2	1	10	30		
	Max	Max	Min	Min	Min	min

Tablo 22. PROMETHEE 1 Sıralaması

Promethee 1 Sıralaması												
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
phi+	0,4253	0,6159	0,5490	0,3430	0,2947	0,2298	0,0968	0,2564	0,2153	0,3432	0,1696	0,0899
phi-	0,1073	0,1416	0,1733	0,1397	0,2514	0,3452	0,5467	0,3226	0,3701	0,2296	0,4720	0,5293

Tablo 23. PROMETHEE 2 Sıralaması

Promethee 2 Sıralaması												
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
net phi	0,3179	0,4743	0,3756	0,2033	0,0434	-0,1154	-0,4499	-0,0662	-0,1548	0,1136	-0,3024	-0,4394
Sıralama	3	1	2	4	6	8	12	7	9	5	10	11

Sonuç olarak; Entropiden gelen ağırlık verileri ile beraber Promethee yöntemiyle fonksiyon tipi, Q ve p değerleri, fayda/zarar durumları belirlenmiş Promethee 1 ve Promethee 2'ye göre 12 senaryo için senaryoların sıralaması yapılmıştır. Fonksiyon tipi olarak; ortalama personel kapasite kullanım oranı ve ortalama ekipman kapasite kullanım oranı kriterleri için 3.tip fonksiyon kullanılmıştır. Bu kriterlerin p değerleri sırasıyla 2 ve 1'dir. Bu kriterler kar fonksiyonudur. Sistemde geçen ortalama süre ve tamamlanmamış işler için ise 5.tip fonksiyon kullanılmıştır. Bu kriterlerin Q değerleri sırasıyla 5 ve 15'dir. p değerleri ise 10 ve 30'dur. Bu kriterlerin minimum olması hedeflenmektedir. Personel maaşı ve ekipman gideri kriterleri için tercih fonksiyon tipi 2'dir. Bunların q değerleri sırasıyla 100.000 ve 500.000'dir. Bu kriterlerin de minimize edilmesi hedeflenmektedir. PROMETHEE sonuçları Excel yardımıyla hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; yapılan PROMETHEE 2 sıralamasına göre 2.senaryo için net phi=0,4743 olarak hesaplanmış ve en iyi alternatif 2.senaryo olmuştur. Alternatif 3, Alternatif 1, Alternatif 4, Alternatif 10 sırasıyla 2,3,4 ve 5. sırayı alan senaryolar olmuştur. Atölyenin mevcut durumu 1.senaryo olup PROMETHEE 2'ye göre 3.sırada yer almıştır. Bundan daha efektif olan ilk 2 senaryo ARENA simülasyonunda üretilen farklı senaryolar sayesinde elde edilmiştir. Bu sayede farklı senaryoları ÇKKV teknikleri ile beraber kıyaslama imkânı olmuştur. ÇKKV ve

Simülasyon yöntemleri entegre edilerek yedek parça bakım onarım sürecine hibrit bir çözüm yaklaşımı ile sonuçlar elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada havacılık bakım onarım sektöründe faaliyet yürütmekte olan bir şirketin uçak yedek parçalarının bakım işlemlerinin yapıldığı bir atölyede parça önceliklendirme ve etkin kaynak kullanımı problemine ÇKKV tekniklerinden VIKOR, Entropi, Promethee ve bunların yanında kuyruk simülasyonu ile entegre bir çözüm getirilmiştir. Ek olarak, en önemli envanter kalemlerini belirlemede Pareto kuralından da yararlanılmıştır.

Atölye halihazırda kuyruktaki parçaların işlem sırasını belirlemek için sadece depo yedek sayısını baz almakta ve parçanın kritikliğini belirleyen diğer unsurları göz ardı etmektedir. Normal işleyişte bir problem olduğu ve bu problemin çeşitli bilimsel teknikler kullanılarak ortadan kaldırılması gerektiği aşikârdır. Atölyenin başteknisyenleri ve şefinin bu husus hakkındaki geri beslemeleri de bunu kanıtlar niteliktedir.

VIKOR'dan elde edilen işlem öncelikleri, simülasyon modelinde kuyrukta bekleyen parçaların sıralamasında kullanılarak çeşitli senaryolar altında sistemin nasıl tepkiler verdiği gözlemlenmiştir. Atölyenin temelde iki çeşit kaynağı vardır. Bunlar; teknisyen ve mühendislerden oluşan işgücü ve komponentlerin testlerinde kullanılan otomatik ve manuel test cihazlarıdır. Farklı personel ve test cihazı sayıları altında simülasyon tekrarlanmış ve farklı simülasyon çıktılarına ulaşılmıştır. Kapasite kullanım oranı, ekipman-ışçılık maliyetleri ve kuyrukta bekleme süresi, sistemde geçen süre gibi anahtar performans ölçütleri simülasyon istatistikleri olarak hesaplanmıştır. Bu performans ölçütlerine göre belirlenen 12 adet senaryoyu kıyaslamak için yine ÇKKV tekniklerinden yararlanılmıştır. Entropi metoduyla 6 adet kriterin ağırlıkları bulunmuş ve daha sonra Promethee vasıtasıyla bu 12 senaryo iyiden kötüye doğru sıralanmıştır.

Promethee 2 sonuçlarına göre 2. senaryo en iyi sonucu vermiştir. 29 personel ve 28 test ekipmanı altında %69,97 personel kapasite kullanımına ulaşılmıştır. Personel sayısı daha azaltılarak bu kullanım oranları artırılabilir fakat bu bekleme sürelerini ciddi oranda uzatmakta ve tavsiye edilmemektedir. Ortalama kapasite kullanım oranı bu senaryo için %16,08'dir. Bu oran görülebileceği üzere çok düşüktür. Bu, 20 adet test cihazının büyük bir kısmının çoğunlukla âtil kalmasından dolayı olmaktadır. Senaryolardaki düşük ekipman kapasite kullanım oranlarına bakarak atölyenin fazla parça hareketi olmayan cihazları tamir kabiliyetinden çıkarıp parçaları dış kaynak kullanarak tamir ettirmesinin daha doğru olabileceğini söyleyebiliriz. 2. senaryoda 28 test cihazı kullanılarak 2. senaryoya göre 1 milyon \$'a yakın tasarrufta bulunulmuştur. Bunun karşılığında tabii ki, kuyrukta bekleme süresi ve sistemde geçen süre gibi performans ölçütlerinin değerlerinde artışlar olmuştur fakat bunlar kabul edilebilir düzeydedir.

1. senaryo, atölyenin mevcut durumu olarak alınan 2017 yılına aittir. Simülasyon çıktılarına göre 3. en iyi sonucu vermiştir. Kuyrukta bekleme ve sistemde geçen ortalama sürelerinde 2. senaryodan iyi olmasına karşılık diğer kriterler için 1. senaryodan kötü olduğu ortadadır. 3. senaryo ise 29 personel ve 26 test ekipmanı altında 12 senaryo arasından 2. sırada olmayı başarmıştır. Toplam maliyeti en düşük senaryodur.

Sonuç olarak; uçak komponentlerinin rastgele veya tek bir kritere bağlı olarak tamir işlemine tabi tutulmaması gerektiği, belirli ve çok sayıda kriterin göz önünde bulundurularak tamir önceliklerinin belirlenmesi ve buna göre işlem yapılması gerektiği, atölyenin bakım onarım hattının daha etkin hale getirilmesi, iyileştirilmesi ve atölyenin kaynak kullanımları ile kapasite kullanımlarının arttırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu konu hakkında fayda

sağlayabilecek çeşitli tavsiyeler ve öneriler firmaya sunulmuştur. Bu metodolojiyle atölyenin faaliyetlerini devam ettirmesi kaynakların verimli kullanılmasını sağlayacaktır.

Yapılan çalışmanın bu alanda yapılacak olan diğer çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, havacılık bakım onarım sektöründe ÇKKV yöntemlerinden birkaçının ve kuyruk simülasyonunun bütünleşik olarak kullanıldığı ilk çalışmadır. Atölyenin sadece en önemli parçaları için yapılan bu çalışmanın, gelecekte önce atölye geneline daha sonra ise şirket bünyesindeki tüm atölyelere uygulanıp yayılmasıyla daha kapsamlı ele alınması yerinde olacaktır. Çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri daha sofistike bir şekilde bulanık mantık tekniğinden yararlanılarak zenginleştirilebilir. Ayrıca kompleks yapıda olan atölyenin mevcut sistemi matematiksel olarak ifade edilebildiğinde, doğrusal programlama tekniğiyle atölyenin optimum şartlarının belirlenmesi de mümkün olacaktır.

EKLER

EK 1: VIKOR Kriterler, a_i^+ ve a_i^- Değerleri Özet Tablosu

Kriterler	Kriter Tanımı	a_j^+	a_j^-	$= (a_j^+ - a_j^-)$
K1	Depo Yedek Sayısı	0	120	-120
K2	Zorunluluk Kodu	3	1	2
K3	TAT Süresi	6.5	73.23	-66.73
K4	Uçak Üzeri Adet	1	107	-106
K5	Sipariş maliyeti	448488	200	448288
K6	Kullanılma Sıklığı	537	2	535
K7	Faal Stok Oranı	0	1	-1
K8	Uçak Tipi	3	1	2
K9	Güven Seviyesi	43.46779843	100	-56.532
K10	Elde Bul. Maliyeti	0.109589041	245.7468493	-245.637
K11	Tezgah Test Süresi	15	480	-465

EK 2: VIKOR B değerleri hesaplama tablosu

B = (aj+ - aij)										
-46	1	-13.65	-9	445632	0	-0.413043478	1	-56.33581957	-1.455342466	-465
-24	2	-21.83	-4	447214	346	-0.833333333	1	-55.55372519	-0.588493151	-15
-14	2	-11.4	-2	446332	410	-0.642857143	1	-56.33294215	-1.071780822	-45
-41	1	-17.4	-5	443988	69	-0.146	1	-53.58234323	-2.356164384	-45
-26	1	-28.2	-1	418488	362	-0.653846154	2	-55.34674397	-16.32876712	-15
-15	2	-21.08	-83	447958	348	-0.8	1	-20.66166205	-0.180821918	-105
-7	1	-8.81	-2	333488	494	-0.857142857	0	-56.47531334	-62.90410959	-165
-19	1	-47.47	-2	436113	399	0	1	0	-6.671232877	-15
-35	2	-43.49	-15	447220	349	-1	2	-53.29879386	-0.585205479	-15
-31	1	-30.88	-1	444158	481	-0.870967742	2	-56.53220157	-2.263013699	-45
-8	1	-18.12	0	420988	476	0	2	-54.03485725	-14.95890411	-75
-15	2	-21.08	-106	447876.4	348		1	-20.66166205	-0.225534247	-105
-120	1	-14.3	-9	447751	48	-0.983	1	-56.53220157	-0.294246575	-465
-19	1	-30.31	-1	441472	440	-0.315789474	2	-56.26042044	-3.734794521	-15
-17	1	-25.06	0	388488	397	-0.058823529	2	-49.82349752	-32.76712329	-105
-5	0	-13.66	-3	444738	503	-0.4	2	-55.27721378	-1.945205479	-105
-14	1	-6.4	-4	446859	427	-0.642	2	-56.53075976	-0.783013699	-105
-8	1	-34.96	-1	440488	505	-0.75	2	-55.29700521	-4.273972603	-165
-6	1	-27.43	-1	379488	477	-0.666666667	2	-23.91354075	-37.69863014	-105
-28	1	-32.66	-5	406488	378	-0.571428571	2	-56.01076986	-22.90410959	-225
-28	1	-37.48	-5	393488	361	0	1	-50.33517437	-30.02739726	-135
-15	0	-12.63	0	435172	429	-0.133333333	2	-56.50483877	-7.186849315	-135
-6	1	-32.76	0	445788	506	-0.166666667	2	-51.20477265	-1.369863014	-15
-20	1	-55.64	0	423680	500	-0.95	2	-56.5318964	-13.48383562	0
-6	0	-19.62	0	379155	504	-0.333333333	1	-55.46276883	-37.88109589	-105
-20	1	-55.64	0	436188	500	-0.95	2	-56.5318964	-6.630136986	0
-20	1	-25.55	-2	427988	447	-0.5	2	-56.52424276	-11.12328767	-75
-9	2	-37.11	0	435488	488	-0.333333333	0	-49.10503182	-7.01369863	-45

-11	0	-26.42	-1	346488	489	-0.454545455	2	-56.35615518	-55.78082192	-385
-5	1	-51.63	0	442552	519	-0.6	2	-49.42436344	-3.143013699	-75
-13	1	-6.01	-3	443832	467	-0.923	2	-56.53217567	-2.441643836	-45
-20	1	-55.64	0	428988	500	-0.95	2	-56.5318964	-10.57534247	0
-15	0	-12.63	0	434888	429	-0.133333333	2	-56.50483877	-7.342465753	-135
-15	1	-45.71	0	379988	465	-0.4	2	-50.54119695	-37.42465753	-85
-18	1	-38.21	-1	367488	442	-0.111111111	2	-53.63677961	-44.2739726	-105
-26	1	-28.2	-1	382488	362	-0.653846154	2	-55.34674397	-36.05479452	-15
-24	2	-21.83	-85	447713	346	-0.833333333	1	-55.55372519	-0.315068493	-15
-8	1	-33.27	-1	440022	488	-0.25	2	-47.28410695	-4.529315068	0
-9	2	-37.11	0	436538	488	-0.333333333	0	-49.10503182	-6.438356164	-45
-18	0	-45.04	-1	258623	451	-0.388888889	2	-52.41013486	-103.9260274	-465
-27	2	-52.84	-5	447293	465	-0.925925926	2	-56.52852332	-0.545205479	-15
-20	1	-40.16	-1	446088	453	-0.4	1	-56.17373734	-1.205479452	-135
-3	1	-5.5	0	418988	534	-1	2	-56.53183714	-16.05479452	-75
-18	1	-35.64	-1	432488	488	-0.888888889	2	-56.53140939	-8.657534247	-75
-6	1	-52.56	0	444638	518	-0.5	2	-52.79247622	-2	-30
-50	1	-14.09	-15	446991	479	-0.56	2	-56.53220157	-0.710684932	-30
-18	0	-45.04	-1	12488	451	-0.388888889	2	-52.41013486	-238.7945205	-465
-17	1	-25.06	0	343989	397	-0.058823529	2	-49.82349752	-57.15013699	-105
-4	2	-9.34	-1	447125	512	-0.75	1	-56.01866754	-0.637260274	-15
-1	1	-8	-1	403488	535	0	0	-56.23280076	-24.54794521	-75
-23	1	-25.11	-1	410088	405	-0.173913043	2	-56.45413707	-20.93150685	-75
-6	0	-12.72	-1	446988	502	-0.5	2	-56.23994606	-0.712328767	-75
-20	1	-40.16	-1	443288	453	-0.4	2	-56.17373734	-2.739726027	-135
-14	0	-19.91	-1	308488	445	-0.428571429	2	-56.16550758	-76.60273973	-255
-1	0	-7.42	0	400488	525	-1	0	-48.76793975	-26.19178082	-60
-4	1	-7.59	-1	433488	497	0	1	-54.45930229	-8.109589041	-105
-11	2	-32.52	0	446263	472	0	2	-51.42528707	-1.109589041	-105
-21	1	-10.7	-14	447132	507	-0.333	2	-56.53220157	-0.633424658	-30
-23	1	-38.27	-1	433488	430	-0.217391304	2	-56.08740119	-8.109589041	-45

-23	1	-25.11	-1	378488	405	-0.173913043	2	-56.45413707	-38.24657534	-75
-12	1	-11.23	-3	436116	399	-0.583333333	0	-54.53408929	-6.669589041	-105
-12	2	-31.42	0	371988	486	-0.333333333	1	-56.20407366	-41.80821918	-75
-18	0	-45.04	-1	323488	451	-0.388888889	2	-52.41013486	-68.38356164	-465
-6	1	-28.39	0	398538	516	-0.333333333	2	-56.06988968	-27.26027397	-75
-8	0	-7.13	-1	436488	514	-0.75	0	-56.53216912	-6.465753425	-165
-30	1	-27.24	-19	446738	423	-0.5	2	-56.53217734	-0.849315068	-30
-8	1	-2.65	-1	358488	510	-1	0	-56.53219709	-49.20547945	-75
-1	0	-25.03	0	434488	519	0	2	-10.49423792	-7.561643836	-45
-27	2	-14.5	-76	443288	533	-0.814814815	0	-56.53220157	-2.739726027	-15
-13	0	-49.93	0	425988	497	-0.076923077	2	-56.06280238	-12.21917808	-105
-5	1	-44.23	-1	419488	522	-0.6	2	-54.55000205	-15.78082192	-105
-20	1	-25.55	-2	340366	447	-0.5	2	-56.52424276	-59.13534247	-75
-6	2	-20.17	-19	447958	501	-0.833333333	1	-54.71616033	-0.180821918	-105
-5	1	-25.98	0	443188	514	0	2	-54.70139787	-2.794520548	-65
-20	1	-25.55	-2	444088	447	-0.5	2	-56.52424276	-2.301369863	-75
-1	1	0	-1	436488	531	-1	0	-56.00044138	-6.465753425	-75
-8	1	-23.19	-1	447488	504	-0.5	2	-56.34811599	-0.438356164	0
-6	0	-33.5	-1	447438	523	0	2	-56.42687727	-0.465753425	-75
-18	1	-33.38	-2	368488	444	-0.444444444	1	-55.69163741	-43.7260274	-105
-6	1	-32.73	-1	400488	501	0	2	-46.78207664	-26.19178082	-105
-41	1	-7.55	-8	444488	69	-0.146	0	-56.53210247	-2.082191781	-45
0	0	-27.64	-3	446846	530	0	2	-8.489929313	-0.790136986	-105
-3	1	-12.58	0	401988	523	-0.666666667	0	-55.86168327	-25.36986301	-105
-4	1	-41.82	0	419115	518	-0.75	0	-45.4448228	-15.98520548	-15
-13	1	-8.58	-3	443832	467	-0.923	2	-56.53197664	-2.441643836	-45
-13	1	-3.8	-1	443987	499	-1	2	-56.53220157	-2.356712329	-45
-14	1	-33.14	-1	446988	510	-0.714285714	2	-56.53215089	-0.712328767	-15
-19	1	-47.47	-2	446588	399	0	1	0	-0.931506849	-15
-4	1	-11.64	-2	435988	530	-1	0	-56.52901989	-6.739726027	-45
-25	2	-66.73	-3	447706	506	-1	2	-56.53220129	-0.31890411	-30

-15	1	-36.17	-1	441172	482	-0.466666667	2	-56.42827239	-3.899178082	-15
-8	1	-2.65	-1	358488	510	-1	0	-56.53219709	-49.20547945	-75
-9	1	-40.1	0	446178	508	0	2	-56.04518068	-1.156164384	-60
-6	2	-20.17	-8	447958	501	-0.833333333	1	-54.71616033	-0.180821918	-105
-8	0	-56.69	-2	421488	510	-0.125	1	-51.64325712	-14.68493151	-15
-101	1	-42.28	-20	445939	355	-0.99009901	2	-56.53220157	-1.287123288	-105
-4	0	-22.38	-3	441182	509	-0.75	0	-49.11439942	-3.89369863	0
0	1	-6.38	-1	0	529	0	0	-31.93684191	-245.6372603	-105
-2	0	-17.79	0	378488	513	-0.5	2	-34.9416584	-38.24657534	-255
-7	1	-30.2	-2	416788	501	-0.571428571	1	-53.36868716	-17.26027397	-165
-8	1	-18.12	-1	418488	476	0	2	-54.03485725	-16.32876712	-45
-8	1	-9.69	-1	434488	478	-0.375	2	-56.37684484	-7.561643836	-45
-14	0	-19.91	-1	308488	445	-0.428571429	2	-56.16550758	-76.60273973	-255
-12	2	-16	-1	447388	512	-0.5	1	-56.5322005	-0.493150685	-105
-18	0	-45.98	0	442861	469	-0.555555556	1	-55.95811502	-2.97369863	-165
-3	1	-8.38	0	388488	529	-1	2	-56.49583479	-32.76712329	-105
-82	1	-42.78	-15	448288	423	-0.963414634	2	-56.53220157	0	-105
-15	0	-43.94	-1	375988	486	-0.533333333	2	-56.27528716	-39.61643836	-60
-9	0	-50.39	0	428488	517	-0.777777778	2	-56.38635003	-10.84931507	-75
-4	1	-24.87	-1	420988	518	-0.75	2	-53.97775355	-14.95890411	-45
-4	1	-23.33	-1	435988	531	-0.75	2	-56.51646262	-6.739726027	-110
-2	2	-37.5	0	447888	534	-0.5	2	-55.92966498	-0.219178082	-165
-7	1	-53.88	-2	442988	528	-0.857142857	2	-56.51607339	-2.904109589	-75
-8	0	-56.69	-2	426488	510	-0.125	1	-51.64325712	-11.94520548	-15
-4	0	-6.41	0	435538	488	0	0	-53.35540571	-6.98630137	-205
-101	1	-42.28	-20	447944	355	-0.99009901	2	-56.53220157	-0.188493151	-105
-26	1	-28.2	-1	326654	362	-0.653846154	2	-55.34674397	-66.64876712	-15
-8	1	-34.96	-1	441488	505	-0.75	2	-55.29700521	-3.726027397	-165
-5	1	-44.23	-1	440188	522	-0.6	2	-54.55000205	-4.438356164	-105
-4	1	-44.67	-2	439788	531	-0.75	2	-56.35682957	-4.657534247	-105
-21	1	-21.84	-13	446991	465	-0.619	2	-56.53218943	-0.710684932	-30

-18	1	-35.64	-1	403488	488	-0.888888889	2	-56.53140939	-24.54794521	-75
-4	2	-9.34	-3	447125	512	-0.75	1	-56.01866754	-0.637260274	-15
-9	2	-53.62	-1	446783	515	-0.777777778	2	-56.11134913	-0.824657534	-15

EK 3: VIKOR_{x_j}, S_i ve R_i Değerleri Hesaplama Tablosu

x _{ij} = w _j x B/A												S _i	R _i	
0.050	0.068	0.024	0.004	0.082	0	0.038	0.028	0.067	0.000	0.074		0.4	0.0	
0.026	0.137	0.038	0.002	0.083	0.078	0.078	0.028	0.066	0.000	0.002		0.5	0.1	
0.015	0.137	0.020	0.001	0.083	0.093	0.060	0.028	0.067	0.000	0.007		0.5	0.1	
0.045	0.068	0.030	0.002	0.082	0.015	0.013	0.028	0.063	0.000	0.007		0.3	0.0	
0.028	0.068	0.049	0.000	0.077	0.082	0.061	0.057	0.065	0.003	0.002		0.4	0.0	
0.016	0.137	0.037	0.043	0.083	0.079	0.075	0.028	0.024	4.287	0.016		0.5	0.1	
0.007	0.068	0.015	0.001	0.062	0.112	0.080	0	0.067	0.014	0.026		0.4	0.1	
0.020	0.068	0.083	0.001	0.081	0.090	0	0.028	0	0.001	0.002		0.3	0.0	
0.038	0.137	0.076	0.007	0.083	0.079	0.094	0.057	0.063	0.000	0.002		0.6	0.1	
0.034	0.068	0.054	0.000	0.082	0.109	0.082	0.057	0.067	0.000	0.007		0.5	0.1	
0.008	0.068	0.031	0	0.078	0.108	0	0.057	0.064	0.003	0.012		0.4	0.1	
0.016	0.137	0.037	0.054	0.083	0.079	0.075	0.028	0.024	5.347	0.016		0.5	0.1	
0.132	0.068	0.025	0.004	0.083	0.010	0.092	0.028	0.067	6.976	0.074		0.5	0.1	
0.020	0.068	0.053	0.000	0.082	0.100	0.029	0.057	0.067	0.000	0.002		0.4	0.1	
0.018	0.068	0.044	0	0.072	0.090	0.005	0.057	0.059	0.007	0.016		0.4	0.0	
0.005	0	0.024	0.001	0.082	0.114	0.037	0.057	0.065	0.000	0.016		0.4	0.1	
0.015	0.068	0.011	0.002	0.083	0.097	0.060	0.057	0.067	0.000	0.016		0.4	0.0	
0.008	0.068	0.061	0.000	0.081	0.115	0.070	0.057	0.065	0.001	0.026		0.5	0.1	
0.006	0.068	0.048	0.000	0.070	0.108	0.062	0.057	0.028	0.008	0.016		0.4	0.1	
0.030	0.068	0.057	0.002	0.075	0.086	0.053	0.057	0.066	0.005	0.036		0.5	0.0	
0.030	0.068	0.066	0.002	0.073	0.082	0	0.028	0.059	0.007	0.021		0.4	0.0	
0.016	0	0.022	0	0.080	0.097	0.012	0.057	0.067	0.001	0.021		0.3	0.0	
0.006	0.068	0.057	0	0.082	0.115	0.015	0.057	0.060	0.000	0.002		0.4	0.1	
0.022	0.068	0.098	0	0.078	0.113	0.089	0.057	0.067	0.003	0		0.5	0.1	
0.006	0	0.034	0	0.070	0.114	0.031	0.028	0.066	0.008	0.016		0.3	0.1	
0.022	0.068	0.098	0	0.081	0.113	0.089	0.057	0.067	0.001	0		0.6	0.1	
0.022	0.068	0.045	0.001	0.079	0.101	0.047	0.057	0.067	0.002	0.012		0.5	0.1	
0.009	0.137	0.065	0	0.081	0.111	0.031	0	0.058	0.001	0.007		0.5	0.1	
0.012	0	0.046	0.000	0.064	0.111	0.042	0.057	0.067	0.013	0.061		0.4	0.1	
0.005	0.068	0.091	0	0.082	0.118	0.056	0.057	0.058	0.000	0.012		0.5	0.1	
0.014	0.068	0.010	0.001	0.082	0.106	0.086	0.057	0.067	0.000	0.007		0.5	0.1	
0.022	0.068	0.098	0	0.079	0.113	0.089	0.057	0.067	0.002	0		0.5	0.1	
0.016	0	0.022	0	0.080	0.097	0.012	0.057	0.067	0.001	0.021		0.3	0.0	
0.016	0.068	0.080	0	0.070	0.105	0.037	0.057	0.060	0.008	0.013		0.5	0.1	
0.019	0.068	0.067	0.000	0.068	0.100	0.010	0.057	0.063	0.010	0.016		0.4	0.1	
0.028	0.068	0.049	0.000	0.071	0.082	0.061	0.057	0.065	0.008	0.002		0.4	0.0	
0.026	0.137	0.038	0.044	0.083	0.078	0.078	0.028	0.066	7.470	0.002		0.5	0.1	
0.008	0.068	0.058	0.000	0.081	0.111	0.023	0.057	0.056	0.001	0		0.4	0.1	
0.009	0.137	0.065	0	0.081	0.111	0.031	0	0.058	0.001	0.007		0.5	0.1	
0.019	0	0.079	0.000	0.048	0.102	0.036	0.057	0.062	0.024	0.074		0.5	0.1	
0.029	0.137	0.093	0.002	0.083	0.105	0.087	0.057	0.067	0.000	0.002		0.6	0.1	
0.022	0.068	0.070	0.000	0.083	0.103	0.037	0.028	0.066	0.000	0.021		0.5	0.1	
0.003	0.068	0.009	0	0.077	0.121	0.094	0.057	0.067	0.003	0.012		0.5	0.1	
0.019	0.068	0.062	0.000	0.080	0.111	0.083	0.057	0.067	0.002	0.012		0.5	0.1	
0.006	0.068	0.092	0	0.082	0.117	0.047	0.057	0.062	0.000	0.004		0.5	0.1	
0.055	0.068	0.024	0.007	0.083	0.109	0.052	0.057	0.067	0.000	0.004		0.5	0.1	
0.019	0	0.079	0.000	0.002	0.102	0.036	0.057	0.062	0.056	0.074		0.4	0.1	
0.018	0.068	0.044	0	0.064	0.090	0.005	0.057	0.059	0.013	0.016		0.4	0.0	
0.004	0.137	0.016	0.000	0.083	0.116	0.070	0.028	0.066	0.000	0.002		0.5	0.1	
0.001	0.068	0.014	0.000	0.075	0.121	0	0	0.066	0.005	0.012		0.3	0.1	

0.090	0.068	0.075	0.007	0.083	0.096	0.090	0.057	0.067	0	0.016		0.6	0.0	
0.016	0	0.077	0.000	0.069	0.110	0.050	0.057	0.067	0.009	0.009		0.4	0.1	
0.009	0	0.088	0	0.079	0.117	0.073	0.057	0.067	0.002	0.012		0.5	0.1	
0.004	0.068	0.043	0.000	0.078	0.117	0.070	0.057	0.064	0.003	0.007		0.5	0.1	
0.004	0.068	0.041	0.000	0.081	0.120	0.070	0.057	0.067	0.001	0.017		0.5	0.1	
0.002	0.137	0.066	0	0.083	0.121	0.047	0.057	0.066	5.196	0.026		0.6	0.1	
0.007	0.068	0.095	0.001	0.082	0.120	0.080	0.057	0.067	0.000	0.012		0.5	0.1	
0.008	0	0.100	0.001	0.079	0.116	0.011	0.028	0.061	0.002	0.002		0.4	0.1	
0.004	0	0.011	0	0.081	0.111	0	0	0.063	0.001	0.032		0.3	0.1	
0.111	0.068	0.074	0.010	0.083	0.080	0.093	0.057	0.067	4.469	0.016		0.6	0.1	
0.028	0.068	0.049	0.000	0.060	0.082	0.061	0.057	0.065	0.015	0.002		0.4	0.0	
0.008	0.068	0.061	0.000	0.082	0.115	0.070	0.057	0.065	0.000	0.026		0.5	0.1	
0.005	0.068	0.078	0.000	0.081	0.118	0.056	0.057	0.064	0.001	0.016		0.5	0.1	
0.004	0.068	0.078	0.001	0.081	0.120	0.070	0.057	0.067	0.001	0.016		0.5	0.1	
0.023	0.068	0.038	0.006	0.083	0.105	0.058	0.057	0.067	0.000	0.004		0.5	0.1	
0.019	0.068	0.062	0.000	0.075	0.111	0.083	0.057	0.067	0.005	0.012		0.5	0.1	
0.004	0.137	0.016	0.001	0.083	0.116	0.070	0.028	0.066	0.000	0.002	0.5	0.1		
0.009	0.137	0.094	0.000	0.083	0.117	0.073	0.057	0.066	0.000	0.002	0.6	0.1		
											S	0.7	0.1	R
											S	0.3	0.0	R

EK 4: VIKOR Q_i Değerlerinin Hesaplama Tablosu

$(R_i - R^*) / (R - R^*)$	Q_i	Alternatif (PN)
0.013141805	0.175005395	D717-02-001
1	0.794813928	3250-81
1	0.759696861	8184-1
0.007569594	0.070762471	3214-62-10
0.004147627	0.243385293	174101-02-01
1	0.79475003	4197-20-02
0.551634446	0.463957247	LA2K2B100DG0000
0.157609842	0.170130573	C12848CA01
1	0.917929058	4041-70
0.49771529	0.571870123	664700500A4D
0.476977153	0.397980341	7121-19971-01AC
1	0.809616985	4197-20-04
0.917258348	0.811563599	D717-01-100
0.327662566	0.385549089	35-1H5-1002
0.149314587	0.243775437	C12850AC02
0.588963093	0.420613614	196BS101-1
0.273743409	0.354478669	5822-21
0.597258348	0.613500047	49-170-11
0.48112478	0.455404336	C13042BA03
0.070509666	0.328861578	4086850-922
0	0.168764896	C19298AF05
0.282038664	0.231538808	E21327106
0.601405975	0.503268204	87292325V06
0.576520211	0.654182603	35-0L0-1003-06
0.593110721	0.387296227	1700667D
0.576520211	0.655059757	35-0L0-1001-04
0.356695958	0.426731093	B372BAM0515
1	0.746319779	K282AAM0406
0.530896309	0.479957977	4081600-930
0.655325132	0.634160013	K217ABM11
0.439648506	0.466686489	3214-54-10
0.576520211	0.654554839	35-0L0-1002-05
0.282038664	0.231518891	E21327006
0.431353251	0.483361717	4082260-939
0.335957821	0.391192217	HG2050AC07
0.004147627	0.240860703	174101-02-03
1	0.847226611	3250-80
0.526748682	0.465903405	4082730-901
1	0.746393412	K282AAM0305
0.373286467	0.437297244	2042M67P02
1	0.950078667	4041-48
0.381581722	0.437349227	4077880-962
0.717539543	0.621146286	760SUE2-4
0.526748682	0.588235788	B397BAM0619
0.651177504	0.619601266	473955-1
0.489420035	0.526093957	9650-35-0002
0.373286467	0.420036416	2042M67P04
0.149314587	0.240654834	C12850AC03
1	0.775875757	3250-31
0.72168717	0.435710526	LA2E50700C90000
0.182495606	0.290540536	3945128215

0.584815466	0.423592488	3957985205
0.381581722	0.473228471	4077880-982
0.348400703	0.33393441	824972-11-022
0.680210896	0.427848112	RAI2811M0106
0.564077329	0.390902586	767584K
1	0.783650292	8055515-4501
0.605553603	0.517366366	9650-35-0005
0.286186292	0.378643391	20791-02AB
0.182495606	0.288324507	3945129100
0.157609842	0.212917392	BPAS10-5
1	0.78555254	LA2T0G21006CA10
0.373286467	0.441846063	1853M33P06
0.64288225	0.55276531	7123-19973-03AB
0.634586995	0.417318371	B494AAM0617
0.2571529	0.390937602	9600-58-0000
0.617996485	0.489427736	LA2E20202T30000
0.655325132	0.349611387	285A1300-1
1	0.845441175	285W0029-4
0.564077329	0.457278238	285A1600-6
0.667768014	0.63760971	622814-5
0.356695958	0.420586383	B372BBM0104
1	0.836953743	4197-10-02
0.634586995	0.501289912	796815-02-03
0.356695958	0.427860146	B372BAM0511
0.705096661	0.528142114	LA2E50700100000
0.593110721	0.524812317	35-0L5-1005-08
0.671915641	0.460406664	3957985114
0.344253076	0.392139288	HG2030AE23
0.580667838	0.480780673	1803B0000-02
0.009264305	0.020211619	3214-62
0.700949033	0.391780019	BS2192-2
0.671915641	0.503303349	C12849AB03
0.651177504	0.53471166	LA2E90606HM0100
0.439648506	0.472343014	3214-54
0.572372583	0.545043051	3214-55-10
0.617996485	0.597559554	6664287-0
0.157609842	0.170865159	899-0850-004
0.700949033	0.550919591	285W0114-3
1	1	4042-10
0.501862917	0.50992554	785002-9
0.617996485	0.489427736	LA2E20202T50000
0.60970123	0.524939363	RAI2800M0706
1	0.829840723	4197-10-04
0.617996485	0.441848083	C12848DB01
0.534954306	0.714724132	10-1733-1
0.613848858	0.39108092	4305740091
0.696801406	0.35823793	C13200HA01
0.630439367	0.454185567	SIC5059-14-20
0.580667838	0.531273134	1982660116
0.476977153	0.392433519	21933-01AC
0.485272408	0.427260153	350E5500205
0.348400703	0.33393441	824972-7-022
1	0.791024005	8ES005309-00
0.447943761	0.422682594	BFS24
0.696801406	0.619521265	C12850BC02
0.2571529	0.563850355	10-1327-2

0.518453427	0.462971557	1151952-19
0.647029877	0.576926834	285A1200-1
0.651177504	0.589029987	350E053021212
0.705096661	0.634157773	4082499-902
1	0.877418354	65-84209-21
0.692653779	0.705168584	9615325060
0.617996485	0.442198721	C12848DA01
0.526748682	0.263374341	C2029339C9C9C
0.534954306	0.714864737	10-1327-1
0.004147627	0.236945205	174101-02-02
0.597258348	0.613570175	49-170-07
0.667768014	0.639061348	622814-4
0.705096661	0.680802084	740120C
0.431353251	0.475800548	9651-35-0002
0.526748682	0.586202091	B397BAM0623
1	0.777169034	3250-30
1	0.920539213	4041-58

EK 5: 124 Adet Komponent ARENA’da Kuyruk İçin Kullanılan VIKOR Sıralamaları

PN Sıras 1	PN	VIKOR Sıralama	PN Sıras 1	PN	VIKOR Sıralama	PN Sıras 1	PN	VIKOR Sıralama	PN Sıras 1	PN	VIKOR Sıralama	PN Sıras 1	PN	VIKOR Sıralama
1	D717-02-001	6	26	35-0L0-1001- 04	99	51	3945128215	17	76	LA2E5070010 0000	75	101	21933-01AC	33
2	3250-81	113	27	B372BAM051 5	41	52	3957985205	40	77	35-0L5-1005- 08	72	102	350E550025	42
3	8184-1	106	28	K282AAM040 6	104	53	4077880-982	60	78	3957985114	54	103	824972-7022	20
4	3214-62-10	2	29	4081600-930 6	62	54	824972-11-022	19	79	HG2030AE23	32	104	8ES005309- 00	111
5	174101-02-01	13	30	K217ABM11	94	55	RAI2811M010 6	43	80	1803B0000-02	63	105	BFS24	39
6	4197-20-02	112	31	3214-54-10	58	56	767584K	27	81	3214-62	1	106	C12850BC02	90
7	LA2K2B100D C0000	56	32	35-0L0-1002- 05	98	57	8055515-4501	109	82	BS2192-2	31	107	10-1327-2	81
8	C12848CA01	4	33	E21327006	8	58	9650-35-0005	71	83	C12849AB03	69	108	1151952-19	55
9	4041-70	121	34	4082260-939	64	59	20791-02AB	24	84	LA2E90606H M0100	77	109	285A1200-1	83
10	664700500A4D	82	35	HG2050AC07	30	60	3945129100	16	85	3214-54	59	110	350E053021 212	86
11	7121-19971- 01AC	34	36	174101-02-03	12	61	BPAS10-5	7	86	3214-55-10	78	111	4082499-902	93
12	4197-20-04	114	37	3250-80	119	62	LA2T0G21006 CA10	110	87	6664287-0	87	112	65-84209-21	120
13	D717-01-100	115	38	4082730-901	57	63	1853M33P06	48	88	899-0850-004	5	113	9615325060	101
14	35-1H5-1002	25	39	K282AAM030 5	105	64	7123-19973- 02AB	80	89	285W0114-3	79	114	C12848DA0 1	50
15	C12850AC02	14	40	2042M67P02	46	65	B494AAM061 7	35	90	4042-10	124	115	C2029339CC 0C	15
16	196BS101-1	38	41	4041-48	123	66	9600-58-0000	28	91	785002-9	70	116	10-1327-1	103
17	5822-21	22	42	4077880-962	47	67	LA2E20202T3 0000	65	92	LA2E20202T5 0000	66	117	174101-0202	10
18	49-170-11	88	43	760SUE2-4	92	68	285A1300-1	21	93	RAI2800M070 6	73	118	49-170-07	89
19	C13042BA03	52	44	B397BAM061 0	85	69	285W0029-4	118	94	4197-10-04	116	119	622814-4	96
20	4086850-922	18	45	473955-1	91	70	285A1600-6	53	95	C12848DB01	49	120	740120C	100
21	C19298AF05	3	46	9650-35-0002	74	71	622814-5	95	96	10-1733-1	102	121	9651-35- 0002	61
22	E21327106	9	47	2042M67P04	36	72	B372BBM0104	37	97	4305740091	29	122	B397BAM06 22	84
23	87292325V06	68	48	C12850AC03	11	73	4197-10-02	117	98	C13200HA01	23	123	3250-30	108
24	35-0L0-1003- 06	97	49	3250-31	107	74	796815-02-03	67	99	SIC5059-14-20	51	124	4041-58	122
25	1700667D	26	50	LA2E50700C 90000	45	75	B372BAM0511	44	100	1982660116	76			

EK 6: Atölye Test Cihazları ve Kapasiteleri

Test Cihazı	Cihaz Sayısı	Cihaz Kapasitesi
67000273	1	1
05-0569-1	1	1
150LB101-2	1	1
221TF101-1	1	1
3250-30TK	2	1
4042-10TK	1	1
473955-TK	1	1
65-84209-21TK	1	1
8178-1TK	1	1
A301-460-001	1	1
ATEC Series 6	5	1
CTS	1	1
EP4-105-68	1	1
61883-00	1	1
RT-141	1	1
RT-921	2	1
T088123TK	1	1
T188517TK	1	1
T788506TK	1	1
TESTEK	1	1

Ek 7: Test Cihazı ve Personel Maliyetleri

Test Cihazı, Personel	İlk Yatırım Maliyeti (USD)	Aylık Ortalama Maaş (TL)
Personel	-	6.500
67000273 Test Cihazı	21.700	-
05-0569-1 Test Cihazı	8.219	-
150LB101-2 Test Cihazı	15.400	-
221TF101-1 Test Cihazı	10.475	-
3250-30TK Test Cihazı	13.630	-
4042-10TK Test Cihazı	7.820	-
473955-TK Test Cihazı	38.500	-
65-84209-21TK Test Cihazı	6.500	-
8178-1TK Test Cihazı	7.500	-
A301-460-001 Test Cihazı	9.649	-
ATEC Series 6 Test Cihazı	950.000	-
CTS Test Cihazı	3.450.000	-
EP4-105-68 Test Cihazı	27.185	-
61883-00 Test Cihazı	14.142	-
RT-141 Test Cihazı	6.775	-
RT-921	6.882	-
T088123TK	21.500	-
T188517TK	17.950	-
T788506TK	16.290	-
TESTEK	540.000	-

EK 8: Komponentlerin İşlem Gördüğü Test Cihazları Listesi

Sıra	PN	Test Cihazı	Sıra	PN	Test Cihazı	Sıra	PN	Test Cihazı
1	D717-02-001	A301-460-001	43	760SUE2-4	ATEC	85	3214-54	EP4-105-68
2	3250-81	3250-30TK	44	B397BAM0619	ATEC	86	3214-55-10	EP4-105-68
3	8184-1	8178-1TK	45	473955-1	473955-TK	87	6664287-0	ATEC
4	3214-62-10	EP4-105-68	46	9650-35-0002	61883-00	88	899-0850-004	ATEC
5	174101-02-01	ATEC Series 6	47	2042M67P04	ATEC	89	285W0114-3	CTS
6	4197-20-02	67000273	48	C12850AC03	ATEC	90	4042-10	4042-10TK
7	LA2K2B100DG0000	ATEC Series 6	49	3250-31	3250-30TK	91	785002-9	ATEC
8	C12848CA01	ATEC Series 6	50	LA2E50700C90000	ATEC	92	LA2E20202T50000	ATEC
9	4041-70	4042-10TK	51	3945128215	ATEC	93	RAI2800M0706	ATEC
10	664700500A4D	ATEC Series 6	52	3957985205	ATEC	94	4197-10-04	67000273
11	7121-19971-01AC	ATEC Series 6	53	4077880-982	ATEC	95	C12848DB01	ATEC
12	4197-20-04	67000273	54	824972-11-022	ATEC	96	10-1733-1	05-0569-1
13	D717-01-100	A301-460-001	55	RAI2811M0106	ATEC	97	4305740091	ATEC
14	35-1H5-1002	ATEC Series 6	56	767584K	TESTEK	98	C13200HA01	ATEC
15	C12850AC02	ATEC Series 6	57	8055515-4501	T088123TK	99	SIC5059-14-20	ATEC
16	196BS101-1	150LB101-2	58	9650-35-0005	61883-00	100	1982660116	ATEC
17	5822-21	T788506TK	59	20791-02AB	ATEC	101	21933-01AC	ATEC
18	49-170-11	ATEC Series 6	60	3945129100	ATEC	102	350E5500205	ATEC
19	C13042BA03	ATEC Series 6	61	BPAS10-5	RT-141	103	824972-7-022	ATEC
20	4086850-922	ATEC Series 6	62	LA2T0G21006CA10	ATEC	104	8ES005309-00	T188517TK
21	C19298AF05	ATEC Series 6	63	1853M33P06	ATEC	105	BFS24	RT-921
22	E21327106	ATEC Series 6	64	7123-19973-03AB	ATEC	106	C12850BC02	ATEC
23	87292325V06	ATEC Series 6	65	B494AAM0617	ATEC	107	10-1327-2	05-0569-1
24	35-0L0-1003-06	ATEC Series 6	66	9600-58-0000	61883-00	108	1151952-19	TESTEK
25	1700667D	TESTEK	67	LA2E20202T30000	ATEC	109	285A1200-1	CTS
26	35-0L0-1001-04	ATEC Series 6	68	285A1300-1	CTS	110	350E053021212	ATEC
27	B372BAM0515	ATEC Series 6	69	285W0029-4	CTS	111	4082499-902	ATEC
28	K282AAM0406	ATEC Series 6	70	285A1600-6	CTS	112	65-84209-21	65-84209-
29	4081600-930	ATEC Series 6	71	622814-5	TESTEK	113	9615325060	ATEC
30	K217ABM11	ATEC Series 6	72	B372BBM0104	ATEC	114	C12848DA01	ATEC
31	3214-54-10	EP4-105-68	73	4197-10-02	67000273	115	C2029339C9C9C	ATEC
32	35-0L0-1002-05	ATEC Series 6	74	796815-02-03	ATEC	116	10-1327-1	05-0569-1
33	E21327006	ATEC Series 6	75	B372BAM0511	ATEC	117	174101-02-02	ATEC
34	4082260-939	ATEC Series 6	76	LA2E50700100000	ATEC	118	49-170-07	ATEC
35	HG2050AC07	ATEC Series 6	77	35-0L5-1005-08	ATEC	119	622814-4	TESTEK
36	174101-02-03	ATEC Series 6	78	3957985114	ATEC	120	740120C	ATEC
37	3250-80	3250-30TK	79	HG2030AE23	ATEC	121	9651-35-0002	61883-00
38	4082730-901	ATEC Series 6	80	1803B0000-02	ATEC	122	B397BAM0623	ATEC
39	K282AAM0305	ATEC Series 6	81	3214-62	EP4-105-68	123	3250-30	3250-30TK
40	2042M67P02	ATEC Series 6	82	BS2192-2	221TF101-1	124	4041-58	4042-10TK
41	4041-48	4042-10TK	83	C12849AB03	ATEC			
42	4077880-962	ATEC Series 6	84	LA2E90606HM0100	ATEC			

EK 9: Arena Decide Modüllerinde Kullanılan Olasılıklar

HURDA/ (YURTDIŞI + TAMİR + HURDA)	YD/(YURTDIŞI + TAMİR + HURDA)	MALZEME STOK ORANI	MALZEME İHTİYAÇ ORANI	TESTİ GEÇME ORANI	TESTİ GEÇEN PARÇA MODİF. OLMA ORANI	TAMİRLİ MODİF. ORANI	TAMİR/ (TAMİR + YURTDIŞI + HURDA)	YURTDIŞI HURDA ORANI	GAYRİFAAL DEPOYA GÖNDERİM
0.4688	0.4688	97.2873	100.0000	27.7652	71.9512	52.9968	99.0625	0.0000	0.0000
4.4118	0.0000	98.2051	94.1026	13.7421	0.0000	0.0000	95.5882	0.0000	0.0000
23.0352	0.0000	96.1268	97.8873	13.3803	0.0000	0.0000	76.9648	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	49.0909	95.9091	0.0000	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
0.0000	16.0377	95.5056	89.3258	22.1818	0.0000	0.0000	83.9623	0.0000	0.9346
14.5455	0.0000	84.0426	97.8723	56.6929	0.0000	0.0000	85.4545	0.0000	0.0000
0.0000	25.0000	94.2857	98.5714	88.3895	80.0847	33.3333	75.0000	0.0000	1.3636
0.0000	3.6810	53.5032	85.3503	28.1938	0.0000	0.0000	96.3190	0.0000	0.0000
19.1638	0.0000	99.1379	97.4138	8.8889	0.0000	0.0000	80.8362	0.0000	0.0000
0.0000	18.8235	91.3043	56.5217	52.5140	0.0000	0.0000	81.1765	0.0000	0.0000
2.5000	2.5000	98.2456	83.3333	20.0000	0.0000	0.0000	95.0000	0.6623	0.0000
15.7143	0.0000	93.2203	98.3051	49.2754	0.0000	0.0000	84.2857	0.0000	0.0000
100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	31.6258	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22.7273	70.4545	16.6667	50.0000	59.6330	0.0000	0.0000	6.8182	1.3575	0.0000
0.7407	1.4815	82.5758	93.9394	18.1818	0.0000	0.0000	97.7778	0.0000	0.0000
50.0000	0.0000	0.0000	100.0000	98.2456	0.0000	0.0000	50.0000	0.0000	0.0000
3.0000	0.0000	56.7010	94.8454	0.0000	0.0000	0.0000	97.0000	0.0000	0.0000
0.0000	51.2821	94.7368	52.6316	63.9640	0.0000	0.0000	48.7179	0.0000	2.5000
0.0000	11.8182	50.5155	78.3505	26.0000	0.0000	0.0000	88.1818	0.0000	0.9009
1.3158	32.8947	64.0000	52.0000	36.1963	0.0000	0.0000	65.7895	0.0000	26.9231
0.0000	11.7647	68.0000	66.6667	36.0902	0.0000	0.0000	88.2353	0.0000	0.0000
0.0000	60.0000	78.1818	5.4545	91.9355	44.7368	0.0000	40.0000	0.0000	0.0000
14.2857	42.8571	78.7500	100.0000	92.0455	95.0617	100.0000	42.8571	0.0000	0.0000
0.0000	20.9677	78.8462	96.1538	26.1905	13.6364	22.4490	79.0323	0.0000	0.0000

4.3478	65.2174	85.7143	42.8571	77.0000	0.0000	0.0000	30.4348	0.9901	0.0000
2.0833	2.0833	50.0000	93.5484	43.5294	43.2432	52.1739	95.8333	0.0000	0.0000
0.0000	16.3265	90.2439	41.4634	49.5146	0.0000	0.0000	83.6735	0.0000	5.7692
0.0000	10.0000	85.1852	51.8519	38.1443	0.0000	0.0000	90.0000	0.0000	0.0000
0.0000	40.6250	78.9474	68.4211	70.3704	0.0000	0.0000	59.3750	0.0000	0.0000
1.5385	9.2308	84.4828	84.4828	16.4557	0.0000	0.0000	89.2308	2.4691	1.5152
0.0000	0.0000	46.9697	95.4545	0.0000	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
0.0000	1.8868	46.0317	98.4127	22.0588	73.3333	25.0000	98.1132	0.0000	0.0000
0.0000	35.2941	90.4762	47.6190	82.4742	38.7500	18.1818	64.7059	0.0000	0.0000
3.6364	32.7273	82.8571	82.8571	46.6019	0.0000	0.0000	63.6364	0.0000	0.0000
0.9709	73.7864	84.3750	37.5000	32.0755	11.7647	19.2308	25.2427	1.2422	4.3860
0.0000	3.6145	75.0000	93.7500	4.5977	0.0000	1.2500	96.3855	0.0000	0.0000
6.7797	0.0000	98.1818	90.9091	21.3333	0.0000	0.0000	93.2203	0.0000	0.0000
0.0000	10.4478	76.6667	95.0000	14.1026	0.0000	0.0000	89.5522	1.2658	0.0000
0.0000	3.3898	77.1930	80.7018	24.3590	0.0000	3.5088	96.6102	0.0000	0.0000
0.0000	54.5455	84.0000	96.0000	38.0282	18.5185	25.0000	45.4545	0.0000	0.0000
16.6667	0.0000	93.3333	100.0000	10.0000	0.0000	0.0000	83.3333	0.0000	0.0000
0.0000	8.3333	79.5455	54.5455	28.3582	0.0000	0.0000	91.6667	0.0000	0.0000
0.0000	50.0000	80.0000	100.0000	95.4545	92.8571	100.0000	50.0000	0.0000	0.0000
0.0000	8.3333	91.3793	91.3793	85.1852	68.1159	9.0909	91.6667	0.0000	0.0000
0.0000	2.1739	84.4444	100.0000	25.3968	0.0000	0.0000	97.8261	0.0000	2.1277
100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	72.9508	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	46.5517	69.6970	100.0000	20.5479	13.3333	3.2258	53.4483	0.0000	0.0000
0.0000	8.9744	84.5070	91.5493	13.3333	0.0000	0.0000	91.0256	0.0000	0.0000
4.8780	0.0000	100.0000	94.8718	29.3103	0.0000	0.0000	95.1220	0.0000	0.0000
0.0000	25.0000	100.0000	95.4545	94.3662	94.0299	0.0000	75.0000	0.0000	0.0000
0.0000	18.1818	84.7458	67.7966	59.2593	66.6667	7.4074	81.8182	0.0000	0.0000
0.0000	33.3333	41.6667	41.6667	66.0377	0.0000	0.0000	66.6667	0.0000	0.0000
2.5641	2.5641	78.3784	62.1622	37.0968	0.0000	0.0000	94.8718	0.0000	0.0000
0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	87.2340	39.0244	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	94.9153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.8571	68.5714	0.0000	20.0000	63.1579	0.0000	0.0000	28.5714	0.0000	0.0000
100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	54.3860	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5.7692
7.1429	83.3333	100.0000	0.0000	45.5696	0.0000	0.0000	9.5238	1.2500	2.3256
0.0000	11.4286	97.4359	28.2051	43.5484	29.6296	3.2258	88.5714	0.0000	0.0000
0.0000	4.3478	56.0606	63.6364	22.1154	0.0000	0.0000	95.6522	0.0000	14.8148
0.0000	36.1111	47.8261	100.0000	47.9452	0.0000	0.0000	63.8889	0.0000	5.2632
0.0000	35.4167	54.8387	100.0000	18.6441	0.0000	6.4516	64.5833	1.6667	0.0000
0.0000	10.8108	78.7879	93.9394	33.9286	0.0000	0.0000	89.1892	0.0000	0.0000
0.0000	50.0000	71.4286	28.5714	87.0370	8.5106	0.0000	50.0000	0.0000	9.0909
48.0000	52.0000	100.0000	0.0000	71.9101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	92.0000	100.0000	98.1818	90.7407	100.0000	100.000	0.0000	0.0000
0.0000	62.5000	66.6667	66.6667	82.2222	0.0000	0.0000	37.5000	0.0000	0.0000
0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	90.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	66.6667
0.0000	96.5517	100.0000	0.0000	51.6129	0.0000	0.0000	3.4483	0.0000	3.3333
0.0000	54.5455	20.0000	100.0000	74.4186	0.0000	0.0000	45.4545	0.0000	0.0000
0.0000	17.6471	78.5714	42.8571	60.8696	0.0000	0.0000	82.3529	0.0000	5.5556
0.0000	0.0000	95.0000	100.0000	59.1837	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
0.0000	3.1250	93.5484	93.5484	23.8095	0.0000	0.0000	96.8750	0.0000	0.0000
9.0909	27.2727	92.8571	64.2857	40.5405	0.0000	0.0000	63.6364	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16.6667	33.3333	80.0000	90.0000	80.9524	50.0000	0.0000	50.0000	0.0000	8.0000
0.0000	20.0000	75.0000	12.5000	72.2222	0.0000	0.0000	80.0000	2.7027	0.0000
0.0000	43.1373	89.6552	3.4483	27.1429	0.0000	0.0000	56.8627	0.0000	0.0000
0.0000	68.4211	33.3333	33.3333	64.1509	0.0000	0.0000	31.5789	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	26.6667	76.6667	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000
83.3333	16.6667	100.0000	0.0000	50.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	81.8182
0.0000	0.0000	80.6452	90.3226	11.4286	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	60.0000	95.0000	50.0000	42.8571	21.4286	100.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	30.0000	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	60.6061	78.7879	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000

10.0000	10.0000	87.5000	87.5000	64.5161	0.0000	0.0000	80.0000	0.0000	9.0909
21.0526	36.8421	100.0000	75.0000	35.5932	0.0000	0.0000	42.1053	4.8387	0.0000
0.0000	7.6923	79.1667	95.8333	13.3333	0.0000	0.0000	92.3077	0.0000	0.0000
10.2564	0.0000	97.1429	100.0000	26.4151	0.0000	0.0000	89.7436	0.0000	0.0000
0.0000	60.0000	100.0000	50.0000	82.1429	0.0000	0.0000	40.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	98.0000	100.0000	98.0769	96.0784	0.0000	100.0000	0.0000	0.0000
22.2222	44.4444	100.0000	0.0000	73.8095	0.0000	0.0000	33.3333	0.0000	18.1818
0.0000	7.6923	83.3333	100.0000	60.6061	0.0000	0.0000	92.3077	0.0000	0.0000
0.0000	51.5152	43.7500	75.0000	23.2558	0.0000	0.0000	48.4848	0.0000	0.0000
100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	93.6170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38.0000	20.0000	52.3810	95.2381	25.3731	0.0000	0.0000	42.0000	9.4595	0.0000
0.0000	4.7619	40.0000	75.0000	30.0000	0.0000	0.0000	95.2381	0.0000	0.0000
0.0000	7.1429	100.0000	0.0000	57.5758	0.0000	0.0000	92.8571	0.0000	0.0000
0.0000	78.9474	50.0000	50.0000	58.0000	0.0000	0.0000	21.0526	0.0000	9.5238
0.0000	85.7143	100.0000	0.0000	80.9524	0.0000	0.0000	14.2857	0.0000	12.5000
0.0000	25.0000	92.3077	92.3077	86.6667	38.4615	0.0000	75.0000	0.0000	0.0000
0.0000	85.7143	100.0000	11.1111	72.0000	44.4444	0.0000	14.2857	0.0000	0.0000
12.5000	0.0000	78.5714	100.0000	5.8824	0.0000	0.0000	87.5000	0.0000	0.0000
0.0000	1.7241	75.4386	98.2456	6.4516	0.0000	0.0000	98.2759	1.5873	0.0000
0.0000	3.5714	88.8889	92.5926	6.6667	0.0000	0.0000	96.4286	0.0000	0.0000
60.0000	0.0000	100.0000	100.0000	80.7692	0.0000	0.0000	40.0000	0.0000	0.0000
0.0000	83.3333	66.6667	66.6667	54.1667	0.0000	0.0000	16.6667	0.0000	18.1818
0.0000	91.6667	83.3333	83.3333	59.3750	26.3158	0.0000	8.3333	0.0000	5.5556
9.0909	18.1818	75.0000	87.5000	56.2500	0.0000	0.0000	72.7273	0.0000	21.4286
0.0000	0.0000	0.0000	66.6667	86.6667	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	25.0000
0.0000	0.0000	60.0000	80.0000	75.0000	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
6.6667	13.3333	33.3333	58.3333	46.8750	0.0000	0.0000	80.0000	3.0303	11.7647
0.0000	9.0909	65.0000	90.0000	21.4286	0.0000	0.0000	90.9091	0.0000	0.0000
25.0000	50.0000	100.0000	100.0000	89.7436	54.2857	100.0000	25.0000	0.0000	0.0000
84.6154	7.6923	100.0000	100.0000	74.5098	0.0000	0.0000	7.6923	0.0000	0.0000
0.0000	12.1212	82.7586	82.7586	2.9412	0.0000	0.0000	87.8788	0.0000	0.0000

0.0000	66.6667	100.0000	66.6667	64.0000	0.0000	0.0000	33.3333	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	100.0000	20.0000	76.1905	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	74.0741	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	85.7143
100.0000	0.0000	100.0000	0.0000	72.7273	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	90.6250	96.8750	97.2222	88.5714	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	21.7391	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000
20.8333	0.0000	84.2105	100.0000	22.5806	0.0000	0.0000	79.1667	0.0000	0.0000

EK 10: 124 Adet Komponent İçin ARENA Kodunda Gelişler Arası Süre ve İşlem Dağılımları

Komponent Numarası	Parça	Şirket Mülkiyeti Gelişler Arası Süreleri	Müşteri Mülkiyeti Gelişler Arası Süreleri	Atölye Test İşlem Süreleri	Atölye Tamir İşlem Süreleri	Atölye Modifikasyon İşlem Süreleri
D717-02-001		GAMM(0.3478, 3.546)	WEIB(38.2359, 0.7837)	GAMM(0.047, 62.7919)	LOGN(1.7025, 0.3596)	LOGN(4.9539, 0.1337)
3250-81		WEIB(7.341, 1.1691)	LOGN(3.4574, 1.5627)	GAMM(0.8184, 4.2191)	WEIB(3.3762, 2.0735)	DISC(1, 0)
8184-1		GAMM(4.3157, 0.6862)	GAMM(8.8944, 1.843)	WEIB(3.4535, 2.2957)	GAMM(0.8257, 3.8713)	DISC(1, 0)
3214-62-10		WEIB(5.596, 5.6246)	DISC(1, 182.6667)	WEIB(2.5565, 1.8079)	NORM(2.2978, 1.2384)	DISC(1, 0)
174101-02-01		LOGN(3.9792, 0.9136)	DISC(1, 156.5714)	WEIB(4.4766, 1.7933)	WEIB(5.6353, 2.2475)	DISC(1, 0)
4197-20-02		GAMM(1.4241, 4.2473)	GAMM(4.2763, 2.9863)	ERLA(0.1016, 34)	WEIB(3.0116, 2.1255)	DISC(1, 0)
LA2K2B100DG0000		WEIB(4.452, 2.7518)	DISC(1, 999999)	NORM(5.2298, 1.0268)	WEIB(6.1205, 1.4564)	LOGN(2.8355, 0.6489)
C12848CA01		GAMM(0.7419, 6.8663)	WEIB(72.9155, 1.7999)	WEIB(5.1929, 2.8165)	WEIB(5.8892, 2.0743)	DISC(1, 0)
4041-70		GAMM(1.5273, 2.9082)	WEIB(13.8753, 0.8483)	GAMM(1.0428, 2.9614)	GAMM(0.1572, 19.572)	DISC(1, 0)
664700500A4D		GAMM(0.7569, 8.1935)	DISC(1, 219.2)	WEIB(5.3048, 2.4385)	NORM(4.1814, 1.35)	DISC(1, 0)
7121-19971-01AC		GAMM(15.027, 0.5993)	EXPO(31.8471)	GAMM(1.0789, 4.1929)	WEIB(7.5284, 2.2558)	DISC(1, 0)
4197-20-04		GAMM(3.0499, 3.0827)	LOGN(44.5907, 54.1222)	GAMM(0.7662, 4.4728)	LOGN(2.3392, 1.4433)	DISC(1, 0)
D717-01-100		WEIB(2.8604, 1.914)	WEIB(17.8271, 1.0719)	WEIB(2.4109, 6.8674)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
35-1H5-1002		GAMM(6.7957, 0.695)	DISC(1, 548)	WEIB(4.363, 6.3378)	GAMM(0.966, 3.0366)	DISC(1, 0)
C12850AC02		EXPO(6.7659)	DISC(1, 274)	WEIB(7.5743, 2.4611)	NORM(7.7513, 3.8198)	DISC(1, 0)
196BS101-1		WEIB(11.5309, 2.4328)	DISC(1, 274)	WEIB(7.7297, 4.8377)	DISC(1, 7.6333)	DISC(1, 0)
5822-21		ERLA(0.8522, 13)	DISC(1, 219.2)	WEIB(2.5088, 2.3567)	GAMM(0.7518, 3.5965)	DISC(1, 0)
49-170-11		WEIB(8.703, 0.7551)	DISC(1, 109.6)	NORM(7.43, 3.0749)	LOGN(5.0353, 3.2253)	DISC(1, 0)
C13042BA03		WEIB(6.2062, 0.7369)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.4669, 3.3988)	GAMM(1.5936, 3.2435)	DISC(1, 0)
4086850-922		EXPO(6.7385)	DISC(1, 219.2)	WEIB(5.6744, 1.9575)	WEIB(4.3956, 1.7547)	DISC(1, 0)
C19298AF05		EXPO(8.4317)	DISC(1, 137)	WEIB(7.1922, 2.1967)	GAMM(1.7705, 2.9235)	DISC(1, 0)
E21327106		WEIB(8.1742, 0.8948)	DISC(1, 999999)	WEIB(6.5585, 2.0486)	WEIB(4.1935, 2.6631)	GAMM(0.6239, 8.5572)
87292325V06		WEIB(11.6221, 0.906)	DISC(1, 999999)	LOGN(3.1258, 3.0275)	ERLA(1.5423, 3)	GAMM(0.1847, 20.7129)
35-0L0-1003-06		GAMM(22.5637, 0.5827)	DISC(1, 999999)	LOGN(3.5925, 2.3103)	WEIB(4.159, 1.4805)	WEIB(4.0153, 4.9184)
1700667D		EXPO(10.5597)	DISC(1, 548)	WEIB(5.078, 3.1161)	ERLA(1.1418, 4)	DISC(1, 0)
35-0L0-1001-04		EXPO(12.7714)	DISC(1, 999999)	GAMM(0.9886, 4.0645)	GAMM(2.3552, 1.38)	LOGN(4.3297, 0.6278)
B372BAM0515		LOGN(10.5721, 10.6533)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.4172, 3.8351)	GAMM(1.7201, 2.617)	DISC(1, 0)
K282AAM0406		EXPO(11.2486)	DISC(1, 999999)	WEIB(4.8591, 1.7944)	WEIB(5.4138, 2.0882)	DISC(1, 0)
4081600-930		GAMM(23.5335, 0.3592)	DISC(1, 999999)	WEIB(9.6334, 2.6652)	WEIB(7.1703, 2.4954)	DISC(1, 0)
K217ABM11		WEIB(12.3429, 0.858)	DISC(1, 999999)	NORM(5.8288, 2.6305)	LOGN(6.4556, 3.8448)	DISC(1, 0)
3214-54-10		ERLA(2.2784, 10)	LOGN(52.5652, 16.5063)	NORM(2.7294, 1.4821)	WEIB(2.8249, 2.0656)	DISC(1, 0)
35-0L0-1002-05		WEIB(15.6977, 0.9349)	DISC(1, 548)	WEIB(3.7377, 1.8389)	WEIB(4.5629, 1.7358)	LOGN(2.3459, 0.9777)
E21327006		WEIB(8.7041, 0.6673)	DISC(1, 548)	WEIB(6.0165, 2.127)	LOGN(2.7116, 1.4426)	NORM(5.9032, 2.1367)
4082260-939		EXPO(10.1833)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.8865, 4.0884)	NORM(5.763, 2.6427)	DISC(1, 0)
HG2050AC07		LOGN(6.8244, 3.9279)	DISC(1, 999999)	LOGN(4.2558, 3.1463)	WEIB(5.86, 2.2105)	LOGN(5.7954, 1.3399)
174101-02-03		LOGN(12.7237, 8.882)	DISC(1, 548)	WEIB(4.2284, 2.0142)	GAMM(1.1866, 3.6992)	DISC(1, 4)
3250-80		WEIB(24.939, 0.4763)	GAMM(10.0624, 2.2694)	WEIB(4.2935, 2.2344)	GAMM(0.7598, 3.4528)	DISC(1, 0)
4082730-901		EXPO(14.1643)	DISC(1, 137)	GAMM(1.4635, 2.6458)	WEIB(5.3645, 1.9612)	DISC(1, 0)
K282AAM0305		GAMM(13.6512, 1.0662)	DISC(1, 274)	WEIB(5.698, 1.8518)	GAMM(1.471, 3.9018)	LOGN(10.6022, 5.2386)

2042M67P02	EXPO(14.245)	DISC(1, 274)	NORM(10.6922, 5.8047)	NORM(6.0073, 2.4859)	LOGN(2.3554, 0.7318)
4041-48	LOGN(12.7056, 9.1422)	WEIB(44.7884, 0.3768)	WEIB(3.4632, 1.8001)	NORM(3.0088, 1.3936)	DISC(1, 0)
4077880-962	EXPO(16.4474)	DISC(1, 548)	WEIB(8.0087, 2.5596)	WEIB(7.0947, 1.5106)	DISC(1, 0)
760SUE2-4	LOGN(23.0116, 10.0728)	DISC(1, 999999)	LOGN(3.6010, 3.1938)	WEIB(5.9488, 1.8027)	NORM(3.2366, 0.901)
B397BAM0619	LOGN(13.0812, 9.6976)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.3204, 2.9658)	NORM(3.5905, 2.0094)	NORM(3.4721, 0.973)
473955-1	EXPO(18.7266)	DISC(1, 219.2)	NORM(8.3078, 4.0642)	GAMM(1.4864, 4.2051)	DISC(1, 0)
9650-35-0002	WEIB(10.4348, 2.3048)	DISC(1, 999999)	WEIB(4.4723, 2.6491)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
2042M67P04	EXPO(15.456)	DISC(1, 548)	GAMM(3.4732, 2.5305)	LOGN(7.8192, 5.3989)	ERLA(0.1657, 15)
C12850AC03	LOGN(12.1711, 6.6323)	DISC(1, 999999)	WEIB(6.5464, 2.3706)	WEIB(6.0523, 2.0317)	DISC(1, 0)
3250-31	GAMM(100.6486, 0.4419)	WEIB(43.664, 1.5333)	GAMM(0.5655, 6.3109)	LOGN(3.1269, 1.7151)	DISC(1, 0)
LA2E50700C90000	LOGN(14.9105, 12.4913)	DISC(1, 999999)	WEIB(3.7281, 1.7039)	NORM(6.3042, 2.6322)	NORM(3.665, 1.6649)
3945128215	LOGN(13.2105, 9.3828)	DISC(1, 999999)	LOGN(4.3175, 2.7237)	WEIB(6.6727, 2.6377)	ERLA(0.055, 78)
3957985205	WEIB(28.9662, 0.6999)	DISC(1, 999999)	WEIB(5.4069, 2.0387)	WEIB(5.4115, 3.4085)	DISC(1, 0)
4077880-982	EXPO(18.622)	DISC(1, 365.3333)	WEIB(9.0015, 2.3304)	LOGN(5.8909, 3.6697)	DISC(1, 0)
824972-11-022	EXPO(21.322)	DISC(1, 548)	WEIB(11.3227, 2.3703)	NORM(5.9333, 4.5713)	NORM(5.2405, 2.8441)
RAI2811M0106	GAMM(17.5537, 1.3891)	DISC(1, 999999)	WEIB(5.9632, 2.6276)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
767584K	EXPO(18.4843)	DISC(1, 548)	WEIB(4.5182, 2.6662)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
8055515-4501	LOGN(11.8821, 7.2706)	DISC(1, 219.2)	WEIB(4.6832, 2.1675)	ERLA(0.571, 4)	DISC(1, 0)
9650-35-0005	EXPO(9.98)	DISC(1, 999999)	LOGN(4.1590, 0.7075)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
20791-02AB	WEIB(11.5541, 0.6809)	DISC(1, 999999)	LOGN(4.3489, 3.1278)	WEIB(4.7815, 2.8622)	DISC(1, 0)
3945129100	LOGN(17.3045, 11.3885)	DISC(1, 999999)	LOGN(4.6794, 2.8245)	LOGN(5.3235, 2.297)	WEIB(4.3949, 8.2429)
BPAS10-5	WEIB(12.0356, 2.2297)	DISC(1, 999999)	WEIB(3.5968, 2.4731)	WEIB(2.0346, 2.3221)	DISC(1, 0)
LA2T0G21006CA10	GAMM(33.3479, 0.4374)	DISC(1, 999999)	GAMM(0.9861, 4.334)	GAMM(0.5717, 6.05)	DISC(1, 0)
1853M33P06	EXPO(18.7617)	DISC(1, 182.6667)	WEIB(12.1437, 2.2055)	NORM(7.7384, 4.0601)	GAMM(0.3519, 8.2678)
7123-19973-03AB	WEIB(17.3839, 0.7917)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.1152, 5.3863)	NORM(5.0528, 1.9525)	ERLA(0.1032, 10)
B494AAM0617	GAMM(91.6926, 0.2158)	DISC(1, 999999)	NORM(6.2007, 2.3215)	LOGN(3.4014, 2.4744)	LOGN(4.8899, 3.0643)
9600-58-0000	WEIB(13.3833, 1.3557)	DISC(1, 999999)	NORM(3.5191, 1.6676)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
LA2E20202T30000	LOGN(19.2103, 17.4123)	DISC(1, 999999)	WEIB(3.0713, 1.3137)	DISC(1, 1.8)	LOGN(3.4496, 0.5315)
285A1300-1	LOGN(41.6323, 121.4607)	DISC(1, 156.5714)	GAMM(0.7371, 7.1857)	ERLA(0.3339, 12)	DISC(1, 0)
285W0029-4	GAMM(229.3384, 0.1827)	DISC(1, 999999)	LOGN(3.5533, 1.6946)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
285A1600-6	WEIB(13.4458, 0.6442)	DISC(1, 999999)	WEIB(5.861, 1.9919)	DISC(1, 2.6333)	ERLA(1.6812, 2)
622814-5	GAMM(43.4814, 0.6061)	DISC(1, 999999)	GAMM(0.7033, 10.9246)	WEIB(6.8265, 3.9763)	DISC(1, 0)
B372BBM0104	LOGN(23.7884, 23.9132)	DISC(1, 999999)	WEIB(6.1714, 3.596)	LOGN(4.5711, 2.4071)	DISC(1, 0)
4197-10-02	LOGN(20.7972, 35.3151)	DISC(1, 999999)	GAMM(0.4662, 7.6929)	WEIB(2.7258, 2.5557)	DISC(1, 0)
796815-02-03	WEIB(22.5315, 0.7134)	DISC(1, 548)	WEIB(3.9083, 3.2322)	NORM(3.281, 1.7533)	DISC(1, 0)
B372BAM0511	WEIB(33.0146, 0.765)	DISC(1, 137)	LOGN(4.3699, 1.8177)	LOGN(5.1604, 1.5695)	DISC(1, 0)
LA2E50700100000	ERLA(1.7455, 12)	DISC(1, 999999)	WEIB(2.5252, 1.5766)	DISC(1, 0)	WEIB(3.9771, 3)
35-0L5-1005-08	GAMM(53.9242, 0.4966)	DISC(1, 999999)	LOGN(3.2141, 1.8694)	WEIB(3.8002, 2.7109)	ERLA(0.3757, 19)
3957985114	WEIB(28.2216, 0.9466)	DISC(1, 999999)	NORM(5.5919, 3.0083)	NORM(2.3625, 0.7698)	DISC(1, 0)
HG2030AE23	GAMM(31.2621, 0.4483)	DISC(1, 999999)	WEIB(4.944, 1.6463)	GAMM(1.5065, 3.7601)	DISC(1, 0)
1803B0000-02	EXPO(20.1207)	DISC(1, 548)	WEIB(6.982, 2.5985)	NORM(3.8167, 1.4097)	DISC(1, 0)
3214-62	LOGN(40.979, 10.2965)	DISC(1, 548)	GAMM(0.7021, 3.1005)	NORM(2.6333, 1.208)	DISC(1, 0)
BS2192-2	LOGN(16.5009, 18.1191)	DISC(1, 999999)	NORM(3.8977, 2.1779)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
C12849AB03	WEIB(31.6947, 0.8082)	DISC(1, 365.3333)	NORM(6.5103, 3.1512)	LOGN(6.0432, 3.6687)	DISC(1, 0)

LA2E90606HM0100	WEIB(46.0235, 1.4054)	DISC(1, 548)	LOGN(4.0670, 1.3563)	GAMM(1.9039, 1.6709)	ERLA(0.339, 16)
3214-54	LOGN(48.2623, 14.4146)	DISC(1, 137)	WEIB(2.4533, 2.0323)	GAMM(1.0221, 3.1736)	DISC(1, 0)
3214-55-10	ERLA(2.0342, 17)	DISC(1, 548)	WEIB(2.259, 1.4095)	LOGN(3.0062, 1.9687)	DISC(1, 0)
6664287-0	EXPO(38.7597)	DISC(1, 219.2)	WEIB(5.2064, 2.5857)	GAMM(0.6864, 5.2158)	DISC(1, 0)
899-0850-004	GAMM(36.2792, 0.4838)	DISC(1, 999999)	NORM(4.6133, 2.6053)	WEIB(4.1641, 2.3417)	DISC(1, 0)
285W0114-3	WEIB(40.9305, 1.4089)	DISC(1, 999999)	WEIB(7.4416, 1.6722)	WEIB(4.8383, 1.7376)	DISC(1, 0)
4042-10	WEIB(25.7871, 1.8484)	DISC(1, 137)	GAMM(0.9062, 3.8074)	WEIB(3.2412, 2.3591)	DISC(1, 0)
785002-9	GAMM(55.4004, 0.7061)	DISC(1, 999999)	NORM(5.2679, 1.9337)	LOGN(3.641, 0.9088)	DISC(1, 0)
LA2E20202T50000	GAMM(2.4398, 9.084)	DISC(1, 999999)	LOGN(2.6597, 1.5944)	DISC(1, 3)	WEIB(3.4047, 8.2425)
RAI2800M0706	WEIB(29.1949, 1.1495)	DISC(1, 548)	NORM(6.1402, 2.9184)	NORM(2.8958, 1.6901)	DISC(1, 0)
4197-10-04	LOGN(34.2922, 55.2937)	DISC(1, 999999)	NORM(4.2914, 1.5556)	NORM(3.5762, 1.4229)	DISC(1, 0)
C12848DB01	GAMM(14.1465, 1.7077)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.2514, 3.4819)	GAMM(2.3765, 2.2434)	DISC(1, 0)
10-1733-1	LOGN(8.9027, 23.2543)	DISC(1, 999999)	NORM(1.8704, 0.3494)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
4305740091	GAMM(29.5338, 0.4918)	DISC(1, 999999)	WEIB(4.6659, 1.6811)	NORM(4.5939, 1.6965)	DISC(1, 0)
C13200HA01	LOGN(35.6582, 40.9219)	DISC(1, 999999)	WEIB(6.5736, 2.6094)	GAMM(0.6445, 7.7306)	DISC(1, 0)
SIC5059-14-20	GAMM(41.7583, 0.7965)	DISC(1, 999999)	WEIB(7.8713, 2.3553)	LOGN(3.7827, 2.326)	DISC(1, 0)
1982660116	GAMM(62.8998, 0.3705)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.0775, 4.8508)	LOGN(3.5417, 1.6397)	DISC(1, 0)
21933-01AC	GAMM(42.4385, 0.5723)	DISC(1, 999999)	WEIB(5.3069, 1.9132)	DISC(1, 6.0667)	DISC(1, 0)
350E5500205	WEIB(16.5063, 0.3915)	DISC(1, 999999)	WEIB(5.3782, 2.2617)	NORM(2.42, 0.9451)	WEIB(3.2058, 4.8488)
824972-7-022	WEIB(43.2087, 1.2357)	DISC(1, 999999)	WEIB(10.8147, 2.1112)	ERLA(0.0009, 2362)	WEIB(5.5339, 3.6385)
8ES005309-00	ERLA(4.4643, 15)	DISC(1, 999999)	ERLA(1.051, 3)	GAMM(1.5889, 4.8865)	DISC(1, 0)
BFS24	WEIB(19.6465, 29.7302)	DISC(1, 182.6667)	GAMM(0.5817, 7.3723)	GAMM(0.8274, 2.9611)	ERLA(0.0198, 178)
C12850BC02	LOGN(39.1142, 46.5609)	DISC(1, 365.3333)	LOGN(7.9957, 4.8709)	WEIB(7.1905, 1.6364)	DISC(1, 0)
10-1327-2	WEIB(39.5923, 0.7867)	DISC(1, 365.3333)	GAMM(0.0897, 34.1242)	NORM(1.9528, 0.7193)	DISC(1, 0)
1151952-19	LOGN(24.2348, 14.998)	DISC(1, 999999)	WEIB(5.2831, 1.7444)	ERLA(0.7351, 7)	DISC(1, 0)
285A1200-1	EXPO(33.7838)	DISC(1, 999999)	NORM(5.863, 2.8765)	ERLA(0.8023, 5)	ERLA(0.0308, 89)
350E053021212	GAMM(61.3975, 0.6885)	DISC(1, 156.5714)	WEIB(5.6821, 2.6951)	WEIB(4.246, 2.3541)	DISC(1, 0)
4082499-902	GAMM(113.5739, 0.3226)	DISC(1, 999999)	WEIB(7.1464, 2.0506)	ERLA(0.971, 4)	DISC(1, 0)
65-84209-21	EXPO(67.5676)	DISC(1, 274)	GAMM(1.4098, 4.2954)	WEIB(4.0127, 1.8709)	DISC(1, 0)
9615325060	GAMM(60.8169, 0.5649)	DISC(1, 548)	NORM(5.8048, 2.6488)	NORM(5.7633, 2.1647)	DISC(1, 0)
C12848DA01	GAMM(63.7011, 0.556)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.3752, 3.5815)	NORM(4.1816, 1.4657)	DISC(1, 0)
C2029339C9C9C	WEIB(22.2061, 0.6654)	DISC(1, 999999)	LOGN(5.5778, 3.1560)	ERLA(1.554, 4)	ERLA(0.1885, 24)
10-1327-1	GAMM(47.9826, 0.426)	DISC(1, 999999)	NORM(3.8574, 1.9486)	WEIB(1.4162, 2.9851)	DISC(1, 0)
174101-02-02	LOGN(30.3355, 27.2015)	DISC(1, 999999)	GAMM(0.6631, 4.8478)	ERLA(1.5808, 3)	DISC(1, 0)
49-170-07	EXPO(41.4938)	DISC(1, 999999)	GAMM(1.9871, 4.3077)	WEIB(5.9864, 3.4515)	DISC(1, 0)
622814-4	LOGN(61.5941, 68.5836)	DISC(1, 365.3333)	NORM(6.5754, 3.0149)	WEIB(6.9642, 3.7884)	DISC(1, 0)
740120C	LOGN(49.0662, 53.4438)	DISC(1, 274)	GAMM(0.786, 5.4901)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
9651-35-0002	LOGN(19.7459, 21.9882)	DISC(1, 999999)	NORM(4.2667, 1.0887)	DISC(1, 0)	DISC(1, 0)
B397BAM0623	WEIB(35.433, 3.633)	DISC(1, 999999)	WEIB(3.3692, 1.6341)	NORM(3.4, 1.9732)	NORM(3.0339, 1.1661)
3250-30	WEIB(100.6786, 0.3398)	LOGN(87.643, 136.6603)	GAMM(0.6543, 6.7282)	WEIB(3.7756, 2.7598)	DISC(1, 0)
4041-58	GAMM(149.5622, 0.3036)	DISC(1, 156.5714)	WEIB(3.8263, 2.1822)	GAMM(0.8071, 4.13)	DISC(1, 0)

EK 11: ARENA Schedule Modülü Üçlü Vardiya Personel Çalışma Çizelgesi

Sıra	Kapasite	Süre (dk)	Sıra	Kapasite	Süre (dk)
1	0	420	22	1	120
2	1	180	23	0	960
3	0	15	24	1	180
4	1	105	25	0	60
5	0	60	26	1	105
6	1	105	27	0	15
7	0	15	28	1	120
8	1	60	29	0	1440
9	0	900	30	1	180
10	1	180	31	0	60
11	0	15	32	1	105
12	1	105	33	0	15
13	0	60	34	1	60
14	1	105	35	0	1020
15	0	15	36	1	180
16	1	60	37	0	60
17	0	1440	38	1	105
18	1	180	39	0	15
19	0	60	40	1	60
20	1	105	41	0	2460
21	0	15			

EK 12: ARENA Schedule Modülü İkili Vardiya Personel Çalışma Çizelgesi

Sıra	Kapasite	Süre (dk)	Sıra	Kapasite	Süre (dk)	Sıra	Kapasite	Süre (dk)	Sıra	Kapasite	Süre (dk)
1	0	420	41	0	4320	81	0	15	121	0	60
2	1	180	42	1	180	82	1	105	122	1	105
3	0	15	43	0	60	83	0	60	123	0	15
4	1	105	44	1	105	84	1	105	124	1	120
5	0	60	45	0	15	85	0	15	125	0	960
6	1	105	46	1	120	86	1	60	126	1	180
7	0	15	47	0	960	87	0	900	127	0	60
8	1	60	48	1	180	88	1	180	128	1	105
9	0	900	49	0	60	89	0	15	129	0	15
10	1	180	50	1	105	90	1	105	130	1	120
11	0	15	51	0	15	91	0	60	131	0	960
12	1	105	52	1	120	92	1	105	132	1	180
13	0	60	53	0	960	93	0	15	133	0	60
14	1	105	54	1	180	94	1	60	134	1	105
15	0	15	55	0	60	95	0	900	135	0	15
16	1	60	56	1	105	96	1	180	136	1	120
17	0	900	57	0	15	97	0	15	137	0	960
18	1	180	58	1	120	98	1	105	138	1	180
19	0	15	59	0	960	99	0	60	139	0	60
20	1	105	60	1	180	100	1	105	140	1	105
21	0	60	61	0	60	101	0	15	141	0	15
22	1	105	62	1	105	102	1	60	142	1	120
23	0	15	63	0	15	103	0	900	143	0	960
24	1	60	64	1	120	104	1	180	144	1	180
25	0	900	65	0	960	105	0	15	145	0	60
26	1	180	66	1	180	106	1	105	146	1	105
27	0	15	67	0	60	107	0	60	147	0	15
28	1	105	68	1	105	108	1	105	148	1	120
29	0	60	69	0	15	109	0	15	149	0	2880
30	1	105	70	1	120	110	1	60			
31	0	15	71	0	3300	111	0	900			
32	1	60	72	1	180	112	1	180			
33	0	900	73	0	15	113	0	15			
34	1	180	74	1	105	114	1	105			
35	0	15	75	0	60	115	0	60			
36	1	105	76	1	105	116	1	105			
37	0	60	77	0	15	117	0	15			
38	1	105	78	1	60	118	1	60			
39	0	15	79	0	900	119	0	2880			
40	1	60	80	1	180	120	1	180			

EK 13: 124 Adet Şirket Mülkiyetindeki Komponentler İçin Gelişler Arası Gün Bazında Süreler (Devamı Excel dosyasında)

D7 17 -02	325 0 -81	818 4 -1	321 4 -62-	174 1 01- 02	419 7 -20-	LA2K 2B100 DG00	C12 8 48C A	404 1 -70	7121 -199 71-0	4197 -20- 04	D7 17 -01- 100	35- 1H 5- 100	C12 8 50A C	196 B S10 1	582 2 -21	49- 170 -11	C13 0 42B A	408 6 850 -	C19 2 98A F	E21 3 271 0	872 9 232 5	35- 0L0- 1003- 06	170 0 667 D	35- 0L0- 1001	B37 2 BA M0	K28 2 AA M0
1.0	5.9	3.9	18.	20.	2.1	10.35	0.06	1.9	24.17	3.45	0.0	5.7	4.74	21.	7.7	25.	1.84	0.2	12.6	13.	8.0	0.19	11.6	0.07	36.3	1.89
0.0	0.9	1.0	3.4	1.6	0.4	1.96	3.97	3.7	8.04	2.65	16.	16.	3.12	0.6	7.7	0.0	10.8	7.3	0.00	29.	10.	3.86	7.73	14.65	6.25	0.08
0.0	0.2	1.7	3.4	5.0	4.4	1.03	5.09	29.	0.05	1.06	32.	6.3	0.67	28.	7.7	1.4	7.25	1.8	0.09	14.	0.6	41.04	21.9	32.09	2.17	23.6
9.9	43.	5.4	8.2	8.2	2.4	52.41	12.9	2.1	16.47	0.00	3.9	0.9	3.30	0.7	7.7	1.3	10.9	5.0	3.39	27.	34.	16.72	11.1	0.90	4.66	6.52
0.9	3.7	2.0	9.4	1.1	4.5	21.34	2.16	9.1	13.18	0.01	3.0	3.7	2.91	28.	7.7	1.4	0.00	12.	6.57	6.4	3.0	12.40	54.4	0.27	5.34	20.7
3.0	2.9	0.1	4.1	0.1	0.4	3.69	0.84	8.7	19.17	12.9	0.0	2.2	21.9	29.	7.7	26.	13.3	0.9	3.62	14.	7.1	6.02	10.4	10.39	4.19	4.25
0.0	2.2	2.6	5.7	0.9	6.1	21.70	26.0	20.	6.13	6.15	8.7	13.	24.0	48.	7.7	11.	5.75	7.2	34.3	14.	3.9	6.77	15.7	4.61	5.37	7.62
0.0	28.	1.1	4.5	8.4	5.5	4.74	3.68	21.	2.80	8.61	4.1	6.5	1.29	2.3	7.7	7.7	14.9	8.9	0.01	4.7	1.2	10.00	16.1	7.92	8.61	1.04
0.7	0.9	0.8	4.9	6.0	1.1	21.64	1.04	1.0	27.90	6.44	3.1	5.6	7.72	0.6	14.	33.	23.9	10.	11.9	1.0	12.	3.92	3.12	41.84	3.66	11.7
0.3	15.	0.8	3.4	3.4	0.6	2.68	1.50	7.5	0.01	14.2	0.0	0.4	5.30	15.	20.	2.8	1.07	7.1	0.04	13.	12.	4.06	32.7	6.23	2.95	8.65
0.3	6.1	11.	3.4	0.0	13.	2.99	15.5	15.	3.97	0.00	0.0	2.8	0.90	1.0	7.7	0.9	1.06	0.9	2.23	8.1	10.	3.25	0.94	28.06	11.4	24.4
0.9	8.8	2.9	3.4	4.5	0.0	4.45	4.10	13.	0.00	22.5	11.	10.	3.89	0.6	7.8	9.2	30.2	6.9	28.7	9.5	3.3	27.80	11.0	4.69	2.75	11.4
0.0	3.7	3.7	3.4	5.5	3.2	9.90	12.7	4.9	0.03	0.00	9.0	7.2	1.85	7.5	7.7	25.	39.0	15.	32.9	3.9	1.0	0.13	2.05	10.00	4.29	6.07
0.6	1.0	0.3	3.4	10.	13.	18.02	16.3	1.4	41.66	0.00	28.	22.	2.20	20.	7.7	2.3	2.70	15.	53.6	13.	3.0	8.99	22.1	22.04	8.80	4.91
3.6	2.0	2.7	3.4	0.2	0.0	1.11	9.05	25.	15.39	0.00	12.	13.	1.13	7.5	11.	4.6	4.97	23.	3.43	0.2	3.2	6.80	0.75	4.36	4.80	0.01
0.0	11.	7.0	9.7	1.7	0.7	0.78	0.42	6.0	2.15	3.50	6.5	6.0	4.97	0.6	7.7	7.0	2.09	1.7	1.25	1.9	6.6	2.02	0.00	6.80	23.8	14.8
1.3	0.0	0.1	5.2	7.1	11.	5.72	2.52	27.	20.73	2.22	14.	7.5	12.7	5.8	22.	5.0	3.94	5.5	9.21	14.	0.8	6.95	12.9	6.24	6.14	1.96
0.9	21.	6.7	6.6	1.4	3.2	13.88	0.01	0.3	0.10	28.6	0.0	21.	1.31	14.	26.	3.0	13.1	8.7	2.54	5.7	1.2	14.55	1.35	7.24	9.52	1.02
0.2	9.3	.3	3.4	4.3	3.4	5.20	4.09	14.	15.18	10.8	5.0	1.0	8.03	1.5	34.	11.	2.08	1.0	12.9	7.9	0.3	4.49	4.72	24.54	3.82	2.16
4.7	4.3	5.7	6.4	13.	0.3	0.70	0.00	0.0	17.82	16.8	0.0	0.9	0.96	0.6	7.7	9.1	20.7	20.	7.67	19.	12.	8.94	5.78	1.49	2.17	1.81
1.0	0.0	1.3	3.5	1.6	8.9	0.70	0.40	0.0	5.93	2.05	0.0	0.0	0.01	0.6	7.7	2.2	4.46	0.0	6.31	2.2	9.0	0.00	7.85	39.71	2.43	22.0
6.7	16.	0.0	6.2	0.0	13.	2.01	2.28	3.3	0.00	11.9	1.7	5.6	5.99	27.	7.7	4.0	11.8	0.0	4.13	15.	11.	3.00	12.2	4.54	6.87	1.97
0.1	0.0	3.2	3.4	1.9	0.0	1.59	1.99	16.	2.22	3.00	1.3	1.2	6.74	0.6	8.7	3.7	27.2	0.0	4.54	40.	1.1	1.06	5.87	1.00	2.41	5.52
1.7	0.0	9.7	3.4	3.2	1.0	0.76	7.22	6.8	1.09	6.29	1.1	1.5	2.10	0.6	7.7	2.2	24.5	1.0	8.35	1.7	8.6	1.02	5.39	5.21	8.94	7.68
0.1	4.8	0.0	3.4	14.	4.3	3.14	4.68	0.0	5.90	10.8	2.7	13.	18.1	7.6	20.	4.8	6.42	4.0	13.0	16.	13.	0.29	11.9	0.00	4.65	23.2
0.9	0.3	0.5	5.7	7.6	1.9	1.49	3.14	16.	13.87	0.13	1.0	7.3	0.74	21.	11.	6.3	32.4	3.7	0.07	1.0	12.	4.88	3.80	43.66	6.62	20.9
4.1	4.9	4.3	6.0	15.	4.7	0.70	0.06	9.2	19.22	28.0	0.0	1.7	13.3	1.3	12.	0.8	1.99	28.	6.14	1.7	2.5	30.83	2.36	34.38	9.43	14.3
1.2	1.1	1.0	4.2	0.6	0.3	3.68	4.37	6.8	14.69	0.00	0.0	0.1	6.72	6.5	8.7	2.1	14.3	0.0	2.01	0.0	4.6	3.06	22.1	32.91	17.4	2.85
0.0	3.7	0.0	3.6	0.8	2.7	1.41	1.53	12.	20.30	9.92	0.0	16.	1.25	7.7	12.	7.5	27.9	10.	3.78	14.	20.	0.41	4.62	11.81	20.9	0.00
0.8	0.0	0.8	4.6	9.6	2.2	2.74	5.99	38.	13.04	5.74	0.0	4.1	2.03	0.7	7.7	1.4	0.69	1.2	5.31	6.9	11.	4.60	4.19	9.01	37.7	4.24
2.2	0.0	4.1	3.4	1.1	7.8	1.59	2.25	19.	10.73	0.99	1.7	2.5	5.92	7.5	9.9	6.2	0.03	2.2	6.49	24.	25.	10.17	10.4	15.58	25.3	2.12
1.5	14.	3.2	8.4	10.	7.0	2.13	7.05	2.8	18.54	2.04	0.0	0.2	11.7	14.	25.	3.0	0.25	20.	3.39	5.7	15.	0.01	10.4	50.23	2.84	1.08
2.1	3.8	6.4	5.2	9.6	16.	2.30	7.76	0.9	7.45	5.10	15.	23.	6.33	0.6	11.	2.8	0.38	11.	9.79	7.0	45.	6.77	11.8	0.50	3.99	14.9
6.0	14.	1.0	5.7	3.5	12.	0.71	0.02	6.3	2.28	21.0	0.0	11.	0.09	0.6	8.0	12.	35.5	6.1	35.3	0.5	45.	0.18	31.3	11.69	6.92	0.29
0.0	20.	0.5	6.1	4.0	0.7	5.68	17.4	1.6	0.68	19.8	10.	7.1	20.5	24.	7.7	1.2	1.26	6.7	33.1	0.0	7.6	4.69	25.1	4.33	7.08	5.60

5.6	7.0	0.0	0.2	0.2		5.0	20.78	5.51	2.2	5.46		2.01	0.0	5.0	3.06	4.3	10.	6.7	4.62	28.	34.7	0.4	32.	0.60	6.98	2.05	55.3	6.02
1.5	0.0	1.9	3.4	0.0		31.	47.40	2.94	3.6	2.03		3.02	1.9	0.6	4.26	7.6	8.6	6.1	4.48	2.7	6.74	13.	18.	12.96	17.5	15.31	7.14	7.16
13.	0.0	1.4	3.4	8.7		5.0	0.70	1.12	2.2	10.08		8.96	6.7	7.2	6.90	7.5	8.0	17.	14.4	4.6	0.02	5.1	26.	6.52	13.5	15.69	46.0	0.00
0.0	8.9	6.4	3.4	0.0		0.7	126.47	3.92	8.0	22.87		21.0	0.0	2.6	0.00	21.	7.8	43.	2.34	10.	9.27	4.4	39.	5.96	31.7	13.96	25.6	0.03
0.0	0.0	12.	3.4	0.2		2.2	12.07	6.19	14.	7.83		12.5	0.0	0.9	0.03	3.7	8.3	22.	3.58	7.2	7.89	12.	14.	7.08	9.34	22.98	48.8	12.1
7.2	0.9	4.2	3.4	2.2		0.0	13.00	2.68	2.0	0.96		15.5	5.9	0.0	10.7	0.6	36.	5.1	1.05	3.9	18.1	9.7	42.	11.15	5.44	16.76	7.94	7.97
5.9	0.9	2.0	5.6	1.5		1.5	4.64	6.44	11.	0.00		4.92	29.	4.0	17.0	4.3	10.	0.5	1.00	2.9	4.73	5.1	36.	21.10	36.1	23.03	13.8	7.02
6.8	5.4	3.4	8.2	0.1		8.7	3.49	0.00	27.	2.74		1.31	0.0	3.4	8.00	3.9	7.8	21.	15.0	3.8	4.17	7.2	24.	0.90	4.79	11.31	11.5	1.96
0.3	17.	6.3	6.8	8.1		3.0	3.92	7.71	11.	23.38		0.69	1.1	2.7	6.95	0.6	7.9	21.	18.2	7.0	13.0	29.	0.9	0.31	14.9	2.27	14.0	0.54
0.1	1.2	2.3	3.5	3.1		10.	2.89	14.9	17.	12.73		30.9	0.1	2.7	20.2	0.6	10.	0.9	6.60	1.6	38.7	0.7	2.1	27.64	26.8	12.32	2.87	8.23
0.5	5.8	4.9	3.4	2.2		1.0	0.86	3.62	21.	1.20		1.37	0.0	4.1	18.7	4.4	10.	58.	1.81	0.5	2.93	3.0	10.	10.86	30.2	10.03	7.16	10.9
0.0	9.4	1.0	3.4	1.8		6.1	2.67	2.49	5.1	5.01		11.6	0.0	3.9	12.9	7.5	17.	0.7	10.3	4.4	5.08	3.2	0.4	6.84	7.72	1.58	10.9	6.83
0.0	5.6	7.6	8.3	0.4		1.3	2.32	5.35	25.	17.47		0.71	5.7	4.2	4.92	14.	7.7	16.	0.00	0.0	2.94	19.	0.5	16.41	0.31	1.69	18.3	3.21
0.0	32.	7.2	3.7	1.2		6.4	3.05	14.7	1.3	7.27		3.67	0.3	18.	5.59	16.	7.7	12.	6.71	6.1	5.29	13.	13.	3.13	0.00	0.74	2.62	12.0
0.0	0.0	1.0	7.0	4.7		13.	9.40	5.31	5.7	10.06		0.00	8.6	4.0	0.52	0.6	7.7	2.5	12.1	10.	1.68	19.	1.0	0.07	5.26	6.47	33.2	7.02
0.0	17.	0.4	3.4	0.0		7.0	7.81	1.70	16.	0.36		10.2	3.1	2.6	1.98	0.6	7.7	0.2	0.01	15.	10.5	0.0	2.7	11.64	5.71	4.44	11.1	0.23
0.8	8.4	0.6	8.4	11.		0.0	4.60	1.02	6.8	18.04		0.00	0.0	1.8	25.0	12.	7.9	0.6	2.33	19.	0.12	0.1	36.	0.43	7.55	22.38	15.8	8.01
0.0	3.0	10.	3.4	0.6		2.2	0.70	8.76	0.9	4.72		4.29	2.0	0.6	10.3	2.5	23.	0.4	15.6	12.	9.48	6.4	8.5	19.56	12.7	13.32	13.1	25.9
5.2	1.2	0.0	3.4	1.3		3.7	2.17	1.32	12.	5.00		1.04	0.0	19.	14.6	14.	7.8	2.6	24.5	20.	3.86	3.1	3.0	0.46	4.75	16.82	17.4	31.0
0.0	30.	1.1	3.4	0.9		2.2	4.17	2.12	15.	9.30		24.9	3.2	9.0	17.5	5.6	7.7	28.	2.47	2.7	2.01	7.0	0.7	12.11	15.2	1.55	11.9	11.7
7.1	2.9	0.2	3.4	0.0		0.0	1.43	2.60	0.3	8.01		16.0	7.9	0.7	17.7	2.8	7.7	6.3	11.0	3.8	20.0	29.	0.5	10.64	3.88	7.83	4.30	12.0
0.0	12.	5.5	4.4	3.0		1.7	8.41	1.00	0.0	12.25		0.03	4.1	18.	4.70	7.4	22.	10.	0.23	16.	8.53	39.	5.6	7.93	5.12	1.66	6.71	0.53
0.6	9.1	6.5	7.4	3.6		0.0	2.97	1.64	10.	1.56		4.42	4.4	1.9	4.06	8.6	9.9	5.0	16.2	19.	11.2	15.	3.2	15.29	0.67	3.04	7.53	58.6
0.0	9.0	0.4	3.4	5.4		0.1	2.06	0.02	3.1	0.14		13.5	0.0	5.4	4.13	20.	17.	20.	11.5	6.7	16.5	3.9	10.	4.70	1.85	0.96	4.28	18.7
0.0	14.	1.4	6.6	2.1		4.8	2.62	8.38	3.3	12.08		6.33	0.0	7.5	0.00	7.7	9.3	0.0	8.25	11.	4.77	10.	0.7	21.28	6.38	12.71	27.8	8.38
0.1	0.4	0.1	3.5	0.0		0.1	0.81	3.93	4.4	2.75		5.29	8.3	5.2	11.3	0.6	7.7	0.1	1.85	3.2	0.13	0.0	1.9	5.85	3.14	2.84	17.4	1.02
1.0	0.0	0.0	3.4	0.0		3.8	0.70	6.04	0.1	17.04		4.34	0.0	11.	10.5	7.7	7.7	23.	4.17	16.	1.35	10.	4.3	5.03	5.16	8.33	9.96	11.5
5.7	21.	3.5	4.3	6.7		16.	11.50	8.97	2.7	1.86		7.65	7.7	2.7	0.82	21.	10.	0.3	13.9	1.7	12.5	1.9	4.9	28.95	5.79	6.30	7.54	4.55
0.0	3.1	2.0	5.7	3.0		7.7	10.87	7.68	1.1	1.11		8.89	5.9	3.6	2.29	20.	7.7	2.6	11.0	2.2	27.8	9.3	0.0	41.46	14.2	4.57	10.4	4.56
0.0	2.2	7.8	3.4	7.9		12.	14.75	1.34	2.0	1.19		4.54	0.0	5.1	0.00	5.3	7.7	14.	0.01	7.5	8.30	0.1	20.	21.20	6.40	2.80	11.8	15.2
2.2	0.0	8.1	3.9	0.9		0.9	29.59	0.01	0.7	2.69		3.45	11.	0.2	0.39	4.2	7.7	0.2	3.79	1.3	6.24	4.5	26.	3.11	8.06	9.92	17.6	17.0
3.7	6.7	7.1	3.4	0.4		9.6	13.38	8.99	13.	3.01		2.64	0.0	0.2	8.99	17.	7.7	0.5	3.36	0.9	0.00	2.0	1.5	0.87	32.8	21.11	4.01	44.6
6.0	2.3	2.6	3.4	1.4		2.0	20.53	1.01	0.7	3.80		0.68	0.0	7.9	26.0	0.6	11.	5.5	49.5	5.7	10.5	4.0	10.	25.39	18.5	18.90	2.17	16.4
0.0	7.6	4.2	3.4	3.0		25.	2.55	4.01	10.	0.61		1.39	0.0	4.8	10.1	14.	8.6	1.4	13.2	1.3	3.23	9.6	14.	5.71	3.20	6.11	3.14	22.2
9.0	5.7	0.2	3.6	8.3		15.	16.84	1.45	0.0	4.93		12.1	0.0	0.2	12.6	15.	32.	11.	10.8	4.5	0.00	3.6	1.9	7.98	15.8	20.11	4.49	0.49
3.0	1.1	2.5	6.1	2.4		9.8	4.90	14.5	22.	1.90		0.11	0.2	0.5	8.98	1.5	18.	1.5	7.19	0.5	10.2	7.7	4.3	5.96	14.0	4.02	4.84	17.0
0.7	10.	1.8	3.4	19.		16.	13.70	0.05	4.9	0.57		5.70	0.7	0.4	17.0	2.9	7.7	3.9	1.93	5.5	6.43	3.4	1.6	24.47	14.1	12.82	6.86	5.29
0.2	2.3	5.6	3.4	19.		9.9	1.36	12.0	10.	0.53		115.	1.0	1.0	0.04	5.5	13.	0.0	1.45	7.6	26.4	0.5	1.9	4.07	3.84	23.95	7.40	2.78
2.2	8.1	0.0	9.5	6.2		11.	7.05	3.97	4.7	22.95		48.0	1.8	3.7	0.01	14.	8.0	0.4	0.00	1.8	5.26	8.0	15.	9.02	2.01	7.98	12.4	38.4
0.3	13.	6.4	3.4	8.2		27.	1.98	3.26	34.	59.49		26.2	0.0	0.1	11.0	13.	11.	2.9	3.38	12.	15.6	8.2	5.1	46.71	6.84	2.06	19.1	3.05
1.4	25.	1.9	3.4	4.5		4.3	15.07	5.37	11.	10.37		0.88	0.0	2.4	9.84	0.6	11.	24.	12.5	0.4	9.11	1.0	11.	86.03	35.7	45.59	2.78	55.7
0.0	0.4	6.0	3.4	16.		12.	8.32	3.92	5.2	4.80		0.04	0.0	1.1	6.71	7.4	8.1	11.	0.59	0.3	19.5	11.	24.	39.76	0.00	15.96	2.86	18.7

0.0	0.0	2.9	16.	0.6		5.6	0.70	0.47	2.7	0.16	10.3	0.0	8.3	10.3	1.8	14.	20.	0.08	2.0	3.75	1.3	6.1	28.33	0.00	11.95	2.16	8.82
0.8	0.5	0.0	4.2	0.2		14.	0.70	9.52	2.3	2.67	0.00	0.0	1.6	6.15	22.	7.7	9.0	1.70	10.	4.44	4.5	52.	8.61	20.2	16.97	2.16	11.5
1.2	36.	3.6	3.4	2.3		0.8	0.70	33.2	0.1	7.28	3.99	0.0	2.6	4.77	8.6	7.7	19.	2.01	2.2	4.75	3.5	14.	182.5	4.21	5.55	2.16	5.63
6.1	21.	0.0	3.4	4.5		3.3	0.70	5.00	8.7	11.94	5.69	0.0	4.6	7.00	1.7	7.7	3.3	13.0	4.8	1.59	0.5	10.	1.12	1.43	14.93	2.16	10.8
7.8	0.0	0.2	3.4	1.0		0.0	0.70	0.28	3.1	0.82	0.00	0.0	6.7	4.15	7.3	18.	73.	8.24	7.6	11.7	1.0	2.0	0.62	3.30	6.29	4.78	10.9

EK 14: 124 Adet Müşteri Mülkiyetindeki Komponentler İçin Gelişler Arası Gün Bazında Süreler (Devamı Excel dosyasında)

D7170-	325	818	4197-	C12848	4041	7121-19971-	4197-	D717-	3214-	3250	4041	3250-	3250
3.17	5.52	0.0	20.98	32.13	24.1	14.61	59.96	47.46	61.87	27.5	47.2	38.52	18.2
3.14	6.46	1.0	8.38	32.13	1.10	10.49	24.68	6.45	46.32	6.50	219.	16.12	21.3
3.14	0.51	76.	2.24	168.07	12.3	7.62	173.96	77.71	36.95	21.7	31.8	40.26	134.
3.14	2.51	0.0	2.24	65.10	9.82	22.65	210.00	6.45	52.58	12.2	24.0	15.25	18.3
3.14	8.63	0.4	2.24	32.18	14.0	29.58	27.04	6.45	69.95	7.79	74.9	36.29	230.
3.14	0.51	51.	19.96	131.98	14.2	9.61	6.96	20.08	57.27	10.5	0.00	59.31	147.
3.14	12.3	0.0	2.24	33.08	1.26	12.58	126.97	6.45	46.84	87.5	0.00	36.25	27.3
3.14	0.51	0.0	26.29	88.15	25.1	29.61	26.78	6.45	36.95	6.50	0.00	21.28	13.3
3.14	7.35	0.0	38.46	70.38	45.8	13.59	35.08	6.45	40.08	16.4	22.2	13.53	118.
301.87	0.52	0.0	19.08	75.92	1.10	12.84	7.87	6.45	86.88	6.50	5.31	16.27	26.5
361.07	0.51	4.0	6.38	60.31	57.1	9.35	28.92	6.45	91.91	21.4	99.6	51.36	13.3
3.21	22.5	16.	12.27	32.13	4.95	28.68	60.02	6.45	38.79	27.6	55.8	23.23	252.
144.16	0.51	1.2	42.31	94.12	55.1	7.61	6.96	6.45	36.95	6.52	13.9	42.39	
25.03	0.58	5.8	140.09	54.98	18.1	8.64	13.92	6.45	43.93	7.16	7.05	53.26	
3.18	5.26	30.	30.34	32.14	13.0	20.54	24.03	6.45	36.95	35.7	82.9	36.01	
63.36	4.62	0.0	4.98	32.13	9.39	28.63	46.07	19.68	91.92	6.50	0.09	66.47	
23.10	0.52	0.6	3.18		5.12	14.56	21.01	6.45	36.95	12.6	56.1	65.36	
35.15	6.46	0.0	6.59		14.7	12.61	48.72	6.45	46.22	12.4	253.	9.29	
3.14	6.52	0.3	2.27		16.3	8.58	21.16	6.45	40.70	15.1	0.00	22.07	
3.14	0.52	3.8	37.88		2.14	7.90	6.96	6.45	55.15	17.5	49.0	9.29	
21.10	5.52	0.9	11.49		1.10	13.41	17.10	6.45		24.7		62.45	
37.20	3.74	6.0	42.06		8.86	8.71	19.79	6.45		27.1		51.22	
	0.52	4.2	2.24		6.08	13.49		6.45		9.64		116.2	
	0.52	0.0	42.44		23.1	7.61		6.46		20.7		114.6	
	0.52	0.0	12.03		14.0	11.82		6.45		45.4		10.65	
	0.52	18.	2.24		10.1	7.61		13.25		12.3		29.47	
	0.52	7.9	15.43		19.3	33.33		6.45		20.5		22.16	
	0.52	0.0	2.24		23.0	12.55		6.45		6.50		17.52	
	0.52	26.	28.24		19.8	28.73		6.45		27.3			
	13.2	12.	2.24		4.18	43.61		6.45		19.7			
	0.52	14.	2.24		8.30	189.51		6.45		57.1			
	5.53	40.	36.99		1.10	400.84		6.45		30.7			
	9.73	7.1	20.42		1.10	7.61		6.45		48.4			
	0.52	35.	28.07		1.10			6.45		6.56			
	0.52	44.	11.24		16.0			6.45		30.3			
	0.51	15.	12.44		20.8			6.45		19.7			
	0.52	25.	2.24		64.2			6.45		27.2			
	0.52	0.0	6.21		2.16			6.45		60.5			
	7.25	85.	18.92		8.09			6.45		6.50			
	1.81	18.	2.24		18.0			6.45		7.62			
	4.51	15.	3.49		32.0			14.82		22.5			

	4.46	0.0	5.01		22.1			6.45		12.4			
	0.53	0.5	6.32		12.4			6.45		28.3			
	0.51	20.	2.26		8.77			6.45		23.4			
	5.54	8.1	3.32		1.10			6.45		30.5			
	0.52	8.0	7.12		10.1			6.45		22.3			
	0.53	54.	2.24		19.1			6.45		34.6			
	8.50	4.9	2.24		1.21			6.45		46.6			
	0.51	62.	2.24		18.8			8.88					
	1.46	42.	2.24		4.96			6.48					
	7.54	70.	2.24		18.0			6.45					
	0.53	21.	20.41		6.22			6.45					
	11.2	0.0	2.24		6.06			6.45					
	0.52	2.0	5.97		5.10			6.45					
	0.51	25.	2.24		40.0			6.45					
	15.4	21.	2.24		2.32			321.52					
	5.44	14.	2.25		6.91			6.46					
	0.51	0.0	2.24		1.10			6.45					
	7.56	73.	3.52		4.39			6.45					
	0.52	0.0	9.88		13.7			6.45					
	3.75	20.	23.39		43.4			6.45					
	0.51	4.0	2.24		14.8			211.55					
	0.51	0.0	21.39		1.10			6.45					
	0.51	8.9	2.24		1.10								
	0.51	4.9	23.27		51.3								
	1.51	6.9	31.16		126.								
	0.52	15.	14.12		1.10								
	0.51		17.19		1.10								

EK 15: Müşteri Komponentleri İçin Kotasyon Onay Süreleri (devamı Excel dosyasında)

Sıra	Kotasyon Talep No	Talep Tarihi	Teklif Tarihi	Yanıt Tarihi	Fark	Sıra	Kotasyon Talep No	Talep Tarihi	Teklif Tarihi	Yanıt Tarihi	Süre (gün)
1	RFQ160053	6.1.2016	7.1.2016	8.1.2016	0.736806	41	RFQ160898	7.3.2016	7.3.2016	5.4.2016	29.06042
2	RFQ164341	6.1.2016	7.1.2016	8.1.2016	0.736806	42	RFQ160916	8.3.2016	8.3.2016	8.3.2016	0.277083
3	RFQ160099	11.1.2016	11.1.2016	16.1.2016	4.793056	43	RFQ160992	15.3.2016	15.3.2016	8.4.2016	24.29167
4	RFQ160101	11.1.2016	11.1.2016	11.1.2016	0.163194	44	RFQ161072	18.3.2016	18.3.2016	19.4.2016	32.00278
5	RFQ160120	12.1.2016	12.1.2016	19.1.2016	7.020139	45	RFQ161071	18.3.2016	18.3.2016	19.3.2016	0.740972
6	RFQ160253	18.1.2016	18.1.2016	22.2.2016	35.04514	46	RFQ161099	22.3.2016	22.3.2016	8.4.2016	16.74306
7	RFQ160251	18.1.2016	18.1.2016	24.1.2016	5.852083	47	RFQ161138	24.3.2016	24.3.2016	24.3.2016	0.054167
8	RFQ161416	18.1.2016	18.1.2016	26.1.2016	8.073611	48	RFQ161164	28.3.2016	28.3.2016	28.3.2016	0.155556
9	RFQ161414	18.1.2016	18.1.2016	31.1.2016	12.76806	49	RFQ161188	28.3.2016	28.3.2016	28.3.2016	0.155556
10	RFQ160259	19.1.2016	20.1.2016	22.1.2016	1.635417	50	RFQ161207	28.3.2016	28.3.2016	28.3.2016	0.155556
11	RFQ161181	19.1.2016	20.1.2016	22.1.2016	1.635417	51	RFQ161206	28.3.2016	28.3.2016	28.3.2016	0.155556
12	RFQ161182	19.1.2016	20.1.2016	22.1.2016	1.635417	52	RFQ161257	31.3.2016	31.3.2016	2.4.2016	1.835417
13	RFQ160287	21.1.2016	21.1.2016	21.1.2016	0.153472	53	RFQ161316	5.4.2016	5.4.2016	6.4.2016	0.955556
14	RFQ162066	21.1.2016	21.1.2016	21.1.2016	0.153472	54	RFQ161362	6.4.2016	6.4.2016	10.4.2016	3.952778
15	RFQ160296	21.1.2016	21.1.2016	27.1.2016	5.906944	55	RFQ161368	7.4.2016	7.4.2016	12.5.2016	35.04514
16	RFQ160311	22.1.2016	22.1.2016	27.1.2016	4.815972	56	RFQ161466	13.4.2016	13.4.2016	28.4.2016	14.99375
17	RFQ160315	25.1.2016	25.1.2016	2.2.2016	7.835417	57	RFQ161503	14.4.2016	14.4.2016	21.4.2016	6.631944
18	RFQ161255	27.1.2016	27.1.2016	27.1.2016	0.113889	58	RFQ161668	26.4.2016	26.4.2016	27.4.2016	1.088889
19	RFQ160367	27.1.2016	27.1.2016	27.1.2016	0.113889	59	RFQ161661	26.4.2016	26.4.2016	27.4.2016	1.088889
20	RFQ160354	27.1.2016	27.1.2016	28.1.2016	0.964583	60	RFQ161667	26.4.2016	26.4.2016	27.4.2016	1.088889
21	RFQ160423	1.2.2016	1.2.2016	1.2.2016	0.120833	61	RFQ161671	26.4.2016	26.4.2016	27.4.2016	1.088889
22	RFQ160444	3.2.2016	3.2.2016	3.2.2016	0.16875	62	RFQ161738	28.4.2016	28.4.2016	29.4.2016	1.113889
23	RFQ161063	3.2.2016	3.2.2016	3.2.2016	0.16875	63	RFQ161763	2.5.2016	2.5.2016	9.5.2016	6.631944
24	RFQ160460	3.2.2016	4.2.2016	4.2.2016	0.1	64	RFQ161765	2.5.2016	2.5.2016	3.5.2016	0.963889
25	RFQ160471	5.2.2016	5.2.2016	25.2.2016	20.05208	65	RFQ161767	2.5.2016	2.5.2016	3.5.2016	0.993056
26	RFQ160486	5.2.2016	5.2.2016	11.3.2016	35.04514	66	RFQ161780	2.5.2016	2.5.2016	9.5.2016	7.06875
27	RFQ160485	5.2.2016	5.2.2016	11.2.2016	6.127083	67	RFQ161795	3.5.2016	3.5.2016	16.5.2016	12.76806
28	RFQ160495	8.2.2016	8.2.2016	11.3.2016	32.09792	68	RFQ161812	4.5.2016	4.5.2016	4.5.2016	0.071528

29	RFQ160642	17.2.2016	17.2.2016	19.2.2016	2.266667	69	RFQ161832	5.5.2016	5.5.2016	10.5.2016	4.767361
30	RFQ160647	17.2.2016	17.2.2016	18.2.2016	0.640972	70	RFQ161868	10.5.2016	10.5.2016	11.5.2016	1.088889
31	RFQ170215	17.2.2016	17.2.2016	18.2.2016	0.640972	71	RFQ161903	11.5.2016	11.5.2016	12.5.2016	0.743056
32	RFQ160675	18.2.2016	18.2.2016	19.2.2016	0.963889	72	RFQ161913	12.5.2016	12.5.2016	12.5.2016	0.084028
33	RFQ160674	18.2.2016	18.2.2016	24.3.2016	35.11042	73	RFQ161944	13.5.2016	13.5.2016	1.6.2016	18.88125
34	RFQ160701	23.2.2016	23.2.2016	23.2.2016	0.271528	74	RFQ161938	13.5.2016	13.5.2016	13.5.2016	0.059722
35	RFQ160726	24.2.2016	24.2.2016	29.2.2016	4.746528	75	RFQ162074	26.5.2016	26.5.2016	27.5.2016	1.009028
36	RFQ160758	26.2.2016	26.2.2016	2.3.2016	5.033333	76	RFQ162848	27.5.2016	27.5.2016	30.5.2016	3.015972
37	RFQ160773	26.2.2016	26.2.2016	29.2.2016	2.956944	77	RFQ162345	27.5.2016	27.5.2016	30.5.2016	3.015972
38	RFQ160802	29.2.2016	1.3.2016	1.3.2016	0.218056	78	RFQ162849	27.5.2016	27.5.2016	30.5.2016	3.015972
39	RFQ160892	7.3.2016	7.3.2016	8.3.2016	1.254861	79	RFQ162556	27.5.2016	27.5.2016	30.5.2016	3.015972
40	RFQ160900	7.3.2016	7.3.2016	11.3.2016	3.959028	80	RFQ162211	27.5.2016	27.5.2016	30.5.2016	3.015972

EK 16: Depodan Malzeme Çıkış Süreleri (devamı Excel dosyasında)

Sıra	Takip No	Depo	Malzeme	Teslim	Sıra	Takip No	Depo	Malzeme
1	RQ004617184	13443236	11.09946		41	RQ004733033	13538531	7.300459
2	RQ004591508	13419081	6.455357		42	RQ004515393	13353838	10.36026
3	RQ004596992	13423519	97.54443		43	RQ004752072	13551097	12.63077
4	RQ005346238	14069613	6.502796		44	RQ004869523	13638218	23.709
5	RQ004689453	13502999	20.52186		45	RQ004523506	13360475	10.9645
6	RQ004464541	13314424	15.21771		46	RQ004895034	13657251	11.23475
7	RQ004534622	13369136	11.62174		47	RQ005160035	13903234	6.514777
8	RQ004661489	13481935	9.156392		48	RQ005386156	14101491	14.91296
9	RQ004880969	13646953	12.61119		49	RQ005549688	14231329	23.93909
10	RQ006233192	14797376	36.98382		50	RQ005549859	14231404	22.92185
11	RQ004847768	13622434	6.689975		51	RQ005549688	14231329	23.93911
12	RQ004546560	13378009	5.400584		52	RQ005549688	14231329	23.9391
13	RQ004546560	13378009	5.400575		53	RQ005549688	14231329	23.9391
14	RQ004546560	13378009	5.40058		54	RQ005549688	14231329	23.93912
15	RQ004483218	13328472	58.17844		55	RQ005549859	14231404	22.92186
16	RQ005383474	14099168	22.21472		56	RQ004662720	13482855	5.507917
17	RQ005004641	13752315	10.28692		57	RQ004668713	13487163	5.606384
18	RQ005004641	13752315	10.28691		58	RQ005581432	14258669	22.24595
19	RQ004500086	13342050	7.658329		59	RQ004792443	13583132	17.00947
20	RQ004508647	13348691	13.36716		60	RQ005223582	13962846	9.246031
21	RQ004661444	13481883	4.581809		61	RQ004473382	13320638	12.33159
22	RQ004581290	13410013	6.623311		62	RQ004685288	13500036	7.152008
23	RQ004581292	13409974	6.791081		63	RQ004823423	13605037	15.1894
24	RQ004586990	13414842	5.788056		64	RQ004823423	13605037	15.1894
25	RQ004586990	13414842	5.788042		65	RQ004825546	13606810	8.731531
26	RQ004523881	13360708	14.97841		66	RQ004825559	13606816	9.75553
27	RQ004633753	13459177	6.924014		67	RQ005092150	13834905	11.6219
28	RQ004833420	13613277	14.9992		68	RQ004506650	13347200	8.725967
29	RQ005466060	14164270	4.570769		69	RQ004575793	13405241	18.44106
30	RQ004514805	13353663	11.69582		70	RQ004675372	13492171	8.400567
31	RQ004514810	13353668	11.66387		71	RQ004675372	13492171	8.400554
32	RQ004514807	13353665	11.68221		72	RQ004712214	13522059	5.964238
33	RQ004514809	13353667	11.67249		73	RQ004712200	13522047	6.018114
34	RQ004534092	13368690	12.44832		74	RQ004944435	13699704	6.014262
35	RQ004534094	13368692	12.41998		75	RQ004600903	13427121	7.413897
36	RQ004615125	13440787	9.438815		76	RQ004661519	13481960	8.473627
37	RQ005005159	13753082	15.73372		77	RQ004661520	13481962	8.460024
38	RQ004533261	13368039	6.045104		78	RQ004715534	13524488	14.0989
39	RQ004718952	13527139	10.6681		79	RQ004715534	13524488	14.09888
40	RQ004718952	13527139	10.66809		80	RQ004662720	13482855	5.507756

EK 17: Siparişle Piyasadan Malzeme Temin Süreleri (devamı Excel dosyasında)

Sıra	Sipariş Tipi	Sipariş No	Atölye	Tedarik Süresi	Sıra	Sipariş Tipi	Sipariş No	Atölye	Tedarik Süresi
1	SATINALMA	6864270	ATE	76	41	SATINALMA	7018315	ATE	19
2	SATINALMA	6803413	ATE	29	42	SATINALMA	7033564	ATE	102
3	SATINALMA	6827271	ATE	39	43	SATINALMA	7045670	ATE	96
4	SATINALMA	6812715	ATE	31	44	SATINALMA	7058901	ATE	62
5	SATINALMA	6821844	ATE	21	45	SATINALMA	7058908	ATE	62
6	SATINALMA	6809939	ATE	142	46	SATINALMA	7058876	ATE	65
7	SATINALMA	6804229	ATE	33	47	SATINALMA	7059666	ATE	91
8	SATINALMA	6813060	ATE	15	48	SATINALMA	7062614	ATE	47
9	SATINALMA	6910484	ATE	51	49	SATINALMA	7047449	ATE	29
10	SATINALMA	6836629	ATE	57	50	SATINALMA	7065998	ATE	26
11	SATINALMA	6817181	ATE	27	51	SATINALMA	7071131	ATE	19
12	SATINALMA	6828597	ATE	23	52	SATINALMA	7071121	ATE	18
13	SATINALMA	6869187	ATE	53	53	SATINALMA	7063428	ATE	11
14	SATINALMA	6826031	ATE	64	54	SATINALMA	7071059	ATE	87
15	SATINALMA	7014701	ATE	85	55	SATINALMA	7107747	ATE	24
16	SATINALMA	6949737	ATE	58	56	SATINALMA	7088725	ATE	78
17	SATINALMA	6870357	ATE	71	57	SATINALMA	7090316	ATE	18
18	SATINALMA	6929699	ATE	112	58	SATINALMA	7102763	ATE	35
19	SATINALMA	6883457	ATE	49	59	SATINALMA	7106643	ATE	28
20	SATINALMA	7018847	ATE	69	60	SATINALMA	7103565	ATE	22
21	SATINALMA	6910103	ATE	26	61	SATINALMA	7218218	ATE	43
22	SATINALMA	6935973	ATE	117	62	SATINALMA	7111587	ATE	23
23	SATINALMA	6940209	ATE	47	63	SATINALMA	7111127	ATE	19
24	SATINALMA	7054108	ATE	172	64	SATINALMA	7107173	ATE	22
25	SATINALMA	7234488	ATE	113	65	SATINALMA	7151321	ATE	27
26	SATINALMA	6924685	ATE	11	66	SATINALMA	7282861	ATE	87
27	SATINALMA	6972123	ATE	29	67	SATINALMA	7133401	ATE	123
28	SATINALMA	6956944	ATE	183	68	SATINALMA	7134481	ATE	13
29	SATINALMA	6983144	ATE	37	69	SATINALMA	7148037	ATE	26
30	SATINALMA	6994035	ATE	59	70	SATINALMA	7166706	ATE	14
31	SATINALMA	7001441	ATE	77	71	SATINALMA	7155184	ATE	15
32	SATINALMA	7046652	ATE	38	72	SATINALMA	7172316	ATE	46
33	SATINALMA	7020623	ATE	30	73	SATINALMA	7213388	ATE	34
34	SATINALMA	7107181	ATE	63	74	SATINALMA	7214960	ATE	16
35	SATINALMA	6996212	ATE	61	75	SATINALMA	7214949	ATE	84
36	SATINALMA	7016394	ATE	68	76	SATINALMA	7275589	ATE	60
37	SATINALMA	6998069	ATE	39	77	SATINALMA	7222591	ATE	64
38	SATINALMA	7019525	ATE	16	78	SATINALMA	7237516	ATE	67
39	SATINALMA	7015715	ATE	31	79	SATINALMA	7237505	ATE	67
40	SATINALMA	7018335	ATE	20	80	SATINALMA	7230906	ATE	9

EK 18: Atölye Ön Muayene İşlem Süreleri (devamı Excel dosyasında)

Sıra	İş Emri	Atölye Kodu	İş Emri Açılma Tarihi	İşlem Süresi	Sıra	İş Emri	Atölye Kodu	İş Emri Açılma Tarihi	İşlem Süresi (saat)
1	1465043	88	4.1.2016 12:02	0.167	51	1473113	88	19.1.2016 14:07	0.050
2	1466176	88	6.1.2016 08:42	0.250	52	1473117	88	19.1.2016 14:10	0.500
3	1466311	88	6.1.2016 12:23	0.500	53	1473211	88	19.1.2016 19:10	0.017
4	1467608	88	8.1.2016 19:51	0.500	54	1473243	88	20.1.2016 03:20	1.000
5	1467669	88	9.1.2016 00:07	0.250	55	1473345	88	20.1.2016 06:26	1.000
6	1468011	88	10.1.2016 21:56	0.500	56	1473363	88	20.1.2016 06:35	0.167
7	1468111	88	11.1.2016 06:16	0.517	57	1473463	88	20.1.2016 07:26	0.167
8	1468580	88	11.1.2016 13:56	0.333	58	1473504	88	20.1.2016 07:53	0.500
9	1468958	88	12.1.2016 07:28	0.333	59	1473616	88	20.1.2016 09:13	0.167
10	1470073	88	13.1.2016 19:52	0.433	60	1473635	88	20.1.2016 09:41	0.500
11	1470259	88	14.1.2016 07:03	0.167	61	1474009	88	20.1.2016 18:54	0.500
12	1470317	88	14.1.2016 07:44	0.500	62	1474124	88	21.1.2016 06:15	0.500
13	1470441	88	14.1.2016 09:14	0.500	63	1474180	88	21.1.2016 07:00	0.500
14	1470612	88	14.1.2016 13:14	1.000	64	1474222	88	21.1.2016 07:37	1.000
15	1470620	88	14.1.2016 13:23	0.417	65	1474223	88	21.1.2016 07:39	1.000
16	1470965	88	15.1.2016 01:21	0.500	66	1474489	88	21.1.2016 11:01	0.500
17	1471213	88	15.1.2016 08:50	0.167	67	1474608	88	21.1.2016 12:23	0.500
18	1471634	88	15.1.2016 22:21	0.467	68	1474659	88	21.1.2016 13:39	0.500
19	1471746	88	16.1.2016 11:36	0.500	69	1474679	88	21.1.2016 14:09	1.000
20	1471764	88	16.1.2016 12:33	0.083	70	1474707	88	21.1.2016 14:39	0.083
21	1471776	88	16.1.2016 13:48	1.000	71	1474846	88	21.1.2016 21:41	1.000
22	1471821	88	16.1.2016 17:02	0.467	72	1474847	88	21.1.2016 21:42	0.333
23	1471822	88	16.1.2016 17:04	0.133	73	1474850	88	21.1.2016 21:47	1.000
24	1471837	88	16.1.2016 17:45	0.417	74	1474856	88	21.1.2016 21:56	0.500
25	1471941	88	17.1.2016 19:19	0.167	75	1474857	88	21.1.2016 21:58	0.500
26	1472109	88	18.1.2016 07:18	0.167	76	1474858	88	21.1.2016 22:14	1.500

27	1472184	88	18.1.2016 08:42	0.383	77	1474860	88	21.1.2016 22:30	0.500
28	1472245	88	18.1.2016 09:46	0.250	78	1474869	88	21.1.2016 23:16	1.000
29	1472556	88	19.1.2016 02:37	0.167	79	1474878	88	21.1.2016 23:33	0.500
30	1472697	88	19.1.2016 06:51	0.167	80	1474879	88	21.1.2016 23:35	0.500
31	1472746	88	19.1.2016 07:41	0.250	81	1475061	88	22.1.2016 08:01	0.500
32	1473007	88	19.1.2016 12:16	1.000	82	1475100	88	22.1.2016 08:28	0.500
33	1475179	88	22.1.2016 09:36	0.500	83	1476173	88	25.1.2016 12:54	0.500
34	1475223	88	22.1.2016 11:32	0.833	84	1476197	88	25.1.2016 13:14	0.500
35	1475263	88	22.1.2016 12:07	0.500	85	1476237	88	25.1.2016 13:44	0.500
36	1475326	88	22.1.2016 13:25	0.500	86	1476282	88	25.1.2016 14:09	0.250
37	1475329	88	22.1.2016 13:23	0.500	87	1476296	88	25.1.2016 14:17	0.500
38	1475487	88	22.1.2016 21:00	0.167	88	1476388	88	25.1.2016 18:46	1.000
39	1475492	88	22.1.2016 21:25	0.100	89	1476436	88	25.1.2016 22:04	0.250
40	1475516	88	23.1.2016 01:46	0.500	90	1476446	88	25.1.2016 22:22	0.250
41	1475518	88	23.1.2016 02:04	0.500	91	1476462	88	25.1.2016 23:17	0.250
42	1475526	88	23.1.2016 05:48	0.500	92	1476522	88	26.1.2016 06:05	0.250
43	1475618	88	23.1.2016 17:33	0.167	93	1476524	88	26.1.2016 06:09	0.250
44	1475750	88	24.1.2016 21:11	0.100	94	1476575	88	26.1.2016 06:54	0.500
45	1475751	88	24.1.2016 21:15	0.167	95	1476595	88	26.1.2016 07:15	0.500
46	1475758	88	24.1.2016 21:41	0.500	96	1476613	88	26.1.2016 07:31	0.500
47	1475872	88	25.1.2016 06:36	0.500	97	1476682	88	26.1.2016 08:36	0.500
48	1475888	88	25.1.2016 06:47	0.500	98	1476687	88	26.1.2016 08:38	0.500
49	1476017	88	25.1.2016 08:42	1.000	99	1476717	88	26.1.2016 09:00	0.500
50	1476053	88	25.1.2016 09:08	1.000	100	1476803	88	26.1.2016 11:35	0.500

EK 19: Atölye Tamir Kapsamı Hazırlama İşlem Süreleri

Sıra	İş Emri	Atölye Kodu	İş Emri Açılma Tarihi	İşlem Süresi	Sıra	İş Emri	Atölye Kodu	İş Emri Açılma Tarihi	İşlem Süresi (saat)
1	1464688	88	4.1.2016 06:12	2.000	51	1471891	88	16.1.2016 23:44	1.000
2	1464751	88	4.1.2016 06:44	1.000	52	1471892	88	16.1.2016 23:46	1.000
3	1464767	88	4.1.2016 06:55	1.000	53	1471894	88	17.1.2016 00:02	1.000
4	1464827	88	4.1.2016 07:55	1.000	54	1471907	88	17.1.2016 01:27	1.000
5	1464999	88	4.1.2016 11:20	1.017	55	1471910	88	17.1.2016 05:25	1.000
6	1465007	88	4.1.2016 11:25	1.017	56	1471923	88	17.1.2016 12:18	1.000
7	1465013	88	4.1.2016 11:32	1.000	57	1472109	88	18.1.2016 07:18	1.000
8	1465204	88	4.1.2016 15:01	1.000	58	1472229	88	18.1.2016 09:17	1.000
9	1465336	88	5.1.2016 05:36	1.250	59	1472556	88	19.1.2016 02:37	1.000
10	1465779	88	5.1.2016 17:09	2.000	60	1472803	88	19.1.2016 08:27	1.000
11	1465882	88	5.1.2016 22:41	1.000	61	1472845	88	19.1.2016 08:57	1.000
12	1465990	88	6.1.2016 06:21	1.000	62	1473174	88	19.1.2016 17:21	1.000
13	1466176	88	6.1.2016 08:42	1.000	63	1473221	88	19.1.2016 19:46	1.000
14	1466347	88	6.1.2016 13:15	1.000	64	1473243	88	20.1.2016 03:20	1.000
15	1466385	88	6.1.2016 13:55	1.000	65	1473426	88	20.1.2016 07:08	1.000
16	1466505	88	6.1.2016 19:13	2.000	66	1473432	88	20.1.2016 07:11	2.000
17	1466505	88	6.1.2016 19:13	2.000	67	1473633	88	20.1.2016 09:35	1.000
18	1466553	88	7.1.2016 02:11	1.000	68	1474009	88	20.1.2016 18:54	1.000
19	1467090	88	8.1.2016 03:02	1.000	69	1474116	88	21.1.2016 06:19	1.000
20	1467092	88	8.1.2016 03:11	1.000	70	1474241	88	21.1.2016 07:49	0.250
21	1467102	88	8.1.2016 04:41	1.000	71	1474401	88	21.1.2016 08:54	1.000
22	1467159	88	8.1.2016 06:33	1.000	72	1474407	88	21.1.2016 08:56	1.000
23	1467565	88	8.1.2016 17:47	1.000	73	1474487	88	21.1.2016 13:00	1.000
24	1467657	88	8.1.2016 22:10	1.000	74	1474489	88	21.1.2016 11:01	1.000
25	1467984	88	10.1.2016 18:12	1.017	75	1474757	88	21.1.2016 17:05	2.000
26	1468340	88	11.1.2016 08:32	1.000	76	1474828	88	21.1.2016 20:41	1.000

27	1468353	88	11.1.2016 08:38	1.000	77	1474869	88	21.1.2016 23:16	1.000
28	1468569	88	11.1.2016 13:49	1.000	78	1474879	88	21.1.2016 23:35	0.500
29	1468666	88	11.1.2016 15:08	1.000	79	1475032	88	22.1.2016 07:46	2.000
30	1468969	88	12.1.2016 07:34	1.000	80	1475061	88	22.1.2016 08:01	2.000
31	1469004	88	12.1.2016 07:53	1.000	81	1475100	88	22.1.2016 08:28	1.000
32	1469195	88	12.1.2016 12:43	1.000	82	1475233	88	22.1.2016 11:40	2.000
33	1469196	88	12.1.2016 12:45	0.167	83	1475494	88	22.1.2016 21:29	1.000
34	1469875	88	13.1.2016 12:25	1.000	84	1475516	88	23.1.2016 01:46	1.000
35	1469894	88	13.1.2016 13:12	1.000	85	1475517	88	23.1.2016 01:45	2.000
36	1469909	88	13.1.2016 13:29	2.000	86	1475518	88	23.1.2016 02:04	1.000
37	1470083	88	13.1.2016 20:17	1.000	87	1475529	88	23.1.2016 06:09	2.000
38	1470097	88	13.1.2016 21:29	1.000	88	1475634	88	23.1.2016 20:54	1.000
39	1470109	88	14.1.2016 02:03	1.000	89	1475750	88	24.1.2016 21:11	1.000
40	1470181	88	14.1.2016 06:02	1.000	90	1475751	88	24.1.2016 21:15	1.000
41	1470373	88	14.1.2016 08:32	1.000	91	1475760	88	24.1.2016 21:46	0.750
42	1470429	88	14.1.2016 09:05	1.000	92	1476197	88	25.1.2016 13:14	1.000
43	1470963	88	14.1.2016 23:06	1.000	93	1476328	88	25.1.2016 14:28	1.000
44	1471125	88	15.1.2016 06:56	1.167	94	1476388	88	25.1.2016 18:46	1.000
45	1471213	88	15.1.2016 08:50	1.000	95	1476482	88	26.1.2016 03:01	2.000
46	1471314	88	15.1.2016 12:02	0.967	96	1476489	88	26.1.2016 05:32	1.000
47	1471354	88	15.1.2016 12:49	1.017	97	1476491	88	26.1.2016 05:35	1.033
48	1471426	88	15.1.2016 13:53	2.000	98	1476495	88	26.1.2016 05:38	1.500
49	1471434	88	15.1.2016 14:04	1.000	99	1476722	88	26.1.2016 09:03	1.000
50	1471828	88	16.1.2016 17:22	1.050	100	1476812	88	26.1.2016 11:40	0.500

EK 20: Atölye Hurdaya Çıkarma İşlem Süreleri (devamı Excel dosyasında)

Sıra	İş Emri	Atölye Kodu	İş Emri Açılma Tarihi	İşlem Süresi	Sıra	İş Emri	Atölye Kodu	İş Emri Açılma Tarihi	İşlem Süresi (saat)
1	1468888	88	12.1.2016 06:34	0.050	51	1525928	88	20.4.2016 11:11	2.000
2	1468893	88	12.1.2016 06:39	1.000	52	1525976	88	20.4.2016 12:06	1.833
3	1478632	88	28.1.2016 19:38	1.000	53	1527652	88	23.4.2016 20:59	1.983
4	1483529	88	5.2.2016 05:58	2.033	54	1528471	88	25.4.2016 13:34	1.933
5	1483532	88	5.2.2016 06:07	2.217	55	1528473	88	25.4.2016 13:36	2.117
6	1487679	88	15.2.2016 08:24	1.033	56	1528583	88	25.4.2016 20:32	1.033
7	1487680	88	15.2.2016 08:26	1.267	57	1529026	88	26.4.2016 11:23	0.433
8	1492490	88	23.2.2016 17:55	1.200	58	1529029	88	26.4.2016 11:26	1.983
9	1493390	88	25.2.2016 06:28	1.000	59	1530001	88	27.4.2016 07:44	2.033
10	1495367	88	27.2.2016 09:08	2.033	60	1533289	88	1.5.2016 00:44	1.167
11	1497316	88	1.3.2016 08:32	1.133	61	1533342	88	1.5.2016 11:05	2.000
12	1497331	88	1.3.2016 08:41	0.167	62	1533416	88	2.5.2016 01:57	1.200
13	1497339	88	1.3.2016 08:45	1.633	63	1533785	88	2.5.2016 10:05	0.333
14	1497546	88	1.3.2016 13:12	0.600	64	1534024	88	2.5.2016 13:09	1.083
15	1498721	88	3.3.2016 08:12	2.033	65	1534537	88	3.5.2016 07:32	1.967
16	1499450	88	4.3.2016 05:59	2.033	66	1534539	88	3.5.2016 07:33	1.983
17	1500121	88	5.3.2016 10:58	1.083	67	1534684	88	3.5.2016 10:17	1.917
18	1501053	88	8.3.2016 06:23	2.017	68	1534690	88	3.5.2016 10:19	1.967
19	1501336	88	8.3.2016 11:30	1.083	69	1537177	88	7.5.2016 16:04	2.017
20	1501340	88	8.3.2016 11:34	1.083	70	1537181	88	7.5.2016 16:14	1.950
21	1501390	88	8.3.2016 12:34	2.050	71	1537599	88	9.5.2016 07:34	1.917
22	1501623	88	9.3.2016 03:17	1.000	72	1538134	88	10.5.2016 05:32	1.983
23	1504365	88	14.3.2016 11:02	1.967	73	1538942	88	11.5.2016 06:48	1.983
24	1504366	88	14.3.2016 11:04	1.983	74	1539098	88	11.5.2016 10:19	1.667
25	1504939	88	15.3.2016 06:53	2.050	75	1539612	88	12.5.2016 05:36	1.950
26	1504985	88	15.3.2016 07:36	1.900	76	1540065	88	12.5.2016 13:14	1.683

27	1506311	88	17.3.2016 06:38	0.017	77	1540750	88	13.5.2016 22:45	2.017
28	1507866	88	21.3.2016 06:34	1.000	78	1541149	88	16.5.2016 05:21	1.950
29	1507993	88	21.3.2016 09:02	1.083	79	1543145	88	18.5.2016 18:32	2.150
30	1510424	88	24.3.2016 13:10	1.033	80	1543699	88	20.5.2016 11:23	1.033
31	1510425	88	24.3.2016 13:12	2.017	81	1544227	88	21.5.2016 23:10	1.617
32	1510426	88	24.3.2016 13:15	1.117	82	1545090	88	23.5.2016 15:42	2.033
33	1512221	88	28.3.2016 12:26	1.950	83	1545605	88	24.5.2016 10:34	1.000
34	1512231	88	28.3.2016 12:35	3.000	84	1545640	88	24.5.2016 11:03	1.167
35	1512250	88	28.3.2016 12:53	2.150	85	1545641	88	24.5.2016 11:05	1.050
36	1512285	88	28.3.2016 13:33	1.967	86	1545704	88	24.5.2016 11:56	0.817
37	1514243	88	30.3.2016 12:44	0.167	87	1545712	88	24.5.2016 12:03	0.933
38	1515370	88	31.3.2016 12:26	2.067	88	1545746	88	24.5.2016 12:24	0.900
39	1517251	88	4.4.2016 16:39	1.100	89	1546391	88	25.5.2016 08:03	1.000
40	1517383	88	5.4.2016 04:17	0.500	90	1550081	88	30.5.2016 11:07	2.000
41	1517838	88	5.4.2016 12:46	1.000	91	1550091	88	30.5.2016 11:13	1.983
42	1518434	88	6.4.2016 10:47	1.967	92	1551005	88	31.5.2016 07:51	0.983
43	1520321	88	10.4.2016 10:18	1.933	93	1551402	88	31.5.2016 22:10	1.217
44	1522546	88	14.4.2016 05:31	1.050	94	1551518	88	1.6.2016 05:20	2.033
45	1523223	88	15.4.2016 05:09	0.567	95	1551684	88	1.6.2016 07:05	2.000
46	1524258	88	18.4.2016 06:31	1.517	96	1554592	88	6.6.2016 15:07	1.033
47	1524453	88	18.4.2016 13:40	0.167	97	1554594	88	6.6.2016 15:09	0.983
48	1524691	88	18.4.2016 18:01	2.017	98	1555403	88	7.6.2016 17:02	1.933
49	1524760	88	19.4.2016 03:02	1.950	99	1556571	88	9.6.2016 06:11	1.950
50	1525169	88	19.4.2016 09:58	1.000	100	1556626	88	9.6.2016 06:40	1.783

EK 21: Atölye 124 Adet Komponent Saat Bazında Test İşlem Süreleri (devamı Excel dosyasında)

D717 -02 -001	3250 -81	8184 -1	3214 -62- 10	1741 01-02 -01	4197 -20- 02	LA2K2B100DG0000	C1284 8CA01	4041 -70	6647 0050 0A4D	7121 -19971 -01AC	4197 -20- 04	D717 -01- 100	35- 1H15- 1002	C128 50AC02	196B S101 -1	5822 -21	49 -170 -11	C130 42BA 03	4086 850- 922	C192 98AF 05	E213 27106	8729 2325 V06	35 -0L0 -1003 -06	1700 667D	35 -0L0- 1001 -04	B372 BAM 0515	K282 AAM0 406
6.67	1.50	5.30	1.90	1.50	4.57	4.75	4.50	3.23	6.17	1.97	1.70	4.17	0.50	6.00	6.10	2.00	5.15	5.15	2.78	6.90	4.87	6.25	5.43	4.07	1.28	1.63	2.00
5.00	1.88	8.67	2.00	1.00	2.17	8.50	2.72	2.00	3.20	3.67	3.57	2.52	1.00	6.00	6.62	3.15	6.00	6.00	7.80	9.75	3.00	1.78	4.10	5.00	6.00	8.70	3.50
5.00	2.10	1.00	2.50	9.08	1.97	5.50	6.43	3.43	3.52	4.33	5.00	2.52	0.50	6.00	7.23	2.00	4.25	5.63	5.02	10.48	6.00	13.00	3.17	4.00	4.98	1.65	5.50
6.00	2.43	1.00	2.03	1.28	3.98	5.10	3.32	3.50	6.23	4.27	5.83	3.23	4.50	5.02	5.00	2.00	6.22	5.50	7.87	5.00	9.97	6.50	1.00	11.02	3.08	11.05	2.93
1.50	6.00	1.67	2.93	0.67	2.23	3.65	4.92	4.93	5.15	2.67	4.43	3.43	5.00	3.03	5.15	2.00	7.92	13.92	7.00	1.00	5.25	1.00	2.27	3.20	2.00	11.72	5.50
2.25	3.00	1.00	3.00	3.00	1.85	10.78	2.13	1.00	6.52	3.22	2.38	2.87	4.00	7.50	7.90	3.00	8.03	8.00	7.93	6.43	1.70	1.00	6.47	2.68	5.67	6.90	1.00
6.23	6.47	3.50	1.50	8.00	3.38	5.00	5.25	4.50	2.20	4.17	6.95	2.53	1.00	4.00	8.27	2.00	7.75	2.00	4.00	7.87	2.63	2.17	6.00	4.73	7.35	4.77	2.23
2.33	4.00	3.52	1.02	5.00	6.42	5.67	4.57	3.42	6.00	2.15	8.98	2.18	4.25	6.03	7.43	1.50	12.97	11.32	2.25	7.22	1.30	1.10	2.88	3.07	2.50	8.08	4.00
6.15	0.53	1.80	3.02	2.00	5.90	6.00	4.50	0.58	5.03	4.00	2.23	2.63	1.23	12.95	4.90	1.50	10.73	2.00	3.40	6.13	5.32	6.48	5.13	2.52	3.15	11.05	6.50
6.40	2.35	4.12	2.98	1.00	5.70	10.43	7.00	1.67	4.00	4.05	5.02	2.97	2.93	4.70	6.58	5.07	4.10	2.00	10.05	7.65	9.13	3.00	11.15	4.33	2.60	3.25	0.50
7.68	1.93	1.02	3.45	0.78	6.00	4.42	3.25	5.92	1.95	5.10	3.48	2.48	5.27	7.20	9.63	4.02	4.75	10.82	3.00	5.22	5.85	0.50	2.00	2.17	3.05	9.88	3.00
4.25	1.13	1.50	2.50	3.73	4.92	2.70	5.23	4.40	4.03	5.67	3.00	2.45	4.83	10.33	1.87	4.02	6.37	5.43	3.52	9.95	8.77	0.50	2.95	3.60	1.15	4.25	1.62
6.00	3.05	2.00	3.00	6.00	4.13	12.17	6.22	1.93	4.00	1.50	2.28	2.45	1.00	4.43	5.77	3.28	8.38	4.83	7.93	2.43	5.78	2.33	11.08	3.73	2.93	2.60	6.38
5.63	6.48	1.50	1.50	4.00	4.00	4.68	6.50	4.83	7.03	6.68	3.13	3.18	4.05	6.45	2.00	4.02	9.80	4.57	8.47	16.78	8.10	1.00	3.75	7.07	6.07	2.22	3.03
6.02	5.02	1.50	2.07	3.03	4.17	4.58	8.15	1.63	2.50	4.88	2.47	2.35	18.80	7.28	8.10	2.02	9.95	1.28	3.15	9.37	3.95	1.00	2.72	9.90	2.00	2.48	9.25
8.87	1.28	4.57	3.05	2.03	4.92	9.67	6.02	4.50	8.00	7.08	1.12	2.58	4.77	3.08	8.33	2.02	6.52	11.02	5.50	9.55	6.68	2.00	1.50	5.62	3.57	5.45	1.05
2.42	6.37	1.50	1.05	4.87	1.33	13.85	5.43	6.30	6.00	4.68	4.03	2.20	2.00	2.95	3.60	1.15	10.88	3.48	5.83	12.28	5.35	1.38	4.50	2.47	5.00	6.02	1.50
2.73	2.12	1.50	1.50	5.95	5.50	3.25	2.40	0.63	3.00	4.23	3.18	2.53	3.05	6.23	6.58	1.92	7.70	8.07	6.37	9.02	6.67	1.50	9.83	3.73	4.77	15.08	1.50
2.32	2.17	2.33	1.50	1.38	2.23	5.80	5.63	3.25	5.50	8.32	2.57	2.47	2.03	10.25	8.82	6.10	8.05	4.40	1.03	4.43	11.33	2.55	3.67	3.50	7.18	1.95	1.60
3.00	2.67	1.15	3.63	9.67	2.17	5.03	4.83	1.93	4.35	4.58	1.47	2.17	2.02	10.33	9.77	1.43	6.60	3.03	2.08	6.30	8.08	1.00	3.00	5.52	0.50	7.90	10.48
2.65	1.90	3.72	3.00	5.55	6.20	1.75	2.17	7.88	4.33	1.28	1.93	3.32	3.05	4.52	6.28	3.52	4.77	9.47	5.08	2.50	5.72	1.62	1.00	11.32	2.53	10.18	3.87
1.52	6.92	2.00	2.28	5.53	2.53	5.50	1.00	4.17	2.02	8.17	4.03	3.60	3.03	7.78	6.98	0.52	10.32	2.50	5.00	5.95	22.47	1.93	0.50	3.82	2.25	6.00	1.02
2.02	4.77	2.37	3.00	8.53	2.87	5.00	4.67	4.68	1.32	1.48	4.13	3.25	10.52	10.03	7.53	1.17	10.20	6.28	5.42	9.58	5.57	0.78	7.23	5.85	6.87	4.02	1.50
1.97	5.62	2.17	3.03	12.72	6.30	8.02	10.70	7.67	3.27	4.62	1.85	2.78	0.50	1.20	5.88	2.17	2.08	12.78	3.83	8.32	4.72	1.50	2.88	5.00	4.25	3.02	2.60
5.00	2.38	7.03	2.40	3.87	1.50	5.58	5.12	3.78	4.32	3.50	3.72	2.85	3.00	0.82	6.10	0.50	4.12	4.67	6.00	19.70	3.22	3.47	4.60	3.02	3.13	2.28	7.72
2.05	6.68	1.55	1.73	0.83	3.42	5.83	3.70	4.10	7.47	6.47	2.42	2.92	0.50	16.47	9.10	2.90	7.28	12.53	8.42	5.73	5.22	4.07	1.02	11.00	5.68	7.55	9.98
7.73	2.47	2.17	4.57	5.92	2.78	4.10	4.50	2.00	3.38	1.42	6.37	3.58	2.62	12.58	7.25	1.00	8.62	4.50	4.67	13.55	2.25	1.50	3.18	4.90	3.68	4.95	2.45
6.32	3.27	2.30	9.47	8.90	1.70	3.18	8.60	1.55	4.55	13.93	2.38	1.60	1.00	11.18	6.58	1.95	6.13	3.30	13.08	20.72	5.05	1.18	3.23	2.02	15.70	6.40	1.22
2.08	4.25	2.05	4.50	9.73	2.40	5.00	2.03	3.80	8.83	1.10	9.35	3.65	6.60	11.55	7.98	1.23	10.25	3.42	3.80	6.13	13.83	3.78	3.40	3.62	8.08	15.02	2.53
7.67	3.52	1.30	1.00	2.45	4.23	7.00	6.23	5.40	6.90	3.38	1.77	2.38	7.62	11.78	9.15	1.28	4.03	9.63	12.67	9.48	14.87	2.60	1.95	4.53	4.23	7.62	8.10
7.50	1.02	4.90	1.50	2.22	1.38	8.80	9.30	7.95	5.83	6.07	1.75	2.82	1.00	12.83	7.20	5.60	4.60	4.63	6.30	9.65	5.83	6.13	19.20	5.80	7.07	3.37	9.73
2.00	3.87	2.93	2.00	6.93	4.53	2.72	3.18	4.08	2.00	5.70	2.85	2.57	5.37	16.27	6.62	1.63	10.05	4.68	6.32	8.33	5.10	0.05	2.02	5.27	4.17	8.72	1.47
2.42	2.07	1.07	1.00	2.67	1.95	4.33	3.37	6.40	1.22	2.28	1.70	2.87	4.23	10.32	8.82	3.57	10.90	7.13	6.45	4.25	7.73	2.45	3.90	2.03	2.72	3.70	1.95
2.27	4.35	0.13	1.50	11.20	3.57	6.03	8.02	10.50	4.07	4.13	3.77	3.07	1.05	5.52	9.25	2.87	13.88	5.57	1.00	10.70	5.65	2.75	3.45	12.30	2.58	15.90	5.95
2.02	4.85	2.82	2.82	4.92	2.22	6.67	6.22	3.57	5.15	4.25	1.87	2.95	0.50	6.43	6.38	1.20	10.93	1.02	11.35	13.35	7.22	4.50	1.87	1.55	5.87	9.08	3.78
3.27	6.00	3.48	3.40	0.50	7.78	3.02	11.82	2.23	2.33	12.33	1.78	3.70	5.58	15.42	8.63	0.73	8.63	4.05	6.03	17.77	7.27	2.10	2.92	9.53	5.28	14.38	2.65
6.00	6.50	0.48	2.00	3.25	6.43	12.83	6.15	2.55	9.83	2.90	5.98	2.90	5.75	3.17	8.03	1.55	13.55	9.07	3.23	9.10	4.32	5.27	6.03	6.30	8.40	7.45	2.45
5.00	8.13	4.20	2.00	4.62	1.95	4.78	3.42	4.38	3.02	2.00	2.32	2.40	6.10	2.78	7.07	4.77	7.83	7.00	8.68	4.23	7.20	1.50	2.60	1.10	6.77	2.03	1.50
5.25	1.80	2.20	1.50	5.17	4.20	7.30	2.03	2.43	6.00	5.15	2.07	3.28	0.33	7.73	10.03	1.55	10.73	2.33	7.75	11.52	8.90	2.00	8.15	6.33	1.77	4.27	2.83
6.00	1.43	3.20	2.57	1.00	8.12	6.90	5.78	2.70	3.12	7.43	5.77	2.73	0.33	4.07	11.43	2.78	16.70	4.92	4.25	7.92	12.92	6.82	1.83	6.53	5.03	4.43	2.62

5.00	1.80	1.90	2.93	5.73	3.97	11.73		4.28	5.43	5.10		2.67	2.30	2.77	1.23	3.00	3.70	2.17	1.00	4.28	1.62	3.85	2.42	1.25	1.00	5.60	10.32	8.82	6.68
6.12	1.90	1.48	0.50	1.03	4.27	11.33		2.00	2.85	4.82		5.68	3.23	3.75	9.72	2.00	9.02	4.20	23.88	2.10	8.62	10.20	15.13	1.05	2.60	6.67	6.75	4.03	15.92
5.15	2.15	3.23	3.18	0.50	1.15	5.93		4.28	2.85	3.95		1.28	3.97	2.35	1.00	4.00	10.13	2.20	8.85	2.02	5.05	9.47	11.57	1.57	6.38	5.08	5.73	4.07	1.17
5.00	2.53	4.05	8.22	3.43	2.78	10.63		6.05	6.57	3.45		1.55	4.57	2.85	5.70	3.58	2.37	5.50	12.35	2.53	13.45	5.87	11.10	1.60	4.52	5.33	2.27	1.25	3.42
6.78	8.03	2.10	0.50	8.65	2.92	7.23		3.00	4.67	5.50		6.12	3.60	2.25	5.15	1.52	8.90	3.15	12.82	2.93	16.32	6.43	8.02	5.78	1.77	14.42	4.87	2.45	5.35
3.08	2.35	3.88	1.65	1.10	1.50	7.67		4.05	5.13	4.15		6.73	3.62	3.52	9.82	14.72	6.72	2.55	10.58	6.32	6.02	16.43	5.75	1.27	2.93	4.48	7.95	13.65	5.27
4.12	4.27	1.95	5.67	4.40	4.25	4.97		3.43	1.37	4.07		1.62	5.48	2.98	6.68	10.33	7.40	2.00	8.38	7.67	15.37	4.75	10.15	1.15	7.47	2.52	6.95	7.98	4.52
2.48	5.62	3.17	2.97	0.48	5.18	5.02		3.85	1.90	4.02		3.87	3.77	2.57	7.57	8.62	6.55	1.63	10.28	6.77	6.38	6.02	3.50	1.25	2.95	3.93	2.58	9.53	7.45
3.12	3.58	5.77	5.35	3.70	8.55	10.00		6.38	1.82	4.90		2.40	4.63	3.17	7.35	9.63	9.15	2.00	2.77	3.95	1.78	6.57	4.80	5.90	8.17	1.00	3.57	11.15	3.03
7.75	5.70	2.10	1.08	6.65	4.17	3.32		6.45	2.18	6.27		5.22	3.48	1.98	6.00	5.63	4.40	1.25	28.68	9.83	15.77	4.75	15.33	0.67	2.15	5.20	3.18	5.33	3.53
1.60	3.58	3.47	0.12	3.80	1.92	13.00		10.90	3.52	4.03		4.38	3.80	2.98	6.00	11.30	14.00	1.50	10.02	4.08	12.88	12.22	7.78	1.22	5.58	6.82	4.87	1.67	4.10
3.75	8.70	6.73	2.58	1.02	1.28	4.63		4.43	2.38	4.00		2.00	5.70	2.83	9.18	6.82	7.82	3.37	2.77	1.62	3.30	4.35	7.58	1.47	4.53	3.35	2.20	3.05	4.83
4.68	1.07	2.37	2.03	5.05	1.82	7.92		1.43	6.60	5.52		8.23	4.68	3.12	5.20	9.53	5.43	2.37	13.42	3.62	6.40	5.88	14.93	4.02	6.53	6.00	4.60	2.85	4.52
4.08	2.73	3.88	1.73	5.35	1.48	5.90		3.45	1.50	7.47		6.58	5.90	2.88	7.13	10.82	4.83	2.40	8.37	2.70	9.20	4.25	10.92	6.33	3.70	4.15	9.50	9.85	4.67
8.97	2.58	3.65	1.47	1.00	7.63	9.48		4.03	3.50	5.02		4.13	6.65	2.62	6.62	3.73	5.47	1.52	6.60	9.42	13.37	16.02	11.07	7.17	5.02	5.83	3.70	3.00	5.22
2.70	1.00	2.52	1.23	3.15	5.62	7.37		5.30	6.45	5.25		2.22	4.50	2.65	2.22	3.02	7.25	2.68	7.22	2.60	5.47	13.33	8.92	4.53	7.87	5.65	0.67	6.42	4.75
3.08	1.85	2.73	5.37	0.25	4.82	6.25		4.13	2.70	6.72		3.27	5.90	2.87	8.23	7.08	8.83	1.52	15.30	2.57	1.00	13.22	6.23	5.55	2.20	5.23	7.92	11.47	5.32
2.17	1.77	2.82	3.98	3.42	6.92	8.72		4.38	2.33	2.50		5.57	3.70	3.42	6.33	5.05	11.32	2.07	7.93	1.53	5.43	22.47	2.67	8.57	2.10	6.00	2.48	3.70	11.08
9.82	2.65	5.62	1.87	2.90	5.57	5.43		2.18	8.23	9.70		4.83	5.47	2.23	1.62	3.70	7.18	2.18	17.15	5.98	9.27	5.75	8.28	6.80	3.18	2.42	3.15	4.13	1.40
2.93	1.62	2.20	4.08	10.77	2.67	3.07		3.27	1.33	2.00		2.00	2.13	2.70	1.90	9.62	6.20	1.18	12.47	7.15	7.67	7.87	13.27	1.17	6.93	1.50	5.12	13.63	0.93
8.85	2.58	3.40	3.95	11.08	7.20	11.85		3.28	4.20	8.02		6.03	3.27	2.62	0.17	2.00	9.17	2.38	9.78	5.98	1.00	2.00	1.80	3.37	3.60	5.65	5.20	3.08	6.05
3.72	3.72	3.22	3.68	1.07	6.48	3.00		5.68	4.33	2.32		3.23	1.82	2.80	6.60	5.73	13.98	7.50	2.50	5.18	2.03	14.68	12.85	7.27	1.88	3.65	4.00	6.87	7.10
1.97	3.12	4.02	3.32	3.85	2.47	7.23		2.87	2.88	6.37		2.88	5.45	2.72	3.55	16.20	8.28	0.57	1.62	1.78	6.10	5.73	8.00	1.20	1.55	3.93	3.98	2.10	3.40
0.07	2.78	2.90	1.70	0.82	6.87	5.10		6.22	6.87	3.95		6.85	6.57	2.62	10.30	11.97	6.72	1.33	10.48	8.22	7.73	4.15	0.33	3.88	1.78	4.22	4.10	7.73	6.37
3.77	3.22	2.27	0.50	4.10	4.95	3.47		4.80	3.98	5.42		3.63	2.52	8.05	2.00	8.80	8.45	2.05	7.42	17.43	7.73	13.78	3.57	2.85	2.28	4.25	4.50	6.22	3.33
2.90	1.08	3.18	2.00	2.92	4.12	8.43		5.40	6.37	4.38		15.15	3.62	2.82	4.57	9.73	6.50	1.32	7.58	1.18	9.28	18.95	7.63	6.65	4.45	4.93	4.48	7.82	14.93
3.60	3.40	4.85	1.02	6.75	2.52	13.67		9.87	3.75	1.47		5.98	2.47	2.58	4.62	10.02	6.00	2.15	8.25	4.05	3.00	8.58	3.88	5.97	2.78	6.88	1.48	4.32	13.23
3.68	4.40	2.92	0.67	5.52	2.35	6.25		5.47	1.90	6.55		5.98	2.65	1.52	2.43	11.88	5.08	4.20	9.33	2.18	15.27	1.08	2.78	4.35	1.53	2.90	1.45	4.80	2.02
2.07	5.08	4.75	0.17	2.90	6.75	7.70		7.30	4.73	11.40		10.22	4.72	3.07	7.15	9.38	5.22	2.10	6.32	6.57	8.23	4.40	6.93	1.98	6.62	4.78	2.92	4.10	6.50
2.83	2.83	1.25	1.93	1.80	3.15	4.27		4.85	7.05	16.05		7.20	3.65	1.27	4.28	3.60	8.63	2.33	3.43	2.92	4.75	10.08	0.40	1.98	3.32	6.13	3.77	6.00	6.83
1.55	2.67	2.17	1.32	3.67	1.22	7.32		14.37	3.57	12.67		6.97	3.35	2.75	3.87	7.73	8.87	1.35	11.62	8.23	1.37	4.17	1.43	2.18	4.10	4.30	4.35	9.83	5.33
4.05	3.37	1.88	0.90	7.93	2.83	4.48		6.07	3.88	4.60		3.08	1.80	2.22	4.37	8.63	7.92	2.52	4.40	7.15	6.60	6.03	8.87	2.02	4.70	4.50	3.77	2.03	10.70
1.88	7.77	7.35	7.00	6.35	3.30	13.62		5.87	6.68	5.85		10.02	4.17	4.45	2.38	7.07	7.23	1.33	8.00	2.00	4.40	7.53	2.27	3.00	2.00	7.97	5.50	7.75	3.67
2.42	4.88	3.15	0.73	10.62	1.90	5.43		2.87	2.93	6.05		10.47	7.15	1.32	4.47	5.07	9.92	2.95	9.83	6.10	5.73	16.50	2.28	4.33	1.17	10.88	1.70	8.98	2.58
2.07	1.52	2.63	0.17	4.45	3.42	7.43		3.38	2.97	8.43		2.68	5.68	1.42	4.43	5.22	4.00	2.00	4.60	2.42	12.93	4.90	2.95	2.48	1.83	3.80	2.08	6.52	8.15
3.53	7.18	3.05	0.87	3.77	5.02	9.33		2.42	5.15	7.97		15.53	7.35	2.43	4.00	4.00	8.67	2.07	12.83	6.52	7.10	4.43	2.12	0.87	6.17	2.68	1.67	5.28	3.07
3.07	6.87	1.25	0.87	8.33	4.63	8.43		2.23	0.33	6.20		9.02	3.63	1.52	2.80	3.72	3.33	1.45	8.20	0.97	9.37	3.37	5.08	1.35	4.68	4.67	2.82	6.32	5.67
3.07	4.55	1.58	0.70	5.97	4.27	7.10		5.50	2.23	6.13		7.58	4.98	1.47	3.87	6.10	7.67	2.85	4.45	7.43	10.28	8.92	3.93	1.52	1.50	5.02	2.52	5.32	4.73
2.15	6.63	1.53	0.17	4.32	1.82	3.87		5.77	2.18	7.00		1.48	5.77	1.55	7.52	4.40	9.27	0.85	3.17	3.23	3.92	6.83	6.03	2.00	2.00	6.73	2.58	5.55	1.45
2.53	3.35	6.42	4.55	7.50	6.48	3.48		2.78	2.92	1.82		6.33	3.22	2.17	3.40	6.70	5.92	3.53	2.28	4.67	4.95	2.92	2.65	7.67	1.42	5.47	2.88	2.37	2.38
2.20	2.72	2.02	3.37	4.65	3.25	3.50		3.05	3.57	3.13		4.73	1.65	1.42	5.28	4.73	10.75	3.25	7.38	3.27	2.83	7.15	2.72	4.50		3.47	4.43	2.98	8.03
2.07	2.95	1.48	1.40	8.07	5.17	2.00		3.63	1.85	10.02		10.67	6.20	2.27	3.08	7.68	8.97	1.03	7.75	5.43	3.38	4.90	4.98	9.45		4.57	3.38	5.00	8.23
3.03	2.18	2.40	0.92	4.98	3.40	1.48		1.78	3.52	5.40		10.73	3.00	3.38	8.13	10.08	9.55	0.75	7.02	8.58	2.97	4.15	2.13	2.83		3.98	13.53	2.67	7.50
2.62	5.18	3.28	2.77	7.20	5.07	9.65		8.48	1.78	4.98		7.35	3.00	2.93	6.63	6.97	5.98	3.22	1.30	6.40	4.42	3.60	4.92	1.22		3.18	5.08	3.73	2.87
7.33	2.97	2.48	3.00	4.23	5.28	10.63		8.35	1.83	3.47		4.20	3.67	2.12	7.47	13.80	8.03	0.63	6.72	6.63	4.32	3.85	6.17	6.33		3.75	3.08	6.58	4.85
1.98	2.75	3.10	3.00	5.00	2.00	5.63		3.80	1.52	7.77		1.92	5.32	3.25	8.28	5.68	9.17	1.53	10.00	2.73	6.00	5.48	11.95	3.00		3.72		3.33	7.53
2.83	2.53	3.42	3.00	3.25	2.07	9.58		4.22	2.25	10.32	</																		

2.70	3.77	3.35	2.38	6.12	3.90	2.50	5.37	2.73	3.25	7.35	2.10	1.00	1.37	11.02	6.68	3.13	7.37	8.55	4.10	1.88	8.78			5.75		2.08	5.33
8.33	4.13	3.55	2.50	4.88	0.67	1.97	3.87	0.95	7.63	7.38	2.85	5.65	1.37	8.83	8.58	3.57	7.13	1.82	3.02	2.50	6.57			6.22		3.48	6.10
2.95	3.78	5.55	8.05	4.63	3.42	4.32	5.48	3.80	5.82	2.78	5.97	1.00	4.82	6.27	8.10	2.18	6.80	2.37	2.23	6.75	3.67			3.28		4.00	4.28
2.78	2.73	1.63	2.13	3.95	2.12	8.18	5.15	2.75	5.27	3.73	7.37	1.60	4.58	4.50	7.73	4.47	5.43	3.38	6.03	8.43	4.72			4.50		4.08	5.00
2.00	0.95	3.03	3.75	6.70	1.20	6.55	6.68	1.87	3.72	6.82	4.93	5.27	2.82	7.78	7.63	3.58	6.48	9.27	4.95	3.27	2.27			6.25		3.88	4.53

EK 22: Atölye 124 Adet Komponent Saat Bazında Tamir İşlem Süreleri (devamı Excel dosyasında)

D71 7 -02 -001	325 0 -81	818 4 -1	321 4 -62- 10	1741 01- 02 -01	419 7 -20- 02	LA2K2B1 00DG000 0	C12 84 8C A01	404 1 -70	664 7 005 0 0A4	7121 - 199 71 - 24	419 7 -20- 04	35- 1H5 - 100 2	C12 8 50A C02	196 B S101 -1	582 2 -21	49 -170 -11	C13 0 42B A 03	408 6 850- 922	C19 2 98A F 05	E21 3 271 06	872 9 232 5 V06	35 - 0L0 - 100	170 0 667 D	35 - 0L0 - 1001	B37 2 BA M 051	K28 2 AA M0 406
3.5	3.33	1.96	2.16	10.5	2.5	10.33333	5.85	6.68	4.81	7.5	4.28	4	8	7.63	3	7.25	13.7	12.8	10	5.4	2	1.25	15	2.6	1.01	5.5
8	3.18	3.4	2.01	6.3	2	3.666667	7.33	5	7.4	8.25	2.95	2	6.01		1.55	8.5	6	5	7.61	17.5	8.2	4.8	3.45	5.01	7.03	7.63
4	3.51	4.83	2.03	6.11	2.5	5.016667	14.7	5.53	3.96	5.26	4	2.03	7.15		2.56	4.61	3.5	5.96	0.08	1.5	7.91	1.46	6	6.23	5.98	15.6
3	5	3	3.18	3.43	2.16	1.066667	2	6.05	3.46	5.88	2.35	0.4	8		3	6.78	9	17.5	4.18	2.2	5	3.66	9.35	13.1	7.01	2.5
5.5	5	5.76	2.1	27.2	5	8.35	4.63	3.91	2.98	14.2	5	1.16	14.6		3.01	17.0	4.96	4.71	3.65	5.01	4.06	4.83	3.71	5.1	5.86	3.5
1.65	5	4.43	3	4	2.63	1.266667	5.98	5	4.36	9.2	2	2.05	2.21		3.03	2.61	6.26	8.35	4	1.45	2	0.11	3.66	2.11	5.16	7
1.33	3	5	3.25	3.71	5.31	1.55	11.5	3.68	6.3	7.6	1.83	1.93	11.2		2.81	5.13	7.38	6.08	7.56	4		10.4	3.43	9.48	3.53	5.61
4.88	4	2.5	4.96	13.7	4.2	6.6	3.8	3	5.66	8.78	2.26	3.48	16.6		3	6.86	6.15	4.98	25.6	4.3		4.76		10.5	16.2	3
1.85	12.7	5	2	4	3.18	12.66667	1.53	5.8	6.25	4.66	4.08	4.75	5.28		3.01	18.6	4.3	11.7	8.16	2		6.9		13.1	10.3	2
9.65	3.05	2.5	1.05	7	1.1	5.8	7.55	5.13	4.03	9.25	1.15	4.08	6.38		2	1	9.03	8.3	9.5	2.45		6.18		3.93	6.86	4.13
4.98	4	3.33	0.5	5.66	3.53	32.35	2.26	7.4	6.85	7.8	1.66	2	7.23		1	5.81	5.61	0.05	7.85	5.88		6.96		4.11	5.5	2
3	5.01	3.66	0.5	11.5	1.25	0.85	3.86	3.66	4.06	6	1.03	6	15.8		3	2.66	12.7	5	8.58	5.43		3.3		4.55	6.6	3.01
3	3.38	5.16	2.01	6.7	1.73	9.883333	3.08	8.88	3.7	11.2	2.46	2.01	15.2		3.5	10.3	3.5	2.63	5.26	3.66		12.6		3.93	7.23	1
8.7	1.63	5.51	3.25	9.08	3.13	4.35	4.1	6.2	2.25	8.68	2.76	3.08	2.01		3	3.81	30.9	0.03	5.38	3		2.51		5.46	7.48	6.2
1.08	5.45	3.23	3.25	4.75	1.85	15.43333	10.5	1.33	8.56	16.2	0.91	5	15.1		2	2.61	6.48	8.63	6.9	5.66		6.15		7.8	20	2.88
1.48	4.3	5.31	2	2.45	3.25	3	7.16	4.98	5.45	10.5	3.96		8.4		2	2.3	6.45	2.45	4.86			2.23		5.5	3.2	7.2
1.78	2.98	3.61	3.96	5.41	1.96	1.133333	4.8	4	8.2	9.16	1.48		14.7		3.36	3.4	9.65	1.08	6.66			2.51		8.56	2.2	5.55
4.9	6.05	3.2	3	5.68	0.1	10.58333	10.6	5.48	9.15	8.41	0.48		6.3		1	11.1	10.6	2	11.8			6.5		1.18	0.48	14.8
1.53	6.16	3.01	3	5.11	4.1	4.083333	4.05	3.21	3.65	14.7	1.25		10.1		4.83	2.75	2.95	4.66	3.73			4.63		3.5	9.81	4.1
3.21	4.18	4.13	0.5	1.06	2.18	6.733333	8.68	2.65	4.2	8.88	1.53		34		1.45	3.96	8.76	4.9	4.23			3.4		1.56	3.45	6.23
1.56	1	3.76	0.5	5.96	4.05	2.533333	9.2	2.2	4.13	11	1.85		7.8		2.21	3.08	10.2	4	7.73			4.58		3.46	2.56	14.3
1.96	0.81	5.5	2	12.9	2.31	3.1	8.01	2.66	5.18	11.9	0.41		7.56		1.41		22.6	7.15	5.96			7.43		4.98	0.96	11.1
2.05	2.73	6.68	1	11.6	6.93	2.316667	1.31	2.4	1.21	6.55	1.31		6.16		1.61		10.4	4.83	6.48			3.18		7.96	5.15	10.2
4	3.98	11.8	2.1	7.05	2.26	5.95	10.0	1	6.63	17.4	6.66		10.1		3.65		4.4	4.01	3.08			6.06		3.16	4.01	5.88
2.03	3.61	0.46	1.43	8.18	1.31	6.483333	5.36	2.13	4.75	13.3	2.61		2.93		1.21		9.6	2.08	8.7			6.56		1	2.55	4.03
2.35	3.63	2.75	2.08	4.46	1.6		5.81	4.33	3.33	12.0	1.68		22.3		2.66		5.25	5.06	10.1			5.9		1.93	2.25	3.75
1.41	4.88	2.7	2.75	2.31	2.8		5.15	3.2	3.11	15.2	2.71		7.61		5.66		12.1	1.53	7.75			5.05		6.45	4.16	7.11
8.18	6	3.93	1	6.33	2.41		14.7	1.2	1.15	13.0	1.45		13.0		2.8		5.15	0.75	4.68			3.86		0.75	3.66	2.46
1	3.01	4.28	2.33	4.45	3.11		6.9	3.15	2.53	6.61	7.03		10.6		5.98		6.03	1.93	1.01			10.1		3.01	2.93	6.08
1.75	2.2	1.16	3	1.88	1.28		15.6	1.91	3.55	7.7	1.38		7.71		4.06		5.98	2.25	7			3.06		1.5	2.21	3.01
2.36	2.33	3.51	4.16	3	8.83		2.33	1.51	4.41	8.5	1.2		7.41		4.36		6.23	8.25	10.9			7.65		6.38	3.5	2.05
1.25	2.41	4.16	3	8.06	4.13		7.71	3.7	3.11	4.36	3.35		14.9		5.76		5.63	2.9	9.01			12.7		0.36	1.51	5.25
2.03	0.93	3.5	3.5	3	3.33		2.41	2.28	4.91	17.3	1.31		7		3.08		3.21	3.5	2.58			5.21		0.61	1.68	11.8
11.2	2.8	6.28	4	4.03	6.11		3.31	2.05	5.23	10.5	2.46		11.3		3.71		4.16	8.86	3.25			2.56		0.51	1.43	4.8
5.65	1.01	4.11	3.85	6.31	1.96		18.5	6	5.75	5.75	3.7		3.68		5.28		5.71	0.75	2.98			1.06		1	3.8	3.61
2.55	1.5	2.18	2.5	6.06	2.61		10.6	2.45	5.58	16.9	2.1		10.6		3		6.96	3.33	2.73			4.38		1	1.96	2.86
4.03	1.33	2.4	0.5	4.08	0.26		6.16	1.55	4.73	5.41	2.21		3.86		4.06		5.48	4.31	1.5			2.2		8	3.75	3.5
3.05	2.21	1.38	0.5	4.93	2.73		5.26	2.2	3.28	16.3	3.98		8.56		1.88		6.66	4.21	2.35			1.3		0.66	4.83	5
8.51	1.06	2.63	3	5.63	4.8		1.11	3	2.2	7.88	2.18		10.9		0.61		5.66	2.66	6.73			1.15		0.41	9.56	5.98

4.25	1.35	3.75	0.5	7.46	2.43		5.11	0.46	3.03	8.71	1.73		5.68		2.28		5.78	2.01	2.63			4.26		2	13.6	5.96
2.45	0.53	2.03	0.53	3.76	2.45		7.23	3.86	5.86	10.9	0.85		9.78		1.13		5.78	7.33	3.38			0.13		1.18	5.35	6.83
7.55	5.56	10.2	5	5.45	2.71		4.25	7.38	5.58	9.2	5.75		13.9		2		9.11	4.86	2			0.33		4.4	11.2	7.16
12.9	3	13.1	0.48	5.51	4.5		5.58	2.88	5.6	8.7	2.26		15.6		1.41		2.28	2.91	9.41			8.68		1.28	4.5	5.56
2.43	4.05	1	0.33	4.15	1.7		1.2	2.38	5.66	9.45	3.5		11.0		0.55		6.11	3.08	2.91			1		0.5	2.2	2.16
3.06	1.35	7.4	1.93	5.61	2.06		4.16	3.25	1.56	7.38	3.28		10.1		1		6.08	4.81	10.5			3.16		0.58		2.53
6.48	4.86	2.16	0.25	4.85	2.56		11.7	2.08	3.95	7.35	4.73		9.76		2.4		5.25	2.78	6.41			1		0.45		5.95
3.21	1.06	2.41	4	7.98	2.36		7.91	2	3.41	20.0	3.16		6.26		3.9		2.8	4.21	3.41			2.5		0.56		4.01
1.58	1	3.26	0.31	4.81	3.18		2.95	3.91	3.98	11.6	5.95		27.8		3.03		2.15	2	4.45			1.31		1.43		0.41
3.18	3.31	2.68	0.25	5.16	4.4		7.86	4.13	3.63	3.1	4.05		13.2		1		12.5	4.6	4.21			1				3.01
2.48	1.7	2.08	1.98	1.75	4.7		7.7	4.2	3.26	8.58	1.31		3.98		2.48		4.28	3.75	9.48			0.95				3.2
1.11	1.71	4.36	2.26	5.5	3.03		9.01	8.45	2.83	1.41	3.23		6.55		0.25		8.48	4.63	4							7
1.46	2	2.05	1.7	9.06	4.35		4.81	13.6	3.93	12.7	1.3		6.31		1.56		5.26	1	2.68							3.31
1.13	3.38	2.35	3.66	9.16	5.78		6.11	3.98	5.96	16.2	1.96		21.7		2.45		6.71	4.9	2.6							
2.11	1.3	2.28	3.96	6.73	1.15		3.7	5.35	5.3	8.48	6		19.6		3.1		4.5	3	8.06							
1.58	1.83	3.5	2.2	2.88	1.46		3.05	6.45	2.55	1.9	2.33		16.1		0.83		2.5	5.05	3.7							
1.35	3.88	2.01	3.75	3.88	5		4.01	7.28	4.25	7.91	3.25		7.51		1.25		4.95	2	3.01							
8.83	7.23	2.21	2.11	2.68	2.61		1	1.11	3.35	6.91	1.5		11.8		2.05		2.5	3.55	6.45							
8.96	0.75	4.05	0.3	3.63	3.01		5.35	1.9	2.03	15.7	1.5		10.9		2.45		3.63	4	5.5							
1.5	1.93	3.5	4.23	4.8	3.96		1.1	4.76	3.81	3.46	0.5		6.45		2.86		4.86	4.8	5.21							
3.03	1.51	3.33	1.01	10.4	2.21		8.41	5.33	4.25	6.53			5.95		2.5		2.28		4.26							
2.4	2.25	5.66	0.66	0.9	2.83		7.65	3.08	5.28	5.53			4.06		5.03		3.18		3.41							
1.95	2.05	5.86	3.06	7.18	4.08		3.31	2.28	3.26	9.75			6.61		5.35		12.7		7							
1.86	3.75	4.31	2.53	4.66	1.01		6.4	2.5	5.81	5.9			15.5		6.41		3.83		5.1							
1.76	2.81	3.43	1.21	3.65	2.33		2.86	2.01	3.93	4.6			5		2.5		1.55		4							
4.05	3.85	4.26	6.7	9.91	1.96		2.5	4.11	4.11	5.28			3.16		4.9		4.56		4.43							
1.75	2.65	3.95	3.66	4.9	3.78		8.61	4.75	12.7	5.51			5.7		1.78		2.43		4							
6.16	1.11	6.1	1.03	7.41	4		0.8	1.88	4.76	3.56			6.5		4.43		5.18		1.16							
1.68	1.85	3.15	3.18	4.41	2.5		7.01	2.88	4.61	10.4			8.3		3.65		8.98		2.33							
1.25	1.53	4.45	3.21	3.01	0.85		8.21	6.23	3.16	6.96			5.5		4.8		0.85		3.3							
1.26	6.16	4.05	2.9	7.68	3.03		3.25	4.93	5.4	0.95			5		2.93		3.28		2							
1.38	1.55	2.8	2.66	1.5	4.08		12.3	2.56	3.43	2.28			2		2.73		1.73		8.75							
1.61	4.98	8.3	0.95	3.51	3.01		5.91	1.85	2.43	3.05			13		2.43		2.06		3							
1.4	4.23	3.3	1.01	5.4	2		5.16	6.36		4.33			4.03		8.5		5.46		2.18							

EK 23: Atölye 124 Adet Komponent Saat Bazında Modifikasyon İşlem Süreleri (devamı Excel dosyasında)

D717-02-001	LA2K2B100DG000	E21327106	87292325V06	35-0L0-1003-06	35-0L0-1001-04	35-0L0-1002-05	E21327006	HG2050AC07	174101-02-	K282AAM0305	2042M67P02	760SUE2-4	B397BA M0619	2042M67P04	LA2E50700C9000	3945128215
1.000	2.933	1.950	6.700	4.317	4.300	2.000	3.300	4.067	4.000	5.900	1.983	3.000	0.250	3.050	4.000	4.117
1.000	1.767	10.117	11.000	4.000	4.500	4.300	2.500	5.000	4.000	17.933	4.000	3.000	8.533	9.267	4.167	4.533
0.900	2.300	3.833	3.000	3.983	6.883	0.933	2.333	5.033		8.117	1.483	4.000	3.567	1.800	3.017	3.950
0.900	1.717	4.383	4.083	1.917	4.000	2.000	2.000	5.033			2.033	2.000	3.050	1.983	5.667	3.767
1.000	4.017	6.667	3.083	4.000	10.417	2.000	3.200	5.967			1.650	3.000	3.617	2.000	3.833	3.667
0.933	0.667	4.000	4.000	4.000	3.750	1.633	7.267	13.167			1.517	3.500	5.883	4.100	6.017	4.317
1.000	2.617	4.000	3.417	1.267	3.867	1.633	14.30	7.500			1.517	3.500	3.467	2.000	3.567	3.983
0.900	4.017	3.733	6.400	0.500	6.917	2.000	4.300	5.717			3.000	5.967	2.933	3.450	9.583	3.917
1.050	2.867	4.133	5.367	4.000	4.000	1.983	8.700	6.967			3.367	9.483	2.967	3.000	7.000	4.183
1.000	2.017	6.250	4.000	4.033	4.000	2.517	9.467	9.033			2.000	3.000	2.000	3.000	2.483	4.583
5.000	2.217	8.333	4.500	4.000	4.000	2.850	7.133	4.667			4.483	1.500	3.500	2.000	1.150	7.933
5.000	1.533	8.800	3.500	5.300	5.067	1.917	8.333	7.433			2.000	3.500	4.017	2.000	5.850	3.567
5.000	1.533	0.817	3.500	4.000	4.067	3.583	4.967	5.917			3.000	3.000	3.517	2.500	6.167	4.217
5.000	9.967	5.133	3.500	4.533	5.583	2.000	4.967	4.150			2.000	3.983	6.000	2.500	4.133	6.133
5.000	7.300	8.750	7.317	3.783	4.383	4.000	8.033	5.800			3.000	3.500	5.867	2.000	4.217	3.850
5.000	1.533	4.000	6.733		6.617	2.983	6.733	6.433			2.167	3.500	1.683	2.517	6.567	3.550
5.000	3.883	7.833	3.633		4.250	1.000	3.800	4.050			3.000	4.067	3.033	2.450	8.000	3.417
5.000	1.800	5.267	3.500		4.117	1.000	4.883					1.000	3.000		2.500	5.000
5.000	4.500	4.550	4.000		3.833	5.200	4.100					4.000	3.733		2.567	4.233
5.000	4.500	5.167	3.500		4.183	3.617	6.450					3.000	4.050		4.033	8.683
4.967	3.350	8.983	2.617		4.000	2.950	4.233					4.567	3.233		3.250	4.000
3.867	10.633	4.000	3.550		3.867	1.800	7.367					3.000	1.400		1.167	4.000
3.483	8.717	6.533	9.650		3.750	2.167	6.000					6.433	2.850		0.817	4.617
2.383	4.833	4.867	6.933		3.867	2.567	9.400					7.100	4.000		0.900	3.933
5.000	6.000	8.283	3.000		4.000	2.650	7.000					3.667	4.000		1.950	3.783
5.000	3.000	3.983	3.500		3.800		6.950					3.983	4.000		1.967	3.467
5.000	2.267	3.617	1.500		3.083		7.933					1.533	0.483		2.050	4.567
5.000	5.150	7.033	1.500		4.000		8.150					2.333	4.117		1.300	4.233
5.000	4.067	4.633	8.500		2.000		4.167					3.133	3.900		1.017	6.333
5.000	8.783	5.667	3.317		4.083		6.917					3.000	4.233		6.017	10.250
5.000	4.067	4.167	3.017		2.000		4.383					0.900	2.333		0.967	10.683
3.750	2.083	8.167	2.600		3.633		8.033					2.600	3.750		2.217	4.017
5.000	4.150	5.033	5.683		6.950		11.93					1.617	3.733		3.850	3.933
5.000	4.100	4.067	3.000		3.833							3.017	4.267		1.000	4.100
5.000	4.367	6.800	3.350		3.717							3.017	3.033		2.333	
5.000	5.900	3.733	4.617		3.567							3.033	3.667		5.000	
5.000	6.000	4.483	3.033		4.000							2.567	3.367		5.000	
5.000	5.867	0.800	1.567		5.083							2.100	3.700		4.200	
7.583	6.017	4.900	2.983		6.583							7.733	3.050		4.983	

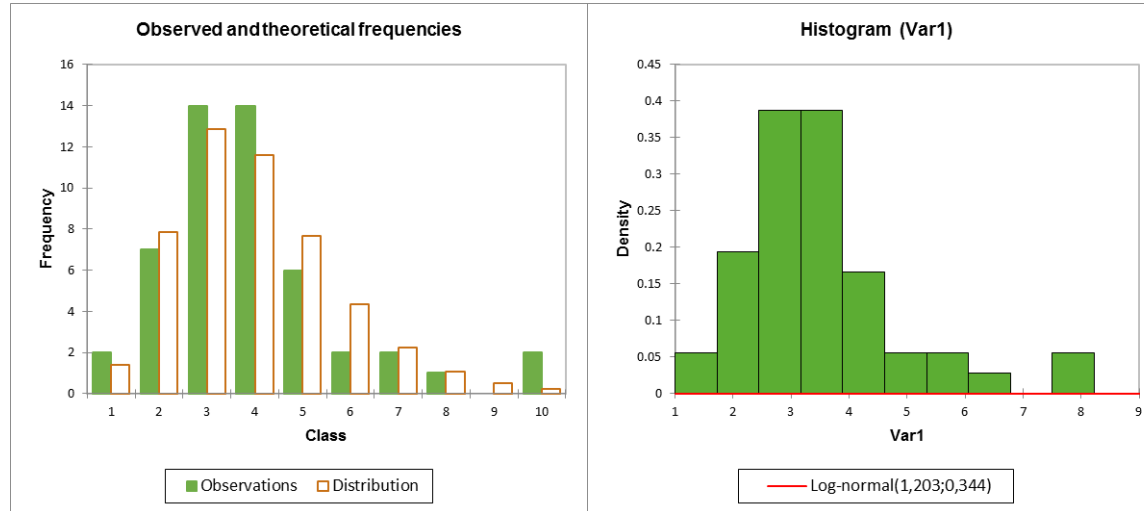
5.000	6.833	5.500	3.833		5.383							3.283	3.017		4.083	
6.000	3.000	4.000	3.317										3.433		4.000	
5.000	9.167	4.317	3.050										3.583		2.000	
2.983	1.567	4.200	3.033										4.267		2.983	
5.000	1.483	4.000	6.233										3.367		5.750	
5.000	9.900	8.033	3.483										2.483		4.983	
5.000	2.600	4.100	3.000										2.500		7.800	
5.000	3.017	3.167	2.450										3.200		4.683	
5.000	2.833	6.650	5.983										4.250		3.467	
5.000	9.517	6.400	5.517										1.100		7.233	
5.000	3.567	1.933	2.933												4.000	
5.000	2.250	8.233	3.650												2.400	
5.000	1.633		6.000												3.850	
5.000	8.350		3.000												5.550	
5.000	1.483		2.883												5.433	
4.500	1.483		2.850												4.083	
5.000	1.483		1.717												4.133	
5.000	1.483		0.883												3.500	
5.000	1.483		5.050												3.850	
5.000	6.967		2.950												3.433	
5.000	6.200		1.883												4.000	
5.000	1.850		6.567												3.667	
5.000	1.483		4.017												0.900	
5.000	2.033		5.767												5.000	
5.000	1.500		3.133													
5.000	2.567		3.517													
5.000	2.700		4.350													
4.883	6.400		4.667													

EK 24: Müşteri Komponentleri İçin Kotasyon Onay Süre Dağılımı

Estimated parameters(Log-normal):		
Parameter	Value	Standard error
μ	1.203	0.050
sigma	0.344	0.034

Statistic	Data	Parameters
Mean	3.542	3.533
Variance	1.840	1.570
Skewness	1.491	1.108
Kurtosis (Pearson)	2.665	2.261

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.087
p-value (Two-tailed)	0.815
Alpha	0.05



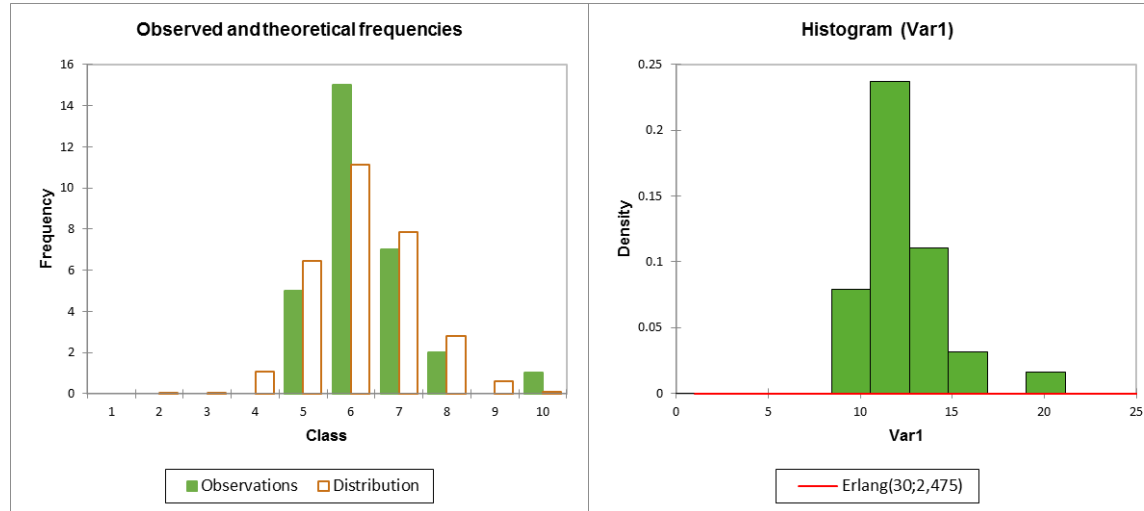
Şekil: Müşteri Komponentleri Kotasyon Onay Süre Lognormal Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

EK 25: Depodan Malzeme Çıkış Süre Dağılımı

Estimated parameters(Erlang):		
Parameter	Value	Standard
k	30.000	0.180
lambda	2.475	0.082

Statistic	Data	Parameters
Mean	12.434	12.120
Variance	5.023	4.897
Skewness	1.356	0.365
Kurtosis	2.506	0.200

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.111
p-value (Two-tailed)	0.818
alpha	0.05



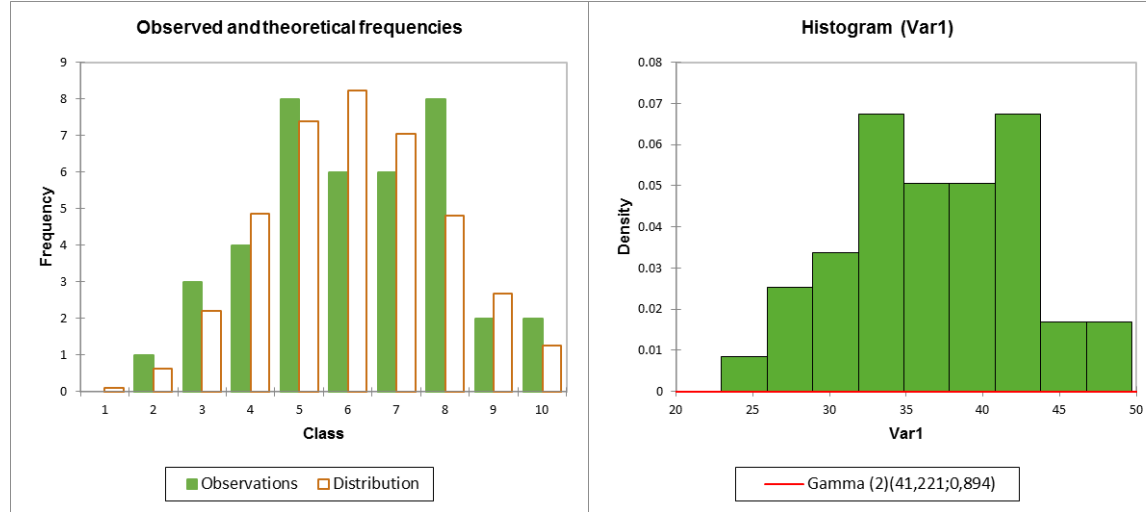
Şekil: Depodan Malzeme Çıkış Süre Erlang Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

EK 26: Siparişle Piyasadan Malzeme Temin Süre Dağılımı

Estimated parameters(Gamma):		
Parameter	Value	Standard
K	41.221	9.239
beta	0.894	0.202

Statistic	Data	Parameters
Mean	36.865	36.866
Variance	32.970	32.971
Skewness (Pearson)	0.005	0.312
Kurtosis (Pearson)	-0.839	0.146

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.080
p-value (Two-tailed)	0.941
alpha	0.05



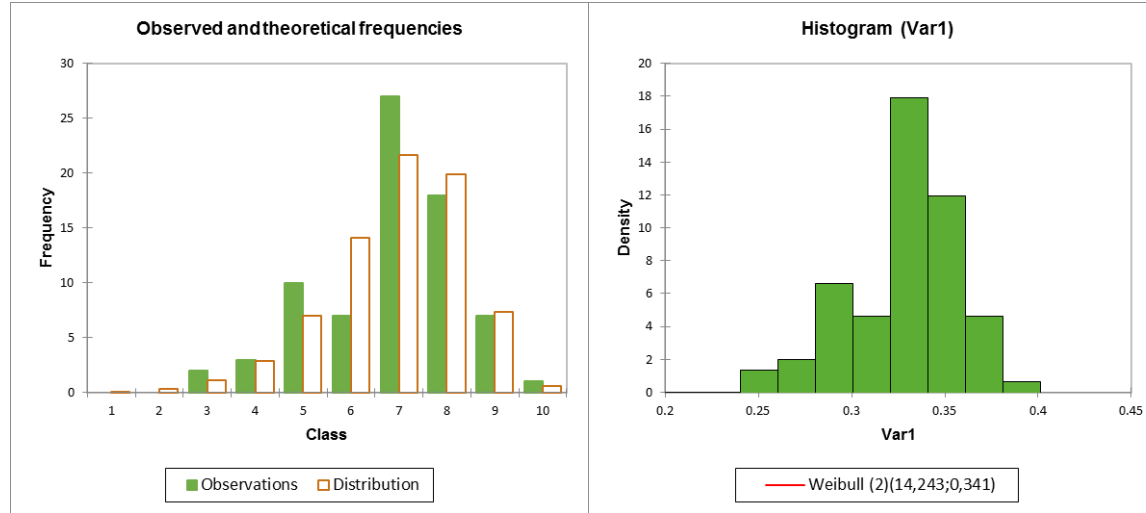
Şekil: Siparişle Piyasadan Malzeme Temin Süre Gamma Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

EK 27: Atölye Ön Muayene İşlem Süre Dağılımı

Estimated parameters(Weibull):		
Parameter	Value	Standard error
Beta	14.243	0.416
gamma	0.341	0.003

Statistic	Data	Parameters
Mean	0.328	0.329
Variance	0.001	0.001
Skewness (Pearson)	-0.449	-0.771
Kurtosis (Pearson)	-0.256	0.945

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.078
p-value (Two-tailed)	0.725
alpha	0.05



Şekil: Atölye Ön Muayene İşlem Süre Weibull Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

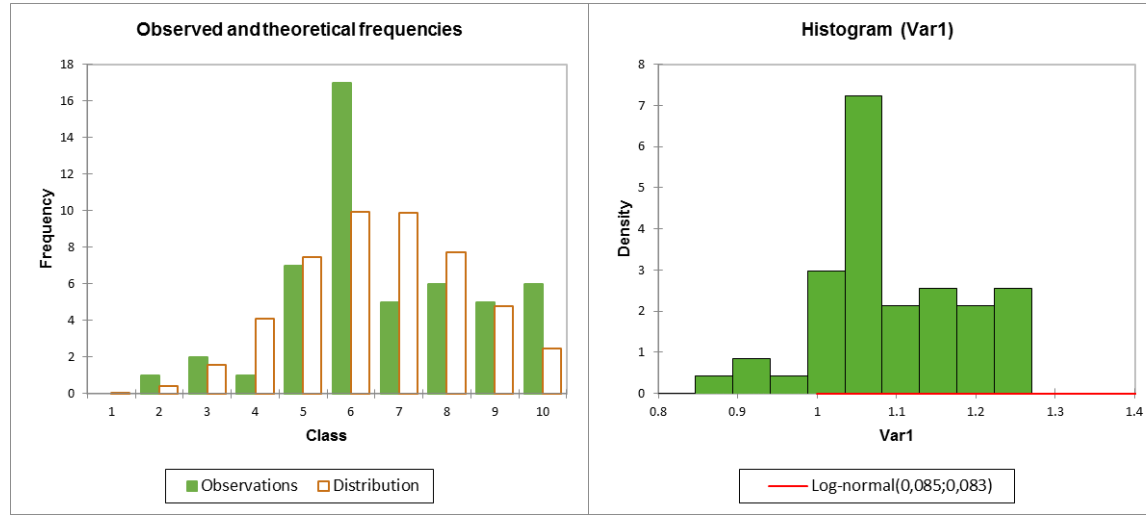
EK 28: Atölye Tamir Kapsamı Hazırlama İşlem Süre Dağılımı

Estimated parameters(Log-normal):		
Parameter	Value	Standard error
μ	0.085	0.012
σ	0.083	0.008

Statistic	Data	Parameters
-----------	------	------------

Mean	1.093	1.093
Variance	0.008	0.008
Skewness (Pearson)	0.139	0.251
Kurtosis (Pearson)	0.685	0.112

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.110
p-value (Two-tailed)	0.547
Alpha	0.05



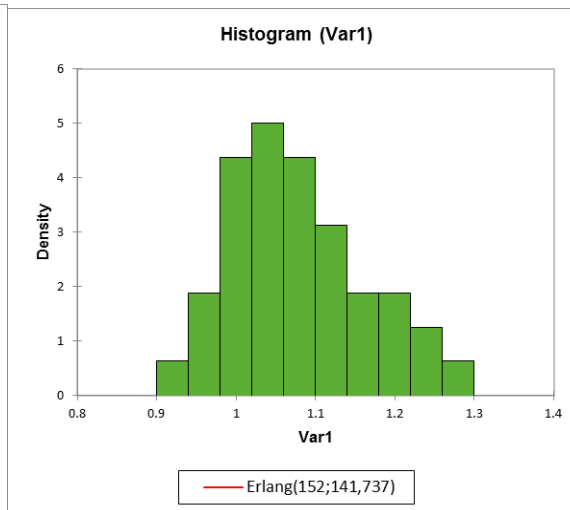
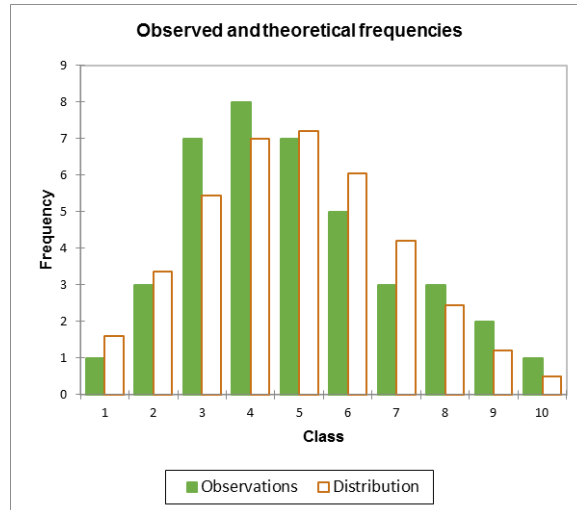
Şekil: Atölye Tamir Kapsamı Hazırlama İşlem Süre Lognormal Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

EK 29: Atölye Hurdada Çıkarma İşlem Süre Dağılımı

Estimated parameters(Erlang):		
Parameter	Value	Standard
K	152.000	0.158
lambda	141.737	1.815

Statistic	Data	Parameters
Mean	1.079	1.072
Variance	0.008	0.008
Skewness (Pearson)	0.458	0.162
Kurtosis (Pearson)	0.289	0.039

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.072
p-value (Two-tailed)	0.976
alpha	0.05



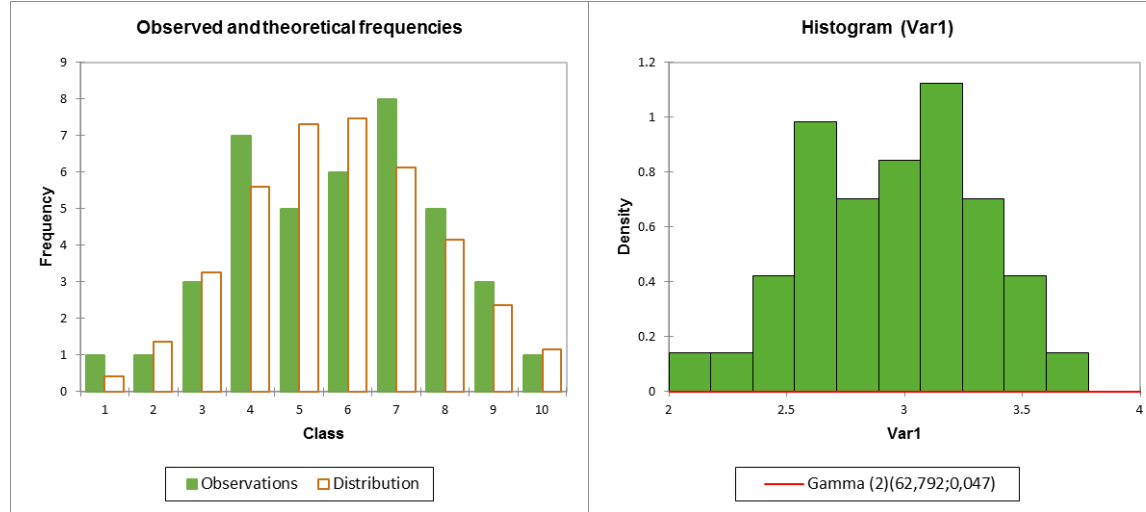
Şekil: Atölye Hurdaya Çıkarma İşlem Süre Erlang Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

EK 30: Atölye PN: D717-02-001 İçin Test İşlem Süre Dağılımı (Diğer 123 adet komponent dağılımları Excel dosyasında)

Estimated parameters(Gamma):		
Parameter	Value	Standard
K	62.792	14.035
Beta	0.047	0.011

Statistic	Data	Parameters
Mean	2.952	2.952
Variance	0.139	0.139
Skewness (Pearson)	0.137 -	0.252
Kurtosis (Pearson)	0.843 -	0.096

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.082
p-value (Two-tailed)	0.928
alpha	0.05



Şekil: Atölye PN: D717-02-001 İçin Test İşlem Süre Gamma Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

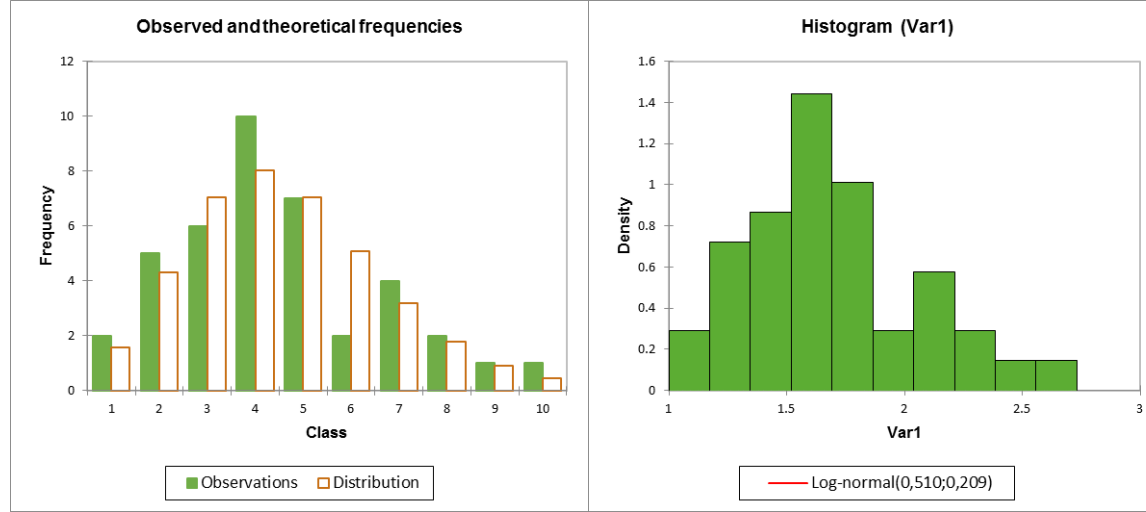
EK 31: Atölye PN: D717-02-001 İçin Tamir İşlem Süre Dağılımı (Diğer 123 adet komponent dağılımları Excel dosyasında)

Estimated parameters(Log-normal):		
Parameter	Value	Standard error
μ	0.510	0.033
sigma	0.209	0.023

Statistic	Data	Parameters
Mean	1.703	1.702
Variance	0.136	0.129
Skewness (Pearson)	0.613	0.643
Kurtosis (Pearson)	0.185	0.744

Kolmogorov-Smirnov test:

D	0.078
p-value (Two-tailed)	0.952
alpha	0.05



Şekil: Atölye PN: D717-02-001 İçin Tamir İşlem Süre Lognormal Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

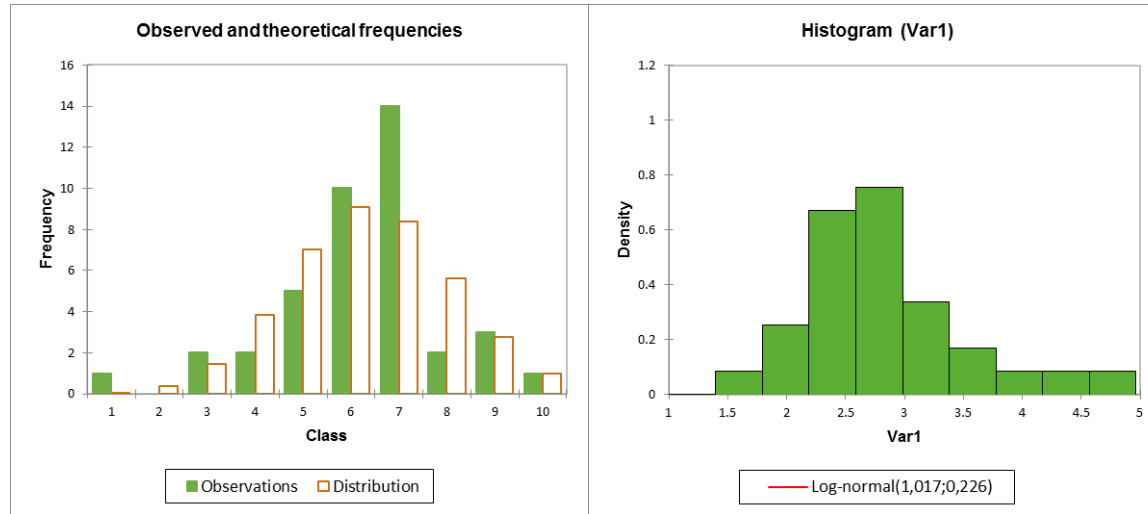
EK 32: Atölye PN: D717-02-001 İçin Modifikasyon İşlem Süre Dağılımı (Diğer 123 adet komponent dağılımları Excelde)

Estimated parameters(Log-normal):		
Parameter	Value	Standard error
μ	1.600	0.004
sigma	0.027	0.003

Statistic	Data	Parameters
Mean	4.954	4.954
Variance	0.018	0.018
Skewness (Pearson)	0.340	0.081

Kurtosis (Pearson)	0.638	0.012
---------------------------	-------	-------

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.107
p-value (Two-tailed)	0.707
alpha	0.05



Şekil: Atölye PN: D717-02-001 İçin Modifikasyon İşlem Süre Lognormal Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

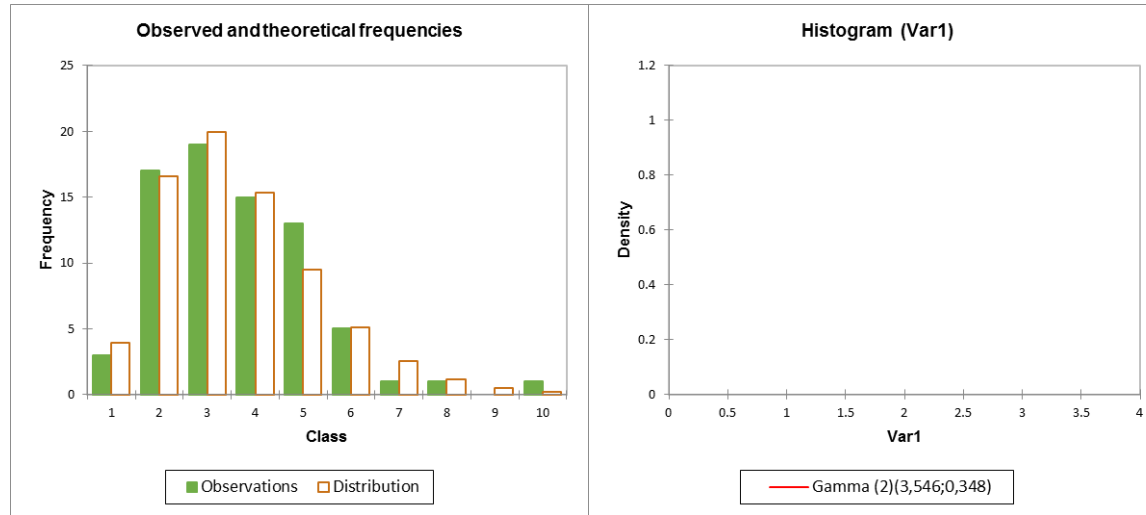
EK 33: PN: D717-02-001 Şirket Mülkiyetindeki Komponentler İçin Gelişler Arası Süre Dağılımı (Devamı Excel dosyasında)

Estimated parameters(Gamma):		
Parameter	Value	Standard error
K	3.546	0.560
Beta	0.348	0.059

Statistic	Data	Parameters
------------------	-------------	-------------------

Mean	1.233	1.233
Variance	0.413	0.429
Skewness (Pearson)	1.112	1.062
Kurtosis (Pearson)	2.254	1.692

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.062
p-value (Two-tailed)	0.918
alpha	0.05



Şekil: PN: D717-02-001 Şirket Mülkiyetindeki Komp. İçin Gelişler Arası Süre Gamma Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

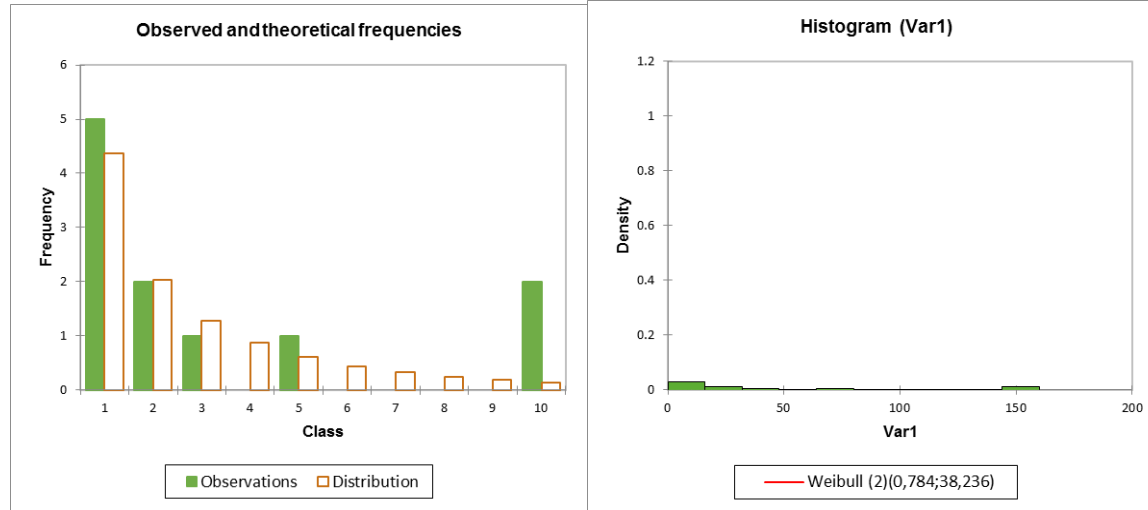
EK 34: PN: D717-02-001 Müşteri Mülkiyetindeki Komponentler İçin Gelişler Arası Süre Dağılımı (Devamı Excel dosyasında)

Estimated parameters(Weibull (2)):		
Parameter	Value	Standard error

beta	0.784	0.173
gamma	38.236	1.186

Statistic	Data	Parameters
Mean	44.443	43.978
Variance	3257.023	3213.080
Skewness (Pearson)	1.099	2.908
Kurtosis (Pearson)	-0.558	13.686

Kolmogorov-Smirnov test:	
D	0.147
p-value (Two-tailed)	0.945
alpha	0.05



Şekil: PN: D717-02-001 Müşteri Mülkiyetindeki Komp. İçin Gelişler Arası Süre Gamma Dağılım Frekans ve Histogram Grafikleri

EK 35: PROMETHEE Tüm Alternatifler İçin d Farklarının Hesaplanması

	Personel Kps. Kul. Orn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	d(ai, aj)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
1	a1	0	-0.21	2.44	2.69	5.31	6.62	11.88	2.81	4.3	3.52	6.85	12.38
2	a2	0.21	0	2.65	2.9	5.52	6.83	12.09	3.02	4.51	3.73	7.06	12.59
3	a3	-2.44	-2.65	0	0.25	2.87	4.18	9.44	0.37	1.86	1.08	4.41	9.94
4	a4	-2.69	-2.9	-0.25	0	2.62	3.93	9.19	0.12	1.61	0.83	4.16	9.69
5	a5	-5.31	-5.52	-2.87	-2.62	0	1.31	6.57	-2.5	-1.01	-1.79	1.54	7.07
6	a6	-6.62	-6.83	-4.18	-3.93	-1.31	0	5.26	-3.81	-2.32	-3.1	0.23	5.76
7	a7	-11.88	-12.09	-9.44	-9.19	-6.57	-5.26	0	-9.07	-7.58	-8.36	-5.03	0.5
8	a8	-2.81	-3.02	-0.37	-0.12	2.5	3.81	9.07	0	1.49	0.71	4.04	9.57
9	a9	-4.3	-4.51	-1.86	-1.61	1.01	2.32	7.58	-1.49	0	-0.78	2.55	8.08
10	a10	-3.52	-3.73	-1.08	-0.83	1.79	3.1	8.36	-0.71	0.78	0	3.33	8.86
11	a11	-6.85	-7.06	-4.41	-4.16	-1.54	-0.23	5.03	-4.04	-2.55	-3.33	0	5.53
12	a12	-12.38	-12.59	-9.94	-9.69	-7.07	-5.76	-0.5	-9.57	-8.08	-8.86	-5.53	0
	Ekipman Kps. Kul. Orn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	d(ai, aj)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
1	a1	0	-1.54	-1.22	0.22	-0.21	0.2	0.56	0.9	1.96	0.96	1.35	1.02
2	a2	1.54	0	0.32	1.76	1.33	1.74	2.1	2.44	3.5	2.5	2.89	2.56
3	a3	1.22	-0.32	0	1.44	1.01	1.42	1.78	2.12	3.18	2.18	2.57	2.24
4	a4	-0.22	-1.76	-1.44	0	-0.43	-0.02	0.34	0.68	1.74	0.74	1.13	0.8
5	a5	0.21	-1.33	-1.01	0.43	0	0.41	0.77	1.11	2.17	1.17	1.56	1.23
6	a6	-0.2	-1.74	-1.42	0.02	-0.41	0	0.36	0.7	1.76	0.76	1.15	0.82
7	a7	-0.56	-2.1	-1.78	-0.34	-0.77	-0.36	0	0.34	1.4	0.4	0.79	0.46
8	a8	-0.9	-2.44	-2.12	-0.68	-1.11	-0.7	-0.34	0	1.06	0.06	0.45	0.12
9	a9	-1.96	-3.5	-3.18	-1.74	-2.17	-1.76	-1.4	-1.06	0	-1	-0.61	-0.94
10	a10	-0.96	-2.5	-2.18	-0.74	-1.17	-0.76	-0.4	-0.06	1	0	0.39	0.06
11	a11	-1.35	-2.89	-2.57	-1.13	-1.56	-1.15	-0.79	-0.45	0.61	-0.39	0	-0.33
12	a12	-1.02	-2.56	-2.24	-0.8	-1.23	-0.82	-0.46	-0.12	0.94	-0.06	0.33	0
	Sist. Geç. Ort. Süre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	d(ai, aj)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
1	a1	0	11.38	6.43	-5.09	-1.55	-2.64	4.95	-0.93	-5.53	-2.35	-7.75	-5.89
2	a2	-11.38	0	-4.95	-16.47	-12.93	-14.02	-6.43	-12.31	-16.91	-13.73	-19.13	-17.27
3	a3	-6.43	4.95	0	-11.52	-7.98	-9.07	-1.48	-7.36	-11.96	-8.78	-14.18	-12.32
4	a4	5.09	16.47	11.52	0	3.54	2.45	10.04	4.16	-0.44	2.74	-2.66	-0.8
5	a5	1.55	12.93	7.98	-3.54	0	-1.09	6.5	0.62	-3.98	-0.8	-6.2	-4.34
6	a6	2.64	14.02	9.07	-2.45	1.09	0	7.59	1.71	-2.89	0.29	-5.11	-3.25
7	a7	-4.95	6.43	1.48	-10.04	-6.5	-7.59	0	-5.88	-10.48	-7.3	-12.7	-10.84
8	a8	0.93	12.31	7.36	-4.16	-0.62	-1.71	5.88	0	-4.6	-1.42	-6.82	-4.96
9	a9	5.53	16.91	11.96	0.44	3.98	2.89	10.48	4.6	0	3.18	-2.22	-0.36
10	a10	2.35	13.73	8.78	-2.74	0.8	-0.29	7.3	1.42	-3.18	0	-5.4	-3.54
11	a11	7.75	19.13	14.18	2.66	6.2	5.11	12.7	6.82	2.22	5.4	0	1.86
12	a12	5.89	17.27	12.32	0.8	4.34	3.25	10.84	4.96	0.36	3.54	-1.86	0
	Tamaml. İşler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	d(ai, aj)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
1	a1	0.00	4	17	-4	-2	-4	-4	-19	-11	19	-10	8
2	a2	-4	0	13	-8	-6	-8	-8	-23	-15	15	-14	4
3	a3	-17	-13	0	-21	-19	-21	-21	-36	-28	2	-27	-9
4	a4	4	8	21	0	2	0	0	-15	-7	23	-6	12

5	a5	2	6	19	-2	0	-2	-2	-17	-9	21	-8	10
6	a6	4	8	21	0	2	0	0	-15	-7	23	-6	12
7	a7	4	8	21	0	2	0	0	-15	-7	23	-6	12
8	a8	19	23	36	15	17	15	15	0	8	38	9	27
9	a9	11	15	28	7	9	7	7	-8	0	30	1	19
10	a10	-19	-15	-2	-23	-21	-23	-23	-38	-30	0	-29	-11
11	a11	10	14	27	6	8	6	6	-9	-1	29	0	18
12	a12	-8	-4	9	-12	-10	-12	-12	-27	-19	11	-18	0
	Pers. Maaşı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	d(ai, aj)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
1	a1	0	0	0	78,000	156,000	234,000	390,000	78,000	78,000	78,000	234,000	390,000
2	a2	0	0	0	78,000	156,000	234,000	390,000	78,000	78,000	78,000	234,000	390,000
3	a3	0	0	0	78,000	156,000	234,000	390,000	78,000	78,000	78,000	234,000	390,000
4	a4	-78,000	-78,000	-78,000	0	78,000	156,000	312,000	0	0	0	156,000	312,000
5	a5	-156,000	-156,000	-156,000	-78,000	0	78,000	234,000	-78,000	-78,000	-78,000	78,000	234,000
6	a6	-234,000	-234,000	-234,000	-156,000	-78,000	0	156,000	-156,000	-156,000	-156,000	0	156,000
7	a7	-390,000	-390,000	-390,000	-312,000	-234,000	-156,000	0	-312,000	-312,000	-312,000	-156,000	0
8	a8	-78,000	-78,000	-78,000	0	78,000	156,000	312,000	0	0	0	156,000	312,000
9	a9	-78,000	-78,000	-78,000	0	78,000	156,000	312,000	0	0	0	156,000	312,000
10	a10	-78,000	-78,000	-78,000	0	78,000	156,000	312,000	0	0	0	156,000	312,000
11	a11	-234,000	-234,000	-234,000	-156,000	-78,000	0	156,000	-156,000	-156,000	-156,000	0	156,000
12	a12	-390,000	-390,000	-390,000	-312,000	-234,000	-156,000	0	-312,000	-312,000	-312,000	-156,000	0
	Ekp. Gideri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	d(ai, aj)	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
1	a1	0	-950,000	-970,512	0	0	0	0	950,000	9,649	-940,351	9,649	9,649
2	a2	950,000	0	-20,512	950,000	950,000	950,000	950,000	1,900,000	959,649	9,649	959,649	959,649
3	a3	970,512	20,512	0	970,512	970,512	970,512	970,512	1,920,512	980,161	30,161	980,161	980,161
4	a4	0	-950,000	-970,512	0	0	0	0	950,000	9,649	-940,351	9,649	9,649
5	a5	0	-950,000	-970,512	0	0	0	0	950,000	9,649	-940,351	9,649	9,649
6	a6	0	-950,000	-970,512	0	0	0	0	950,000	9,649	-940,351	9,649	9,649
7	a7	0	-950,000	-970,512	0	0	0	0	950,000	9,649	-940,351	9,649	9,649
8	a8	-950,000	-1,900,000	-1,920,512	-950,000	-950,000	-950,000	-950,000	0	-940,351	-1,890,351	-940,351	-940,351
9	a9	-9,649	-959,649	-980,161	-9,649	-9,649	-9,649	-9,649	940,351	0	-950,000	0	0
10	a10	940,351	-9,649	-30,161	940,351	940,351	940,351	940,351	1,890,351	950,000	0	950,000	950,000
11	a11	-9,649	-959,649	-980,161	-9,649	-9,649	-9,649	-9,649	940,351	0	-950,000	0	0
12	a12	-9,649	-959,649	-980,161	-9,649	-9,649	-9,649	-9,649	940,351	0	-950,000	0	0

EK 36: PROMETHEE Ortak Tercih Fonksiyonlarına Göre Tercih Değerlerinin Hesaplanması

Pk(ai, aj)	Personel Kps. Kul. Orn.	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
	a1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	a2	0.105	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	a3	0	0	0	0.125	1	1	1	0.185	0.93	0.54	1	1
	a4	0	0	0	0	1	1	1	0.06	0.805	0.415	1	1
	a5	0	0	0	0	0	0.655	1	0	0	0	0.77	1
	a6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.115	1
	a7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25
	a8	0	0	0	0	1	1	1	0	0.745	0.355	1	1
	a9	0	0	0	0	0.505	1	1	0	0	0	1	1
	a10	0	0	0	0	0.895	1	1	0	0.39	0	1	1
	a11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	a12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pk(ai, aj)	Ekipman Kps. Kul. Orn.	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
	a1	0	0	0	0.22	0	0.2	0.56	0.9	1	0.96	1	1
	a2	1	0	0.32	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	a3	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	a4	0	0	0	0	0	0	0.34	0.68	1	0.74	1	0.8
	a5	0.21	0	0	0.43	0	0.41	0.77	1	1	1	1	1
	a6	0	0	0	0.02	0	0	0.36	0.7	1	0.76	1	0.82
	a7	0	0	0	0	0	0	0	0.34	1	0.4	0.79	0.46
	a8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.06	0.45	0.12
	a9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.39	0.06
	a11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.61	0	0	0
	a12	0	0	0	0	0	0	0	0	0.94	0	0.33	0
Pk(ai, aj)	Sist. Geç. Ort. Süre	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
	a1	0	1	0.286	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a4	0.018	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	a5	0	1	0.596	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0
	a6	0	1	0.814	0	0	0	0.518	0	0	0	0	0
	a7	0	0.286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a8	0	1	0.472	0	0	0	0.176	0	0	0	0	0
	a9	0.106	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	a10	0	1	0.756	0	0	0	0.46	0	0	0	0	0
	a11	0.55	1	1	0	0.24	0.022	1	0.364	0	0.08	0	0
	a12	0.178	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Pk(ai, aj)	Tamaml. İşler	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
	a1	0	0	0.133333333	0	0	0	0	0	0	0.26666667	0	0
	a2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a4	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0.53333333	0	0
	a5	0	0	0.266666667	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0
	a6	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0.53333333	0	0
	a7	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0.53333333	0	0
	a8	0.266666667	0.533333333	1	0	0.133333333	0	0	0	0	1	0	0.8
	a9	0	0	0.866666667	0	0	0	0	0	0	1	0	0.266667
	a10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a11	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0.93333333	0	0.2
	a12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pk(ai, aj)	Pers. Maaşı	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
	a1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	a2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	a3	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	a4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	a5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	a6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	a7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	a9	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	a10	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	a11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	a12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pk(ai, aj)	Ekp. Gideri	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
	a1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	a3	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	a4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a10	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	a11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	a12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

EK 37: PROMETHEE Alternatif Çiftlerinin Tercih İndekslerinin Belirlenmesi & Pozitif ve Negatif Üstünlüklerin Belirlenmesi

$P_i(a_i, a_j)$		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	phi+
	a1	0.0000	0.1637	0.2532	0.2528	0.3659	0.4164	0.5075	0.5724	0.4500	0.4585	0.6188	0.6188	0.4253
	a2	0.4213	0.0000	0.2780	0.5977	0.7665	0.7665	0.7665	0.5977	0.5977	0.4500	0.7665	0.7665	0.6159
	a3	0.4006	0.0000	0.0000	0.4252	0.7665	0.7665	0.7665	0.4371	0.5839	0.3593	0.7665	0.7665	0.5490
	a4	0.0029	0.1637	0.1917	0.0000	0.1971	0.3659	0.6156	0.3315	0.4116	0.3062	0.6188	0.5682	0.3430
	a5	0.0531	0.1637	0.1162	0.1088	0.0000	0.2328	0.6097	0.4006	0.2529	0.2808	0.4047	0.6188	0.2947
	a6	0.0000	0.1637	0.1612	0.0051	0.0000	0.0000	0.5417	0.3247	0.2529	0.2294	0.2756	0.5732	0.2298
	a7	0.0000	0.0468	0.0279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2337	0.2529	0.1384	0.1998	0.1656	0.0968
	a8	0.0186	0.2010	0.1471	0.0000	0.2064	0.3659	0.3947	0.0000	0.3998	0.1550	0.4797	0.4521	0.2564
	a9	0.0174	0.1637	0.2242	0.0000	0.0995	0.3659	0.5296	0.1477	0.0000	0.0698	0.3659	0.3845	0.2153
	a10	0.1477	0.1637	0.1238	0.1477	0.3241	0.5135	0.5889	0.1477	0.4775	0.0000	0.6122	0.5287	0.3432
	a11	0.0901	0.1637	0.2196	0.0000	0.0393	0.0036	0.5296	0.2073	0.1543	0.0783	0.0000	0.3798	0.1696
	a12	0.0291	0.1637	0.1637	0.0000	0.0000	0.0000	0.1637	0.1477	0.2377	0.0000	0.0835	0.0000	0.0899
	phi-	0.1073	0.1416	0.1733	0.1397	0.2514	0.3452	0.5467	0.3226	0.3701	0.2296	0.4720	0.5293	

Kaynakça

- Akça , M., & Karagülle, A. Ö. (2012). “Havayolu Şirketleri ve Yer Hizmetleri Kuruluşları Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Yönelik Bir Araştırma”. *Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi*, (s. 539-554). İzmir.
- Aydoğdu , A., & Şahin, R. (2019). “New Entropy Measures Based On Neutrosophic Set and Their Applications to MultiCriteria Decision Making”. *SDÜ F.B.E. Dergisi*, 23(1), s. 40-45.
- Çelebi Demirarslan, P., Küçükönder , H., & Kınır, S. (2019). “ENTROPİ Tabanlı Topsıs ve Vıkor Yaklaşımı ile Akademisyenler Üzerinde Duygusal Performans Değerlendirme Bartın Örneği”. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(69). www.esosder.org adresinden alındı
- Dağdeviren , M., & Eraslan, E. (2008). “PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), s. 70.
- Diñer, H., & Yüksel, S. (2018). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Finans Sektöründeki Uygulamasına Yönelik Yapılmış Çalışmaların Analizi “. *Ekonomi, İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1(1), s. 1-3.
- Hıller, S., & Lieberman, G. J. (1990). “*Introduction to Operations Research*”. Mc Graw-Hill Publishing Company.
- Kuyucak, F., & Şengür, Y. (2009). “Değer Zinciri Analizi: Havayolu İşletmeleri İçin Genel Bir Çerçeve”. *Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*(1), s. 138.
- Orakçı , E., & Özdemir, A. (2017, Haziran). “Telafi Edici Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Türkiye ve AB Ülkelerinin İnsani Gelişmişlik Düzeylerinin Belirlenmesi”. *AKÜ İ.İ.B.F Dergisi*, XIX(1), s. 63-64.
- Uludağ , A. S., & Doğan , H. (2016). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması”. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, 6(2), s. 27-29.
- Ada, E. (1990). Bekleme Hattı Problemlerinin Analizinde Matematiksel Modeller. *G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi*, 6, 1-54.
- Akalın, S. (1979). *Yöneylem Araştırması* (Cilt 5). Ege Üniversitesi Yayını.
- Akbel, Y. (2010). “*Benzetim Modellemesi ile Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu ve Bir Uygulama Çalışması*”. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Akın, B. (2008). *Çözümlü Örneklerle Uygulamalı Temel İstatistik*. İstanbul: İstanbul Basım Yayın.
- Akın, N. G. (2010). *Yalın İmalat Sistemlerinde Performansa Etki Eden Faktörlerin Simülasyon Kullanılarak Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Bozok Üniversitesi S.B.E.
- Aksoy , C., & Dursun, Ö. O. (2018). “Türkiye’de Sivil Havacılık Sektörünün Gelişimine Genel Bir Bakış” . *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(67), s. 1060-1076.
- Aktaş. (tarih yok). 4-9.
- Aktaş vd. (tarih yok). 10-13.
- Aktaş ve Diğerleri, R. (2015). *Sayısal Karar Verme Yöntemleri* (1 b.). İstanbul: Beta Yayınları.

Aktepe , C., & Şahbaz, P. (2010). “Türkiye’nin En Büyük Beş Havayolu İşletmesinin Marka Değeri Unsurları Açısından İncelenmesi ve Ankara İli Uygulaması” . *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(2), s. 70.

Andrade, M., & vd. (tarih yok). Statistical Queuing Theory with Some Applications. *International Journal of Latest Trends in Finance & Economic Sciences*, 1(4), 190-195.

Arıkan , İ., & Ahıpaşaoğlu, S. (2006). *Ulaştırma İşletmeleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Atçı, B., Gürsoy, G., & Nazar, R. (1997). *Baransel Atçı, Güner Gürsoy ve Ramazan Nazar, Promodel Kullanma Klavuzu*. Ankara: K.H.O. Basımevi.

Atıcı , K. B., & Ulucan, A. (2009). “Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları”. *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), s. 176.

Aydın, K. (2007). *İstanbul Deniz Otobüsleri Seferlerinin Benzetim Yardımıyla Planlanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bağırkan, Ş. (1976). *Bekleme Hattı Teorisi ve Uygulanması*. Doçentlik Tezi, İstanbul.

Bağırkan, Ş. (1983). *Karar Verme*. İstanbul: Der Yayınları.

Bahar, E. (2018). “Türkiye’de Havayolu İşletmeciliğinin Gelişimi”. *Ekonomi Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), s. 28-29.

Banks, J., Carson, J. S., & Barry, L. N. (1996). *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey: 2nd Edition.

Bilget, S. (2015). “*Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi*”. Namık Kemal Üniversitesi F.B.E.

Bozkaya, K. (2006). *A-Study on the reliability analysis during preliminary design – A rocket Motor Example*. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Brans , J., & Vincke, P. (1985). “A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM”. *Management Science*, 31(6), s. 650-651.

Brans, J.-P., Vincke, P., & Mar, B. (1986). “How to Select and How to Rank Projects:The PROMETHEE Method”. *European Journal of Operational Research*, 24, s. 228.

Cinemre, N. (2003). *Doğrusal Programlama* (3 b.). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

Cinemre, N. (2004). *Yöneylem Araştırması* (2. b.). İstanbul.

Clemen, R. (1990). *Making Hard Decisions*. California: Duxbury Press, (s. 2-3).

Croucher, J. S. (1980). *Operations Research A First Course*. New York: Pergamon Press, (s. 1).

Çakın, E. (2013). “*Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci ve Electre Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama*”. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi S.B.E.

Çevik, O., & Yazgan, A. E. (2008, Aralık). Hizmet Üreten Bir Sistemin Bekleme Hattı (Kuyruk)Modeli ile Etkinliğinin Ölçülmesi. *Niğde Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 1(2), 121.

Çınar, Y. (2004). “Çok Nitelikli Karar Verme ve Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi Örneği”. *Ankara Üniversitesi S.B.E.*, s. 104.

Daft, R. (2003). *Management 6th Edition*. Thomson South Western.

Dinçer, E. (2019). *Çok Kriterli Karar Alma* (1. b.). Ankara: Gece Akademi Yayınları.

Dinçer, Erdal , S., & DEMİR, E. (2018). “Türkiye’de İllerin Bölgesel Bazlı Sosyo Gelişmişlik Düzeylerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Vikor Metodu Yaklaşımı ile Analizi”. *Social Sciences Research Journal*, 7(1).

Dinçer, S. E., & Ekin, E. (2017). “Havacılık Sektöründe Yedek Parça Envanter Yönetimi Problemlerine Doğrusal Programlama ile Çözüm Yaklaşımı”. *Journal of Life Economics*, 4(2), 77.

Dinçer, S. E., Ekin, E., & Karakaş, K. S. (2017). “Promethee Yöntemiyle Uçak Komponentlerinin Önceliklendirilmesi Problemlerine Çözüm Yaklaşımı”. *Social Sciences Research Journal*, 6(3), 106.

Dinçer, S. E., Karakaş , K. S., & Ekin, E. (2018). “*Stokastik Envanter Yönetimi Problemlerinin Çözümünde Simülasyon Yaklaşımı*” (1 b.). (K. Terzioğlu , & S. Dal,) Ankara: Gazi Kitabevi.

Doğan, İ. (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları* (2. b.). Eskişehir: Bilim Teknik Yayınevi.

Drucker, P. (2001). Cambridge: Harward Business Review On Decision Making. *The Effective Decision* (s. 155). içinde Harward Business Review Paperpack.

Düren, Z. (1994). Yönetim Bilimi Ders Notları. İstanbul: İstanbul Üniversitesi S.B. Fakültesi.

Ecer, A. (2009). “*Bulanık Ahp Yöntemi ile Lojistik Yönetimine Çözüm Yaklaşımı ve Bir Uygulama*”. Marmara Üniversitesi S.B.E.

Ekin, E. (2014). “*PROMETHEE Yöntemi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama*”. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E.

Emhan, A. (2007). Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanılması . *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(21), 218.

Erdin, H. (1992). Sonsuz Geliş Kaynaklı ve Tek Kanallı Bekleme Hattı Sistemlerindeki İki Modelin İlişkisi. *Anadolu Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Yayın*, 4.

Erdin, H. (1992). Sonsuz Geliş Kaynaklı ve Tek Kanallı Bekleme Hattı Sistemlerindeki İki Modelin İlişkisi. *Anadolu Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Yayını*, 4.

Erdoğan, M., & Özalp, E. (2000). *Genel İşletme*. Eskişehir: Anadolu Ü. Yayınları.

Erem, T. (1974). *Pazarlama Yönetimi ve Karar Alma*. İstanbul: Hilal Matbaacılık.

Erkut, H. (1992). *Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı* (2 b.). İstanbul.

Erpolat Taşabat, S., Cinemre, N., & Şen, S. (2015). “Farklı Ağırlıklandırma Tekniklerinin Denendiği Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Türkiye’deki Mevduat Bankalarının Mali Performanslarının Değerlendirilmesi”. *Social Sciences Research Journal*, 4(2), s. 99.

Ersöz , F., & Kabak, M. (2010). “Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması”. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), s. 99.

Ertan, G. (1986). *Bekleme Hattı Sistemlerinin Analizi ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Esin , A. (2003). *Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri* (4 b.). Ankara: Gazi Kitabevi.

Evren, R., & Ülengin, F. (1992). *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*. İstanbul: İTÜ Matbaası.

Fergan, O. (1974). *İşletme Yönetiminde Sistem*. İstanbul: İ.İ.Ü.İ. Enstitüsü Yayınları.

- Finnigan, J. (1997). *Doğru İşe Doğru Eleman*. (M. Kılıç, Çev.) İstanbul: Rota Yayıncılık.
- Genç. (tarih yok). *Bekleme Hattı ve Simülasyon Modelleri ile Türk Silahlı Kuvvetlerinde Örnek Bir Uygulama*.
- Genç, R. (2009). *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin Yöntem ve Kavramları*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Genç, T. (2000). *Bekleme Hattı ve Simülasyon Yöntemleri ile Türk Silahlı Kuvvetlerinde Örnek Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E.
- Genç, T. (2012). “Çok Ölçütlü Performans Değerlendirme Teknikleri ve Türkiye’nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ile Karşılaştırılması”. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E.
- Gerede, E. (2002). “Havayolu Taşımacılığında Küreselleşme ve Havayolu İş birlikleri – THY AO.’da Bir Uygulama”. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güngör, S. (2007). “Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ve Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma”. D.E.Ü. . Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güray, A., & Ulusam, S. (tarih yok). Ağaç İşleri Sektöründeki Tek Kanallı Kuyruk Sisteminde Simülasyon Analizi Uygulaması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 117-124.
- Habenicht , W., Scheubrein, B., & Scheubrein , R. (2002). *Multiple Criteria Decision Making, Optimization and Operations Research, Encyclopedia of Life Support Systems*. Oxford, UK: Eolss Publishers.
- Halaç, O. (1998). *İşletmelerde Simülasyon Teknikleri* (3 b.). İstanbul.
- Halaç, O. (2001). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri* (5. b.). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Hammond, J. K., & Raiffa, H. (1999). *Smart Choices*. Boston: Harward Business School Press, (s. 3).
- Harcar, T. (1992). *Silahlı Kuvvetlerde Karar Verme*. Ankara: KHO Basımevi.
- Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi. (tarih yok). “Ulaşan ve Erişen Türkiye”, 356-358. Hezarfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (1990). *Introduction to Operations Research* (5 b.). Singapore.
- Hwang, C., & Masud, A. (1979). *Multiple Objective Decision Making Methods and Applications* . Berlin: Springer-Verlag.
- İmrek, M. K. (2003). *Yöneticiler İçin Karar Verme Teknikleri El Kitabı*. İstanbul: Beta Basım.
- İşyar, Y. (1999). *Ekonometrik Modeller*. Bursa: Ceren Basım Yayın.
- Ivo, A., & Resing, J. (2002). *Queueing Theory. Department of Mathematics and Computing Science Eindhoven University of Technology*, Eindhoven, The Netherlands, 25.
- Kabadayı, N. (2007). “Seri Tedarik Zincirinde Temel-Stok Seviyelerinin Simülasyon Temelli Genetik Algoritma ile Çözülmesi” . Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kaplan, S. (2007). *Hava Savunma Sektörü Tezgâh Yatırım Projelerinin Bulanık AHP ile Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi F. B. E.

Kara, İ. (1976). Servis Sistemleri ve Gelişler Zamana Bağlı Olduğunda Kapasite Sorununa Matematiksel Yaklaşım. *E.İ.T.İ. Akademisi Yayın*, 25.

Kara, İ., Bağırkan, Ş., & Karayalçın, İ. (tarih yok). *Harekât Araştırması Dersleri*. İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi Yayınları.

Karaatlı, M., & Dağ, O. (2018). “Türk Milli Erkek Futbol Takımına Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Futbolcu Seçimi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, 23(4), s. 1433-1454.

Karaca, S. (2007). *Simülasyon Modellemesi ile Mobilya Üretiminde Sistem Analizi ve Optimizasyonu*. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karaoğlu, S., & Şahin, S. (2018). “BİST XKMYA İşletmelerinin Finansal Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Ölçümü ve Yöntemlerin Karşılaştırılması”. 18(1), s. 65.

Karasar, N. (1986). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Bilim Yayınları.

Karayalçın, İ. (1979). *Harekât Araştırması* (2 b.). İstanbul: İ.T.Ü. Yayınları.

Kavcar, B. (2004). “Simülasyon Yöntemi Kullanılarak Yapılan Satış Tahminleriyle Satış Bütçesi Hazırlanması”. Yüksek Lisans Tezi,, Ankara Üniversitesi S.B.E.

Kaya, İ. (1984). *Pazarlama Bilgi Sistemleri: Bir Firma İçin Pazarlama Bilgi Sistemi Tasarımı*. İstanbul: İstanbul Ü. İşletme Fakültesi.

Kecek, G., & Yüksel, R. (2016, Temmuz). “Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Promethee Teknikleriyle Akıllı Telefon Seçimi”. *Sosyal Bilimler Dergisi*(49), s. 50-52.

Keeney, R. (1982). Decision Analysis: An Overview. *Operations Research*, 30(5), 803-810.

Kendall, D. G. (1953). Stochastic Processes Occurring In The Theory Of Queues and Their Analysis by The Method of The İmbedded Markovchain. *The Annals of Mathematical Statistics*, 338-351.

Kılıç, S. B. (2005). “Avrupa Birliğine Üye ve Aday Ülkelerin Bazı Temel Makro Ekonomik Kriterlere Göre Sınıflandırılması: Çok Kriterli Karar Alma Analizine Dayalı Bir Modelin Tahmini”. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(2), s. 340.

Kıral, E. (2015, Aralık). Yönetimde Karar ve Etik Karar Verme Sorunsalı. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(2), s. 73-75.

Kıvrak, E. (2001). *Karar Vermede Çok Kriterli Yaklaşım ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi.

Koçel, T. (2003). *İşletme Yöneticiliği*. İstanbul: Beta Yayınları.

Köksal, M. (1980). Kuyruk Teorisi (=Bekleme Hattı Kuramı) (Stokastik Kuyruk Modellerinin Analitik Yoldan İncelenmesi). *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), 157-179.

Kurt, Ü. (2003). “Karar Verme Sürecinde Yöneticilerin Kişilik Yapılarının Etkileri”. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi S.B.E.

Kuruüzüm, A., & Aslan, N. (2001). “Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları”. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*(1), s. 86.

Kuş, P. (2004). *Simülasyon Uygulamaları*. Kara Harp Okulu.

Law M., K. W. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. New York: McGraw-Hill.

Law, A. M., & Kelton, D. W. (1982). *Simulation Modeling and Analysis*.

Lezki, Ş. (2014, Temmuz). “Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Karar Ağacı Kullanımı”. *İktisadi Yenilik Dergisi*, 2(1), s. 17.

Matematiksel.org. (tarih yok). Pareto analizi 8020 prensibi: <https://www.matematiksel.org/pareto-analizi-8020-prensibi/> adresinden alındı

Mıhçı, O. (2014). “*Küresel Finansal Kriz Öncesi ve Sonrası Türk İmalat Sanayinin Temel Göstergelerinin Yapısal Analizi ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile İncelenmesi*”. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E.

Mucuk, İ. (2003). *Modern İşletmecilik* (14 b.). İstanbul: Türkmen Kitapevi.

Mutlu , M., & Sarı, M. (2017). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Madencilik Sektöründe Kullanımı”. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 56(4), s. 190.

Narlı, Y. (2009). ” *Sağlık Sektöründe Hasta Memnuniyetini Arttırıcı Süreç İyileştirme Çalışmaları Üzerine Örnek Bir Uygulama: Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi Örneği*”. Yüksek LisanS Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Newbold, P. (1988). *Statistics for Business and Economics*. New Jersey: Prentice–Hall International Editions.

Newbold, P. (2008). *İktisat İçin İstatistik*. (Ü. Şenesen, Çev.) İstanbul: İşletme Literatür Yayınları.

Newhman, W. H. (1979). *Karar Vermenin Temel Evreleri* . (K. Sürgit, Çev.) Ankara: TODAİE Yayınları.

Obricovic, S., & Tzeng , H. (2004). ”Compromise solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”. *European Journal of Operation Research*(178), s. 445-455.

Onaran, O. (1971). *Örgütlerde Karar Verme*. Ankara: A.Ü.S.B.F. Yayınları.

Opricovic , S., & Tzeng , G. (2007). “Extended VIKOR Method İn Comparison With Other Outranking Methods”. *European Journal of Operational Research*, s. 514-529.

Ove, H. S. (1994). *Decision Theory: A Brief Introduction*, Department of Philosophy and the History of Technology. *Royal Institute of Technology*, 5.

Ömürbek, N., Karaatlı , M., & Balcı, F. (2016). “Entropi Temelli Maut ve Saw Yöntemleri ile Otomotiv Firmalarının Performans Değerlemesi”. *Dokuz Eylöl Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 31(1), s. 227-255.

Öner, E. (1985). “*İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı*”. İ. Ü İşletme Fak.Yayı.

Ören, T. (2006). “*Benzetim: Temel Kavramlar ve Derlemeler*”. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Özbek , A., & Engür, M. (2019, Haziran). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Öğrenci İşleri Otomasyon Seçimi”. *Afyon Kocatepe İ.İ.B.F Dergisi*, 21(1), s. 1-18.

Özdağoglu, A. (2013). “Üretim İşletmelerinde Lazer Kesme Makinelerinin Promethee Yöntemi ile Karşılaştırılması”. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9(19), s. 307-309.

Özdamar, D. Y. (2004). ”*Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi: Bir Satın Alma İhalesinde Uygulanması*”. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi S.B.E.

Özden, Ü. H. (2009). *Türkiye’deki Mevduat Bankalarının Performansları: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Analiz*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Özden, Ü. H. (2012). “AB’ye Üye Ülkelerin ve Türkiye’nin Ekonomik Performanslarına Göre VIKOR Yöntemi ile Sıralanması”. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(21), s. 455-468.

Özden, Ü. H. (2015). Simülasyon Ders Notları. 3.

Özkıran, A., & Düşünür, H. (tarih yok). “Otomotiv Sektöründeki Bir İşletmede Montaj Hattının Analizi ve Dengeleme Çalışması”. Lisans Bitirme Tezi , Dokuz Eylül Üniversitesi.

Özkıran, A., & Düşünür, H. (2011). *Otomotiv Sektöründeki Bir İşletmede Montaj Hattının Analizi ve Dengeleme Çalışması*. Lisans Bitirme Projesi, İzmir.

Öztürk, A. (1980). *Yönetici Kararlarında Leontief Modeli*. Ankara: B.İ.T.İ.A. Yayın.

Öztürk, A. (2002). *Yöneylem Araştırması* (8 b.). Bursa: Ekin Kitapevi.

Öztürk, L. (1997). *Simülasyon Tekniğinin İncelenmesi ve Bir Monte Carlo Çalışması*. Yüksek Lisans, Marmara Üniversitesi, S.B.E., İstanbul.

Palmer, M., & Winters, K. (1993). *İnsan Kaynakları*. İstanbul: Rota Yayıncılık.

Pavi , I., & Babi , Z. (1991). “The Use Of The Promethee Method in The Location Choice Of A Production System”. *International Journal of Production Economics*, s. 165-174.

Pekel, E. (2015). “İstanbul Hızlı Ulaşım Sisteminde Simülasyon Bazlı Çizelgeleme”. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pidd, M. (1998). *Computer Simulation In Management Science Fourth Edition*. U.S.A: Wiley Inc.

Reis, S. (1991). *Yöneylem Araştırması Açısından Ankara Numune Hastanesi Dahiliye Polikliniğinde Tek Kanallı Kuyruk Modeli ve Simülasyon Tekniğinin Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Roger, D. (1995). *Güvenli Karar Alma, Eshar Kütevin (çev), İstanbul, 1995, s.168*. (E. Kütevin, Çev.) İstanbul.

Saaty, T. L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 7, s. 841.

Sarıaslan, H. (1986). *Sıra Bekleme Sistemlerinde Simülasyon Tekniği*. Ankara.

Sarıaslan, H. (1997). *Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi* (3 b.). Ankara.

Sevgin, G. (2000). *Sıra Bekleme Sistemlerinde Benzetim Tekniği Yaklaşımı ve Bir Hastane Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Seyitoğlu, H. (2001). *Ekonomi ve İşletmecilik Terimleri*. İstanbul: Güzem Can Yayınları.

Sezgin, A., & Ada, E. (tarih yok). İşletmeciler İçin Yöneylem Araştırması. *Türk Pazarlama Vakfı Eğitim ve Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 210.

Shannon, R. (tarih yok). *Systems Simulation: The Art and Science*, s.2. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.

SHGM İnternet Sitesi. (2017). 04 24, 2017 tarihinde <http://www.web.shgm.gov.tr> adresinden alındı

Simulation Week 13. (tarih yok). <http://www.week13.simulation.html> adresinden alındı

Sipahi, S. (2002). *Ülkemiz İllerinin Yaşanabilirlik Açısından Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği ile Sıralanması*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi S. B. E.

- Soba, M. (tarih yok). "PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama". *Journal of Yasar University*, s. 4708-4721.
- Soysal, A. (1972). İşletme Problemlerinin Çözümünde Simülasyon Tekniği ve Bir Misal. *İ.T.Ü. Dergisi*, 30, 39-40.
- Sucu, Y. (2000). *Yönetim Kavramları, Kuramlar ve Süreçler*. Bolu.
- Sundarapandian, V. (2009). *Probability, Statistics and Queueing Theory*. PHI: Learning Private Limited,.
- Şahin, M. (1978). *Üretim Yönetiminde Simulasyon Analizi ve Uygulaması*. Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları.
- ŞENTÜRK, Z. (2011). "Havayolları Hizmet Kalitesinin AHS Metoduyla Değerlendirilmesi". Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şimşek, H. (2004). *Kuyruk Teorisinin İstanbul Boğazı Tanker ve Gemi Geçiş İle Haydar Paşa Limanı Konteyner Terminaline Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, İtÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Taha, H. (2000). *Yöneylem Araştırması*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Taha, H., Baray, A., & Esnaf, Ş. (2014). *Yöneylem Araştırması* (5. b.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Takçı, E. (2013). "Bir İmalat İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme Uygulaması: Kayseri Gürkar Tekstil Örneği". Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi S.B.E.
- Tekin, B. (2011). *Sistemde Geçirilen Süre Açısından Kamu ve Özel Hastane Performanslarının Karşılaştırılması: Çankırı İli Örneği*. Yüksek Lisans Tezi,, Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tekin, B. (2015). Sağlık Hizmeti Sistemlerinin Etkinliği: Bir Kamu Hastanesi ve Özel Hastane Karşılaştırması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 483-506.
- Tekin, M. (1999). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri Konya*. Konya.
- Tekin, M. (2008). *Sayısal Yöntemler (Bilgisayar Çözümlü Alıştırmalar)* (6. b.). Konya: Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.
- Timor, M. (2001). *Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları*. İst.Ün. İşletme Fak.Yayınları.
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul: Türkmen Kitapevi.
- Tosun, K. (1992). *İşletme Yönetimi*. Ankara: Savaş Yayınları.
- Turanlı, M. (1998). *Pazarlama Yönetiminde Karar Alma 1998* (2. b.). İstanbul: Beta Basım Yayın Dağıtım.
- Tüter, K. (2013). "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Müşteri Memnuniyeti Açısından Uygun Granitin Seçimi Üzerine Bir Uygulama". *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, s. 13.
- Tzeng, G., & Huang , J. (2011). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*. USA: CRC Publishers.
- Uslu, A., & Abdulkadir, U. (tarih yok). Bekleme Hattı Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Bingöl Üniversitesi Merkez Yemekhanesi Örneği. *Journal of Recreation and Tourism*, 4(3), 13-28.

- Üçok, C. (1988). *Yönetim İlkeleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Ültanır, D. (1991). “*Karar Verme Aracı Olarak Simülasyon ve Havaalanı Uçak Operasyonu Uygulaması*”. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi S.B.E.
- Üreten, S. (2006). *Üretim/ İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri*, 5. Baskı, Ankara: , 2006, s.106. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Varoğlu, A. K. (2000). *Problem Çözme ve Karar Verme*. Ankara: KHO Basımevi.
- Victor, V. (1973). A Newlook At Managerial Decision Making . *Organizational Dynamics*, 66.
- Xu , L., & Yang , J. (2001). ” *Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach* “. Working Paper, Manchester School of Management.
- Yaralıoğlu, K. (2010). *Karar Verme Yöntemleri* (1. b.). Ankara: Detay Yayıncılık.
- Yeroğlu, C. (2001). *Üretim ve Servis Sistemlerinde Pratik Simülasyon Teknikleri*. İstanbul.
- Yıldırım Söylemez , E., & Koç, Y. D. (2017). “Özel Sayı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Optimal Portföy Seçimi: Borsa İstanbul Örneği” . *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s. 121.
- Yıldız, M. S., & Arslan, H. M. (2013). Bekleme Hattı Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*(21), 170.
- Yıldız, M., & Urgan, M. C. (2009). Toplu Ulaşım Sistemlerinde Elektronik Kart Uygulamasının Ulaşım Performansına Etkisi ve Bir Örnek Uygulama. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(16), 461-474.
- Yıldız, M., & Urgan, M. C. (2009). Toplu Ulaşım Sistemlerinde Elektronik Kart Uygulamasının Ulaşım Performansına Etkisi ve Bir Örnek Uygulama. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(16), 461-474.
- Yılmaz, M., & Talas, M. (2010). Bilgi Merkezinde Karar Verme Süreci. *Journal of World of Turks*, 2(1), 204-205.
- Yılmaz, N. T. (2009). “Personel Seçim Problemine Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Bir Yaklaşım”. s. 16.
- Yılmaz, Z. (1988). *Sayısal Yöntemler*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Yozgat, U. (1998). *Yönetim Bilişim Sistemleri*. İstanbul: Beta Basım Yayın.
- Zeleny. (tarih yok). 85.
- Zeleny, M. (1982). , *Multiple Criteria Decision Making*. New York: Mc Graw-Hill Company.

Havacılık Sektöründe Yedek Parça Envanter Problemlerine Simülasyon ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile



Havacılık bakım/onarım sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için yedek parça envanterinin yönetimi ve atölye iş akış sürecinin iyileştirilmesi son derece önemli hedeflerdir. Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için kitapta, Yöneylem Araştırması tekniklerinden olan Çok Kriterli Karar Verme ve Simülasyon entegre olarak kullanılmıştır. Uygulama ile atölyede tamir sırası bekleyen komponentlerin öncelik sıralarının belirlenmesi ve komponentlerin kuyruk bekleme süresini azaltan, komponent verimliliğini ve kaynak kullanım oranlarını artıran, âtil kapasite kullanımını ortadan kaldıran senaryoların geliştirilmesi ve kaynak sayılarında değişiklikler yapılarak farklı senaryo çıktıların elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kitapta, uçak komponentlerinin atölyeye gönderildikten sonra hangi sırada tamir göreceğinin belirlenmesi için ÇKKV teknikleri ile Simülasyon bütünleşik olarak gerçekleştirilmiş ve uygulamada tamir görmek için bekleyen komponentlerin oluşturmuş olduğu bekleme hattı problemi de incelenmiştir. Uygulamada; komponentlerin önceliklendirilmesi aşamasında VIKOR yöntemi kullanılmış ve komponentlerin tamir bakım öncelikleri belirlenmiştir. VIKOR'dan elde edilen öncelik sırasına göre komponentler simülasyon ile atölye sistemine dahil edilmiş ve ARENA ile atölye iş akış sürecine ait model simüle edilerek sistemin davranışları değişen koşullar altında incelenmiş ve çıktılar elde edilmiştir. Çalışmanın son kısmında simülasyon ile ortaya konulan senaryoların öncelik sıraları PROMETHEE yöntemi ile performans kriterlerinin ağırlıkları ise ENTROPİ yöntemiyle elde edilmiştir. Yapılan senaryo sıralaması sonucunda atölye için en uygun senaryo belirlenmiştir. Kitapta, uçak yedek parçalarının bakım işlemlerinin yapıldığı bir atölyede, rasyonel bir envanter yönetiminin sağlanması için parça önceliklendirme ve etkin kaynak kullanımı problemine; ÇKKV tekniklerinden VIKOR, Entropi, PROMETHEE ve bunların yanında kuyruk simülasyonu ile entegre bir çözüm getirilmiştir.

Kitap; İşletme, Ekonometri ve Endüstri Mühendisliği bölümlerinin müfredatında yer alan Yöneylem Araştırması ve Sayısal Yöntemler derslerinde temel kaynak olarak kullanılabilir. Literatürde daha önce yer almayan bir uygulamayı özgün bir yöntemler topluluğu ile ele alan kitap, Havacılık sektöründe Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Simülasyon konusunu bütünleşik olarak inceleyen ve gerçek verilerle konuya ilişkin örnek uygulamaların yapıldığı, ÇKKV ve Simülasyon konularının teorik anlatımına tüm ayrıntılarıyla yer verildiği bir eserdir. Faydalı olması dileğiyle...