



Bir Otomotiv Yedek Parça Şirketinde ABC Analizi ve Sipariş Sürecinin Simülasyonla Modellenmesi

ABC Analysis and Simulation Modeling of Order Process in an Automotive Spare Parts Company

Özgür Yalçinkaya^{1*}, Yeter Karadaş²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir, TÜRKİYE

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Buca, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: ozgur.yalcinkaya@deu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 18.09.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 29.10.2019

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2020226428

Atıf şekli/How to cite: YALÇINKAYA, Ö., KARADAŞ, Y. (2020). Bir Otomotiv Yedek Parça Şirketinde ABC Analizi ve Sipariş Sürecinin Simülasyonla Modellenmesi. DEUFMD 22(64), 287-300.

Öz

İşletmeler rekabet edebilmek için işletme maliyetlerini minimize etmek üzerine politikalar izlemektedir. Bu politikalar içerisinde stok yönetim politikası da oldukça büyük bir öneme sahiptir. Stok yönetim politikasının en önemli adımı kritik stok kalemlerini belirlemektir. Bu çalışmada, İzmir ilinde faaliyet gösteren bir şirketin stok verilerinden yararlanılmıştır. Stok kalemlerini sınıflandırmak ve kritik stok kalemlerini belirlemek için ABC analizi kullanılmıştır. Belirlenen stok kalemleri üzerinden işletmenin mevcut stok yönetim politikasını analiz edebilmek için ARENA simülasyon programlama dili kullanılarak simülasyon modeli geliştirilmiştir ve bu model detaylı olarak anlatılmıştır. Simülasyon modeli ile sipariş karşılama süresi, kalem bazlı sipariş karşılama süreleri, personel faydalı kullanım oranı, satın alma faydalı kullanım oranı, personel kuyruk uzunluğu, satın alma kuyruk uzunluğu ve sipariş kaynağı açısından sipariş sayısı gibi önemli pek çok performans ölçütü için güven aralıkları oluşturularak analizler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stok yönetimi, ABC analizi, Otomotiv yedek parça, Simülasyon

Abstract

In order to compete, companies pursue policies to minimize operating costs. Among these policies, inventory management policy is of great importance. The most important step of inventory management policy is to determine critical inventory items. In this study, the stock data of a company operating in Izmir province is used. ABC analysis was used to classify inventory items and determine critical inventory items. In order to analyse the existing inventory management policy of the enterprise over the determined inventory items, simulation model is developed by using ARENA simulation programming language and this model is described in detail. With the simulation model, confidence intervals are established and analyses are performed for many important performance criteria such as order pick-up time, item-based order pick-up times, staff utilization, purchase utilization, staff queue length, purchase queue length and number of orders in terms of order source.

Keywords: Inventory management, ABC analysis, Automotive spare part, Simulation

1. Giriş

İşletmeler rekabet avantajını elde edebilmek için önemli stratejik kararlar almaktadırlar. Bu kritik stratejik kararlardan biri de şüphesiz stok yönetimidir.

Stok, mal ve hizmetlerin üretim süreçlerine doğrudan veya dolaylı yoldan katılan tüm fiziksel varlıklar ve ürünün kendisidir. Ayrıca depo edilebilen her şey stok olarak düşünülebilmektedir. Stoklar, ilgili varlıkların miktarı ya da maddi değerleri ile ölçülür [1].

Stok yönetiminde stok ile envanter kavramı aynı gibi düşünülse de aslında birbirinden farklı iki terimdir. Stok, malzemenin maddi ve fiziksel varlığını gösterirken envanter ise daha çok muhasebede kullanılan bir terim olup malzemelerin yıl sonunda yapılan fiziksel sayımları için kullanılmaktadır [2].

Stok geçmişten beri işletme için pozitif bir durum olarak görünse de optimum düzeyde olmayan stok, bir işletmenin rekabet edebilme ihtimalini azaltmaktadır. Müşteri taleplerinin belirsizlikleri, ekonomik ölçek gibi önemli parametreler işletmeleri fazla stok tutmaya zorlamaktadır. Çünkü her işletme pazarda yer edinebilmek ve rakipleri ile rekabet edebilmek için stok tutmaya özen göstermektedir. Müşteri talebine doğru zamanda ve doğru bir şekilde cevap vererek müşteri hizmeti düzeyini arttırmak için bazen işletmeler gereğinden fazla stok tutabilmektedir. Gereğinden fazla tutulan stok, işletme açısından ölü bir yatırım olarak düşünülebilir. Çünkü stoka yatırılan finansal kaynak, kaçırılan fırsat maliyetlerine neden olmaktadır. Bununla birlikte eğer bir işletme stok tutmaz ise müşterinin değişken talebine doğru zamanda cevap veremeyebilir. Bu da işletmenin mevcut müşterilerini ve potansiyel müşterilerini kaybetmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla bir işletme stok tutmadığı durumda kaçıracağı fırsat maliyeti ile stok tuttuğu takdirde olası stok maliyetini karşılaştırarak bir karar vermek durumundadır.

İşletmeler, öncelikle ürettiği ya da sattığı ürün/hizmet çeşidi, büyüklüğü, finansal gücü gibi pek çok faktörü göz önünde bulundurarak uygun bir stok yönetim politikası belirlemelidir. İşletmeler kendi üretim sistemini ya da satış politikasını düşünerek müşteriye zamanında, doğru cevap verebilecek kadar stok miktarını minimum stok maliyeti ile tutabilecek hedefler

belirlemelidir. Dolayısıyla belirlenecek stok miktarının kontrolü ancak iyi bir stok yönetimi ile sağlanabilir. İşletmeler iyi bir stok yönetimi ile ellerinde bulunan stokların maliyetlerini, belirlenen optimum düzeydeki stok seviyesi ile sürekli karşılaştırmalıdır. Stok maliyetleri, optimum stok seviyesinin üstüne çıktığı zaman ya da altına inildiği zaman artmaktadır. Stok yönetimindeki önemli nokta bu dengenin iyi sağlanabilmesidir [3].

Müşterinin değişen taleplerini istenilen zaman, çeşit ve miktarda karşılayabilmek için stok kontrolünü doğru yapabilmek önemlidir. Çünkü stok kontrolünün temeli mümkün olan en ekonomik şekilde talep edilen malı, arzu edilen zamanda hazır halde bulundurmaya dayanmaktadır. Stok kontrol sistemi işletmeden işletmeye değişmektedir. Çünkü her işletmenin büyüklüğü, üst yönetim politikası, ürün çeşitliliği, finansal durumu, müşteri hizmet politikası ve diğer pek çok faktörü farklıdır. İşletmelerin stok politikalarını belirlerken bu faktörleri göz önünde bulundurmaları önemli sonuçlara neden olmaktadır [4].

İşletmelerin göz önünde bulundurması gereken stok kalemleri değişen teknoloji ve müşteri isteklerine göre artış göstermektedir. Dolayısıyla bir işletmenin stok kontrolünü doğru bir şekilde yapabilmesi pek çok faktöre bağlıdır. Stok kontrolünü yaparken gerek basit matematiksel yöntemler gerekse de bilgisayar destekli programlar kullanılabilir. Günümüzde artık bu karmaşıklığı en aza indirgeyebilmek ve işletmeye daha kolay entegre edebilmek adına daha çok bilgisayar destekli programlar tercih edilmektedir. Bilgi akış sisteminin doğru sağlanabilmesi, personel ihtiyacı, depo ve bina kapasiteleri, makina, teçhizat ve araç gereçlerin mevcut durumu stok kontrolünde göz önünde bulundurulması gereken temel unsurlardır [2].

Büyük miktarda stok kaleminin etkin bir şekilde kontrolünü sağlayabilmek için geleneksel olarak stoku farklı gruplara ayırma yaklaşımı kullanılmaktadır. Farklı stok kontrol politikaları daha sonra farklı gruplara uygulanabilir. Bunların içinde iyi bilinen ve anlaşılması oldukça kolay olan bir yöntem ABC analizidir [5].

18. yüzyılda, Vilefredo Pareto Milano'da servet dağılımı üzerine yaptığı bir araştırmada halkın %20'sinin servetin %80'ini kontrol ettiğini

bulmuştur. Azınlığın en fazla önem arz ettiği ve çoğunluğun ise öneminin az olduğu bu mantık birçok durumu içerecek şekilde genişletilmiş ve Pareto prensibi olarak adlandırılmıştır. Bu birkaç kalemin yatırımımızın büyük bölümünü oluşturduğu stok sistemlerinde geçerlidir. Herhangi bir stok sistemi, bir kalem için ne zaman ve kaç birim sipariş verileceğini belirtmelidir. Uygulamada, o kadar çok kalem yer almaktadır ki bu her bir kalemi eşit önemle modellemek ve kontrol etmek aslında pek de pratik değildir. İşte bu problemle başa çıkmak için ABC sınıflandırılması stok kalemlerini, stok kalemlerinin yıllık satın alma maliyetlerine göre üç gruba ayırır [6].

ABC analizi, yıllık satın alma maliyeti gibi yalnızca tek bir ölçümü temel almaktadır. Buna rağmen stok sınıflandırmasında diğer pek çok kriterlerin önem taşıdığı da kabul edilmektedir. Stok maliyeti, kısmi kritiklik, teslim süresi, ortaklık, değerini kaybetme, ikame edilebilirlik, yıllık talep sayısı, kıtlık, dayanıklılık, tamir edilebilirlik, sipariş hacmi gereksinimi, stok edilebilirlik, talep dağılımı ve stok da olmamasının neden olduğu maddi kayıp gibi pek çok kriter stok sınıflandırmasında rol oynamaktadır [5].

ABC analizi Pareto prensibine dayanmaktadır. A sınıfı kalemlerin sayısı C sınıfına nispeten daha azdır. Fakat A sınıfı kalemlerin yıllık kullanım değeri C sınıfı kalemlerine göre daha yüksektir. Yani A sınıfı tercih edildiğinde kazancı C sınıfına göre daha fazladır. Buna rağmen C sınıfı kalemlerin sayısı A sınıfı kalemlerinden daha fazla olup yıllık kullanım değeri A sınıfından daha düşüktür. B sınıfı kalemleri A ve C sınıfı kalemleri arasında yer almaktadır. B sınıfı kalemlerinin sayısı A sınıfı kalemleri sayısına nispeten daha fazla iken C sınıfı kalemlerine nispeten daha azdır. B sınıfı kalemlerin yıllık kullanım değeri A sınıfı kalemlerine göre daha düşük iken C sınıfı kalemlerine göre daha yüksektir. A sınıfı kalemlerine daha önem verilerek bu sınıfa ait kalemlerin daha sıkı kontrol edilmesi ve yakından izlenmesi gerekmektedir.

ABC analizi, stok oldukça homojen sınıflandırıldığında başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Kalemler arasındaki temel fark yıllık kullanım değerindedir (birim fiyat ve talep hacminden hesaplanır). Uygulamada, orta büyüklükteki bir organizasyon bile binlerce stok kalemini kontrol

etmek zorundadır ve bunların çok homojen olmalarına da gerek yoktur.

Bu çalışmada, İzmir ilinde faaliyet gösteren otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir özel şirketin kritik stok kalemlerini belirlemek için ABC analizi yapılmıştır. Bu stok kalemleri üzerinden işletmenin mevcut stok yönetim politikasını analiz edebilmek için ARENA simülasyon programlama dili kullanılarak simülasyon modeli geliştirilmiştir ve bu model detaylı olarak anlatılmıştır. Simülasyon modeli ile sipariş karşılama süresi, kalem bazlı sipariş karşılama süreleri, personel faydalı kullanım oranı, satın alma faydalı kullanım oranı, personel kuyruk uzunluğu, satın alma kuyruk uzunluğu, sipariş kaynağı açısından sipariş sayısı gibi önemli pek çok performans ölçütü için güven aralıkları oluşturularak analizler yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde ise simülasyon ve Arena yazılımı hakkında genel bilgilendirme yapılmıştır. Bir otomotiv yedek parça şirketinde yapılan uygulama dördüncü bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. Çalışma Sonuçlar bölümüyle sonlandırılmıştır.

2. Literatür Taraması

Bu çalışmada otomotiv sektörüne ait mevcut stok yönetiminin analizi yapıldığı için literatürde otomotiv sektöründe stok yönetimi ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir.

Tablo 1'de verilen otomotiv endüstrisinde stok yönetim politikası literatür özeti incelendiğinde stok yönetim politikalarında en önemli temel performans göstergelerinin maliyeti minimize etmek ve müşteri hizmet seviyesini maksimize etmek olduğu gözlemlenmiştir. Bu temel performans göstergelerinin stok yönetim politikalarının yapılma amacı destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Otomotiv sektörüne ait çalışmalar aşağıda kronolojik özetlenmiştir.

Envanter yönetimi ve kapasite yönetiminin koordineli uygulaması ile tedarik zinciri süreçlerinin performansını artırmak için fırsat ve zorlukları Jammernegg ve Reiner [7]'de ele alınmıştır. Bu çalışmada bir üreticinin (üretim tesisi) düşük işgücü maliyeti ve yüksek işçi dağıtım esnekliği olan bir ülkede bulunan telekomünikasyon ve otomotiv endüstrisindeki bir tedarikçi firması ele alınmıştır. Süreç simülasyonu kullanılarak, stok yönetimi ve

kapasite yönetiminden gelen koordineli yöntemlerin hem kurum içi (maliyetler) hem de kurumlar arası (hizmet seviyesi) hedeflerinin gelişmiş performans ölçümleriyle nasıl sonuçlandığı gösterilmiştir.

Pierreval vd. [8]'de otomotiv endüstrisi tedarik zincirinde bir ürün (araba, motorlar vs.) üretmek için birkaç fabrikanın işbirliği yaptığı bir çalışma ele alınmıştır. Müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için, doğru bir yolun tasarlanıp organize edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Simülasyon ile fabrikaların davranışlarının dinamik analizinin, onların

performanslarını geliştirmeleri için önemli bilgiler sunduğu belirtilmiştir. Çalışmada tedarik zincirinin makroskobik modelini gerektiren orta ve uzun vadeli karar problemleriyle ilgilenilmiş ve bu seviyelerde, tedarik zincirinde sürekli bir akış seçildiği belirtilmiştir. Modellerin, sistem dinamiği paradigmalarına dayandığı belirtilmiştir. Önerilen yaklaşımın, otomotiv endüstrisindeki büyük bir Fransız şirketine uygulandığı vurgulanmıştır. Çalışmada yer alan tedarik zincirinin, iki farklı üretim alanında yer alan beş mevcut tesisten oluştuğu belirtilmiştir.

Tablo 1. Otomotiv endüstrisinde stok yönetim politikası literatür özeti

Çalışma	Ülke	Temel Performans Göstergesi	Çözüm Yaklaşımı	Problem Tipi	Uygulama Alanı
[7]	Avusturya, İsviçre	Bilgi girdisi, maliyet, müşteri hizmet seviyesi	Simülasyon	Stok ve kapasite yönetimi	Telekomünikasyon, otomotiv
[8]	Fransa	Maliyet, ürün teslim süresi	Simülasyon	Tedarik zinciri	Otomotiv
[9]	Çin	Maliyet, müşteri hizmet seviyesi	AHP, Gelişmiş Belirsiz Sinir ağı (EFNN)	Stok yönetimi	Otomotiv
[10]	İsviçre, Almanya, Amerika, Çin	Maliyet	Croston'un Metod, Syntetos-Boylan Yaklaşımı, Simülasyon	Stok yönetimi	Otomotiv, askeri elektronik
[11]	Brezilya	Toplam maliyet, sipariş karşılama oranı	Simülasyon	Talep tahmini ve stok kontrol	Otomotiv

Li ve Kuo [9], merkezi bir depoda otomobil yedek parça envanter yönetimi için karar destek sistemi temelli gelişmiş belirsiz bir sinir ağı geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada gelişmiş belirsiz sinir ağı, yedek parçaların taleplerini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Bununla birlikte, ilgili ilgi alanı bilgisi alınmadan, geleneksel sinir ağları görünmeyen örnekleri tahmin etmede düşük doğruluk probleminden muzdarip olduğu bulunmuştur. Bu nedenle çalışmada kullanılan gelişmiş belirsiz sinir ağında bazı iyileştirmeler yapıldığı belirtilmiştir. İlk olarak, belirsiz analitik hiyerarşi süreci yöntemine dayanan bağlantı ağırlıklarının titizlikle döndürülmeden atandığı belirtilmiştir. İkinci olarak da, aktivasyon fonksiyonlarını genetik algoritmaya göre üretip tasfiye edilmesiyle gelişmiş bulanık sinir ağı kapsamlı, doğru aktivasyon fonksiyonları sağlayabileceği ve daha geniş doğrusal olmayan modellere uyabileceği belirtilmiştir. Son olarak da çok önemli olan

tahmin doğruluğu üzerindeki tetikleyici etkisini azaltmak için uydurulabilir giriş değişkeninin eklendiği belirtilmiştir. Önerilen sistemin gerçek hayat verileri ile değerlendirildiği ve deneysel sonuçların sipariş karşılama oranı ve stok maliyeti ölçümlerinde gelişmiş belirsiz sinir ağının çalışmada referans alınan diğer beş modelden daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Heinecke vd. [10]'da elektronik, askeri ve otomotiv olmak üzere üç farklı sektörden 10.000'den fazla stok kalemi üzerinde deneyler yapılmıştır. Yapılan bu deneyler talep büyüklüklerinin varyasyon katsayısının karesi ve ortalama talep içi aralığı performans ölçütleri kesikli talepler için standart bir yöntem olan Croston'un Metodu ve Croston'un bir modifikasyonu olan Syntetos-Boylan yaklaşımı gibi sınıflandırma yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Her bir stok kalemi kategorisinde en iyi politikaları seçmek için yedek parça talep

tahmini ve envanter kontrolü ile ilgili geniş kapsamlı bir simülasyon çalışmasının sonuçları Rego ve Mesquita [11]'de sunulmuştur. Altı yıllık talep verisi dikkate alınarak Brezilya'da faaliyet gösteren 10.032 stok kaleminin üzerinde bir otomobil üreticisi simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

3. ARENA Simülasyon Modelleme Yazılımı

Simülasyon gerçek hayattaki bir sürecin veya sistemin zaman içerisindeki işleyişinin pilot gösterimidir. Simülasyon, yeni sistem tasarımlarının, mevcut sistemlerde yapılan değişikliklerin, kontrol sistemlerinde ve işletme esaslarında önerilen değişimlerin değerlendirilmesi ve analizi için güçlü bir araçtır. Geçerli bir simülasyon yapmak hem bilim hem de sanattır [12].

Simülasyon, birçok gerçek hayat probleminin çözümü için önemli bir problem çözme metodolojisidir. Simülasyon, bir sistemin davranışını önce tanımlar sonra analiz eder. Mevcut sistem hakkında sorular sorar ve gerçek sistemlerin tasarımına, gelişmesine yardımcı olur. Dolayısıyla simülasyon hem mevcut sistemi hem de tasarlanan sistemi modelleyebilir [13].

Kesikli olay simülasyonu, yapısını, fonksiyonunu ve sonuçları kendine özgü analiz etme yolunu veren gerçek sistemin dinamiklerini taklit etme yeteneğidir. Varlıklar, aktiviteler ve olaylar, kaynaklar, genel değişkenler, rasgele sayı üretici, takvim, sistem durum değişkenleri ve istatistik toplayıcıları kesikli olay simülasyonunun yapısal bileşenleridir [14].

Çok yönlülüğü, esnekliği ve gücü nedeniyle simülasyon, yöneylem araştırma tekniklerinin kullanımı ve faydası üzerine yapılan her araştırmada tercih edilmektedir. Aşağıda bazı uygulama alanları verilmiştir:

Bilgisayar sistemleri: Donanım bileşenleri, yazılım sistemleri, donanım ağları, veritabanı yapısı ve yönetimi, bilgi işlem, donanım ve yazılımın güvenilirliği.

Üretim: Malzeme taşıma sistemi, montaj hatları, otomatik üretim tesisleri, otomatik depolama tesisleri, stok kontrol sistemleri, güvenilirlik ve bakım çalışmaları, fabrika planı, makina tasarımı.

İşletme: Stok ve ürün analizi, fiyat politikası, pazarlama stratejileri, tedarik çalışmaları, nakit akış analizleri, tahminleme, taşıma alternatifleri, insan gücü planlaması.

Devlet yönetimi: Askeri silahlar, askeri taktikler, nüfus tahmini, arazi kullanımı, sağlık hizmetleri, yangından korunma, polis hizmetleri, ceza yargılaması, köprü tasarımı, trafik kontrol, sıhhi hizmetler.

Ekoloji ve çevre: Su kirliliği ve saflaştırma, atık kontrol, hava kirliliği, haşere mücadelesi, hava tahmini, deprem ve fırtına analizi, mineral inceleme ve ayrıştırma, güneş enerji sistemleri, ürün üretimi.

Toplum ve davranış: Gıda analizi, nüfus analizi, eğitim politikaları, organizasyonel yapı, sosyal sistem analizi, sosyal yardım sistemi, üniversite yönetimi.

Biyolojik bilimler: Spor performans analizi, hastalık kontrolü, biyolojik ömür çevrimi, biomedikal çalışmalar [15].

ARENA üç temel bileşenden oluşmaktadır. Ana bileşeni, SIMAN simülasyon programlama kodunu kullanan grafik tabanlı bir yazılım paketidir. ARENA'nın grafik temeli, modellerin hızlı bir şekilde geliştirilmesini ve kolayca canlandırılmasını sağlamaktadır. İkinci temel bileşeni girdi analizörüdür. Bu yazılım paketi girdi verilerini bir dağılıma benzetmek için kullanılmaktadır. Son temel bileşeni ise çıktı analizörüdür. Bu bileşen de performans ölçütlerini istatistiksel olarak analiz edip karşılaştırma yapmak için kullanılmaktadır. Yazılımın simülasyon programlama bileşenine ARENA adı verilmektedir. Girdi analizörü ve çıktı analizörü kendi isimleriyle ayrı ayrı belirtilmektedir. Uygulayıcı tarafından çeşitli düzeylerde kullanılabilir. Alt seviyeye doğru uygulayıcı, model blokları ve deney elementleri olarak bilinen bireysel yapıları belirlemekten sorumludur. Model blokları, model üzerinden varlıkların akışını kontrol eder. Deney elementleri, farklı model bileşenlerinin özelliklerini tanımlar. Alt seviye blokların ve elementlerin başlangıçta kullanılması daha zordur; ancak, üst düzey yapılar üzerinde daha fazla esneklik sunarlar [16].

4. Bir Otomotiv Yedek Parça Şirketinde Yapılan Uygulama

Bu çalışmada İzmir ilinde faaliyet gösteren bir şirketin stokunda yer alan kritik kalemler ABC analizi ile belirlenmiştir. Maliyet açısından önem arz eden otomotiv yedek parçalarını belirlemek için işletmenin son bir yıllık verilerine ABC analizi uygulanmıştır. Bu analiz için kullanılan veri setinde 1806 adet sipariş kalemi yer almaktadır. Bu sipariş kalemlerinin her birinin fiyatı işletmenin stok kayıtlarından çekilmiştir.

İşletmenin stok kayıtları, MSSQL tabanlı NETSIS ENTEGRE 9'un depo yönetim sistemi ürünüde tutulmaktadır. Söz konusu veri setinde yer alan her kaleme ait fiyat ve 1806 kaleme ait toplam fiyat hesaplanmıştır. Daha sonra fiyat açısından her bir kalemin yüzdelik oranı hesaplanmıştır. Hesaplanan her bir kalemin yüzdeliği üzerinden kümülatif toplam yapılarak %20 ve %80'lik kısımlar belirlenmiştir. İşletme açısından sipariş gelirlerinin %80'lik kısmını belirleyen bu kalemler oluşturmaktadır. ABC analizi sonucunda elde edilen söz konusu 13 stok kalemleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. ABC analizi ile tespit edilen maliyet açısından kritik stok kalemleri

Kalem Numarası	Kalem Adı
1	Mazot Pompası
2	Türbin Komple
3	Kompresör
4	Turbo Komple (Sağ)
5	Turbo Komple (Sol)
6	Şaft Komple
7	Yakıt Pompası Komple
8	Far Komple
9	Turbo Komple
10	Direksiyon Kutusu
11	Yol İzleme Modülü
12	Ön Cam Komple
13	Anahtar Kontrol

Belirlenen bu kritik kalemler için mevcut sipariş sistemi incelenmiştir. Bu incelemeyi yapabilmek için ARENA simülasyon yazılımından yararlanılmıştır.

İşletme, müşterisinden gelen otomotiv yedek parça taleplerini karşılamak üzere bir satın alma ve satış süreci geçirmektedir. İşletme tek vardiya olarak çalışmaktadır. Vardiya sabah 08:00'da başlamakta ve 18:00'da bitmektedir. Günlük çalışma süresi 600 dakika olarak alınmıştır.

İşletme sipariş talebini sipariş kaynakları üzerinden almaktadır. Bu sipariş kaynakları tamirci ve özel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ayrıca sipariş kaynağının özel olması durumunda da bireysel ve rakip firma olmak üzere iki farklı özel sipariş kaynağı mevcuttur.

Veri setimizin siparişler arası süresini hesaplayabilmek için siparişler arası zamanlar belirlenerek ARENA Girdi Analizörü aracı ile veri analiz edilmiş, en uygun istatistiksel dağılımın $219 * BETA(0,277;3,15)$ olduğu görülmüştür. Ki-kare uyum testinde p-value 0,106 olarak hesaplanmıştır ve bu değer $\alpha (= 0,05)$ değerinden yüksek olduğu için istatistiki olarak dağılımın kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. İlk siparişin gelme anı da bu dağılım ile belirlenmiştir.

ABC analizi ile belirlenen 13 kalemin her biri için son bir yıllık sipariş sayısı kayıtlardan çekilmiştir ve her bir kalemin siparişinin gelme olasılığı hesaplanarak Tablo 3'de gösterilmiştir. Her kalemin sipariş kaynağı farklı olabilir. Yani her bir kalem siparişi tamirci veya özel sipariş kaynağı tarafından verilebilir. Eldeki verilerden kalem bazlı sipariş kaynak olasılıkları da hesaplanarak aynı tabloda gösterilmiştir.

Özel sipariş kaynağı da kendi için de rakip ve bireysel olmak üzere iki farklı şekilde tanımlanmaktadır. Sipariş kaynağının özel olduğu belirlenen her bir kalem için özel sipariş kaynağının rakip ve bireysel olma olasılıkları hesaplanmıştır ve Tablo 4'de verilmiştir.

Bu kalemlere ilişkin gelen siparişin stokta bulunma olasılığı ise %60 olarak hesaplanmıştır. Herhangi bir anda bir sipariş geldiğinde sipariş kaynağının tamirci veya özel olması fark etmeksizin stok durumu kontrol edilir ve kalem stokta mevcut değil ise (%40 olasılıkla) satın alma personeli ilgili siparişin satın alma işlemini gerçekleştirir. Satın alma süresinin dağılımını hesaplayabilmek için ARENA Girdi Analizörü aracı ile veri analiz edilmiştir. Mevcut satın alma zamanları için en uygun dağılımın UNIF(4;6,53) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Kalem bazlı sipariş olasılıkları

Kalem	Kalem Bazlı Sipariş Verilme Olasılıkları (%)	Sipariş Kaynağı	
		Tamirci (%)	Özel(%)
1	13,2	42	58
2	11,8	65	35
3	31,9	63	37
4	9,0	23	77
5	13,2	21	79
6	12,5	33	67
7	3,5	40	60
8	0,7	0	100
9	1,4	100	0
10	0,7	100	0
11	0,7	100	0
12	0,7	100	0
13	0,7	100	0

Tablo 4. Kalem bazlı özel sipariş kaynağı olasılıkları

Kalem	Özel Sipariş Kaynağı	
	Rakip (%)	Bireysel(%)
1	42	58
2	65	35
3	63	37
4	23	77
5	21	79
6	33	67
7	40	60
8	0	100
9	100	0
10	100	0
11	100	0
12	100	0
13	100	0

Satın alma işlemi gerçekleştirildikten sonra ilgili ürünün işletmeye ulaşma süresi vardır. ARENA Girdi Analizörü aracı ile işletmeye ulaşma zaman verileri analiz edilmiştir, uygun dağılımın UNIF(1020;1140) olduğu belirlenmiştir.

Sipariş stokta mevcut (%60 olasılıkla) ise sipariş doğrudan stoktan personel tarafından karşılanır. Stoktan ilgili siparişin karşılanması sürelerine ait veri mevcuttur. ARENA Girdi Analizörü aracı ile veriler analiz edilmiştir, uygun dağılımın 218*BETA(0,263;3,03) olduğu tespit edilmiştir.

Başlangıçta stokta mevcut olmayan kalemler için yukarıda aktarıldığı gibi önce satın alma süreci gerçekleştirilir. Satın alınan ürün depoya girer ardından müşterisine teslim edilir. Burada şehir içi teslim ve şehir dışı teslim şeklinde iki durum söz konusudur.

Verilerden teslim işleminin %89 olasılıkla şehir içi müşterisine yapıldığı hesaplanmıştır ve bu sürenin $-0,001+WEIB(8,17;0,433)$ dağılımına uyduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan teslim işlemi %11 olasılıkla şehir dışı müşterisine yapılmaktadır. Bu süre için ise uygun dağılımın NORM(14,8;7,12) olduğu belirlenmiştir.

4.1. Simülasyon modeli elementler bölümü

ARENA ile programlanan simülasyon modelinin Elementler bölümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

ATTRIBUTES elementi içinde tanımlanan; *SiparisKalemi*; gelen siparişin çeşit değerini taşır. ABC analizi ile belirlenen 13 kalemi ifade etmektedir.

SiparisKaynagi; gelen siparişin kaynak tür değerini taşır. Yani işletmeye siparişi veren kaynağın tür değerini taşır. Bu kaynak tamirci ya da özel olabilir. 1 ise tamirci, 2 ise özeldir.

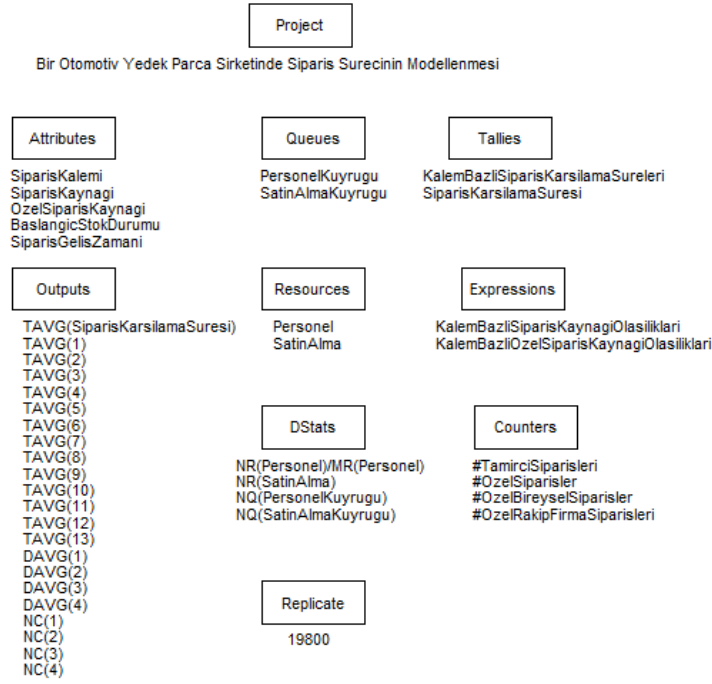
OzelSiparisKaynagi; gelen sipariş kaynağının özel olduğu durumda farklı tür değerini taşır. Çünkü sipariş özel kaynaktan geldiyse bu özel kaynak bireysel de olabilir rakip firma da olabilir. 1 ise bireysel, 2 ise rakip firmadır.

BaslangicStokDurumu; gelen sipariş üzerine ilgili ürünün stokta mevcut olma ya da olmama bilgisini taşır. 1 ise ilgili kalem stokta mevcut, 2 ise ilgili kalem stokta mevcut değildir.

SiparisGelisZamani; Siparişin sisteme geldiği zaman bilgisini taşır.

EXPRESSIONS elementi içinde;

Her bir sipariş kaleminin sipariş edildiği kaynağın olasılıkları Tablo 3'de verildiği gibi 13 satır 2 sütundan oluşan *KalemBazliSiparisKaynagiOlasiliklari* matrisinde tutulmaktadır. Herhangi bir sipariş kaleminin



Şekil 1. ARENA simülasyon modeli elementleri

sipariş edildiği kaynak türü özel ise özel sipariş kaynağı olasılıkları Tablo 4'de verildiği gibi 13 satır ve 2 sütundan oluşan *KalemBazliOzelSiparisKaynagiOlasiliklari* matrisinde tutulmaktadır.

RESOURCES elementi içinde;

Herhangi bir sipariş geldiğinde stok durumu kontrol edildikten sonra ilgili ürün stokta mevcut ise stoktaki ürünü müşteriye teslim etmek üzere stoktan çeken bir kaynak (*Personel*) tanımlanmıştır. Eğer ilgili ürün stokta mevcut değil ise satın alma süreci gerçekleşmektedir. Bu süreci gerçekleştirmek üzere bir kaynak (*SatinAlma*) tanımlanmıştır.

QUEUES elementi;

Bir varlık istediği anda istediği her kaynağa ulaşamayabilir. Dolayısıyla varlık ilgili kaynağa ulaşabilmek için bazı kuyruklara girmek durumunda kalabilir. Bu yüzden herhangi bir sipariş geldiğinde stok durumu kontrol edildikten sonra ilgili ürün stokta mevcut ise stoktaki ürünü müşteriye teslim etmek üzere stoktan çeken *Personel* kaynağı istenilen her an boşta olamayabilir. Yani istenilen anda başka bir müşterinin talebini karşılamakta olabilir. Bu durumda sipariş varlığının *Personel* kaynağını

yakalayabilmek için *PersonelKuyrugu*'na girmesi gerekir. Kuyruk prensibine göre ilk gelen sipariş ilk olarak karşılanmaktadır. Eğer ilgili ürün stokta mevcut değil ise satın alma sürecini gerçekleştirebilmesi için tahsis edilen *SatinAlma* kaynağı istenilen her an boşta olamayabilir. Yani istenilen anda farklı bir kalem için satın alma sürecini gerçekleştiriyor olabilir. Bu durumda varlığın *SatinAlma* kaynağını yakalayabilmek için *SatinAlmaKuyrugu*'na girmesi gerekmektedir. Kuyruk prensibine göre ilk gelen sipariş ilk olarak karşılanmaktadır.

TALLIES elementi içinde;

SiparisKarsilamaSuresi; herhangi bir anda gelen bir siparişin tüm süreçte geçirdiği zaman değerini tutar.

KalemBazliSiparisKarsilamaSureleri; herhangi bir anda gelen siparişin kalem bazlı olarak tüm süreçte geçirdiği zaman değerini tutar.

COUNTERS elementi içinde;

Gelen siparişlerin sipariş kaynak türü açısından sayılarını tutan sayaçlar tanımlanmıştır.

DSTATS elementi içinde;

Her bir kaynağın faydalı kullanım oranı ve her bir kuyrukta bekleyen ortalama sipariş sayısı istatistikleri tutulmuştur.

OUTPUTS elementi içinde;

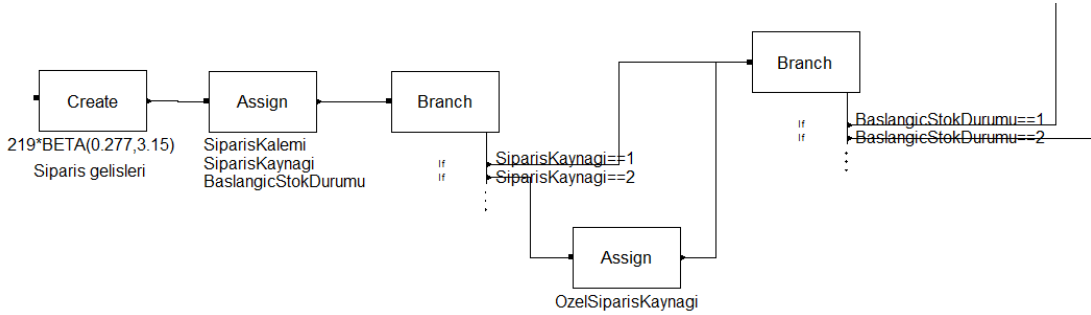
Sipariş karşılama sürelerinin ortalaması tutulmaktadır. Ayrıca kalem bazlı olarak sipariş karşılama sürelerinin ortalamaları, her bir kaynağın faydalı kullanım oranlarının ortalamaları, her bir kuyrukta bekleyen sipariş sayılarının ortalamaları ve kaynak türüne bağlı olarak sipariş sayılarının ortalamaları tutulmaktadır.

REPLICATE elementi içinde;

Replikasyon sayısı 100 olarak belirlenmiştir. Non-terminating bir sistemin ürettiği istatistikler, modelde verilen başlangıç koşullarının gerçekçi olmaması nedeniyle tam olarak doğruyu yansıtmayacaktır. Bu olumsuz başlangıç etkisinin ortadan kaldırılması için bir t anında istatistikler sıfırlanarak yeniden tutulur. Bu şekilde istatistiklerin tutulmaya başladığı andaki sistem durumu daha gerçek bir duruma dönüştürülmektedir ve t anına kadar geçen süreye warm-up (ısınma) periyodu denilmektedir. Modelde 1800 dakikalık (3 gün) warm-up periyodu tanımlanmıştır. Tüm model 19800 dakika (33 gün) çalıştırılmış ve böylece 18000 dakikalık (30 gün) bölüm için istatistikler elde edilmiştir.

4.2. Simülasyon modeli bloklar bölümü

Şekil 2'de ARENA simülasyon modeli bloklarından ilk görüntü verilmiştir.



Şekil 2. ARENA bloklarından görüntü 1

Sipariş kaynağının özel olması durumunda varlıklar yeni bir ASSIGN bloğu içinden geçerken her sipariş kalemi için *OzelSiparisKaynagi* bilgisini EXPRESSION elementi içerisinde matris biçiminde yazılan *KalemBazliOzelSiparisKaynagiOlasiliklari*

CREATE bloğunda siparişler arası geliş süresi $219*BETA(0,277;3,15)$ dağılımı ile tanımlanarak siparişi temsil eden varlıklar yaratılmıştır. İlk sipariş de $219*BETA(0,277;3,15)$ dağılımı ile üretilen bir zamanda gelmektedir.

Yaratılan varlıklar ASSIGN bloğunda bazı nitelikler kazanır. ASSIGN bloğuna gelen varlıklar siparişi temsil ettiği ve elimizde 13 farklı sipariş kalemi olduğu için burada *SiparisKalemi* olasılıkları $disc(0,132; 1; 0,25; 2; 0,569; 3; 0,659; 4; 0,791; 5; 0,916; 6; 0,951; 7; 0,958; 8; 0,972; 9; 0,979; 10; 0,986; 11; 0,993; 12; 1,0; 13)$ kesikli olacak şekilde tanımlanmıştır.

Ayrıca ASSIGN bloğunda her sipariş kalemi için *SiparisKaynagi* bilgisi EXPRESSION elementi içerisinde matris biçiminde yazılan *KalemBazliSiparisKaynagiOlasiliklari* kaydından çekilmektedir. Sipariş geldiğinde stok durumu ile ilgili bilgimiz olması açısından *BaslangicStokDurumu* için $disc(0,6;1;1;2)$ kesikli dağılım tanımlanmıştır. Bu dağılım ile sipariş geldiğinde %60 olasılıkla ilgili ürün stokta mevcut iken %40 olasılıkla stokta mevcut olmadığı bilgisi atanmaktadır.

Daha sonra varlıklar BRANCH bloğuna gelirler. Burada varlığın *SiparisKaynagi* niteliği sorgulanmaktadır. Yani gelen siparişin *SiparisKaynagi* değeri 1 ise sipariş tamirci kaynağı tarafından verilmiştir. Eğer gelen siparişin *SiparisKaynagi* değeri 2 ise sipariş özel kaynak tarafından verilmiştir.

kaydından çekilebilmektedir. Artık *SiparisKaynagi* değeri 2 olması durumunda bu özel sipariş kaynağı da bireysel ve rakip firma olmak üzere iki farklı durumda olacaktır. *OzelSiparisKaynagi* değerinin 1 olması durumunda sipariş bireysel, 2 olması

durumunda sipariş rakip firma tarafından verilmiştir.

Ardından varlıklar BRANCH bloğuna gelirler. Bu BRANCH bloğunda gelen siparişler için *BaslangicStokDurumu* kontrolü yapılmaktadır. *BaslangicStokDurumu* değeri 1 ise ilgili sipariş kalemi stokta mevcut olup sipariş stoktan karşılanmaktadır, 2 ise ilgili sipariş kalemi stokta mevcut olmayıp bir satın alma süreci ile tedarik edildikten sonra sipariş karşılanacaktır.

BaslangicStokDurumu değerinin 2 olduğu durumda varlıklar bir *SatinAlma* kaynağını tutabilmek için QUEUE bloğunu aktif hale getirerek *SatinAlmaKuyruğu*'na girerler (Şekil 3). Burada kuyruğa giren ilk sipariş kuyruktan ilk çıkarak disiplini gerçekleştirmektedir.

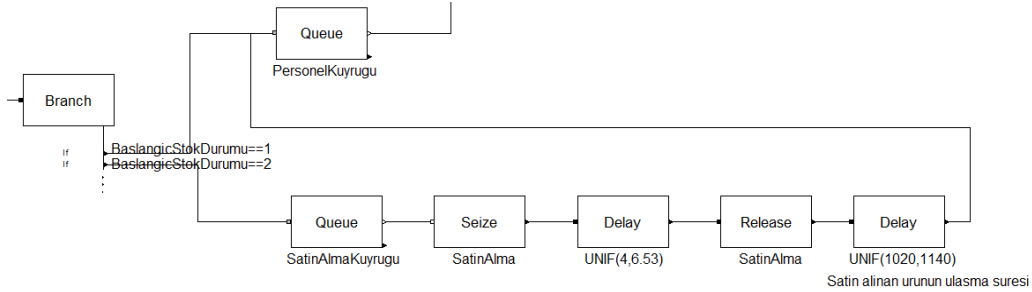
Kuyruktan çıkan varlık SEIZE bloğuna girer. SEIZE bloğu ile tutulan *SatinAlma* kaynağı ilgili sipariş kalemi için satın alma işlemini gerçekleştirebilmek adına DELAY bloğunda UNIF(4;6,53) dağılımına göre işlem süresi geçirdikten sonra RELEASE bloğu ile tuttuğu *SatinAlma* kaynağını kuyrukta bekleyen bir sonraki sipariş kalemi kaynağı tutabilsin diye serbest bırakır.

Satın alma işlemi gerçekleştirilen sipariş kalemlerinin işletmeye ulaşabilmesi için DELAY bloğunda UNIF(1020;1140) dağılımına göre

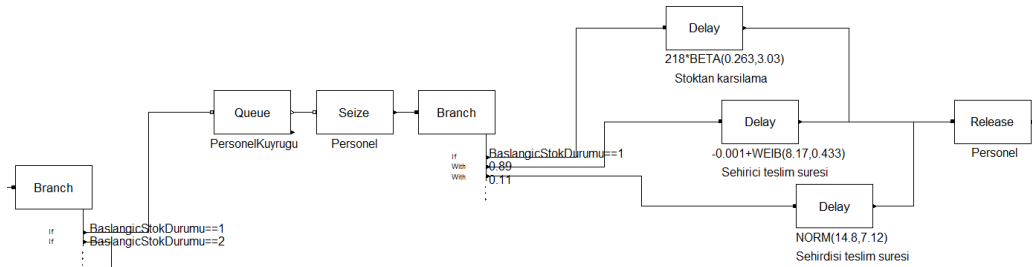
süre geçer. Tedarik edilen ilgili ürün işletmeye ulaştığı için artık stokta mevcut durumuna gelerek *PersonelKuyruğu*'na girmektedir. Tedarik edilen siparişin şehir içi müşterisi ve şehir dışı müşterisi ayrımı yapılarak farklı teslim süreleri ile siparişler karşılanabilmektedir.

BaslangicStokDurumu değeri 1 ise ilgili sipariş stokta mevcut olup siparişin bir *Personel* tarafından karşılanabilmesi için QUEUE bloğu aktif hale getirilerek varlıklar *PersonelKuyruğu*'na girmişlerdir (Şekil 3 ve 4). Burada kuyruğa giren ilk sipariş kuyruktan ilk çıkarak prensibi uygulanır.

Kuyruktan çıkan varlık SEIZE bloğuna girer. SEIZE bloğu ile tutulan *Personel* kaynağı ilgili sipariş kalemini stoktan 3 durum için tedarik edebilmektedir. İlk durum, müşteri işletmeye gelecek talebini iletir ve talep stokta mevcut olup *Personel* kaynağı tarafından doğrudan stoktan karşılanmaktadır. İkinci ve üçüncü durumda ise sipariş stokta mevcut olmayıp *SatinAlma* kaynağı tarafından tedarik edildikten sonra *Personel* kaynağı tarafından bu siparişin şehir içi veya şehir dışı müşterisine teslim edilmesi işidir. Söz konusu durumları yansıtabilmek için SEIZE bloğu ile *Personel* kaynağını tutan varlık BRANCH bloğunu aktif hale getirmektedir.



Şekil 3. ARENA bloklarından görüntü 2



Şekil 4. ARENA bloklarından görüntü 3

Eğer *BaslangicStokDurumu* değeri 1 ise ilgili sipariş kaleminin *Personel* kaynağı tarafından stoktan karşılanabilmesi adına DELAY bloğuna girer ve $218 * \text{BETA}(0,263;3,03)$ dağılımına göre işlem süresi (Stoktan karşılama) geçirdikten sonra RELEASE bloğu ile tuttuğu *Personel* kaynağını bir sonraki sipariş kalemi tutabilsin diye serbest bırakmaktadır.

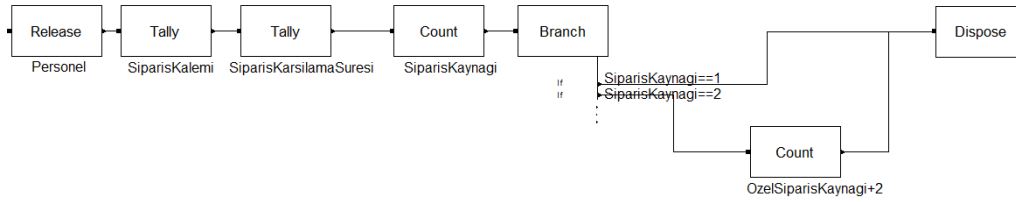
Eğer *BaslangicStokDurumu* değeri 1 değilse (bu durumda 2 olacaktır) ilgili sipariş kalemi stokta mevcut olmayıp bir satın alma süreci ile tedarik edildikten sonra sipariş karşılanır. %89 olasılıkla şehir içi müşterisine ilgili siparişin teslim edilebilmesi için varlık DELAY bloğuna girer ve $-0,001 + \text{WEIB}(8,17;0,433)$ dağılımına göre şehiriçi teslim işlemi süresini geçirdikten sonra RELEASE bloğuna ulaşır. %11 olasılıkla şehir dışı müşterisine ilgili siparişin teslim edilebilmesi için varlık bir DELAY bloğuna girer ve $\text{NORM}(14,8;7,12)$ dağılımına göre şehir dışı teslim işlemi süresini geçirdikten sonra RELEASE bloğu ile tuttuğu *Personel* kaynağını bir sonraki sipariş kalemi tutabilsin diye serbest bırakır.

Personel kaynağını serbest bırakan varlık her sipariş kaleminin sistemde geçirdiği sürenin ölçülebilmesi için TALLY bloğunu aktif hale getirir ardından da ayrı ayrı sipariş kaleminin sistemde kalma süresinin yanında toplamda sipariş karşılama süresinin ölçülebilmesi için yeni bir TALLY bloğunu aktif hale getirir (Şekil 5).

İşletmeye verilen siparişlerin sipariş kaynağı bazında sayıları COUNT bloğu ile *SiparisKaynagi* niteliğinin değerine göre ilgili sayaca yazdırılacaktır.

SiparisKaynagi değerinin 2 olduğu durumda kendi içerisinde tekrar iki farklı alt durum olabilmektedir. Bunu yansıtabilmek için varlık bir BRANCH bloğu ile kontrol edilir.

SiparisKaynagi değeri 1 olan (tamirci) varlık işlemini tamamlayıp DISPOSE bloğu ile sistemi terk ederken, *SiparisKaynagi* değeri 2 olan (özel) varlık alt durum sayılarını COUNT bloğu ile *OzelSiparisKaynagi+2* değerine göre element içinde tanımlı sayaca yazdıracak ardından DISPOSE bloğu ile sistemi terk edecektir.



Şekil 5. ARENA bloklarından görüntü 4

4.3 Simülasyon modelinin doğrulanması ve gerçekleştirilmesi

Modelin doğrulanması için; modelin ürettiği çıktıları kontrol edebilmek amacıyla rassal dağılımlar yerine sabit sayılar kullanılmış, varlığın modelde istenen şekilde akıp akmadığını kontrol edebilmek için sisteme tek bir varlık ve belirli sayıda varlık gönderilip TRACE elementi ile durum gözlemlenmiştir.

Mevcut durum için model 100 kez çalıştırılmış ve gözlenen performans ölçütleri için ARENA Çıktı Analizörü kullanılarak %95 güven düzeyinde güven aralıkları oluşturulmuştur. Sonuçlar ve güven aralıkları firma yetkilileri ile paylaşılmış model çıktılarının gerçek sistem çıktılarına benzerlik gösterdiği teyit edilmiştir. Modelin gerçekleştirilmesi bu şekilde sağlanmıştır.

4.4 Simülasyon modelinin sonuçları

Mevcut durum için geliştirilen ARENA simülasyon modeli simülasyon süresi 19800 dakika olacak şekilde 100 kez çalıştırılmıştır.

Tablo 5'de sipariş karşılama süresi (SKS) ve kalem bazlı sipariş karşılama süreleri (Kalem1,...,Kalem13) performans ölçütleri için için ayrı ayrı %95 güven düzeyinde oluşturulan güven aralıklarının ortalama değerleri ve yarı aralık genişlikleri verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre kalem tipi gözetmeksizin bir sipariş ortalama 471 dakikada karşılanmıştır.

Kalem10'un ortalama sipariş karşılama süresinin 450 dakika ile en düşük olduğu gözlemlenmiştir. Kalem10 direksiyon

kutusudur ve çok fazla talep gören bir malzeme olup kolay tedarik edilebilmektedir.

Tablo 5. Sipariş karşılama süresi ve kalem bazlı sipariş karşılama süreleri için güven aralıkları

Performans Ölçütü	Ortalama Değer	Güven Aralığı Yarı Genişliği
SKS	471	4,17
Kalem1	469	8,63
Kalem2	477	9,1
Kalem3	473	6,53
Kalem4	470	12,8
Kalem5	469	9,39
Kalem6	466	10,1
Kalem7	464	17,3
Kalem8	500	41,8
Kalem9	468	30,5
Kalem10	450	44,5
Kalem11	501	40,7
Kalem12	453	39,5
Kalem13	472	44,1

Kalem11'in ortalama sipariş karşılama süresinin 500 dakika ile en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kalem11 yol izleme modülüdür ve az talep gören bir malzeme olup tedarik edilmesi biraz zor olmaktadır.

Gözlenen diğer performans ölçütleri; personel faydalı kullanım oranı (PFKO), satın alma faydalı kullanım oranı (SFKO), personel kuyruk uzunluğu (PKU) ve satın alma kuyruk uzunluğu (SKU) dur. Tablo 6'da bu performans ölçütleri için %95 güven düzeyinde oluşturulan güven aralıklarının ortalama değerleri ve yarı aralık genişlikleri verilmiştir.

Tablo 6. Personel faydalı kullanım oranı, satın alma faydalı kullanım oranı, personel kuyruk uzunluğu, satın alma kuyruk uzunluğu için güven aralıkları

Performans Ölçütü	Ortalama Değer	Güven Aralığı Yarı Genişliği
PFKO	0,522	0,007490
SFKO	0,116	0,001510
PKU	1,080	0,093900
SKU	0,0242	0,000939

Personel faydalı kullanım oranının ortalama olarak yaklaşık %52 olduğu gözlemlenmiştir. Bu oran düşük bir oran olduğu için personellerin daha verimli çalıştırılabilmesi için bazı iyileştirmelerin yapılması gerektiği öngörülmektedir. Şehir içi ve şehir dışı müşterilerine siparişlerin tesliminde kargo gibi bir aracı firma kullanılmaktadır. Kargoda oluşabilecek herhangi bir aksaklık sipariş karşılama süresini uzatacağı için personelin de faydalı kullanım oranını düşürebileceği öngörülmektedir.

Bununla satın alma faydalı kullanım oranının da ortalama olarak yaklaşık %12 olduğu gözlemlenmiştir. Bu oran çok düşük bir oran olduğu için satın almanın daha verimli çalıştırılabilmesi için bazı iyileştirmelerin yapılması gerektiği öngörülmektedir.

Satın alma işleminde tedarikçilerden kaynaklı dış faktöre bağımlılık söz konusudur. Dolayısıyla tedarikçinin ilgili malzemeyi beklenen sürede tedarik edemeyip bu süreyi beklenenden daha yukarıya çekmesi durumunda satın alma işlemi ve buna bağlı olarak da sipariş karşılama süresi uzayacak dolayısıyla satın alma kaynağı beklemede olacağı için faydalı kullanım oranının bu sebeple de düşebileceği öngörülmektedir.

Personel kuyruk uzunluğunun ortalama 1,08 olduğu gözlemlenmiştir.

Satın alma kuyruk uzunluğunun ortalama 0,0242 olduğu gözlemlenmiştir.

İşletmeye en fazla hangi sipariş kaynağından sipariş talebi geldiğini gözlemleyebilmek için sipariş kaynağı sayısını yansıtan performans ölçütlerinin istatistikleri tutulmuştur. Tamirci sipariş sayısı, özel sipariş sayısı, özel bireysel sipariş sayısı ve özel rakip firma sipariş sayısı performans ölçütleri için %95 güven düzeyi ile güven aralıkları oluşturulmuş Tablo 7'de güven aralıklarının ortalama değerleri ve yarı aralık genişlikleri verilmiştir.

Tamirci sipariş sayısı 478 adettir. Özel sipariş sayısı 516 adet olup bunun 375 adeti bireysel 141 adeti ise rakip firma tarafından verilmiştir.

Tablo 7. Tamirci sipariş sayısı, özel sipariş sayısı, özel bireysel sipariş sayısı ve özel rakip firma sipariş sayısı için güven aralıkları

Performans Ölçütü	Ortalama Değer	Güven Aralığı Yarı Genişliği
Tamirci sipariş sayısı	478	5,24
Özel sipariş sayısı	516	5,54
Bireysel sipariş sayısı	375	4,43
Rakip firma sipariş sayısı	141	2,55

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, İzmir ilinde faaliyet gösteren bir özel şirketin stok verilerinden yararlanılmıştır. Kritik stok kalemlerini belirlemek için ABC analizi kullanılmıştır. ABC analizi ile işletme açısından sipariş gelirlerinin %80'lik kısmını oluşturan tüm kalemlerin %20'lik kısmına tekabül eden 13 kalem belirlenmiştir. Belirlenen stok kalemleri üzerinden işletmenin mevcut stok yönetim politikasını analiz edebilmek için ARENA simülasyon programlama dili kullanılarak simülasyon modeli geliştirilmiş ve bu model detaylı olarak anlatılmıştır.

Simülasyon modeli ile sipariş karşılama süresi, kalem bazlı sipariş karşılama süreleri, personel faydalı kullanım oranı, satın alma faydalı kullanım oranı, personel kuyruk uzunluğu, satın alma kuyruk uzunluğu, sipariş kaynağı açısından sipariş sayısı gibi pek çok performans ölçütü hesaplanmış, %95 güven düzeyinde güven aralıkları oluşturulmuştur.

Simülasyon modelinden elde edilen sonuçlara göre kalem tipi gözetmeksizin bir sipariş ortalama 471 dakikada gerçekleşmiştir. 13 kalem tipinin sipariş karşılama ortalama değerlerine bakıldığında da Kalem10 için sipariş karşılama süresinin ortalama 450 dakika, Kalem11 için ortalama 500 dakika olduğu gözlemlenmiştir.

Personel faydalı kullanım oranı ortalama olarak yaklaşık %52'dir. Satın alma faydalı kullanım oranı ortalama olarak yaklaşık %12'dir.

Personel kuyruk uzunluğunun ortalama 1,08'dir. Satın alma kuyruk uzunluğu ise ortalama 0,0242'dir.

Sipariş kaynağı açısından sipariş sayılarına bakıldığında tamirci sipariş sayısı 478 adettir. Özel sipariş sayısı 516 adet olup bunun 375

adeti bireysel 141 adeti ise rakip firma tarafından verilmiştir.

Bu çalışmada detayları aktarılan simülasyon modeli, işletmeye özgü bazı değişiklikler yapıldıktan sonra, benzer firmalar için de kullanılabilir niteliktedir.

Simülasyon kendi başına bir optimizasyon aracı değildir. Burada geliştirilen modele bir optimizasyon yöntemi entegre edilerek belirlenen bazı performans ölçütlerinin optimize edilmesi mümkündür.

Kaynakça

- [1] Zorlu, G.H., Öztürk, M.G., Köseoğlu, A.M. 2018. Inventory Control Methods in Companies by Using Industry 4.0, Press Academia Procedia. 4th Global Business Research Congress, Cilt 7, s. 348-351. DOI: 10.17261/Pressacademia.2018.913
- [2] Zemestani, G. 2016. Tedarik Zinciri Stratejilerinde Deterministik ve Stokastik Stok Kontrol Modellerinin Kullanımı ve Bir Model Önerisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [3] Ertuğrul, İ., Tanrıverdi, Y. 2013. Stok Kontrolde ABC Yöntemi ve AHP Analizlerinin İplik İşletmesine Uygulanması, Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 5, s. 41-52.
- [4] Özgür, B. 2007. Envanter Yönetimi İçin Maliyet Parametrelerinin Hasaplanması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [5] Ng, L.W. 2007. A Simple Classifier for Multiple Criteria ABC Analysis, European Journal of Operational Research, Cilt 177, s. 344-353. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.11.018
- [6] Chu, C.W., Liang, G.S., Liao, C.T. 2008. Controlling Inventory by Combining ABC Analysis and Fuzzy Classification, Computers & Industrial Engineering, Cilt 55, s. 841-851. DOI: 10.1016/j.cie.2008.03.006
- [7] Jammernegg, W., Reiner, G. 2007. Performance Improvement of Supply Chain Processes by Coordinated Inventory and Capacity Management, International Journal of Production Economics, Cilt 108, s. 183-190. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.12.047
- [8] Pierreval, H., Bruniaux, R., Caux, C. 2007. A Continuous Simulation Approach for Supply Chains in The Automotive Industry, Simulation Modelling Practice and Theory, Cilt 15, s. 185-198. DOI: 10.1016/j.simpat.2006.09.019
- [9] Li, S.G., Kuo, X. 2008. The Inventory Management System for Automobile Spare Parts in A Central Warehouse, Expert Systems with Applications, Cilt 34, s. 1144-1153. DOI: 10.1016/j.eswa.2006.12.003

- [10] Heinecke, G., Syntetos, A.A., Wang, W. 2013. Forecasting-based SKU Classification, International Journal of Production Economics, Cilt 143, s. 455-462.
DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.11.020
- [11] Rego, J.R., Mesquita M.A. 2015. Demand Forecasting and Inventory Control: A Simulation Study on Automotive Spare Parts, International Journal of Production Economics, Cilt 161, s. 1-16.
DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.11.009
DOI: 10.1016/j.cor.2004.07.014
- [12] Carson II, J.S. 2005. Introduction to Modeling and Simulation, Proceedings of The 2005 Winter Simulation Conference, s. 16-23.
DOI: 10.1109/WSC.2005.1574235
- [13] Banks, J. 2000. Introduction to Simulation, Proceedings of The 2000 Winter Simulation Conference, s. 9-16.
DOI: 10.1109/WSC.2000.899690
- [14] Ingalls, R.G. 2002. Introduction to Simulation, Proceedings of The 2002 Winter Simulation Conference, s. 7-16.
DOI: 10.1109/WSC.2002.1172861
- [15] Chung, C.A. 2004. Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach, CRC Press LLC, USA.
- [16] Pegden, C.D., Shannon, R.E., Sadowski, R.P. 1990. Introduction to Simulation Using SIMAN, Systems Modelling Corporation, USA.