

Veri madenciliği ve stok tutma süresi teknikleri ile depolar için dinamik ürün analizi modelinin geliştirilmesi

Development of dynamic product analysis model for warehouse with data mining and stock-keeping time techniques

Cemil ÇELİK^{1*} , Zerrin ALADAĞ² , Atakan ALKAN² 

¹Dinçer Lojistik Anonim Şirketi, Araştırma ve Geliştirme Merkezi, İstanbul, Türkiye.

cemil.celik@dincerlojistik.com

²Endüstri Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.

zaladag@kocaeli.edu.tr, aalkan@kocaeli.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 27.01.2022

Düzeltilme Tarihi/Revision: 18.05.2022

doi: 10.5505/pajes.2022.29974

Kabul Tarihi/Accepted: 03.06.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Teknolojinin gelişmesi ile etkin bir depo yönetimi işletmelerin en önemli hedefleri arasına girmiştir. Bu hedeflerin gerçekleşmesi işletmelerin ellerinde olan veriyi kullanarak anlamlı bilgiler çıkarması ve bu bilgileri depo yönetiminde kullanması ile mümkün olacaktır. Depo yönetiminin ise en mühim fonksiyonlarından biri ürün yerleştirmedir. İdeal olmayan ürün yerleştirmeleri işletmeleri zaman ve maddi açıdan kayıplara yol açmaktadır. Çalışma kapsamında; çıkış siparişleri baz alınarak dinamik bir ürün analizi modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında standart sapma tekniği kullanılarak ideal dönemler belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında stokta tutma süresi tekniği ile ürünlerin bekleme süreleri hesaplanmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında stok tutma süreleri sıralanarak depo içerisinde Pareto tabanlı Elmas, Altın ve Gümüş bölgelere bölünen lokasyonların ürünler ile eşlenmesi sağlanmıştır. Çalışmanın dördüncü aşamasında veri madenciliği modellerinden biri olan birliktelik analizinin literatürlerde en çok kabul görmüş olan Apriori algoritması tekniği ile verilerin birliktelik analizi gerçekleştirilmiş ve aynı bölgede sık giden ürünler yan yana konularak ürünlerin toplama gözü lokasyonları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda depolama faaliyetlerinde bulunan işletmelere ve bu alanda çalışan araştırmacılara ürün yerleştirme süreçlerinde faydalanacakları bir modelin belirlenmesinde katkı sağlaması amaçlanmıştır. Bu çalışma ile ürün analizinin yapılmasında sadece literatürde sıklıkla rastlanılan ürün tonaj bilgileri veya ürün çıkış bilgileri baz alınmamış, o ürünün stok tutma süresi ve birlikte gitme özelliği baz alınmıştır. Böylece literatüre yeni ve etkin bir bakış açısı kazandırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Apriori algoritması, Dinamik ürün analizi, Lojistik, Pareto analizi, Standart sapma, Stok tutma süresi.

Abstract

Effective warehouse management has become one of the most important goals of businesses with the development of technology. The realization of these goals will be possible by using the data in the hands of the businesses to extract meaningful information and to use this information in warehouse management. One of the most important functions of warehouse management is product placement. Improper product placements cause time and financial losses for businesses. Scope of work; it is aimed to develop a dynamic product analysis model based on output orders. In the first stage of the study, ideal periods were determined by using the standard deviation technique. In the second stage of the study, the waiting times of the products were calculated with the technique of holding time in stock. In the third stage of the study, the products were ranked according to their stock keeping times. Afterward, the locations divided into Pareto-based Diamond, Gold and Silver regions were matched with the products in the warehouse. In the fourth stage of the study, the Apriori algorithm technique, which is one of the data mining models, is the most accepted in the literature, was used. The association analysis of the data was carried out and the collection bin locations of the products were determined by placing the products that go frequently in the same region side by side. As a result of the study, it is aimed to contribute to the businesses engaged in storage activities and researchers working in this field in determining a model that they will benefit from in the product placement processes. In this study, product tonnage information or product output information, which is frequently encountered in the literature, is not taken as a basis for product analysis, and the stock keeping time and go-with feature of that product are taken as the basis. Thus, a new and effective perspective has been gained to the literature.

Keywords: Apriori algorithm, Dynamic product analysis, Logistics, Pareto analysis, Standard deviation, Stock holding time.

1 Giriş

Depolama, lojistiğin en önemli fonksiyonlarından bir tanesidir. Lojistik sisteminin gereksinimleri doğrultusunda müşterilerin ihtiyaçları ve istekleri göz önüne alınarak, en düşük toplam maliyetle ürünlerin stoklandığı yerlere depo denir. Depolama ise daha kapsamlı bir ifade ile tedarik edilen işlenmiş maddeler ve hammaddelerin belirli bir alanda ve belirli kurallara göre ihtiyaç duyulduğunda kullanılmak üzere saklanmasıdır [1].

Her sınıftaki depoların verimli ve ideal çalışmasının en önemli yolu depo optimizasyonudur. Depo optimizasyonu, müşteri ve

yönetim memnuniyetini artırmak, hataları minimuma indirmek, kaynak ve sahadan tasarruf etmek gibi konuları içeren disiplinli bir süreçtir. Depo optimizasyon konularından en önemlileri; ürün yerleştirme, depolama ve depo akışı sistemleridir. İdeal bir depo tasarımı ve yerleştirmenin yapılması depoların etkinliğini ve performansını etkileyen en önemli faktörlerden olup, literatürde yer alan çalışmalarda depo optimizasyon konularını oluşturmaktadır [2]. Bütün depolarda gerçekleşen ortak faaliyetler ise mal kabul, depolama işlemleri, toplama işlemleri ve veri yönetimidir.

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Mal kabul işlemleri; depo sistemlerine gelen ürünler bir düzen içerisinde kabul, kontrol ve kayıt işlemlerinden geçmesi işlemlerinin genel adıdır. *Depolama işlemleri*; teslim alınan ürünler belirli bir plan dahilinde depo içerisine dağıtılması ve ilgili adreslere yerleştirilmesidir. *Toplama işlemleri*; müşteriden gelen talepler doğrultusunda bir plana bağlı olarak depo içerisinde siparişlerin toplama işlemine verilen adıdır. *Veri yönetimi*; malzeme karakteristikleri, depo lokasyonları, lokasyon sayıları, lokasyon kapasiteleri, sipariş ve envanter verileri, veri yönetimi içerisinde karşımıza çıkmaktadır. Bu tarz veriler normal işleyiş içerisinde takip edilip ve raporlanarak depo yönetimine sunulur.

Sipariş toplama maliyetlerinin toplam depolama maliyetleri içerisindeki oranının %55 olduğunu öne süren Tompkins ve diğ. (2010) sipariş toplamanın depoların servis düzeylerini direkt etkilediğini savunmuşlardır [3]. Sipariş toplama sürecinde verimlilik sağlayan en önemli süreç ise yerleştirme sürecidir. İdeal bir depo yerleşimi, kaos ve kargaşadan uzak, seri ürün ve iş akışına imkân sağlar. Bu da depo faaliyetlerinin verimliliğinin artırılmasını beraberinde getirir. Yerleşimi etkileyen en önemli konu ise ideal toplama gözlerinin ideal zamanlarda belirlenmesidir.

Bu çalışma lojistik sektöründe tehlikeli maddeler için depolama ve taşıma hizmeti sunan bir firmanın ürünlerini optimum bir şekilde yerleştirememeye problemlerine yönelik dinamik ürün analizi kavramı detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve depolama faaliyetlerinde dinamik ürün analizi modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen bu model farklı sektörlerde de kullanılabilir olup, literatürde bulunan ideal toplama gözlerinin belirlenmesi uygulamalarından farklı olarak ilk defa MS SQL Database üzerinde farklı tekniklerden oluşan hibrit bir modelin kullanıldığı tamamen dinamik bir süreci modelleyen öncü bir çalışma olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde depo yerleştirme kavramından bahsedilmiş ve literatür taraması yapılmıştır. İkinci bölümde depo yerleştirme süreçleri ve kimyasal depolama matrisi ede alınmıştır. Standart sapma, stok tutma süresi ve veri madenciliği tekniklerinden Apriori Algoritması ve pareto Analizi kullanılarak dinamik ürün analizi modeli geliştirilmiştir. Üçüncü bölümde sonuç ve değerlendirmelere yer verilerek çalışma sonlandırılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

2 Literatür araştırması

Dinamik ürün analizi sürecinde geliştirilecek model kapsamında literatür araştırması yapıldığında, kısıtlı sayıda bilimsel yayın ile karşılaşmıştır. Literatürde yoğun bir şekilde lojistik sektöründe sipariş toplama süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Lojistik sektöründe dinamik ürün analizi ile ilgili çalışmalar ve model kapsamında kullanılan yöntemler şu şekildedir. Günümüzde rekabet piyasasında depoların kar oranları giderek düşmektedir. Depolama süreçlerinde maliyetleri minimuma indirmeye yönelik hedefler oluşturmak ve bu maliyetlerin üzerinde durmak işletmeleri doğrudan karlılığa götürmektedir. Ek olarak artan rekabet ortamında işletmeler, depolamanın tüm süreçlerini sistematik olarak ele almalı ve verimlilik üzerine çalışmalarını yapması gerekmektedir. Depolamanın en mühim fonksiyonlarından biri ürünlerin yerleştirilmesidir. Bu nedenle çalışma kapsamında depo ürün yerleştirme ve öncesini oluşturan dinamik ürün analizi çalışmaları ele alınmıştır. Bu çalışma ile dinamik ürün analizinin en mühim yönlerini belirleyip depolarda yerleştirme üzerine çalışan

araştırmacıların bu konuya yönelmesini sağlamak hedeflenmiştir. Ürün analizi ve yerleştirme çalışmaları ile ilgili literatür araştırması yapıldığında geçmiş yıllardan günümüze kadar çok fazla bilimsel yayın yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışma kapsamında dört kademeli bir araştırma tekniği kullanılarak literatür araştırması yapılmıştır. Bu yöntem; anahtar kelimelerin belirlenmesi, veri tabanlarının belirlenmesi, ürün yerleştirme ile ilgili yayınların belirlenmesi ve kaynakça incelenmesi ve teyidin sağlanması aşamalarından oluşmaktadır. Literatür araştırması yapıldığında bu alanda kısıtlı sayıda yayın yapıldığı görülmektedir.

Ha ve Hwang (1994) atıklarınca depolama sisteminde sınıf bazlı depolama yerleştirme ilkesi üzerine çalışma yaparak sınıf bazlı bir yerleştirme yapmışlardır [4]. Jewkes ve diğ. (2004) bir depoda ağgözlü algoritma ve dinamik programlama kullanarak ürün yerleşimi, üzerine çalışma yapmışlardır [5]. Heragu ve diğ. (2005) ürünlerin depo yerlerine yerleşimlerini gerçekleştiren bir doğrusal model oluşturarak depo tasarımı ve ürün yerleştirilmesi üzerine çalışma yapmışlardır. [6]. Ng (2007) ağırlıklandırılmış lineer optimizasyon modeli geliştirerek stok sınıflandırması üzerine çalışma yapmıştır [7]. Muppani ve Adil (2008) benzetilmiş tavlama yaklaşımı kullanarak sınıf bazlı ürün yerleştirme üzerine çalışma yapmışlardır [8]. Accorsi ve diğ. (2012) ürün yerleşime ilişkin dört aşamadan oluşan hiyerarşik bir model kullanarak depodaki her bir ürün için doğru envanter seviyesinin tutulması ve ürünlerin depoda doğru yerleştirilmesi üzerine çalışma yapmışlardır [9]. Özyörük ve Ak (2012) sezgisel bir model kullanarak etkin depo yerleşiminin düzenlenmesi üzerine çalışma yapmış ve mevcut depolama sistemini iyileştirilerek mevcut alanların etkin şekilde kullanılmasını sağlamışlardır [10]. Boysen ve diğ. (2013) sezgisel yöntem geliştirerek bir depoda ürün yerleşimi üzerine çalışma yapmışlardır [11]. Fumi ve diğ. (2013) depo alanını en aza indirmek için tam sayılı programlama yaklaşımını kullanarak depoda ürün yerleşimini gerçekleştirmişlerdir [12]. Wutthisirisart ve diğ. (2015) Minimum Delay Algorithm sezgisel yöntemini kullanarak toplayıcının en az yürüyeceği mesafe ile ürünleri depoya yerleştirmişlerdir [13]. Dinçer (2018) Analitik Serim Süreci ve birliktelik analizi yöntemlerinden Apriori Algoritmasını kullanarak bir ilaç deposunda yerleştirme ve sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi üzerine çalışma yapmıştır [14]. Şenyiğit ve Bozdoğan (2018) sezgisel bir yöntem geliştirerek tek blok tek koridor depo yerleştirme problemi üzerine çalışma yapmış ve yöntemin daha kısa toplama mesafesinde çözüm bulduğu belirlenmiştir [15]. Tambunan ve Tambunan (2020) 79 farklı içecek sınıfı ürünlerinin bulunduğu bir depoda, ürünleri gruplayarak raflardaki yerlerini belirlemişlerdir [16]. Çobanoğlu ve diğ. (2021) bir imalat firması deposunda bulunan 805 farklı tip ürünlerin birlikte toplanma sıklığını baz alarak kümeleme ve ABC analizi yöntemleri ile matematiksel bir model geliştirmişlerdir [17]. Yerlikaya ve Arıkan 2022 yılında sipariş toplama sistemlerinde üretim planlama ve sınıf temelli depo ürün atama problemi için karışık tam sayılı doğrusal olmayan bütünlük bir matematiksel model önermişlerdir [18]. Eti ve İnel (2022) sipariş toplama problemi üzerine kümeleme ve tasarruf algoritması yöntemini içeren karma bir yöntem kullanımı önermişlerdir. Çalışmalarının sonucunda 400 sipariş üzerine simülasyon yapılmış ve siparişlerin toplama rotalarında iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir [19].

Sonuç olarak; dağıtım merkezleri ve depolardaki operasyonların en maliyetli süreci sipariş toplamadır. Literatürde görülen çalışmaların da bu konuya odaklı olması

çok normaldir. Genel olarak toplayıcının aldığı yolu ya da sipariş toplarken harcadığı zamanı azaltmaya yönelik çalışmalar ile bu durum aşılma çalışılmıştır.

3 Materyal ve metod

Depo kısıtlarının göz önünde bulundurularak ürün depolamada dinamik lokasyon tabanlı yerleştirme algoritmasının geliştirilmesinde birçok farklı yöntem birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemler modelin ön aşamalarını oluşturur. Bu kapsamda modelde kullanılacak yöntemlerin seçimi ve teorik altyapısı bu bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1 Kullanılan yöntemlerin seçimi

Çalışma kapsamında modelin geliştirilmesine başlamadan önce ilk aşamada kullanılacak yazılım dili ve ikinci aşamada ise kullanılacak yöntemler belirlenmiştir.

Birinci aşamada; zor ve karmaşık bir yapıyı ortadan kaldırmak için; DevExpress Framework üzerinde C# programlama dili kullanılarak model geliştirilmiştir. Bu dil, Microsoft firmasının .NET teknolojisi için geliştirilmiş bir ürünü olmakla birlikte, günümüz koşulları dikkate alındığında, yeterli dokümantasyonun olması, yazılımcılar arasında çok tercih edilen bir dil olması, basit, modern ve kolay öğrenilmesi, sebebiyle tercih edilmiştir [20]. İkinci aşamanın birinci adımında; depolarda belirli periyotlarda değişen toplama gözlerinin hangi periyotlarda değişimin yapılması gerektiği veya ideal dönem aralıklarını belirlemek için istatistik tekniklerinden standart sapma tekniği kullanılmıştır. İkinci adımında; ürünlerin devir hızını ve bekleme sürelerini hesaplamak ve çıkış rampasına en yakın yerleştirmenin yapılabilmesi için stokta tutma süresi tekniği kullanılmıştır. Üçüncü adımında depo lokasyonlarını Elmas, Altın ve Gümüş bölgelere ayırmak ve ürünleri bu bölgeler ile eşleştirmek için Pareto tekniği kullanılmıştır. Dördüncü adımında; aynı bölgede birlikte giden ürünlerin belirlenmesi ve yan yana konulması için SPSS Modüler üzerinde Apriori Algoritması kullanılmıştır.

3.2 Standart sapma

Standart sapma; istatistik bilimi ve olasılık kuramında verilerin yayılımlarının tespit edilmesi amacıyla kullanılan bir tekniktir. Standart sapma eski Yunan alfabesinden bir harf olan küçük sigma (σ) ile gösterilir. Dağılımdaki tüm verilerin aritmetik ortalama ile olan farklarının karelerinin ortalamasının kareköküdür. Standart sapma Denklem 1'deki gibi hesaplanır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

Genel bir ifade ile standart sapma sayılabilen ve ölçülebilir sayılar için verilerin aritmetik ortalamaya göre yayılımını gösteren istatistiksel bir değerdir. Eğer bütün veriler aynı ise standart sapma değeri sıfırdır. Eğer veriler ortalamadan uzakta yayılmış ise standart sapma değeri büyük ve eğer veriler ortalama değere yakın ise standart sapması küçüktür [21].

3.3 Stok tutma süresi

Stok devir hızı, depolarda bulunan stokların belirli periyotlarda kaç kere yenilendiğini ve stoklardaki ürünlerin satış hızını gösteren önemli bir ölçümdür. Genel bir ifade ile stok devir hızı, bir işletmenin stoklarında bulunan ürünlerinin yıl içindeki devir sayısını gösteren bir hesaplama tekniğidir. Başka bir ifade ile bir işletmenin stoklarında bulunan ürünlerin bir yıl

içerisinde ne kadar yenilendiğini ifade etmektedir. Stok devir hızı Denklem 2'deki gibi hesaplanır.

$$\text{Stok Devir Hızı} = \frac{\text{Satılan Ürün Miktarı}}{\left(\frac{\text{İlk Stok Miktarı} + \text{Son Stok Miktarı}}{2}\right)} \quad (2)$$

Stok tutma süresi, depolarda bulunan ürünlerin belirtilen periyotta stokta ortalama ne kadar kaldığını gösterir. Yine klasik tabirle stoksuzluk ya da fazla stok durumlarını yaşamamak için satış dönemlerindeki temponun stoklar tarafından karşılanıp karşılanamayacağını veya stok fazlasını ifade eder. Stok tutma süresi Denklem 3'teki gibi hesaplanır [22].

$$\text{Stok Tutma Süresi} = \frac{\text{İki Tarih Arasındaki Gün Sayısı}}{\text{Stok Devir Hızı}} \quad (3)$$

3.4 Apriori algoritması

Veri madenciliği modelleri temelde sınıflandırma, kümeleme ve birliktelik kuralları olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Birliktelik analizi veri madenciliğinin tanımlayıcı modellerinden biridir. Birliktelik kuralları çok büyük veriler arasında birliktelik ilişkilerini ortaya çıkararak satış, pazarlama ve karar destek gibi yönetime katkı sağlamaktadır. Birliktelik analizi, geçmişe dayalı verilerin analizini gerçekleştirilerek, veriler arasında birliktelik ilişkilerinin belirlenmesi ile geleceğe yönelik araştırmalar ve çalışmalar yapılmasında katkı sağlayan bir tekniktir.

Birliktelik kuralları içerisinde en bilinen ve en yaygın olarak kullanılan algoritma Apriori Algoritmasıdır. Geniş veri setleri içerisindeki birliktelik kurallarının hızlı ve doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için; Agrawal ve Srikant (1993) apriori algoritmasını geliştirmişlerdir. Apriori algoritması sayesinde büyük ve gerçek veriler üzerinde birliktelik ilişkisi kurallarını belirlemek amacıyla veri madenciliği yapılmaktadır. Apriori algoritması kimi aday nesne kümelerinin destek değerlerini kapsamadan bu adayların çıkarılması ile oldukça etkili bir çözüm oluşturur [23]. Başka bir ifade ile birliktelik analizi, belirlenmiş bir veri setinde sıklıkla birlikte görülen değerlere ait ilişkisel kuralların ortaya çıkarılmasıdır [24].

Apriori çözümlerinde veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için destek ve güven gibi iki kriterden faydalanılır. Destek kriteri, bir ürün ilişkisinin tüm alışveriş içerisinde hangi oranda tekrarlandığını ifade eder. Güven kriteri ise bir A ürününü alan müşterilerin B ürününü alma olasılığını ifade eder. A ürününü alanların B ürününü de alma durumu, yani diğer ifade ile birliktelik kuralı $A \rightarrow B$ biçiminde gösterilir. Bu kapsamda destek kriteri Denklem 4'te gösterildiği gibi ifade edilir [25].

$$\text{Destek} (A \rightarrow B) = \text{sayı}(A, B) / N \quad (4)$$

Denklem 4'te gösterilen sayı (A, B) destek sayısı; alışveriş sırasında A ve B ürünlerinin birlikte tercih edilme sayısını ifade etmektedir. N ile ifade edilen ise toplam alışveriş sayısını ifade etmektedir. Denklem 5'te ifade edilen güven kriteri ise A ve B ürün gruplarının birlikte satın alınma olasılığını gösterir [25].

$$\text{Güven} (A \rightarrow B) = \text{sayı}(A, B) / \text{sayı}(A) \quad (5)$$

Analiz sonucunda elde edilen verilerde ürünlerin sadece alındı/alınmadı bilgisi varsa birliktelik analizinde ürünler arasındaki ilişki güven ve destek kriterleri ile hesaplanır. Alışveriş sırasında iki ürün grubunun satın alınmasındaki

ilişkinin olması için güven ve destek kriterlerinin yüksek olması gerekir.

Birliktelik (Apriori) Algoritmasının kullanıldığı bu çalışmada bir lojistik firmasında çıkış siparişleri kullanılarak; ürünlerin çıkış eğilimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ürünler ile ilgili elde edilen bulgulardan firma sorumlularına bilgiler verilmiş, depo yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi ve depoların verimliliğini arttırmaya yönelik kararlar almalarında destek sağlanmıştır.

3.5 Pareto analizi

ABC analizi ilk defa General Electric' in yöneticisi H. Ford tarafından ortaya çıkarılmıştır. Pareto analizinin temeli stokların belirli oranlarda sınıflandırılması üzerine dayanır. Ürünler bu sınıflandırmada belirli bir kritere göre değil, çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. ABC analizi ile amaç stoklarda bulunan ürünlerin belirli zaman aralıklarında tüketim değerlerine göre bakılarak sınıflandırılmasının sağlanmasıdır.

Tablo 1'e göre stok ürünlerinden A grubu; toplam miktarın %15-20'sini kapsarken, toplam değer ise %75-80'ini kapsamaktadır. ABC analizi, stok kontrolünün yanı sıra birçok alanda başarı ile uygulanmaktadır [26].

4 Dinamik ürün analizi modelinin uygulaması

Çalışma kapsamında dinamik ürün analizi modelinin geliştirilmesi ve uygulanması lojistik sektörde depolama ve taşımacılık hizmeti sunan bir işletmenin tehlikeli kimyasal sınıfa sahip ürünlerinin bulunduğu çoklu müşterili bir depoda gerçekleştirilmiştir. Yerleştirme algoritmasına ilişkin akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.

Modelin ilk aşamasında (1.1); mevcut durum analizi yapılmış ve yapılsal ihtiyaçlar belirlenmiştir.

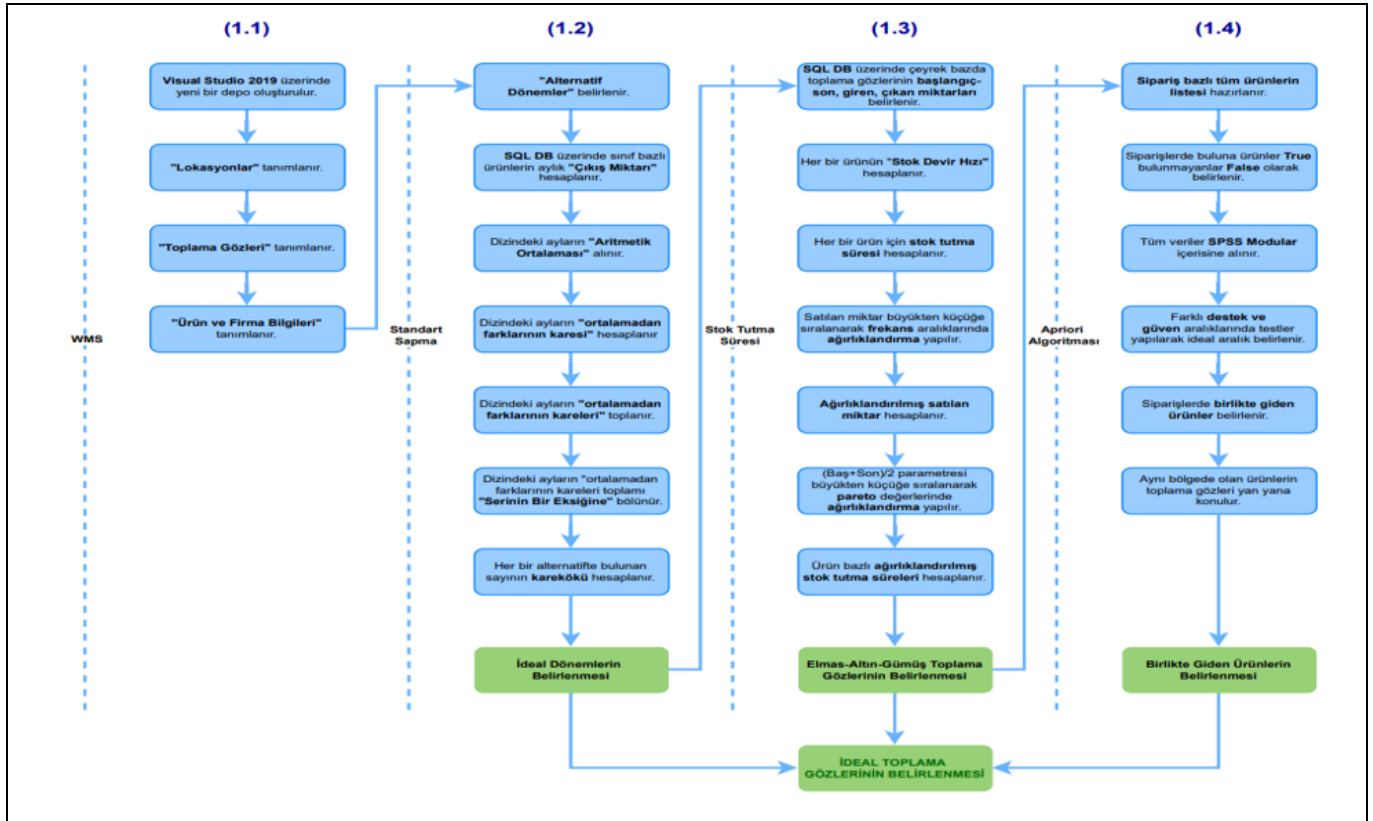
Birinci adımında; çalışmanın yapılacağı Dilovası deposu detaylı analiz edilmiştir. Depo, sezonluk değişimlerden etkilenen, siparişlere yönelik işlemler yapılan, siparişlerin

zamanı geldikçe sevki edilen, ürünlerin paletli olarak depoya mal kabulü yapılan, depoda tüm paletlerin sırt sırta yerleştirilmiş olduğu tüm paletlere doğrudan ulaşım imkânı olan, 2016 yılının başında hizmete alınan 8,000 m²'lik alan üzerine kurulu 9 kat ve 15 koridordan oluşan 11,325 palet kapasiteli tehlikeli sınıflara sahip ürünlerin bulunduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. ABC analizi sınıflandırması.

Table 1. ABC analysis classification.

Stok Ürünleri	Toplam Miktar	Toplam Değer
A grubu	%15-20' sini	%75-80' ini
B grubu	%30-40' ını	%10-15' ini
C grubu	%40-50' sini	%5-10' unu



Şekil 1. Yerleştirme algoritmasına ilişkin akış şeması.

Figure 1. Flow chart of the placement algorithm.

İkinci adımında ekipmanlar detaylı analiz edilmiştir. Paletlerin yerden alınıp lokasyonlara taşınması işlemi dar koridorda hareket eden ve dikeyde 11 katlı rafa yükselebilen RT (Reach Truck) 'ler tarafından yapılmaktadır. Yine aynı şekilde yükleme emri gelen ürünlerin bulunduğu lokasyonlardan paletler RT (Reach Truck) 'ler ile indirilmektedir. Koridor genişliği sadece iki forklifte göre tasarlanmıştır. Ayrıca ürünler mal kabul sürecinden geçerek depo yönetim sistemi (WMS) uygulaması ve el terminalleri kullanılarak raflara yerleştirilmektedir. Raflara yerleştirme işlemi WMS programının önerisi ile yapılıyor olsa da genellikle manuel olarak personel boş gördüğü adrese ürünleri koymaktadır.

Üçüncü adımında yazılım ihtiyaçları detaylı analiz edilmiştir. Yazılımsal ihtiyaçların belirlenmesi adımında yazılım mimarisi belirlenmiş ve tasarlanmıştır. Ayrıca zor ve karmaşık bir yapıyı ortadan kaldırmak için Web Application projesi oluşturulup C# programlama dili kullanılarak geliştirmeler yapılmış ve aynı anda birden fazla noktadan veri girişinin sağlanabilmesi için web servis kullanılmıştır. Lojistik süreçlerinde sıklıkla karşılaşılan büyük hacimdeki verileri tutabilmek ve

yönetebilmek için veri tabanı olarak MSSQL Database yapısı tercih edilmiştir. Ayrıca çalışma 10.61.1.79 SQL sunucu geliştirme ortamında yapılmış ve Angular js kullanılarak frontend tasarımları/geliştirmeleri gerçekleştirilmiş ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

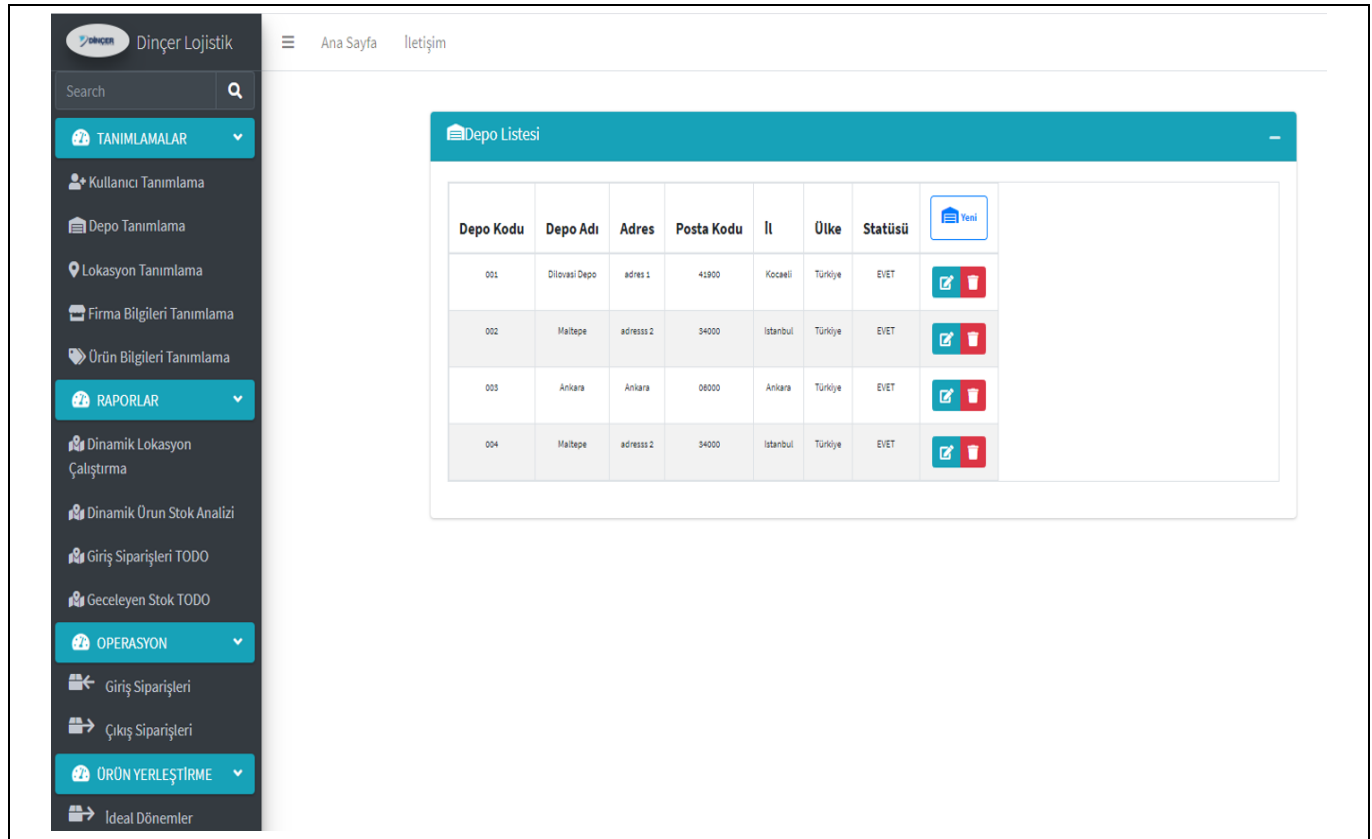
Modelin ikinci aşamasında (1.2); MS SQL Database üzerinde standart sapma tekniği kullanılarak toplama gözlerinin değiştirileceği ideal dönemler belirlenmiştir. Şöyle ki; yaz dönemlerinde bazı ürünler çok sık giderken, aynı ürünlerin kış döneminde depodan çok az çıkışı yapılmaktadır. Bu kapsamda ürünlerin ideal dönemlerini belirleyip toplama gözlerini ideal dönemlere göre konumlandırılması deponun toplama performansını olumlu etkilemekte ve depo maliyetlerini düşürmektedir.

Standart sapma tekniğinin birinci adımında; depo müdürü ve yöneticilerinin önerisi ile dört dönem belirlenmiştir. Dört dönem; depodaki toplama gözlerinin yılda dört defa değiştirileceğini ifade etmektedir. Belirlenen dört döneme istinaden ayların sıralı olması koşulu ile alternatif 3 farklı senaryo belirlenmiş ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Alternatif dönemler.

Table 2. Alternative periods.

1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
Ocak-Şubat-Mart (O-Ş-M)	Şubat-Mart-Nisan (Ş-M-N)	Mart-Nisan-Mayıs (M-N-M)
Nisan-Mayıs-Haziran (N-M-H)	Mayıs-Haziran-Temmuz (M-H-T)	Haziran-Temmuz-Ağustos (H-T-A)
Temmuz-Ağustos-Eylül (T-A-E)	Ağustos-Eylül-Ekim (A-E-E)	Eylül-Ekim-Kasım (E-E-K)
Ekim-Kasım-Aralık (E-K-A)	Kasım-Ağustos-Eylül (K-A-O)	Aralık-Ocak-Şubat (A-O-Ş)



Şekil 2. Yazılım geliştirme yapısı.

Figure 2. Software development structure.

Standart sapma tekniğinin ikinci adımında; SQL DB üzerinde tehlike sınıf bazlı ürünlerin aylık çıkış miktarı hesaplanmış ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Aylık bazda toplam çıkış miktarları.

Table 3. Total output quantity on a monthly basis.

Sınıf 2,1	Aylar	Miktar	Sınıf 3	Aylar	Miktar
A Firması	Oca	498,400	B Firması	Oca	2,343
A Firması	Şub	160,874	B Firması	Şub	1,095
A Firması	Mar	183,136	B Firması	Mar	5,858
...
A Firması	Ara	66,534	B Firması	Ara	50,780

Standart sapma tekniğinin üçüncü adımında; Denklem 1'e göre dizindeki ayların aritmetik ortalaması alınmış, dördüncü adımında dizindeki ayların ortalamadan farklarının karesi hesaplanmış ve Tablo 4'te gösterilmiştir.

Standart sapma tekniğinin beşinci adımında dizindeki ayların ortalamadan farklarının kareleri toplanmış, altıncı adımında dizindeki ayların ortalamadan farklarının kareleri toplamı serinin bir eksiğine bölünmüş ve yedinci adımında her bir alternatifte bulunan sayının karekökü hesaplanmış ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

Standart sapma tekniğinin son adımında tüm tehlikeli sınıflar için standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Sapması en düşük olan ideal senaryonun ikinci senaryo olduğu belirlenmiş ve frontend tasarım geliştirmeleri gerçekleşmiş ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Senaryoların aritmetik ortalaması ve fark kareleri.

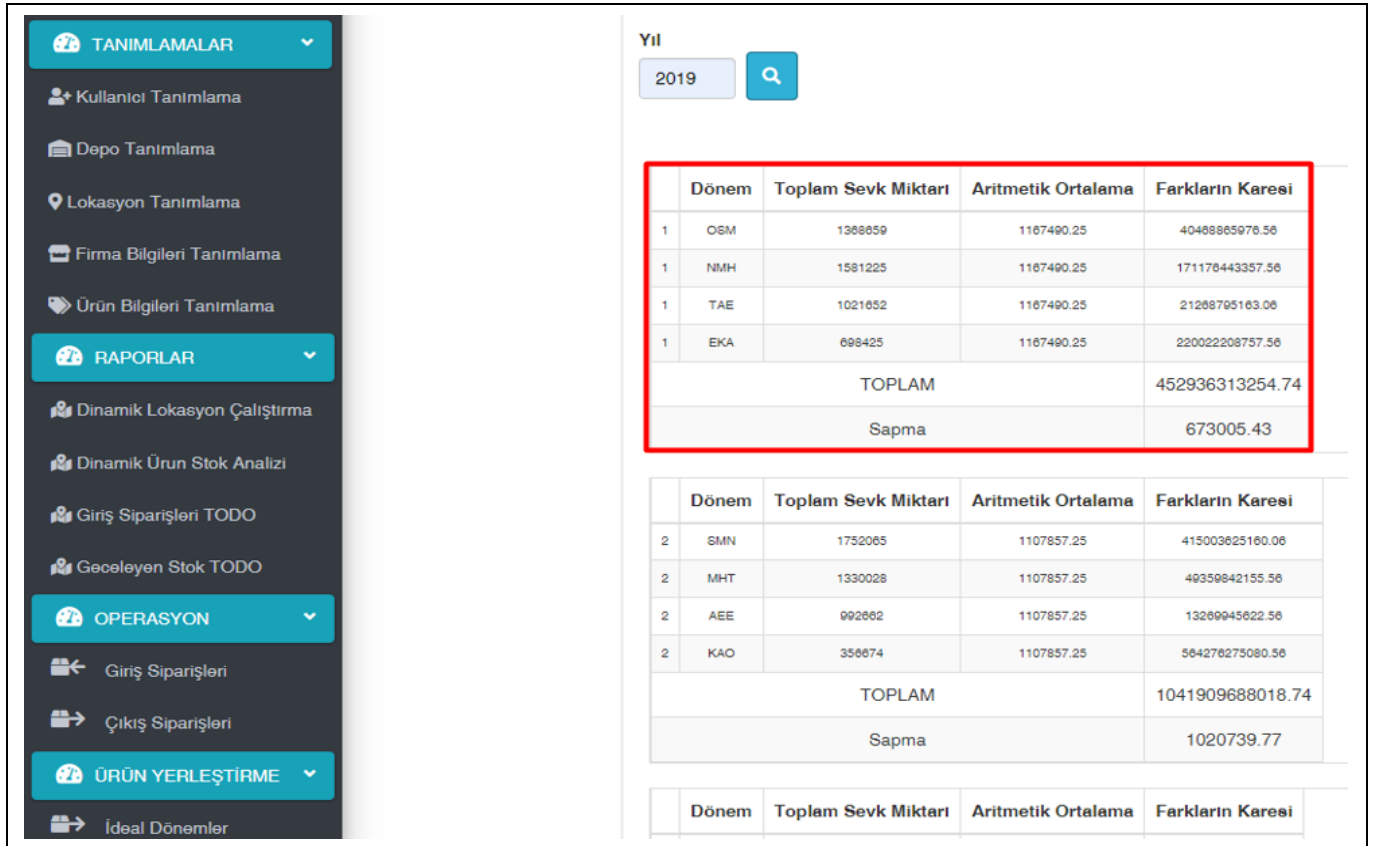
Table 4. Arithmetic mean and difference squares of the scenarios.

Senaryolar	Dönem	Sevk Miktarı	3. Adım	4. Adım
			Arit. Ort.	Farkların Karesi
1. Senaryo	O-Ş-M	842,410	283,414	312,477,087,012
	N-M-H	97,837	283,414	34,438,637,352
	T-A-E	35,839	283,414	61,293,133,050
	E-K-A	157,568	283,414	15,837,089,870
2. Senaryo	Ş-M-N	379,596	283,414	9,251,073,306
	M-H-T	74,092	283,414	43,815,490,362
	A-E-E	37,022	283,414	60,708,771,272
	K-A-O	642,944	283,414	129,262,180,430
3. Senaryo	M-N-M	220,873	283,414	3,911,314,140
	H-T-A	84,493	283,414	39,569,365,320
	E-E-K	102,480	283,414	32,736,931,422
	A-O-Ş	725,808	283,414	195,712,893,630

Tablo 5, Senaryoların standart sapması.

Table 5, Standard deviation of scenarios.

Senaryolar	5. Adım	6. Adım	7. Adım
	TOPLAM	(N-1) Bölme	Karekökü
1. Senaryo	424,045,947,285	141,348,649,095	375,964
2. Senaryo	243,037,515,371	81,012,505,124	284,627
3. Senaryo	271,930,504,513	90,643,501,504	301,071



Şekil 3. Standart sapma tekniğinin portal üzerinde gösterimi.

Figure 3. The representation of the Standard Deviation technique on the portal.

Modelin üçüncü aşamasında (1.3); MS SQL Database üzerinde ürünlerin stokta bekleme süreleri stok tutma süresi tekniği kullanılarak hesaplanmıştır. Şöyle ki ideal dönemlerde stok tutma süresi en düşük olan ürünlerin sevk rampasına daha yakın konumlandırılması deponun toplama performansını olumlu etkilemekte ve depo maliyetlerini düşürmektedir. Stok tutma süresi tekniğinin **birinci adımında;** 2019 yılı için WMS üzerinden her çeyrek için lokasyon bazlı Geceleyen Stok miktarları çekilmiştir. Ayrıca depo çıkış sipariş detayı bazında çeyrek dönemler için sipariş miktarları çekilerek veri analizi yapılmıştır. Birinci çeyrek için Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Birinci çeyrek stok ve çıkış miktarları.

Table 6. First quarter inventory and issue volumes.

Dönemler	1.01.2019		İlk Çeyrek		31.03.2019	
Ürün Kodu	Toplama Gözü Miktarı	Giren Miktar	Satılan Miktar	Toplama Gözü Miktarı	Giren Miktar	Satılan Miktar
5161765	5	22,416	19,576	4	22,416	19,576
5134144	22	94,412	72,754	44	94,412	72,754
5134144	23	94,412	72,754	44	94,412	72,754
5134335	4	84,312	69,380	65	84,312	69,380
...

İkinci adımda; çeyrek bazda hazırlanan verilerin ilk aşamasında birinci Denklem (1)'den yararlanılarak her bir ürünün stok devir hızı hesaplanmıştır. Çeyrek bazda hazırlanan verilerin ikinci aşamasında Denklem (2)'den yararlanılarak çeyrek bazda her bir ürün için stok tutma süresi hesaplanmış ve Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Birinci çeyrek stok devir hızı ve stok tutma süreleri.

Table 7. First quarter stock turnover rate and stock keeping times.

Dönem	1.01.2019		İlk Çeyrek		31.03.2019		Gün Sayısı	90
Ürün Kodu	Toplama Gözü Miktarı	Giren Miktar	Satılan Miktar	Toplama Gözü Miktarı	Stok Devir Hızı	Stok Tutma Süresi (Gün)	90	
5161765	5	22,416	19,576	4	4350,22	0.021	90	
5134144	22	94,412	72,754	44	2204,67	0.041	90	
5134144	23	94,412	72,754	44	2171,76	0.041	90	
5134335	4	84,312	69,380	65	2011,01	0.045	90	
...	

Bekleme sürelerinin analizi sonucunda elde edilen tabloya göre, 5161765 kodlu bir adet ürün 90 günlük periyotta 0.021 gün stokta kalmaktadır. Bu ifade, belirtilen dönemde (ilk çeyrek) ürünün ortalama kaç gün stoklarda kaldığını veya başka bir deyişle kaç günde bir yenilendiğini gösterir. Analiz sonucunda çok önemli bir husus tespit edilmiştir. Tablo 2'ye göre aynı stok tutma süresine sahip bir ürünün toplam hareket hacmi 10.000 (Giriş ve Çıkış Toplamı) civarında iken diğer ürünün 1400 civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda fazla hareket gören ürünün az hareket gören ürünün gerisinde olduğu görülmüştür. Dolayısı ile fazla hareket gören ürünleri öne çıkarmak amacıyla aşağıda görüldüğü gibi ağırlıklandırma yapılmıştır.

Modelin dördüncü aşamasında (1.3); fazla hareket gören ürünün az hareket gören ürüne göre daha önde olmasını sağlamak stok tutma süresi formülasyonunda bulunan parametreler için ağırlıklandırma yapılmıştır. Bu kapsamda alanda uzman danışmanların önerisi ile stok tutma süresine etki eden parametrelerden satılan miktar; frekans aralığı ile

ağırlıklandırılmış, (Baş+Son)/2 parametresi ise pareto bazlı ağırlıklandırma yapılmıştır.

Birinci adımda; depo yöneticileri ile Tablo 8'de belirlenen frekans aralıklarında satılan miktar üzerinde ağırlıklandırma yapılmış ve Tablo 9'da gösterilmiştir.

İkinci adımda; (Baş+Son)/2 parametresi küçükten büyüğe sıralanarak ilk %20'lik dileme 0.5, %30'luk dileme 0.3 ve kalan 0.5'lik dileme 0.2 ağırlık verilmiştir. Ağırlıklandırılmış stok miktarları Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 8. Frekans aralıklarında ağırlıklandırma.

Table 8. Weighting in frequency ranges.

Satılan Miktar	Sayı	Oran	Ağırlık
0-1000	437	0.7094	0.015
1,000-2,000	52	0.0844	0.024
2,000-3,000	34	0.0552	0.055
3,000-10,000	59	0.0958	0.151
10,000-20,000	19	0.0308	0.206
20,000-30,000	6	0.0097	0.291
30,000-75,000	9	0.0146	1

Tablo 9. Satılan miktar parametresinin ağırlıklandırılması.

Table 9. Weighting of quantity sold parameter.

Dönem	1.01.2019		İlk Çeyrek		Frekans		31.03.2019	
Ürün Kodu	Toplama Gözü Miktarı	Giren Miktar	Satılan Miktar	W	Satılan Miktar*W	Toplama Gözü Miktarı	Giren Miktar	
5134334	30	86,665	73,680	1	73,680	99	86,665	
5134334	37	86,665	73,680	1	73,680	99	86,665	
5134144	22	94,412	72,754	1	72,754	44	94,412	
5134144	23	94,412	72,754	1	72,754	44	94,412	
...	

Tablo 10. Başlangıç ve son stok toplam parametresinin ağırlıklandırılması.

Table 10. Weighting of initial and final stock total parameter.

Dönemler	1.01.2019		31.03.2019		Pareto-W	
Ürün Kodu	Toplama Gözü Miktarı	Giren Miktar	Toplama Gözü Miktarı	(Baş+Son)/2	W	(Baş+Son)/2 *W
6078177	1	0	0	0.5	0.5	0.25
5258156	1	0	0	0.5	0.5	0.25
5134035	1	0	0	0.5	0.5	0.25
5134068	1	0	0	0.5	0.5	0.25
...

Üçüncü adımda; satılan miktar ve (Baş+Son)/2 stok miktarlarının ağırlıklandırılması işleminden sonra stok devir hızları ve stok tutma süreleri hesaplanmış ve Tablo 11'de gösterilmiştir.

Dördüncü aşamanın son adımında; ağırlıklandırılmış stok tutma sürelerinden elde edilen elmas-altın ve gümüş bölgeler belirlenmiş ve database sorgusu Şekil 4'te gösterilmiş ve frontend tasarım geliştirmeleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

Modelin beşinci aşamasında (1.4); MS SQL Database üzerinde birliktelik analizi tekniklerinden Apriori algoritması uygulanmış ve aynı bölge içerisinde olup birlikte giden ürünler yan yana yerleştirilmiştir.

Birinci adımda; firma bazlı olarak her bir ürünün toplam sipariş içerisinde geçme oranı belirlenmiştir. Belirlenen oran destek oranın üzerinde çıktıkça ikili ürünlerin toplam sipariş içerisinde geçme oranı belirlenmiştir.

İkinci adımda; firma bazlı olarak güven ve destek oranları belirlenmiştir. (Güven Aralığı: bir seçeneği seçenin, diğer seçeneği seçme olasılığıdır. Destek Oranı; bir seçenek ya da seçenek kümesinin tüm gözlemler içindeki oranıdır).

Üçüncü adımda; çalışmada yapılan testler sonucunda destek oranı: %3 ve güven aralığı %70 alınmıştır.

Tablo 11. Ağırlıklandırılmış stok tutma sürelerinin sıralanması.

Table 11. Ranking of weighted inventory holding times.

Ürün Kodu	W	Satılan Miktar*W	W	(Baş+Son)/2 *W	Stok Devir Hızı	Stok Tutma Süresi
5134144	1.0	72.754	0.2	6.6	11,023.33	0.008
5134144	1.0	72.754	0.2	6.7	10,858.81	0.008
5134335	1.0	69.380	0.2	6.9	10,055.07	0.009
5221958	1.0	32.584	0.2	4.8	6,788.33	0.013
...

```
|- veritabanına bağlanır
use Lawep
go

begin
-- Sistemde #tmpProductList geçisi tablonun varlığı kontrol edilir
IF OBJECT_ID('tempdb..#tmpProductList') IS NOT NULL
drop table #tmpProductList -- varsa geçici tablo silinir
-- sorgularda kullanılacak değişkenler tanımlanır
declare @sira int, @UrunKodu varchar(20),
@Aciklama varchar(300),
@Ceyrek int,
```

UrunKodu	Aciklama	Ceyrek	koridor	yon	kat	goz	bolge
1 5134144	MB	1	3	L	1	1	ELMAS
2 5134334	MB	1	3	R	1	1	ELMAS
3 5031906	AC	1	4	L	1	1	ELMAS
4 5221960	FI	1	4	R	1	1	ELMAS
5 5031903	AC	1	5	L	1	1	ELMAS
6 5134333	MB	1	5	R	1	1	ELMAS
7 5134143	MB	1	6	L	1	1	ELMAS
8 5161757	MB	1	10	L	1	1	ELMAS

Şekil 4. Ürünler ile gruplanan lokasyonların eşleştirilmesi.

Figure 4. Matching of locations grouped by products.

No	W	Ceyrek	Firma	SKU kodu	SKU tanımı	Gun	Setiç Miktarı	Başlangıç Stok Miktarı	Son Stok Miktarı	Stok Devir Hızı	Stok Tutma Süresi	Lokasyon	Bölge
183	2020	1	HEMEL	152.01.01.10854	HICKSON DECOR PLUS WOOD STAIN BURMA 11	91	426	78	4	10.3902489	8.75821596	6-1-3-1	ELMAS
184	2020	1	HEMEL	152.01.01.10855	HICKSON DECOR PLUS WOOD STAIN BURMA 1L	91	790	170	169	4.64464484	20.47500002	7-4-4-1	ELMAS
185	2020	1	HEMEL	152.01.01.10856	HICKSON DECOR PLUS WOOD STAIN BURMA 1SL	91	9	0	0	9	10.11111111	5-4-4-1	ELMAS
183	2020	1	HEMEL	152.01.01.10879	HICKSON DECOR PLUS WOOD STAIN LIGHT 1L	91	222	6	26	13.870	6.05950856	7-4-2-1	ELMAS

Şekil 5. Ürünler ile gruplanan lokasyonların eşleştirilmesi.

Figure 5. Matching of locations grouped by products.

Son adımda; Şekil 6 'da gösterildiği gibidir. Yeni tabloda elmas gurubunda yer alıp, birlikte sık giden ürünler yan yana gelecek şekilde toplama gözlerine yerleştirilmiş ve Şekil 6'da gösterilmiş ve frontend tasarım geliştirmeleri Şekil 7'de gösterilmiştir.

UrunKodu	Ceyrek	koridor	yon	kat	goz	bolge
5134144	1	3	L	1	1	ELMAS
5134143	1	6	L	1	1	ELMAS
5134145	1	11	R	1	1	ELMAS
5031906	1	4	L	1	1	ELMAS
5031903	1	5	L	1	1	ELMAS
5031902	1	12	L	1	1	ELMAS
5134334	1	3	R	1	1	ELMAS
5221960	1	4	R	1	1	ELMAS
5134333	1	5	R	1	1	ELMAS

Şekil 6. Dinamik ürün analizi modelinin sonucu.

Figure 6. The result of the dynamic product analysis model.

No	Grup Kodu	Yıl	Çeyrek	Stok / İler	Değişik Olan	Bölge	Eklenme
41	HEHEL	2020	Q3H (1. Çeyrek)	152,24.18123+ 152,24.18118	2,30	ELMAS,ELMAS	5-R-1,5-R-3
42	HEHEL	2020	Q3H (1. Çeyrek)	152,24.18123+ 152,24.18117	2,40	AZIRGELIYAS	7,5-24-1,5-R-3
43	HEHEL	2020	Q3H (1. Çeyrek)	152,24.18119+ 152,24.18118	2,41	ELMAS,ELMAS	5-R-1,5-R-1
44	HEHEL	2020	Q3H (1. Çeyrek)	152,01.01.20957+ 152,01.01.10916	2,41	ELMAS,ELMAS	7,5-20-1,5-R-1
45	HEHEL	2020	Q3H (1. Çeyrek)	152,01.01.10987+ 152,01.01.10985	3,10	ELMAS,ELMAS	7-R-1,7-L-5-1

Şekil 7. Birliktelik analizi tekniğinin portal üzerinde gösterimi.

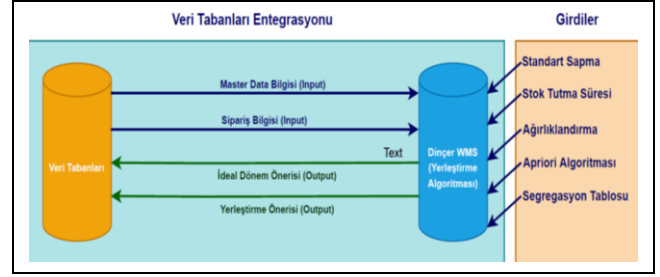
Figure 7. The representation of the association analysis technique on the portal.

5 Sonuç

Depo süreçlerinin en önemli sorunu olan sipariş toplama süreleri ve mesafelerinin yüksek olmasından dolayı depolara ciddi maliyetler oluşturmaktadır. Bu sorunun kaynağı ise ürünlerin optimum şekilde yerleştirilememesidir. Ürün yerleştirme sürecinde ise toplama gözlerinin belirli periyotlarda belirlenmesi ve raflarda tasarlanması en önemli problem olarak görülmektedir.

Depolar için geliştirilen dinamik ürün analizi modeli, ürünlerin geçmiş giriş ve çıkış verilerinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Çalışma dört aşamadan meydana gelmiştir. Birinci aşamada toplama gözlerinin ideal zamanlarının belirlenmesinde çıkış siparişleri verileri doğrultusunda standart sapma tekniği kullanılmıştır. İkinci aşamada, birinci aşamada ideal dönemler belirlendikten sonra giriş ve çıkış siparişleri verileri doğrultusunda her bir ürün için stok tutma süresi tekniği ve ağırlıklandırılması kullanılmıştır. Üçüncü aşamada, tüm depo lokasyonları pareto tekniği kullanılarak elmas, altın ve gümüş bölgelere bölünmüş ve birliktelik analizi tekniklerinden Apriori Algoritması kullanılmış ve aynı bölgede yer alan ürünler yan yana yerleştirilmiştir.

Bu çalışmada ideal toplama gözlerinin belirlenmesi için Standart Sapma, Pareto ve Frekans Ağırlıklandırma, stokta tutma süresi ve Apriori Algoritması teknikleri hibrit bir şekilde kullanılmış ve dinamik ürün analizi modeli oluşturulmuştur. Bu sayede farklı yöntemler kullanılarak ürünlerin ideal toplama gözlerinin belirlenmesi sağlanmış ve modelin girdi ve çıktılarını gösteren şema Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Dinamik ürün analizi girdi ve çıktıları.

Figure 8. Dynamic product analysis inputs and outputs.

Sonuç olarak kullanılan teknikler farklı sektörlerde bulunan birçok depolar için etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu çalışmada ise literatürde bulunan ideal toplama gözlerinin belirlenmesi uygulamalarından farklı olarak ilk defa MS SQL Database üzerinde hibrit bir modelin kullanıldığı tamamen dinamik bir süreci modelleyen öncü bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda hem ülkemiz hem de depolama hizmetlerine yönelik yeni bir ürün olacak şekilde depo yönetim sistemlerine entegre edilebilir modüler yapıda dinamik ürün analizi sistemi modülünün de geliştirilmesi sağlanarak Tablo 12'de görüldüğü gibi depo içi verimliliğinde ve maliyetlerinde ortalama %46 azalma sağlayacağı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında depolar için ideal toplama gözlerinin belirlenmesi amacıyla dinamik ürün analizi modeli ile sağlanmıştır. Çalışmanın devamında ise Visual Studio Code ortamının Flutter platformunda Dart dili kullanılarak mobil bir uygulama geliştirilerek teknolojinin sağlayacağı avantaj ile sürecin daha etkin ve verimli hale getirilmesi planlanmaktadır.

Tablo 12. Algoritmanın fayda analizi sonucu.

Table 12. Benefit analysis result of the algorithm.

Firmalar	Sipariş Sayısı (Adet)	2020 Toplanan (Metre)	Algoritma Sonucu (Metre)	Toplam Fayda (Metre)	Oran
1. Firma	10	1,124	820	304	27%
2. Firma	10	1,472	1,001	471	32%
3. Firma	10	1,006	430	576	57%
4. Firma	10	1,372	432	940	69%
Ortalama Fayda					46%

Çalışmanın son bölümünde ise ileride yapılacak çalışmalara öneriler sunulmuştur. **Birinci öneri olarak;** standart sapma (2.1) sürecinde hesaplanan ideal sürelere ek olarak mevsimsel etkilerin gözlemlendiği sektörlerde bu etkiyi de göz önüne alabilecek Triple Exponential Smoothing Yöntemi vb. bir yöntem ile tahminleme yapılarak ön işlem prosedürü uygulanabilir. **İkinci öneri olarak;** standart sapma (2.1) süreci hesaplamalarında kullanılan aritmetik ortalamanın yerine "mod" değeri kullanılarak aykırı değerler ile başa çıkılabilir ve karşılaştırma yapılarak farklar ortaya konulabilir. **Üçüncü öneri olarak;** birliktelik analizi (1.4) sürecinde kullanılan Apriori Algoritması tekniğinden farklı olarak son yıllarda ortaya çıkan birliktelik çıkarım algoritmaları da kullanılarak algoritmaların tahmin performansları karşılaştırılıp modelin daha sağlam olması sağlanabilir. **Dördüncü öneri olarak;** çalışma kapsamında dört dönem olarak belirlenen depo gözü değişimlerine dönemsel etkinin ortaya konulabilmesi amacıyla

duyarlılık analizi gerçekleştirilebilir. **Son öneri olarak ise** birliktelik analizi (1.4) sürecinde kullanılan Apriori Algoritması parametrelerinin belirlenmesi sürecinde (ör: destek ve güven aralığı) parametre optimizasyonu yapılabilir veya parametre değişimlerine göre bir duyarlılık analizi gerçekleştirilebilir. Yapılan bu öneriler ile modelin sağlamlığı artırılacak olup araştırmacıların literatüre katkı yapması sağlanabilecektir.

6 Conclusions

The most important problem of warehouse processes is order picking times and due to their high distances, they cause serious costs to warehouses. The source of this problem is that the products cannot be placed optimally. In the product placement process, the most important problem is to determine the picking locations in certain periods and to design them on the shelves.

The dynamic product analysis model developed for warehouses was developed by using the historical input and output data of the products. The study consisted of four stages. In the first stage, the standard deviation technique was used in line with the output orders data to determine the ideal times of the picking locations. In the second stage, the stock keeping time technique and weighting were used for each product in line with the input and output orders data after the ideal periods were determined in the first stage. In the third stage, all warehouse locations were divided into diamond, gold and silver regions using the pareto technique. Apriori algorithm from association analysis techniques has been used and the products in the same region are placed side by side.

In this study, standard deviation, pareto and frequency weighting, stock keeping time and Apriori algorithm techniques were used in a hybrid way to determine the ideal picking locations and a dynamic product analysis model was created. In this way, the ideal picking locations of products are determined using different methods.

As a result, the techniques used can be used effectively for many warehouses in different sectors. In this study, a pioneering study that models a fully dynamic process in which a hybrid model is used on MS SQL Database was carried out for the first time and differently of the determination of ideal picking locations in the literature. With this work, it was provided to develop the dynamic product analysis system module in the modular structure that can be integrated into warehouse management systems to both our country and storage services. As a result of the tests and analyzes on real orders, it has been found that in-warehouse efficiency and costs will provide a 46% reduction in costs.

In the first phase of the study, the dynamic product analysis model was used to determine the ideal picking locations for the warehouses. In the continuation of the work, a mobile application will be developed using the Dart language on the Flutter platform of the Visual Studio Code environment, and it is planned to make the process more effective and efficient with the advantage of technology.

In the last part of the study, suggestions for future studies are presented. **As the first suggestion;** in addition to the ideal times calculated in the standard deviation (2.1) process, the Triple Exponential Smoothing Method, etc., which can also take this effect into account in sectors where seasonal effects are observed. Pre-processing procedure can be applied by making an estimation with a method. **As a second suggestion;** instead of the arithmetic mean used in the standard deviation (2.1)

process calculations, the "mode" value can be used to deal with outliers and compare and reveal the differences. **As the third suggestion;** unlike the Apriori Algorithm technique used in the association analysis (1.4) process, association extraction algorithms that have emerged in recent years can be used to compare the estimation performances of the algorithms and the model can be more robust. **As the fourth suggestion;** Sensitivity analysis can be carried out in order to reveal the periodic effect on the bin changes, which are determined as four periods within the scope of the study. **As a last suggestion,** parameter optimization can be made during the determination of the Apriori Algorithm parameters (eg support and confidence interval) used in the association analysis (1.4) process, or a sensitivity analysis can be performed according to parameter changes. With these suggestions, the robustness of the model will be increased and the researchers will be able to contribute to the literature.

7 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Cemil ÇELİK fikrin oluşması, literatür taraması, tasarımın yapılması ve geliştirme başlıklarında; Zerrin ALADAĞ ve Atakan ALKAN fikrin alternatif teknikler ile değerlendirilmesinde, sonuçların değerlendirilmesinde, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur", "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

9 Kaynaklar

- [1] Hompel MT, Schmidt T. *Warehouse Management Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. 1st ed. Berlin, Germany, Springer, 2007.
- [2] Denizhan B, Menşur Ş. "Bir lastik fabrikasında dinamik adresleme yaklaşımı ile depoya yerleştirme". *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(3), 481-488, 2019.
- [3] Tompkins AJ, White JA, Bozer YA. Tanchoco JMA. *Facilities Planning*. 4th ed. New Jersey, USA, John Wiley & Sons Inc., 2010.
- [4] Ha JW, Hwang H. "Class-based storage assignment policy in carousel system". *Computers & Industrial Engineering*, 26(3), 489-499, 1994.
- [5] Jewkes E, Lee C, Vickson R. "Product location, allocation and server home base location for an order picking line with multiple servers". *Computers & Operations Research*, 31, 623-636, 2004.
- [6] Heragu SS, Du L, Mantel RJ, Schuur PC. "Mathematical model for warehouse design and product allocation". *International Journal of Production Research*, 43(2), 327-338, 2005.
- [7] Ng WL. "A simple classifier for multiple criteria ABC analysis". *European Journal of Operational Research*, 177, 344-353, 2007.
- [8] Muppani VR, Adil GK. "Efficient formation of storage classes for warehouse storage location assignment: a simulated annealing approach". *Omega-The International Journal of Management Science*, 36, 609-618, 2008.

- [9] Accorsi R, Manzini R, Bortolini M. "A hierarchical procedure for storage allocation and assignment within an order-picking system: a case study". *International Journal of Logistics*, 15(6), 351-364, 2012.
- [10] Özyörük B, Ak S. "Etkin depo yerleşiminin düzenlenmesi için bir model: elektronik firmada uygulanması". *Tünav Bilim Dergisi*, 5(1), 21-29, 2012.
- [11] Boysen N, Stephan K. "The deterministic product location problem under a pick-by-order policy". *Discrete Applied Mathematics*, 161(18), 2862-2875, 2013.
- [12] Fumi A, Scarabotti L, Schiraldi MM. "Minimizing warehouse space with a dedicated storage policy". *International Journal of Engineering Business Management*, 5, 1-8, 2013.
- [13] Wutthisirisart P, Noble JS, Chang CA. "A two-phased heuristic for relation-based item location". *Computers & Industrial Engineering*, 82, 94-102, 2015.
- [14] Dinçer F. Bir İlaç Deposunun Birliktelik Analizi Kullanılarak Yerleştirilmesi ve Sipariş Toplama Sürecinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, 2018.
- [15] Şenyiğit E, Bozdoğan A. "Yeni bir sezgisel yöntem ile tek blok tek koridor depo yerleştirme probleminin çözümü". *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 10(3), 1-9, 2018.
- [16] Tambunan MM, Tambunan R. "Product placement based on throughput at PT XYZ warehouse". *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 851(1), 1-4, 2020.
- [17] Çobanoğlu İ, GÜRE İ, Bayram V. "Sipariş toplama sıklığı düşünceleri altında veri güdümlü depolama yeri atama problemi: sezgisel bir yaklaşım". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(4), 520-531, 2021.
- [18] Yerlikaya MA, Arıkan F. "Sipariş toplama sistemlerinde üretim planlama ve sınıf temelli depo ürün atama problemi için bütünleşik model önerisi". *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37(3), 1703-1712, 2022.
- [19] Eti S, İnel MN. "Kümeleme ve tasarruf algoritması yardımıyla sipariş toplama problemi üzerine ampirik bir uygulama". *Journal of Research in Business*, 7(1), 80-90, 2022.
- [20] Hejlsberg A, Wiltamuth S, Golde P. *C# Language Specification*. 1st ed. Boston, MA, USA, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2003.
- [21] Evcimen C, Çakıcı A, Çakıcı C. "İşin anlamlılığının sapma davranışı ve performansa etkisi". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 23(2), 672-683, 2020.
- [22] Kaya M, Tunç H, Topçuoğlu F. "Kısa vadeli borçlanmanın işletmelerin aktif karlılıkları üzerine etkisi: bist çimento sektörü üzerine bir uygulama". *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 78, 171-182, 2018.
- [23] Agrawal R, Srikant R. "Fast Algorithms for Mining Association Rules". *Proc. 20th Very Large Databases (VLDB) Conference*, Santiago, Chile, 05 May 1993.
- [24] Argüden Y, Erşahin B. *Veri Madenciliği: Veriden Bilgiye, Masraftan Değere*. 1. Basım. İstanbul, Türkiye, ARGE Danışmanlık Yayınları, 2008.
- [25] Alpaydın E. "Zeki veri madenciliği: ham veriden altın bilgiye ulaşma yöntemleri". *Bilişim 2000 Eğitim Semineri*, Ankara, Türkiye, 10-11 Şubat 2000.
- [26] Çelik C, Şahin Y. "AHP temelli ORESTE ve TOPSIS yöntemleri ile işletmeler için bayilik seçimi ve bir uygulaması". *UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 50-66, 2021.