

KONTEYNER TERMİNAL STOK YÖNETİMİNDE ABC ANALİZİ VE BULANIK SINIFLANDIRMA

Elifcan DURSUN

Mersin Üniversitesi, İktisadi-İdari Bilimler Fakültesi, elifcandursun@gmail.com
Orcid ID: 0000-0001-5473-3363

Ender GÜRGEN

Mersin Üniversitesi, İktisadi-İdari Bilimler Fakültesi, endergurgen@gmail.com
Orcid ID: 0000-0002-1654-3005

Makale Geliş Tarihi: 25.03.2020 **Makale Kabul Tarihi:** 21.10.2020

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Atıf: Dursun, E. & Gürgen, E. (2020). Konteyner terminal stok yönetiminde abc analizi ve bulanık sınıflandırma. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17 (46), 563-583

Öz

Günümüzde artan rekabetle birlikte gittikçe önem kazanan kavramlardan biri de stok yönetimidir. Dengeli bir stok yönetimi işletmelerin, maliyetlerini azaltırken müşteri tatminini sağlamaları için önem arz etmektedir. İşletmelerin dengeli bir stok yönetimi uygulayabilmeleri için öncelikle stokta bulunması gereken hammadde veya yedek parçalarını sınıflandırmaları gerekmektedir. ABC analizi bu sınıflandırma yöntemlerinden biridir. ABC analizi parçanın parasal envanter değerini göz önünde bulundurarak sınıflandırma yapmaktadır. Ancak özellikle yoğun makine, teçhizat kullanımı gerçekleştirilen ve hizmet üretimi yapılan işletmelerde yalnızca envanter değerine göre sınıflandırma yapmak stok yönetimini yetersiz kılabilir. Bulanık sınıflandırma ile stokta bulundurulacak parçaların sınıflandırılmasına envanter değerinin yanı sıra etki eden diğer kriterler de dahil edilebilmektedir. Çalışmada örnek bir konteyner terminalinde kullanılan ekipmanlara ait yedek parçaların ve malzemelerin stok yönetimi incelenmektedir. Parça ve malzemeler, öncelikli olarak envanter değerlerine göre ABC Analizi ile sınıflandırılmış, ardından çeşitli kriterler çalışmaya dahil edilerek bulanık sınıflandırma ile yeniden sınıflandırılmıştır. Çalışmanın sonunda ABC Analizi ve bulanık sınıflandırmaya göre sonuçlar karşılaştırılmış ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Envanter, Envanter Yönetimi, ABC Analizi, Bulanık Sınıflandırma, Konteyner Terminal.*

ABC ANALYSIS AND FUZZY CLASSIFICATION IN CONTAINER TERMINAL INVENTORY MANAGEMENT

Abstract

Nowadays, inventory management is one of the concepts that gains importance with the increasing competition. A balanced inventory management is important for ensuring customer satisfaction as well as reducing inventory costs. In order to implement a balanced inventory management, enterprises should primarily classify the stock keeping units. ABC analysis is the classification of items according to their inventory monetary value. However, classifying the items based on only their monetary value can make inventory management insufficient particularly for the enterprises which use intensive machinery, equipment and produce service. As well as items' inventory monetary value, other criteria affecting inventory may also be included to the classification by fuzzy classification method. The study has analysed the inventory management of the equipment's spare parts and materials in a sample container terminal. Spare parts and materials are firstly classified by ABC analysis and then they are reclassified by fuzzy classification with the addition of various criteria. At the end of the study, conclusions of ABC analysis and fuzzy classification have been discussed and suggestions have been presented.

Keywords: *Inventory, Inventory Management, ABC Analysis, Fuzzy Classification, Container Terminal.*

1. Giriş

Stok; tedarik veya üretim yoluyla elde edilen, kullanılmadan veya müşteriye ulaştırılmadan önce bir süre bekletilen mal olarak tanımlanmaktadır (Keskin ve Özkan, 2013). Stoklar, sağladıkları müşteri tatmini ile rekabette avantaj sağlamaktadır. Ancak gereğinden fazla bulundurulmuş stoklar işletmeleri mali açıdan zora sokmaktadır. Bu sebeple müşteri tatmini ve stok maliyetleri arasında denge kurulması gerekmektedir. Bu dengenin kurulması stok yönetimi ile gerçekleşmektedir.

Stok yönetimi; ürün ya da hizmeti üretmek için hangi hammaddeden ya da yedek parçadan ne zaman ihtiyaç olacak ve ne kadar olacak ne zaman satın alınacak, tedarikçiden ne kadar sürede ulaştırılacak, nasıl ve ne kadar depolanacak sorularının cevaplarını bulmaya ve uygulamaya yönelik çalışmalar bütünüdür. Hizmet üreten işletmelerin, müşterilerine kesintisiz hizmet sunabilmeleri için tedarik ettikleri malların stok yönetimini gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Stok yönetiminin ilgilendiği konular arasında stok kontrolü de yer almaktadır. Mal ve hizmet üretimi yapan işletmelerin tamamı çok çeşitli hammadde veya yedek parça ile ilgilenmektedir. Etkin stok yönetiminin gerçekleşmesi için stokta tutulan hammadde veya yedek parçaların etkin kontrolü de gerekmektedir. Stok kontrolünü kolaylaştırmak adına hammadde ve yedek parçalar sınıflandırılabilir. ABC analizi işletmelerde en sık kullanılan hammadde ve yedek parça sınıflandırma tekniklerinden biridir. ABC analizinde, stokta tutulan hammadde ve yedek parça

birimleri A- çok önemli, B- önemli, C- az önemli olarak sınıflandırılmaktadır (Chu, Liang ve Liao, 2008).

ABC analizi stokta tutulan hammadde ve yedek parçaları sınıflandırırken genelde sadece envanter değerini göz önünde bulundurmaktadır (Chu vd. , 2008). Oysaki parçayı stokta bulundurmamanın üretim ya da hizmete olan etkisi, kritiklik derecesi, hammadde veya yedek parçanın aşınma derecesi vb. faktörler de stok yönetimini etkilemektedir. Envanter değeri ve hammadde veya yedek parçaların kullanım sıklığının yanı sıra belirtilen faktörler de ABC analizine dâhil edilmelidir.

Örnek bir konteyner terminalinde gerçekleştirilen ABC analizi ve bulanık sınıflandırma çalışmasının amacı, terminal operasyonlarının sürdürülebilirliği için konteyner terminalinde stokta bulundurulması gereken yedek parçaların çeşitli kriterlere dayanarak anlaşılmasıdır. Stokta tutulan yedek parçaların sınıflandırmaları kıyaslanmış ve iki yöntemin birleşimiyle oluşturulan sınıflandırma yöntemine göre çeşitli kriterler neticesinde hangi parçanın operasyonel faaliyetler için daha önemli olduğu araştırılmıştır. Bulanık sınıflandırma yöntemi ile bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler belirlenerek istenilen faktörlerin de analizde yer alması sağlanmıştır. Çalışmanın devamında ABC analizine ve literatür taramasına, yararlanılan bulanık sınıflandırma yöntemine, belirtilen yöntemlerin örnek bir konteyner terminal ekipman yedek parça sınıflandırılmasında uygulanmasına, bulgulara ve sonuca değinilmiştir. Çalışma, literatürde az rastlanan konteyner terminallere ait stok yönetimi uygulamalarına ve limancılık sektörüne kaynak sunduğu için önemlidir.

2. Literatür Taraması

Literatürde, envanter sınıflandırmasına ilişkin yeni model sunulmasından geliştirilmesine ve bunların farklı sektörlerde uygulanmasını içeren çeşitli eserler olduğunu görülmektedir. Sunulan her model, daha önceki modellerin varsayımlarını, kısıtlarını ve eksik yönlerini telafi etmeyi hedeflemekte ve farklı sektörlerde uygulanarak teorinin pratiğe dönüştürülmesine katkı sağlamaktadır.

Çalışmada konu olan liman operasyon biriminde kullanılan ve stokta yer alan malzemelerin sınıflandırılmasına ilişkin çok az sayıda yayına rastlanmıştır. Literatürde limanlarda bulunan stoklar ve uygulanan envanter modelleri üzerine araştırma yapıldığında genelde boş ve dolu konteynerlerin istiflenmesi bir stoklama sorunu olarak değerlendirilmiş ve bu sorunun çözümlenmesi için genetik tabanlı algoritmalar (Dang, Yun ve Kopfer, 2012), karışık tam sayılı programlama (Lei ve Church, 2011) ve simülasyon (Yun, Lee ve Choi, 2011) gibi yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bununla beraber, bilinen kadarıyla, Chu vd. (2008) ve Plousios (2009) dışında liman operasyon birimlerinde kullanılan ekipmanların yedek parçalarının sınıflandırılması üzerine çalışmaya rastlanmamıştır. Oysa, küresel ticaretin en önemli unsurlarından olan ve 7/24 hizmet veren limanlardaki faaliyetlerin aksamadan yürütülebilmesi için operasyonda kullanılan bazı malzeme ve yedek parçaların stokta bulunması ve bunlarla ilgili politikaların geliştirilmesi zorunludur. Bu nedenle, çalışma literatürdeki bu eksiliği tamamlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

Çalışmaya konu olan envanterin sınıflandırması konusunda en çok karşılaşılan yöntem ABC sınıflandırma yöntemidir. ABC analizinin özellikle üretim sektöründe stokların kontrolü amacıyla başlanılan uygulamalar ile stok yönetimi problemleri çözümlenmiş ve bundan sonra pek çok sektörde uygulanma olanağı bulunmuştur. Üretim sektöründe stok yönetimi ve stok sınıflandırmasını gerçekleştirmek amacıyla öncü çalışmalar Flores ve Whybark (1987) tarafından gerçekleştirildiği literatürde belirtilmiştir. Çalışmada, temel olarak diğer analizlere ışık tutmak amacıyla çeşitli firmalardan yönetici görüşlerine başvurularak envanter sınıflandırılmasının temelleri atılmıştır. Yönetici görüşleriyle harmanlanan ABC analizi çalışması, üretim sektöründe olumlu karşılanarak pek çok firmada uygulanmıştır. Sınıflandırma yapılırken, sadece toplam maliyetine göre sınıflandırmanın yapılması ise kritik bazı parçaların maliyetinin düşük olmasından kaynaklı olarak yanlış sınıflandırılmasına neden olabilme riskini taşımaktadır. Bundan sonraki çalışmalar daha fazla kriterin dikkate alınmasına olanak sağlayacaktır (Chu vd., 2008). Her ne kadar sübjektifliğiyle eleştirilse de, Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP), ABC sınıflandırmasıyla beraber kullanılmaya başlaması çok daha fazla kriterin, envanter sınıflandırmasında kullanılmasını sağlamıştır (Chu vd., 2008). Bunlara ek olarak VED (Vital, Essential, Desirable) ve FSN (fast-moving, slow-moving and non-moving) yöntemlerinin de ABC analiziyle birlikte kullanılması, tek kriter üzerinden analizin yapılması sorununa bir çözüm olmaya çalışmıştır (Gajpal, Ganesh ve Rajendran, 1994).

İlerleyen yıllarda, envanter sınıflandırmalarında, yapay zeka, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, matematiksel programlama (doğrusal ve tam sayılı programlama ve veri zarflama analizi yöntemleri) ve istatistiksel yöntemler de ABC analiziyle birlikte kullanılan yöntemler arasında yer almıştır (Chu vd., 2008; Güvenir ve Erel, 1998).

ABC analizi ile envanter sınıflandırmalarındaki hassasiyeti arttırmak adına, Partovi ve Anandrajan (2002) makalelerinde yapay sinir ağları yaklaşımı ile envanter sınıflandırılmasını bir ilaç firmasında uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Ng (2007) çalışmasında, stokları sınıflandırmak için puanlandırma sistemi oluşturarak çok kriterli ABC analizini kullanmıştır. Çok kriterli ABC analizi, stok sınıflandırmasında önemli olan birden fazla kriteri göz önünde bulundurarak sınıflandırma gerçekleştirdiği için özellikle uygulamanın gerçekleştirildiği işletmelerde ilgiyle takip edilmiştir.

Güvenir ve Erel (1998) ağırlıkların, genetik algoritma kullanarak optimize ederek yeni bir, çok kriterli karar verme tekniğini geliştirmiş ve bulguları AHP ile elde edilen klasik stok yönetimi ile karşılaştırmıştır. Genetik uyuşmadığı algoritma kullanılarak oluşturulmuş stok listesi, uygulamacılara sorulmuş ve 44 parçayla ABC ile yapılan sınıflandırmayla uyuşmadığı görülmüş, bu da yeni metodun daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Matematiksel modellerin kullanılmasının yaygınlaşmasıyla birlikte stok yönetiminde optimizasyon uygulamalarından faydalanılmaya başlanmıştır. Plousios (2009), konteyner terminallerde kullanılan yedek parçaların envanter yönetimi için

optimizasyon algoritması geliştirerek envanter maliyetlerini minimize etmeyi amaçlamıştır. Optimizasyon modellerinin yoğun olarak kullanılmasıyla birlikte yapay zekaya dayalı sınıflandırma yöntemleri önem kazanmaktadır. Yu (2011) çalışmasında yapay zekâ tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden yararlanarak çok kriterli ABC analizini uygulamıştır.

İmalat sanayiinin önemli bir parçası olan otomotiv sektöründe de envanter yönetiminin öneminin artmasıyla çalışmalar çeşitlilik göstermeye başlamıştır. Envanter yönetiminde kümeleme ile, stok parçalarının belirli özelliklere göre sınıflandırılması sağlanmıştır. Ernst ve Cohen (1990) bir otomotiv firmasında gerçekleştirdikleri ABC analizi çalışmaları ile üretim ve envanter yönetimi sistemleri için kümeleme yöntemiyle sınıflandırma yapmışlardır.

Tek kritere dayalı ABC analizi yerine farklı niteliklere yönelik sınıflandırmanın gerçekleştirildiği çok kriterli ABC analizinin bulanık sınıflandırma ile kullanılması da literatürde yer almıştır. Chu vd. (2008) envanter kontrolünde tek kriterin göz önünde bulundurulmasının yetersiz olduğunu savunarak ABC analizinin bulanık sınıflandırma ile birleştirerek çok kriterli ABC analizi üzerinde çalışmışlardır. Envanter sınıflandırmasında kullanılan kriterleri “bulanık” ifadeler ile ifadesi yöntemini belirlemiştir. Zadeh (2008) tarafından ilk kez sunulan bulanık kümeler teorisi, özellikle aşağı yukarı, çok, yaklaşık gibi kesinliği pek içermeyen ifadelerin farklı kişilerde farklı yorumlamalarından kaynaklı sübjektif yargının tutarlılığını sağlamasında kullanılmaktadır (aktaran Hadi-Vencheh ve Mohamadghasemi, 2011). Bulanık AHP ve Veri Zarflama Analizi yaklaşımlarından yararlanarak çok kriterli ABC analizi ile envanter sınıflandırmasını yapmışlardır. Teknolojinin son yıllarda yüksek hızda gelişimiyle, Çakır ve Canbolat (2008) makalelerinde de bulanık AHP metoduyla web tabanlı karar destek sistemi oluşturarak çok kriterli stok sınıflandırmasını gerçekleştirmişlerdir.

Literatürde yer alan bu çalışmalardan yola çıkarak, uygulamada yer alan bir konteyner limanında işlemlerin aksamadan yürümesini sağlamak amacıyla elde tutulan stok kalemlerinin Chu vd. (2008) tarafından geliştirilen bulanık sınıflandırma ile klasik ABC'nin birlikte kullanılması sonucu elde edilen sınıflandırması sağlanmış ve her iki yöntemle elde edilen sınıflandırma karşılaştırılmıştır.

3. Veri Toplama Süreci ve Yöntem

Örnek konteyner terminalinde gerçekleştirilen envanter yönetimi uygulaması ABC analizi ve bulanık sınıflandırma ile gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, ABC analizi ve bulanık sınıflandırma yöntemlerinin detaylarına değinilmiştir.

3.1. Veri Toplama Süreci

Uygulamanın gerçekleştirildiği örnek konteyner terminal, Türkiye'nin konteyner elleçleme hacmi açısından ilk beş terminali arasında yer alan ve uzun yıllar boyunca faaliyet gösteren bir terminaldir. Veriyi toplamak için gerçekleştirilen ilk aşamada teknik ve konteyner terminal operasyonu birim yöneticileri ile dört hafta süresince haftada iki saatlik toplantılar organize edilmiştir. Mesleki tecrübeleri 10-15

yıl arasında değişen terminal yöneticileri (dört kişi) tarafından ekipmanlara ait parçaların envanter yönetim süreci aktarılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen bulanık sınıflandırma için yöneticilerin önerisiyle en çok ihtiyaç duyulan 91 adet yedek parça seçilmiştir. Seçilen yedek parçaların 2014-2018 yılları arasındaki parasal değerlerinden yararlanılmıştır. Stoktaki ekipmanlara ait yedek parça sayısı 1000-1500 arasında değişmektedir. Mevcut durumda, yedek parça stok takibi kurumsal kaynak planlama stok takibi uygulamaları temelli bir bilgisayar programı aracılığıyla takip edilmektedir. Ancak, programın otomatik sipariş özelliği bulunmadığı için yenilenmesi gereken yedek parçalar için çalışanlar sipariş zamanı ve miktarıyla ilgili karar sürecini desteklemektedirler. Bu karar süreci, çoğunlukla manuel olarak bir ABC analizi ile gerçekleştirilmektedir. Bunun sonucunda ise, hangi yedek parçanın operasyonel faaliyetler için gerçekten kritik olduğu anlaşılammakta, parçaların sipariş talebi insan faktörü nedeniyle gecikmekte veya sekteye uğramaktadır.

3.2. Yöntem

Çalışmada, örnek bir konteyner terminale ait seçilen yedek parçaların sınıflandırılması için klasik ABC yönteminin yanı sıra farklı kriterleri de göz önünde bulundurarak yedek parça sınıflandırılmasının yapıldığı bulanık sınıflandırma yönteminden yararlanılmıştır.

3.2.1. Klasik ABC Analizi

ABC analizi ilk olarak 1897 yılında İtalyan iktisatçı Wilfredo Pareto tarafından geliştirilmiştir (Doğar, 2006: 51). 1907 yılında iktisatçı M.C. Lorenz Pareto analizini grafik haline getirmiştir (Doğar, 2006: 51). Pareto yöntemi olarak da bilinen bu analiz elemanların yüzde 20'inin etkisinin yüzde 80 olduğu varsayımına dayanmaktadır. Kolay uygulanabilirliği, işletmeye kattığı fayda, her sektör tarafından uygulanabilirliğinden ötürü sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir.

ABC analizi seçenekler arasında sınıflandırmayı kolaylaştırdığı için stok ve stok yönetimi alanlarında da tercih edilmektedir. Özellikle stoklarında çok çeşitli malzeme grubu bulduran işletmeler için malzemelerin sınıflandırılması büyük önem arz etmektedir. İşletmeler için stokta tutulan her malın ya da malzemenin değeri farklı olmaktadır. Bu değer genellikle satılan malların parasal değeri, satış hızı, talep yapısı, karlılığı ile ifade edilmektedir. ABC analizinde yapılan sınıflandırmada mal ya da malzemeler genellikle 3 gruba ayrılmaktadır (Doğar, 2006: 51):

- A Grubu Stok Kalemleri: Toplam stok miktarının %15-20, toplam stok değerinin %75-80'ini oluştururlar.
- B Grubu Stok Kalemleri: Toplam stok miktarının %30-40'ını, toplam stok değerinin %10-15'ini oluştururlar.
- C Grubu Stok Kalemleri: Toplam stok miktarının %40-50'sini, toplam değerinin %5-10'unu oluşturmaktadır.

ABC analizi genellikle stokta bulunan malların satış değerlerini dikkate alarak tek bir kritere göre sınıflandırma yapmaktadır. Tek kriterli ABC analizinde malın veya malzemenin yok satmasının üretim ya da hizmete olan etkisi, mal ya da malzemenin

kritiklik derecesi, kullanılabilir olup olmadığı, tedarik süresi, kullanım sıklığı gibi kriterler dikkate alınmamaktadır (Kumar ve Chakravarty, 2015). Ancak belirtilen kriterlerin işletmelerin stoklarını sınıflandırmalarında etkileri vardır (Chen, Kilgour ve Hipel, 2008) . Bu sebeple malların satış değerleri ile birlikte diğer kriterlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Sınıflandırmada birden fazla kriterin göz önünde bulundurulduğu yönetime “Çok Kriterli ABC Analizi” denilmektedir (Kılıç, Aygün, Keskin ve Baynal, 2014). Stok yönetimi uygulamaları işletmeden işletmeye farklılık göstereceği için özellikle “Çok Kriterli ABC Analizi” uygulamalarında stok yönetimi için önem arz eden kriterler deneyimli kişiler tarafından belirlenmelidir (Yüzügüllü ve Ürencik, 1992).

ABC analizi ile özellikle büyük miktarda sermayenin söz konusu olduğu envanter kalemleri üzerinde kontrol sağlanmaktadır. Envanter kontrolü için farklı yöntemlerin geliştirilmesine zemin hazırlar. Depolama maliyetlerinde önemli bir azalma sağlanır (Yüzügüllü ve Ürencik, 1992). Avantajlarına rağmen klasik ABC analizinin bazı dezavantajları mevcuttur. Malzemelerin uygun bir şekilde standartlaştırılması durumunda başarıya ulaşabilir. Analiz malzemelerin parasal değerine göre sınıflandırma yapmaktadır. Diğer önemli olan birçok faktörü göz ardı etmektedir.

Uygulama, klasik ABC ile başlayıp klasik ABC analizinin dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve firmanın daha etkin bir sınıflandırma yapmasını sağlamak amacıyla bulanık sınıflandırma yöntemiyle birleştirilmiştir.

3.2.2. Bulanık Sınıflandırma

Bulanık sınıflandırma yöntemi genellikle bir veri setini sınıflandırmak ve bu veri seti içerisinde test edilen verileri tahmin için kullanılmaktadır (Çakır ve Canpolat, 2008). Bir veri setinin içinde birçok örneği barındırması mümkündür (Zhou ve Kotanad, 2007). Bu örnekler bağımlı özellik ve bağımsız özellikler için veri içerebilmektedir (Chu vd., 2008). Bağımlı özellik, bulanık mantık sonucunda sınıflandırmanın alacağı değeri belirtmektedir. Bağımsız özellik ise, bağımlı özelliğin oluşmasına etkisi olan özelliklerdir. Özelliklerin hepsi ya tek değerlidir ya da vektör şeklindedir. Birden fazla boyuta sahip değillerdir. Değişkenleri tanımlamak için kullanılan veri genellikle niceleyici olurken, özellikleri tanımlamak için kullanılan veri niteleyicidir (Chu vd., 2008).

Bulanık sınıflandırma metodolojisini kullanabilmek için veri setinden üyelik fonksiyonu yaratılması gerekmektedir. Bulanık sınıflandırma mantığında üyelik fonksiyonu; giriş alanındaki her bir noktanın, 0 ile 1 arasında bir üye değerine nasıl eşlendiğini tanımlayan bir eğridir. Bu eğri genellikle üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmakta ve μ ile gösterilmektedir (Chu vd., 2008). Üyelik fonksiyonlarını geliştirmek için çeşitli yöntemler denenmiştir. Bu yöntemlerden bazıları:

- Viattchenin, Tati ve Damaratski (2013) sezgisel kümeleme yönteminden yola çıkarak oluşturulan Gauss üyelik fonksiyonu

- Hng, Miyasaka, Inoue ve Tsukamoto (2003) genetik algorithmadan yola çıkarak hyper-cone üyelik fonksiyonu yaklaşımı
- Tamaki, Kanagawa ve Ohta (1998) verilen olasılık fonksiyonlarına karşı kısıtlamanın bulanık hale getirilmesi
- Medasani, Kim ve Krishnapuram (1998) üçgen bulanık üyelik fonksiyonu, Gauss bulanık üyelik fonksiyonu, Z kama ve S kama üyelik fonksiyonu, ikizkenar yamuk üyelik fonksiyonu vb. kullanmıştır.

Uygulamaya konu çalışmada, öncelikle bağımlı ve bağımlı olmayan nominal özellikler belirlenerek bir frekans tablosu oluşturulmuştur. Bu frekans değerleri ile her bir nominal özellik için üyelik fonksiyonları hesaplanmıştır. Çalışmada uygulanan adımlar için, Chu vd.'nin (2008) "Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification" makalesinde geliştirilen modelin adımları izlenmiştir.

Bulanık sınıflandırma için uygulanacak adımlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- 1) Bağımlı nominal özelliğin (Y) belirlenmesi, bağımsız nominal ya da nominal olmayan özelliklerin belirlenmesi X_0 ($0=1,2,\dots,k$)
- 2) Bağımlı özellik ve bağımsız özelliklere ait değerlerin belirlenmesi, bağımlı özelliğe (Y) atanan değerler için $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ve bağımsız özelliklere (X_0) atanan değerler için $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ kullanılır.
- 3) Bağımsız nominal özellikler için üyelik fonksiyonu hesaplanır.
- 4) Bağımsız nominal olmayan özellikler için üyelik fonksiyonu hesaplanır.
- 5) I_t olarak belirlenen stok maddesi atanır. 3.ve 4. aşama temel alınarak V_i değerlerini üyelik fonksiyonunda yerine koyarak n değerleri elde edilir.
 $\mu_Y^{I_t} = C_1^{V_i}, \dots, \mu_Y^{I_t} = C_n^{V_i}$
- 6) $\mu_Y = C_j^{I_t} = \frac{\sum_{i=1}^k \mu_Y^{I_t} = C_i^{V_i}}{k}$ tanımlanır. Bulanık sınıflandırma: Eğer :
 $\mu_Y = C_j^{I_t} = \max\{\mu_Y = C_1^{I_t}, \mu_Y = C_2^{I_t}, \mu_Y = C_3^{I_t}, \dots, \mu_Y = C_n^{I_t}, \}$, stok maddesi C_t sınıfına atanır.

3.2.2.1. Bağımlı Nominal Özellik

Bulanık sınıflandırma analizini genellikle üzerinde çalışılacak veri kümesini (üyelik işlevini başlatmak için kullanılan bir veri kümesi) sınıflandırmak ve test verilerini tahmin etmek için kullanılır. Çalışma veri setinin içeriğinde birkaç farklı örnek bulunmaktadır. Bu örnekler arasında, bağımlı veya bağımlı olmayan nominal özellikte değerler bulunabilir. Bu nedenle, diğer aşamalara geçmeden önce veri setindeki bağımlı ve bağımsız özelliklerin tanımlanması gerekmektedir. Oluşturulan veri setinde Y bağımlı nominal özelliği temsil etmektedir. Gerçekleştirilen bulanık sınıflandırma sonucunda bağımsız nominal veya nominal olmayan özelliklerin etkisi ile ulaşılabilecek değerdir.

3.2.2.2. Bağımsız Nominal Özellik

Oluşturulacak veri setinde Y bağımlı nominal özelliği; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ bağımsız nominal özellikleri temsil etmektedir. Bağımsız nominal özellikler çalışma sonucunda

ulaşılmak istenen Y bağımlı nominal özelliğe etkisi olan değerlerdir. Bağımsız nominal özelliği hesaplayabilmek için;

- 1) Her bir Y ve X_0 veri seti ($0=1,2,3,\dots,k$) için bağımlı nominal özellik değerleri C_j ($j=1,2,3,\dots,j$) ve bağımsız nominal özellikleri $V_i=(i=1,2,3,\dots,i)$ V_i ve C_j değerlerinin kombinasyonun frekansı ile oluşum frekansı hesaplanmaktadır (Chu vd., 2008)
- 2) Oluşturulacak V_i ve C_j kombinasyonunu tabloda gösterebiliriz. Veri setinden bağımlı nominal değişken ve bağımsız nominal değişken meydana gelme sıklıkları hesaplanarak tabloya dahil edilmektedir. Satırların toplamları hesaplanarak, her bir satır değeri toplam satır değerine bölünmektedir. Satır toplamları bu sebeple 1'e eşit olmaktadır (Chu vd., 2008).
- 3) Her bir j için, $1 \leq j \leq n$, üyelik fonksiyonu $\mu_{Y=C_j}(x_0)$ olarak ifade edilmektedir.

3.2.2.3. Bağımsız Nominal Olmayan Özellik

Bağımsız nominal olmayan özellik için, örneklem ortalaması ve varyansın hesaplanması gerekmektedir (Chu vd., 2008). Populasyon ortalaması (μ_i) ve varyansı (σ_i^2) mevcut olmadığı için, örneklem ortalaması \bar{X}_i ve S_i^2 hesaplanarak populasyonun ortalaması (μ_i) ve varyansı (σ_i^2) tahminlenecektir (Chu vd., 2008).

Uygulama örneğinde olduğu gibi 3 sınıflı bir sınıflandırma probleminde üyelik fonksiyonu hesaplanması için öncelikle özelliklere ait populasyon ortalaması, varyans ve örneklem ortalamalarının hesaplanması gerekmektedir. Bağımsız nominal olmayan özellikler için üyelik fonksiyonları pop aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

- 1) Belirlenen bağımlı nominal özellik ve bağımsız nominal/nominal olmayan özelliğin sayısına göre kesme ve eşik değerleri belirlenir. Örneğin 3 bağımlı nominal değişkene sahip bir veri setinde kesme değerleri $X_{C_{12}}, X_{C_{23}}$ ve eşik değerleri $X_{2L}, X_{3L}, X_{1R}, X_{2R}$

$$X_{C_{12}} = \frac{S_1 \bar{X}_2 + S_2 \bar{X}_1}{S_1 + S_2} \quad X_{C_{23}} = \frac{S_2 \bar{X}_3 + S_3 \bar{X}_2}{S_2 + S_3}$$

$$X_{2L} = \bar{X}_2 - 3S_2, \quad X_{3L} = \bar{X}_3 - 3S_3$$

$$X_{1R} = \bar{X}_1 + 3S_1, \quad X_{2R} = \bar{X}_3 + 3S_3$$

- 2) $\mu_{Y=C_j}(x_0) = Y=C_i, i=1,2,3,\dots,n$ için eğer $X_{2R} > X_{2L}$ ise bağımsız nominal olmayan özellik için üyelik fonksiyonu aşağıdaki formüller üzerinden hesaplanır.

$$\mu_{Y=C_1}(x_0) = \begin{cases} 1, & X_0 < X_{C_{12}} \\ \frac{X_{1R} - X_0}{X_{1R} - X_{C_{12}}}, & X_{C_{12}} \leq X_0 < X_{1R} \\ 0, & X_{1R} \leq X_0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Y=C_2}(x_0)= \left\{ \begin{array}{l} 0, X_0 < X_{2L} \text{ or } X_0 \geq X_{2R}, X_{2L} \leq X_0 < X_{C_{12}} \\ \frac{X_0 - X_{2L}}{X_{C_{12}} - X_{2L}}, X_{C_{12}} \leq X_0 < X_{C_{23}} \\ \frac{X_{2R} - X_0}{X_{2R} - X_{C_{23}}}, X_{C_{23}} \leq X_0 < X_{2R} \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$\mu_{Y=C_3}(x_0)= \left\{ \begin{array}{l} 0, X_0 < X_{3L}, X_{3L} \leq X_0 < X_{C_{23}} \\ \frac{X_0 - X_{3L}}{X_{1R} - X_{C_{12}}}, X_{C_{23}} \leq X_0 \end{array} \right\} \quad (3)$$

4. Uygulama

Konteyner terminallerinde kullanılan ekipmanların ve vinçlerin yedek parçaları, periyodik bakım malzemeleri ve diğer çeşitli malzemeler konteyner terminal bünyesindeki depolarda stoklanmaktadır. Parça ve malzemelerin çok çeşitli olması, tedarik sürelerinin farklılık göstermesi, kullanım sıklığı, kritiklik derecesi gibi faktörler sınıflandırma yapılmasını karmaşıktır. Konteyner terminallerdeki parça ve malzemeler, süreçlere hizmet etmeleri için stoklandığından klasik ABC yaklaşımındaki yıllık stok değerine göre sınıflandırma yapılması yetersiz kalmaktadır. Sınıflandırmaya, stoktaki parçaların parasal değerlerinin yanı sıra kullanım miktarları ve sıklıkları, tedarik süreleri, kritiklik dereceleri, stokta bulunmamanın etkisi gibi faktörler de eklenmiştir. Buna göre Chu vd. (2008), tarafından bir limanda stok kontrolü için gerçekleştirilen bulanık sınıflandırma metodu uygulanmıştır.

Uygulama adımlarına göre:

- 1) Bağımlı nominal özellik olarak stoktaki parça ve malzemelerin kritiklik derecesi (Y) belirlenmiştir. Bağımlı nominal özelliği oluşturan kritik parçalar, kritik (1) ve kritik olmayan (0) şeklinde sınıflandırılmıştır
- 2) Bağımsız nominal özellik olarak parçanın stokta bulunmamasının etkisi (X_1) belirlenmiştir. Bağımsız nominal özelliği oluşturan parçanın stokta bulunmamasının etkisi; önemsiz (0), hafif (1), ciddi (2), çok ciddi (3) olarak sınıflandırılmıştır.
- 3) Bağımsız nominal olmayan özellikler olarak parçaların tedarik süreleri (X_2) ve kullanım miktarı (X_3) belirlenmiştir.

Sınıflandırmada konteyner terminal saha ve rıhtım ekipmanlarına ait eksiksiz veriye sahip 91 adet yedek parçadan yararlanılmıştır. Bulanık sınıflandırma adımları

uygulanarak öncelikle yedek parçaların kritik düzeyleri belirlenmiştir. Kritiklik düzeyi belirlenirken stok yöneticilerinin görüşlerinden yararlanılmıştır. Tablo 1 de nominal bağımsız özellik olan parçanın stokta bulunmamasının etkisi (X_1) ve kritiklik derecesinin (Y) meydana geliş frekansları gösterilmiştir. Tablo 2 de meydana geliş frekanslarına göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 1: Kritiklik derecesi meydana geliş frekansı

		Kritiklik Derecesi (Y)			
Stokta (X_1)	Bulunmama Etkisi	Kritik (1)	Kritik (0)	Değil	Toplam
Çok ciddi	(3)	64	0		64
Ciddi	(2)	18	0		18
Hafif	(1)	7	2		9
Önemsiz	(0)	0	0		0

Tablo 2: Stokta bulunmama etkisi (X_1) ve kritiklik derecesine (Y) göre meydana geliş frekans dağılımı

		Kritiklik Derecesi (Y)			
Stokta (X_1)	Bulunmama Etkisi	Kritik (1)	Kritik (0)	Değil	
Çok ciddi	(3)	1	0		
Ciddi	(2)	1	0		
Hafif	(1)	0,78	0,22		
Önemsiz	(0)	0	0		

Bağımsız nominal değişkene (x_1) ait üyelik fonksiyonu her bir sınıf ($Y = C_i, i = 1, 2, 3$) hesaplanmıştır:

$\mu_{Y=C_j}(x_0)$ için;

$\mu_{Y=C_0}(x_0)$ ise;

0,00	if $X_1=0$
0,22	if $X_1=1$
0,00	if $X_1=2$
0,00	if $X_1=3$

Bağımsız nominal olmayan değişkenlere ait üyelik fonksiyonları hesaplanmıştır. Tedarik süresi (X_2) ve Kullanım miktarlarının (X_3) öncelikle ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Tablo 3 ve Tablo 4 de bu değerler sunulmuştur.

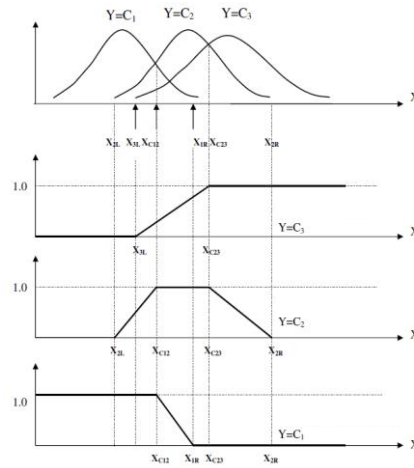
Tablo 3: Tedarik Süresi (X_2) -kritiklik derecesi (Y) ortalama ve standart sapma değerleri

Kritiklik Derecesi (Y)	Ortalama	Std.Sapma
Kritik Değil (0)	35,00	29,70
Kritik (1)	57,42	32,08

Tablo 4: Kullanım miktarı (X_3)-kritiklik derecesi (Y) ortalama ve standart sapma

Kritiklik Derecesi (Y)	Ortalama	Std.Sapma
Kritik Değil (0)	3,00	1,41
Kritik (1)	41,22	98,65

Uygulanan çalışmada 3 sınıflı bir verinin üyelik fonksiyonları hesaplanmak istenmektedir. 3 sınıflı bir veriye ait bulanık sınıflandırma prosedürü aşağıdaki şekildeki gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 1: 3 sınıflı bir veriye ait üyelik fonksiyonları(Chu vd., 2008)

3 sınıflı veriye göre hesaplanan eşik değerleri aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

Üyelik fonksiyonları hesaplandıktan sonra kesme (X_{C12}) ve eşik değerleri (X_{2L}, X_{1R}, X_{2R}) belirlenmiştir. Tedarik süresi için (X_2) kesme ve eşik değerleri;

$$X_{C12} = 45,78$$

$$X_{2L} = -38,83$$

$$X_{1R} = 124,10$$

$$X_{2R} = 153,66$$

Kullanım miktarı için (X_3) kesme ve eşik değerleri;

$$X_{C_{12}} = 3,54$$

$$X_{2L} = -254,74$$

$$X_{1R} = 7,24$$

$$X_{2R} = 153,66$$

Bağımsız nominal olmayan değişkenlere ait üyelik fonksiyonları hesaplanmıştır;

$\mu_{Y=C_0}(x_2)$ ise;

$$1; X_2 < 45,78$$

$$\frac{124,10 - X_0}{124,10 - 45,78}; 45,78 \leq X_2 < 124,10$$

$$0; 124,10 \leq X_2$$

$\mu_{Y=C_1}(x_2)$ ise;

$$0; X_2 < -38,83 \text{ ya da } X_2 \geq 153,66$$

$$\frac{x_0 - (-38,83)}{45,78 - (-38,83)}; -38,83 \leq X_2 < 45,78$$

$$1; X_2 \leq 45,78$$

$\mu_{Y=C_0}(x_3)$ ise;

$$1; X_3 < 3,54$$

$$\frac{7,24 - X_0}{7,24 - 3,54}; 3,54 \leq X_3 < 7,24$$

$$0; 7,24 \leq X_3$$

$\mu_{Y=C_1}(x_3)$ ise;

$$0; X_3 < -254,74 \text{ ya da } X_3 \geq 337,19$$

$$\frac{x_0 - (-38,83)}{45,78 - (-38,83)}; -254,74 \leq X_3 < 3,54$$

$$1; 3,54 \leq X_3$$

Belirlenen üyelik fonksiyonlarının sonrasında 6.adım olarak her bir sınıfa ait üyelik fonksiyonun derecesi belirlenir ($\mu_{Y=C_j}^{I_t}$). Yapılan hesaplamalar sonucunda seçilen 91 adet parçadan ikisinin (12 ve 31 nolu parçalar) sınıflandırmasında tutarsızlık gözlenmiştir. Bu nedenle sınıflandırmanın tutarlılığı 89/91 üzerinden 98% olarak hesaplanmıştır.

Üyelik fonksiyonlarına ait üyelik dereceleri örneğin 1 nolu parçada $\mu_{Y=0}^{I_1} = 0,67$ ve $\mu_{Y=1}^{I_1} = 0,93$ $0,93 > 0,67$ olduğu için bulanık sınıflandırma yöntemine göre $Y^* = 1$ olarak seçilmiştir. Y^* özet açıklamaları ek Tablo 5 de sunulmuştur. Y^* tabloda bulanık sınıflandırmadaki değerleri temsil etmektedir. Y değerleri çalışmanın başında uzman görüşünden yararlanarak yapılan yedek parça kritik derecelerini temsil etmektedir.

4.1. ABC-Bulanık Sınıflandırma Birleştirilmesi

Yedek parçalar bulanık sınıflandırmaya göre sınıflandırıldıktan sonra klasik ABC yaklaşımı ile bulanık sınıflandırma yöntemindeki değerler birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi için;

- 1) Çalışmada bağımlı nominal özellik olarak yedek parçaların kritiklik derecesi (Y) belirlenmiştir. Bağımsız nominal değişken olarak parçanın stokta bulunmamasının etkisi (X_1), bağımsız nominal olmayan özellik olarak tedarik süresi (X_2) ve yedek parça kullanım miktarı (X_3) belirlenmiştir. Bağımsız değişken sayısı ile ilgili herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır (Chu vd.,2008).

$$Y=f(X_1,X_2,X_3) \quad (4)$$

- 2) Klasik ABC analiziyle bütün yedek parçalar sınıflandırılır. Çalışmada A grubu için A1, B grubu için A2 ve C grubu için A3 notasyonu kullanılmıştır.
- 3) Klasik yaklaşımda belirlenen A1,A2,A3 değerleri bulanık sınıflandırma ile birleştirilir. Kritiklik derecelerine göre alt gruplara ayrılır.

Bulanık sınıflandırma gruplandırması ile tahmin edilmek istenen kritiklik derecesi (Y) kritik veya kritik olmayan değerlendirmesini gerçekleştirmektedir. Sınıflandırmada B1 kritik, B2 ise kritik olmayan parçaları temsil etmektedir. Klasik ABC ile tanımlanan A1(A), A2(B) ve A3(C) notasyonları Tablo 5 ile Bulanık Sınıflandırma ile değerlendirmesinin sonucu olan B1 ve B2 notasyonları ile birleştirilmiştir. Tabloda, klasik ABC ve bulanık sınıflandırma ile yapılan birleştirmede hangi birleşimin çok önemli, önemli veya önemsiz olduğu terminal yöneticileri ile değerlendirilmiştir. Buna göre alt gruplar oluşturulmuştur.

Tablo 5: Klasik ABC ve bulanık sınıflandırma alt grupları

Klasik ABC	Bulanık Sınıflandırma	
	B1	B2
A1	Çok önemli	Önemli
A2	Çok önemli	Önemsiz
A3	Önemli	Önemsiz

Bulanık sınıflandırma alt gruplarının sonuçları birleştirilmiştir. Yedek parçalara göre yapılan sınıflandırmalar Tablo 6 da sunulmuştur.

- Çok Önemli = {A1B1,A2B1}
- Önemli = {A1B2,A3B1}
- Önemsiz = {A2B2,A3B2}

Tablo 6 ile birleştirilen sonuçlar ile birlikte hangi yedek parçanın Çok Önemli, Önemli ve Önemsiz olduğu "Sınıflandırma" sütununda nihai değerlendirme olarak gösterilmektedir. Klasik ABC ve bulanık sınıflandırma birleştirilmesinin neticesinde 91 adet yedek parçanın 2 adetinde sınıflandırmada tutarsızlık gözlenmiştir. Tutarsızlık ile, 2 parçanın maliyet nezdindeki ABC değerlendirmelerinin parasal değerlerinin

verilen bilgilerde yer almamasından dolayı kıyas yapılamaması ifade edilmektedir. Önemsiz olarak sınıflandırılan yedek parçaya rastlanmamıştır. Tablo 7 ile tüm yedek parçalara ait değerlendirme sonuçları sunulmuştur.

Tablo 6: Klasik ABC ve ulanık sınıflandırma sonuçları

Ürün No	ABC (Maliyet)	ABC (Maliyet)	Bulanık (Y)	ABC-Bulanık	Sınıflandırma	Ürün No	ABC (Maliyet)	ABC (Maliyet)	Bulanık (Y)	ABC-Bulanık	Sınıflandırma
1	C	A3	B1	A3B1	B	47	B	A2	B1	A2B1	A
2	B	A2	B1	A2B1	A	48	B	A2	B1	A2B1	A
3	C	A3	B1	A3B1	B	49	C	A3	B1	A3B1	B
4	A	A1	B1	A1B1	A	50	C	A3	B1	A3B1	B
5	B	A2	B1	A2B1	A	51	B	A2	B1	A2B1	A
6	C	A3	B1	A3B1	B	52	B	A2	B1	A2B1	A
7	B	A2	B1	A2B1	A	53	C	A3	B1	A3B1	B
8	A	A1	B1	A1B1	A	54	C	A3	B1	A3B1	B
9	C	A3	B1	A3B1	B	55	C	A3	B1	A3B1	B
10	C	A3	B1	A3B1	B	56	B	A2	B1	A2B1	A
11	C	A3	B1	A3B1	B	57	B	A2	B1	A2B1	A
12*	0		B2		0	58	C	A3	B1	A3B1	B
13	A	A1	B1	A1B1	A	59	C	A3	B1	A3B1	B
14	C	A3	B1	A3B1	B	60	B	A2	B1	A2B1	A
15	C	A3	B1	A3B1	B	61	C	A3	B1	A3B1	B
16	B	A2	B1	A2B1	A	62	C	A3	B1	A3B1	B
17	B	A2	B1	A2B1	A	63	C	A3	B1	A3B1	B
18	C	A3	B1	A3B1	B	64	A	A1	B1	A1B1	A
19	C	A3	B1	A3B1	B	65	A	A1	B1	A1B1	A
20	B	A2	B1	A2B1	A	66	B	A2	B1	A2B1	A
21	C	A3	B1	A3B1	B	67	A	A1	B1	A1B1	A
22	B	A2	B1	A2B1	A	68	B	A2	B1	A2B1	A
23	C	A3	B1	A3B1	B	69	C	A3	B1	A3B1	B
24	C	A3	B1	A3B1	B	70	B	A2	B1	A2B1	A
25	C	A3	B1	A3B1	B	71	A	A1	B1	A1B1	A
26	C	A3	B1	A3B1	B	72	C	A3	B1	A3B1	B
27	C	A3	B1	A3B1	B	73	C	A3	B1	A3B1	B
28	C	A3	B1	A3B1	B	74	C	A3	B1	A3B1	B
29	C	A3	B1	A3B1	B	75	C	A3	B1	A3B1	B
30	C	A3	B1	A3B1	B	76	C	A3	B1	A3B1	B
31*	0		B2		0	77	B	A2	B1	A2B1	A
32	B	A2	B1	A2B1	A	78	B	A2	B1	A2B1	A
33	A	A1	B1	A1B1	A	79	A	A1	B1	A1B1	A
34	B	A2	B1	A2B1	A	80	B	A2	B1	A2B1	A
35	A	A1	B1	A1B1	A	81	C	A3	B1	A3B1	B
36	C	A3	B1	A3B1	B	82	C	A3	B1	A3B1	B
37	C	A3	B1	A3B1	B	83	C	A3	B1	A3B1	B
38	C	A3	B1	A3B1	B	84	C	A3	B1	A3B1	B
39	B	A2	B1	A2B1	A	85	B	A2	B1	A2B1	A
40	C	A3	B1	A3B1	B	86	C	A3	B1	A3B1	B
41	B	A2	B1	A2B1	A	87	B	A2	B1	A2B1	A
42	B	A2	B1	A2B1	A	88	A	A1	B1	A1B1	A
43	B	A2	B1	A2B1	A	89	C	A3	B1	A3B1	B
44	C	A3	B1	A3B1	B	90	B	A2	B1	A2B1	A
45	C	A3	B1	A3B1	B	91	C	A3	B1	A3B1	B
46	B	A2	B1	A2B1	A						

*Hesaplamalarda tutarsızlık tespit edilen parçalar.

Tablo 7: Klasik ABC ve bulanık sınıflandırma sonuçları

ABC	Bulanık Sınıflandırma	
	B1	B2
A1	11	0
A2	30	0
A3	48	0

Gerçekleştirilen klasik ABC değerlendirmesinde, yedek parçaların kritik olup olmama durumu göz önünde bulundurulmayıp parasal değer kriteri incelenmişti. Buna göre 48 adet parçanın parasal açıdan daha önemsiz olarak sınıflandırılabileceği görülmektedir. Ancak klasik ABC ve bulanık sınıflandırma birleşimi ile incelendiğinde düşük önem derecesine sahip hiçbir yedek parça olmadığı gözlemlenmektedir.

Tablo 8: Klasik ABC-Bulanık Sınıflandırmasına göre Stoktaki Malzeme Adetleri

	A	B	C
Klasik ABC	11	30	48
Klasik ABC-Bulanık Sınıflandırma	41	48	0

5.Sonuç ve Öneriler

Konteyner terminaler gibi tedarik zinciri yönetiminin önemli bir parçası olan işletmelerde hizmetin aksamadan sağlanabilmesi için ekipman ve ekipmanların işleyişi büyük önem arz etmektedir. Ekipmanların büyük bir çoğunluğunun üretimi yurtdışında yapıldığı için ihtiyaç duyulması halinde uzun tedarik sürelerinden ötürü yedek parçaya ulaşım güçleşmektedir. Bu durumda konteyner terminalin belirli yedek parçalar için stok tutması gerekmektedir. Stok tutmak, terminali elde bulundurmama durumundan korumaktadır. Ancak, yüksek stok maliyetlerine de sevk edebilir.

Yüksek stok maliyetlerinden kaçınmak ve envanter yönetimini verimli bir şekilde gerçekleştirmek için çeşitli yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerden bir tanesi olan ABC analizi ile parçalar niceliklerine, parasal değerlerine, talep yapısı, envanterin satış hızı gibi kriterlerine göre sınıflandırılmaktadır. Ancak günümüzde parçaları, sadece bu kriterlere göre sınıflandırmak yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, özellikle konteyner terminal gibi işletmelerde yedek parça stokları için önem arz eden parça kritiklik durumu, tedarik süresi, yedek parçaların kullanım miktarı gibi kriterlerin etkisinin de sınıflandırmaya dahil edilmesi daha verimli sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Örnek bir konteyner terminalde ekipman yedek parçaları ve malzemeleri için stok yönetimini sağlayabilmek amacıyla 4 yıllık stokların parasal değer verilerinden ve kullanım oranlarından (2014-2018) yararlanılarak klasik ABC analizi ve gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 91 adet yedek parça incelenmiştir. Sırasıyla klasik ABC analizi ve bulanık sınıflandırma yöntemi uygulanmış, sonuçlar birleştirilmiştir. Bu

birleşimin neticesinde yedek parçalar hem klasik ABC hem de bulanık sınıflandırmaya göre yeniden sınıflandırılmıştır.

Yapılan sınıflandırmanın sonucunda 41 adet parça çok önemli olarak sınıflandırılmıştır. Parçaların kritikliğini etkileyen önemli ölçütlerden biri de tedarik süresidir. Tedarik süresi uzun süren parçaların stokta yer almaması ekipmanın kullanımını etkileyecektir. Klasik yaklaşımda C grubunda sınıflandırılan parçaların stokta bulunmamasının yaratacağı etkinin, parça kullanımları ve tedarik süreleri göz önünde bulundurulduğunda aslında kritik olduğu ve bu parçaların da önemli parçalar olarak değerlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Bulanık Sınıflandırma çalışmasında dikkat edilmesi gereken nokta, “Çok Önemli” ve “Önemli” olarak nitelendirilen parçaların sürekli stokta bulundurulmasının stok maliyetlerini arttıracak ve işletmelerin genelde yüksek stok maliyetlerini kabul etmeyeceğidir. Bu sebeple, örneklem büyüklüğü genişletilerek analiz sonuçlarına ilerleyen çalışmalarda tekrar bakılmalıdır. Seçilen parçalar arasından sınıflandırmada tutarsızlık olanlar hariç diğerleri “Çok Önemli” ve “Önemli” olarak sınıflandırılmıştır. Belirli aralıklarla analizlerin tekrarlanarak geçerliliği ölçülmelidir. ABC-Bulanık Sınıflandırma yaklaşımının sonucunda sık stok kontrolü gerektiren ve stokta bulunması gereken parça sayısı artmıştır. Analizin detaylandırılması için farklı özellikler modele dahil edilebilir. Böylelikle sınıflandırmanın sürdürülebilirliği ve güvenilirliği ölçülerek, stok maliyetlerinin artmasının önüne geçilecektir.

Çalışma sadece örnek konteyner terminale değil, aynı zamanda limancılık sektöründe faaliyet gösteren diğer işletmelerin stok yönetimine de ışık tutmaktadır. Günümüzde, liman işletmelerinin büyük bir çoğunluğu stok yönetimine dayalı bilgisayar programlarından yararlanmaktadır. Ancak; programların fonksiyonlarının birbirinden farklı olması, yedek parçalardan hangilerinin çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak terminal operasyonlarının devamı için kritik olduğunun anlaşılabilmesi gibi nedenlerden dolayı terminaller stok yönetiminde kendi sistemlerini oluşturmak durumunda kalmaktadır. Bu nedenle, stokta bulundurulması gereken yedek parçaların kritiklik derecelerinin ayrımı için çalışma sektöre kaynak sağlamaktadır. Literatür taramasında, konteyner terminal stok yönetimine dair çalışmalara diğer sektörlerle kıyasla daha az çalışmaya rastlanmaktadır. Bu nedenle çalışma aynı zamanda literatürdeki bu açığa da katkı sunmaktadır. Konteyner terminal stok yönetimi literatür araştırmalarına katkı sunulması için daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

Kaynakça

Chu, O., Liang , G. ve Liao, C. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 55(3), 841-851.

Chen, Y., Li, K., Kilgour, D. ve Hipel, K. (2008). A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 17(2), 776-796.

Çakır, C. ve Canpolat, M. (2008). A web-based decision support system for multicriteria inventory classification using fuzzy AHP methodology. *Expert Systems with Applications*, 35(1), 1367-1378.

Dang, Q-V, Yun, W-Y ve Kopfer, H (2012). Positioning empty containers under dependent demand process. *Computers & Industrial Engineering*, 62, 708–715.

Doğar, A. (2006).Tedarik zincirinde stok yönetimi. Yayınlanmamış *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ernst, R. ve Cohen , M. (1990). Operations related groups: A clustering procedure for production/inventory systems, implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*, 9(4), 35-53.

Flores, E. ve Whybark, D. (1987). Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*, 7(1), 1-2.

Gajpal, P., Ganesh, L. ve Rajendran, C. (1994). Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 35(1), 293-297.

Güvenir, A. ve Erel, E. (1998). Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operations Research*, 105(1), 29-37.

Hadi-Vencheh, A. ve Mohamadghasemi , A. (2011). A fuzzy AHP-DEA approach for multiple criteria ABC inventory classification. *Journal of Expert Systems with Applications*, 38(4), 3346-3352.

Hng, L., Miyasaka , K., Inoue, H. ve Tsukamoto, M. (2003). Automatic generation of fuzzy classification systems using hyper-cone membership functions. *2003 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*. Kobe, Japan.

Keskin, G. ve Ozkan, C. (2013). Multiple criteria ABC analysis with FCM clustering implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Industrial Engineering*, 7(1), 1-8.

Kılıç, A., Aygün, S., Keskin, G. ve Baynal, K. (2014). Çok kriterli ABC analizi problemine farklı bir bakış açısı: Bulanık analitik hiyerarşi prosesi. *Journal of Industrial Engineering*, 20(5), 179-188.

Kumar, M. ve Chakravarty, B. (2015). ABC-VED analysis of expendable medical stores at a tertiary care hospital. *Medical Journal Armed Forces India*, 15(2), 24-27.

Lei, T.L ve Church, R.L. (2011). Locating short-term empty-container storage facilities to support port operations: A user optimal approach. *Transportation Research Part E*, 47(1), 738-754.

Medasani, S., Kim, J. ve Krishnapuram, R. (1998). An overview of membership function generation techniques for pattern recognition. *International Journal of Approximate Reasoning*, 19(3), 391-417.

Ng, W. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC Analysis. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 344-353.

Partovi, F. ve Anandarajan, M. (2002). Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers & Industrial Engineering*, 41(1), 389-404.

Viattchenin, D., Tati, R. ve Damaratski, A. (2013). Designing gaussian membership functions for fuzzy classifier generated by heuristic possibilistic. *Journal of Information & Optimization Sciences*, 37(2), 127-139.

Plousios, A. (2009). Maintenance and spare parts inventory optimization at container terminals: the case of ECT. Yayınlanmamış *Yüksek Lisans Tezi*. Erasmus University, Rotterdam.

Tamaki, F., Kanagawa, A. ve Ohta, H. (1998). Identification of membership functions based on fuzzy observation data. *Journal of Fuzzy Sets and Systems*, 93(3), 311-318.

Yu, M. (2011). Multi-criteria ABC analysis using artificial-intelligence-based classification techniques. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 3416-3421.

Yun, W.Y, Lee Y.M ve Choi, Y.S. (2011). Optimal inventory control of empty containers in inland transportation system. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 451-457.

Yüzügüllü, N. ve Ürencik, C. (1992). Çok kriterli ABC analizi için bir algoritma ve uygulaması. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayını, 4(20), 3-11.

Zhou, E. ve Khotanzad, A. (2007). Fuzzy classifier design using genetic algorithms. *Journal of Pattern Recognition Society*, 40(1), 3401-3414.

Zadeh, L. (2008). Is there a need for fuzzy logic?. *Information Sciences*, 178(1), 2751-2779.

Extended Abstract

Nowadays, one of the most important concepts with increasing competition is stock management. A balanced inventory management is important for businesses to ensure customer satisfaction while reducing their costs. In order to implement a balanced inventory management, companies must firstly classify the raw materials or spare parts that must be in stock. ABC analysis is one of these classification methods. ABC analysis makes classification by considering the monetary inventory value of the spare part. However, especially for the companies where intensive machinery and equipment are used, classifying only by inventory value may render inventory management inadequate. As well as the inventory value, other influencing

criteria can be included in the classification of the parts to be kept in stock by fuzzy classification.

Inventory is defined as the goods obtained through supply or production, which are kept for a while before being used or delivered to the customer (Keskin & Özkan, 2013). Inventory provides an advantage in competition with the customer satisfaction they provide. However, excess inventory make companies difficult financially. For this reason, a balance must be established between customer satisfaction and inventory costs. The establishment of this balance is realized by inventory management. Effective control of raw materials or spare parts kept in stock is also required for effective inventory management. Raw materials and spare parts can be classified to facilitate inventory control. ABC analysis is one of the most frequently used raw material and spare part classification techniques in businesses. In ABC analysis, raw material and spare parts units kept in stock are classified as A- very important, B- important, C- less important (Chu, Liang & Liao, 2008).

Fuzzy classification method is also used in inventory management as well as ABC analysis. With fuzzy classification, dependent variables and independent variables will be determined and desired factors will be included in the analysis.

Very few publications related to the classification of the materials used in the port operations and in inventory, which are the subject of our study, have been found. In the literature, when we research on inventories and applied inventory models in the ports, stacking of empty and full containers is considered as a stocking problem and genetic based algorithms (Dang, Yun, & Kopfer, 2012), mixed integer programming (Lei & Church, 2011) and It is seen that methods such as simulation (Yun, Lee, & Choi, 2011) are used. However, to our knowledge, Chu et al. (2008) and Plousios (2009), no study has been found on the classification of the spare parts of the equipment used in the port operations. Based on these studies in the literature, Chu et al. The fuzzy classification developed by (2008) and the classification obtained by using classical ABC together were provided and the classification obtained by both methods were compared.

Inventory management carried out in the subjected container terminal by combining both ABC analysis and fuzzy classification. 91 fuzzy spare parts were selected for the fuzzy classification carried out in the study with the recommendation of inventory and operations managers. The number of spare parts for the equipments in stock varies between 1000-1500.

Spare parts of equipment and cranes used in container terminals, periodic maintenance materials and various other materials are stored in warehouses within the container terminal. Factors such as wide variety of parts and materials, different lead times, frequency of use, and degree of criticism complicate classification. Since the parts and materials in the container terminals are stocked to serve the processes, it is not sufficient to classify according to the annual stock value in the classical ABC approach. In addition to the monetary values of the parts in the stock, factors such as usage quantities and frequencies, lead times, critical degrees, and the effect of

the absence of stock are also added. Accordingly, the fuzzy classification method for stock control at a port was applied by Chu et al. (2008). According to the application steps; the criticality of materials is determined (Y) critical as critical (1) and non critical as (0), the effect of the item not being in stock (X_1) determined as insignificant (0), mild (1), serious (2), very serious (3), lead time (X_2) and usage amount (X_3).

After spare parts are classified according to fuzzy classification, values in fuzzy classification method are combined with classical ABC approach. In order to provide inventory management for equipment spare parts and materials at the container terminal, classical ABC analysis and realization were carried out using the monetary value data and usage rates (2014-2018) of 4-year inventory. The results of 91 spare parts applied with classical ABC analysis and fuzzy classification method are combined, respectively. As a result of this combination, spare parts have been reclassified according to both classical ABC and fuzzy classification.

As a result of the classification, 41 pieces were classified as very important. 2 pieces out of 91 are excluded from the classification due to inconsistency in classification. With the classical ABC approach, 11 of the parts were classified in group A (12%), 30 were in B (34%) and 48 were in group C (54%). With the ABC-Fuzzy Classification approach, 41 (46%) were classified in group A and 48 (54%) in group B. The classical approach deals with the usage rates of parts and their monetary values in inventory. The critical condition of spare parts, especially of important equipment, is often not considered. One of the important criteria that affect the criticality of the parts is the lead time. Lack of long-term parts in stock will affect the use of the equipment. In the classical approach, it has been determined that the effect of the absence of parts classified in the C group is actually critical considering the use of parts and lead times, and that these parts should be considered as important parts. The others are classified as "Very Important" and "Important" except for those that are inconsistent in the classification among the selected parts. This evaluation reflects the importance of the study for the terminal.