



ÇOK KRİTERLİ ABC ANALİZİ PROBLEMİNE FARKLI BİR BAKIŞ AÇISI: BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ - İDEAL ÇÖZÜME YAKINLIĞA GÖRE TERCİH SIRALAMA TEKNİĞİ

A VARIANT PERSPECTIVE TO MULTI CRITERIA ABC ANALYSIS PROBLEM: FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION

Aslı KILIÇ¹, Sümeyye AYGÜN¹, Gülşen AYDIN KESKİN^{1*}, Kasım BAYNAL¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, 41380, Kocaeli.
asli_kilic_2506@hotmail.com, sumeyyeaygun90@gmail.com, gaydin@kocaeli.edu.tr, kbaynal@kocaeli.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 12.09.2013, Kabul Tarihi/Accepted: 08.10.2013

doi: 10.5505/pajes.2014.18894

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Özet

İşletmeler, olağanüstü rekabetin yaşandığı günümüz piyasa şartlarında, maliyetleri minimize, kârı maksimize edecek etkin stok politikalarını geliştirmek ve uygulamak zorundadır. Stoklar, üretim işletmelerinin toplam varlıklarının içinde önemli bir yere sahiptir. Bu önemli kalemler için etkin stok kontrol ve yönetim politikalarının uygulanması, işletmenin geleceği için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, büyük bir holdingin kimyasallar grubunda faaliyet gösteren bir işletmesinde öncelikle stok kontrol yöntemlerinden ABC analizi uygulanmıştır. İkinci olarak stokların çok kriterli olarak sınıflandırılması için öncelikle Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve İdeal Çözümüne Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) yöntemi kullanılarak stok kalemleri önem derecelerine göre sıralanmıştır. Çalışmanın sonunda stokların sınıflandırılmasında klasik ABC analizi ve BAHP-TOPSIS yöntemlerinin sonuçları arasındaki farklılıklar ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, ABC analizi, Bulanık AHP, TOPSIS.

Abstract

In today's competitive market conditions, organizations have to develop and implement effective inventory policies to minimize their costs, and maximize profit. Inventories have an important place in the total assets of production enterprises. Applying efficient inventory control and management policies for this significant item is very important for the future of the organizations. In this paper, initially an ABC analysis method had been applied to a firm operating at the chemical group of a conglomerate. Then, to classify the inventory as multi criteria; primarily criteria weights are determined by the fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) and then stock keeping units are ranked according to their significances with Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method. Finally, the differences are presented between classical ABC analysis and FAHP-TOPSIS results for classifying the inventories.

Keywords: Multi-criteria decision making, ABC analysis, Fuzzy AHP, TOPSIS.

1 Giriş

İşletmeler üretime ilişkin faaliyetlerini, pek çok kısıt altında gerçekleştirmektedirler. Bu kısıtlar içinde fiyat, kalite veya zaman gibi ürünün niteliğinden kaynaklanan ve işletmenin kontrolü altındaki faktörler olabileceği gibi, piyasa ve müşteri talebindeki belirsizlikler gibi işletmenin kontrolü dışında gerçekleşen dışsal faktörler de olabilir. Bu bağlamda, öngörülebilir veya öngörülemeyen kısıtlar altında, mevcut kaynakları etkin bir biçimde kullanarak en uygun kararların alınması süreci, işletme yönetiminin temel işlevleri arasındadır [1].

İşletmelerin başarısını ve kârlılığını etkileyen önemli faktörlerden biri, hiç şüphesiz işletme stoklarının en uygun düzeyde bulundurulmasıdır. Stok bulundurma en uygun değerinin ne olacağı konusu işletmelerin dikkat etmesi gereken en önemli hususlardan birisidir. Az sayıda stok bulundurma üretimi aksatabileceği gibi, çok fazla sayıda stok bulundurma da depolama, bozulma, demode olma, üretim giderlerini karşılayamama gibi durumları yaratabilmektedir.

Yöneticiler günlük hayatlarında birçok gerçek karar verme problemiyle karşılaşır. Günümüz piyasasındaki hızlı değişikliklere ayak uydurabilmek ve rekabet edebilmek için

yöneticiler karşlarına çıkan seçenekleri, birçok seçim kriterine göre karşılaştırmalı ve en uygun olanları seçmelidirler. Sadece, çok basit durumlarda, tam bir tatminin tek bir seçim kriteri ile sağlanabileceği söylenebilir de; bir seçimle elde edilmek istenen özellikler genellikle çok çeşitlidir ve bu çeşitlilik farklı kriterlerin değerlendirilmeye sokulmasını gerektirmektedir [2]. Bu nedenle çalışmada çok kriterli ABC analizine başvurulmuştur. Çok kriterli ABC analizi ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve İdeal Çözümüne Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) yöntemlerinin birlikte kullanımına rastlanmamıştır.

Bu çalışmada amaçlanan, klasik ABC Analizi ile çok kriterli stok sınıflandırılmasında kullanılan BAHP ve TOPSIS yöntemlerinin sonuçları arasındaki farklılıkları ortaya koymaktır.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Giriş kısmı ile başlayan çalışma, ikinci bölümde ABC analizi ile devam etmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünü kriter ağırlıklarının belirlendiği Bulanık AHP oluşturmaktadır. Dördüncü bölümde TOPSIS yöntemine yer verilmektedir. Beşinci bölüm gerçek bir sanayi uygulamasını içermektedir. Son olarak altıncı bölüm uygulamanın sonuçları ve tartışma kısmıdır.

2 ABC Yöntemi

Son yıllarda oldukça geçerli olan ve 1950'lerde General Elektik Şirketi'nce geliştirilen ABC sınıflandırma yöntemi, farklı seçenekler arasında karar verme durumunda olan işletmelerin stok yönetiminde de yardımcı olmaktadır. Bu yöntem, yakın kontrol gerektiren stokları kontrol gerektirmeyen stoklardan ayırmaya yarayan basit bir kontrol sistemidir [3].

Stokta bulundurulacak çeşitli malların her birinin işletme için taşıdıkları önem farklıdır. Stoktaki malları taşıdıkları öneme göre sınıflandırmak yönetim açısından bazı kolaylıklar sağlamaktadır. Önemin ölçüsü olarak da genellikle, malların satış değeri kullanılmaktadır. Bu ölçüye göre, çok önemli, orta önemli ve önemsiz olarak sınıflandırılan malların, Pareto prensibine uygun olarak, çok önemli olanlarının miktar olarak az bir yer tuttuğu, buna karşın önemsiz olanların miktar olarak büyük bir yer tuttuğu görülmektedir [4].

1906 yılında Vilfredo Pareto tarafından bulunan Pareto Diyagramı, 80-20 Kuralı olarak da adlandırılmaktadır. Bu prensibe uygun olarak, stokta tutulan çeşitli mallar A, B ve C grupları olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır: "A" grubu mallar miktar olarak toplamın ancak %20'sini oluştururken, satış değeri olarak %80'ine sahiptir. Diğer uçta bulunan "C" grubu mallar ise, miktar olarak toplamın %50 ile %60'ını oluştururken satış değeri olarak sadece %5 ile %10 gibi küçük bir değerine sahiptir. Ortada bulunan "B" grubu mallar ise, toplam miktarın %20 ile %30'una, satış değeri olarak da %15 ile %20'lik payına sahiptir [4].

Tek kriterli analizlerde en önemli varsayım, olaydaki diğer kriterlerin etkilerinin sabit kabul edilmesi ve her defasında sadece bir kriterin inceleme konusu yapılmasıdır. Hâlbuki evrendeki olaylar ve objeler sadece tek bir kriterin etkisi ile değil, çok sayıda iç ve dış kriterlerin ortak etkisi ile oluşmakta ve karmaşık bir yapı göstermektedir. Bu nedenle, olaylar ve objeler sadece bir değışkene göre değil, çok sayıda değışkene ve bunların ortaklaşa etkilerine göre tanımlanmalıdır. Bu gerekçeden dolayı çok kriterli karar verme metodlarına hemen her alanda başvurulmaktadır [5]. Birden fazla kriterin birlikte değerlendirildiği ABC analizine "Çok Kriterli ABC Analizi" denilmektedir. Kullanım değeri, kullanım miktarı, ömrü, tedarik süresi, birim fiyatı, kritikliği, ikame edilebilirliği, boyutu gibi kriterler dikkate alınabilmektedir [6].

Klasik yöntemden farklı olarak bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında stokları sınıflandırmak için belirlenmiş olan kriterler, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan BAHP ile ağırlıklandırılmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise stokta tutulan ürünler, ağırlıklandırılmış kriterler yardımı ile TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmaktadır.

2.1 Literatür Araştırması

Son yıllarda, envanter sınıflandırma için birçok yeni çok kriterli yaklaşım getirilmiştir. Fakat hepsinin bazı dezavantajları vardır. İki kriterli klasik ABC yaklaşımı, çok kriterli ABC sınıflandırmasında ileri bir adımdır. Bununla birlikte, daha fazla kriterin göz önünde bulundurulması gerektiğinde yöntemin kullanılması nispeten zorlaşmaktadır. İki kriterden fazla kriter için yöntemi genişletmenin belirgin bir yolu yoktur [7]. ABC analizi ile ilgili ilk makale 1986'da Flores ve Whybark tarafından sunulmuştur [8]. Bu çalışmadan etkilenen Chen vd. (2008), tedarik süresi ve stokta bulundurulacak ürünlerin kritikliği gibi ilave kriterler ekleyerek uygulama tabanlı çok kriterli ABC analizi yapmışlardır [9].

1990 yılında Ernst ve Cohen tarafından istatistiksel kümelemeye dayanan bir yöntem sunulmuştur. Fakat bu yaklaşım faktör analizi kullanımı ve kümeleme işlemini gerektirmektedir. İlave olarak, kümeler kendilerini yeni stok kalemlerini sınıflandırmak amacı ile yeniden değerlendirilmelidir. Bu nedenle önceden sınıflandırılmış stoğa yeni stok kalemleri eklendiğinde sınıfların farklı şekilde belirlenebilme olasılığı ortaya çıkmakta ve bu durumda stok kontrol sistemi düzeninin bozulabilme ihtimali ortaya çıkmaktadır. Özetle, model bir orta kademe yöneticisi için çok karmaşık olabilmektedir [10].

AHP süreci de ABC analizi için birçok yazar tarafından önerilmiştir [11]. Cakir ve Canbolat (2008), çok kriterli envanter sınıflandırma problemini çözümlenmek için bulanık tekniğe entegre olan AHP önermişlerdir [12]. AHP' nin avantajı birçok kriteri birleştirebilmesi ve büyük hesaplamalarda ve ölçüm sisteminde kullanım kolaylığının olmasıdır. Yöntemin önemli dezavantajlarından biri kriterlerin ikili karşılaştırılmasında, derecelendirilmelerinde ve ilgili ağırlıklandırılmalarında önemli miktarda sübjektiflik içermesidir [7, 10].

Yapay zeka, çok kriterli envanter sınıflandırması için başka bir yöntemdir. Güvenir ve Erel (1998), çok kriterli sınıflandırma için AHP tekniği ve genetik algoritmayı birlikte kullanarak yeni bir yaklaşım sunmuştur [13]. Yapay sinir ağları, sınıflandırma işlemi için uygulanabilir bir diğer tekniktir. Partovi ve Anandarajan (2002), stok kalemlerinin ABC yöntemi ile sınıflandırılması için iki öğrenme metodu olan geriye yayılım ve genetik algoritmadan yararlanan bir yapay sinir ağı önermiştir [10]. Ramanathan (2006), çok kriterli envanter sınıflandırma problemi için veri zarflama analizine benzeyen, basit ağırlıklı bir doğrusal optimizasyon modeli önermiştir [14]. Zhou ve Fan (2007), çok kriterli ABC stok sınıflandırması için bazı dengeleme özelliklerini de dahil ederek Ramanathan'ın modelinin genişletilmiş bir versiyonunu sunmuş ve elde ettikleri sınıflandırma sonuçlarını Bayes ve diğer bulanık sınıflandırıcıların sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak da önerdikleri yöntemin diğerlerinden üstün olduğunu göstermişlerdir [15]. Bhattacharya ve diğ. (2007), ABC analizi için TOPSIS yöntemini kullanmışlar, ANOVA ile de elde ettikleri sonuçların analizini gerçekleştirmişlerdir [16]. Chu vd. (2008), ABC analizi ve bulanık sınıflandırmayı entegre ederek yeni bir stok kontrol yaklaşımı önermişlerdir [7]. Aydın Keskin ve Özkan (2013), çok kriterli ABC sınıflandırması için bir kümeleme yöntemi olan Fuzzy C-Means algoritmasını kullanmıştır [17].

Bu çalışmada stok kalemlerinin çok kriterli olarak sınıflandırılması amacıyla BAHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte kullanılmıştır. BAHP yöntemi, seçim amacına yönelik tercihlerin belirlenmesinde yöneticilere yol gösteren bir yöntem olmasının yanında tercihleri kantitatif olarak ölçerek farklı kriterler karşısında birleştiren sağlam (robust) bir yöntemdir. Bunun yanında hem uygulaması hem de anlaşılması oldukça kolaydır. AHP ayrıştırma temellerini, ikili karşılaştırmaları, öncelik vektör oluşumunu ve sentezini içeren bir yöntemdir. AHP' nin amacı uzmanların bilgisini elde etmek olmasına karşın, geleneksel AHP karar vericinin belirsiz tercihlerini yansıtamamaktadır. Bu nedenle; BAHP, AHP metodunun belirsizliklerini gidererek hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için geliştirilmiştir [12, 18, 19].

Çok kriterli ABC analizi ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde, BAHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanımına rastlanmamıştır. Çalışmanın literatüre katkısı bu noktada ortaya çıkmaktadır. BAHP kriter ağırlıklarının

belirlenmesi amacıyla kullanılırken, stok kalemlerinin sıralanması TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

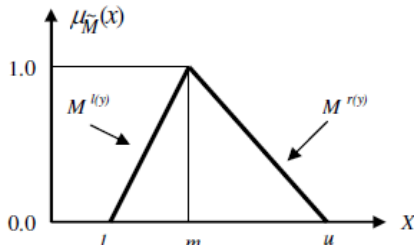
3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

AHP 1970'li yılların ortasında Pensilvanya Üniversitesinden Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan bir matematiksel teoridir. Literatürde yaygın olarak çalışılan AHP son yirmi yılda çok kriterli karar verme ile ilgili neredeyse tüm uygulamalarda kullanılmıştır. Bunun nedeni, yöntemin karar vericiler tarafından kolay anlaşılabilir olmasıdır [20]. AHP, öğeleri arasında karmaşık ilişkiler bulunan sistemlere ait karar problemlerinde; sistemi alt sistemleriyle ilişkili hiyerarşik bir yapıda oldukça basit halde ifade edip, sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdeleyebilen bir yaklaşımdır [21].

Çok ölçütlü karar verme modellerinin gerçek uygulamalarında, karar vericilerin yargılarını sözel olarak ifade ettikleri veya objektif yargılarda bulunmadıkları sıkça gözlenmektedir. Bunun yanı sıra, elde edilen değerlendirmeler her zaman kesin ve tam bilgi içermeyebilmektedir. Bu tür karar modellerinde analizler bulanık mantık yaklaşımı ile yapılabilmektedir. Bulanık mantığın karar verme sürecindeki uygulamaları genellikle klasik karar teorilerinin bulanıklaştırılması ile gerçekleştirilmektedir. Bulanık mantıkla tanımlanan karar problemlerinde, klasik problemlerde olduğu gibi bulanık olmayan "en iyi" karara ulaşmak amaçlanmaktadır. Ancak, bulanık teori sonucunda elde edilen karar optimal karar iddiasında olmaktan çok, her alternatifin hangi olasılıkta optimal olabileceğini belirtmeyi amaçlamaktadır. Problemlerde kesin belirlilikler bulunmadığında; parametrelerin veya değişkenlerin kesin olarak bilinmediği durumlarda ve değerlendirmelerin sözel olduğu durumlarda bulanık teori ile geliştirilen yöntemlerin uygulanması önerilmektedir [22].

3.1 Bulanık Küme ve Bulanık Sayılar

Bulanık küme kavramı, ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında "Bulanık Kümeler" adlı makalenin yayınlanması ile ortaya atılmıştır. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnel kümesidir ve her nesneyi 0-1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir. Bulanık sayılar ise dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir. Üçgensel bir bulanık sayı Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu sayı üç tane gerçel sayı ile tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşidi olup l, m, u şeklinde ifade edilmektedir [23]. Bu ifadeler sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade eder [24].



Şekil 1: Üçgensel bulanık sayı \tilde{M} [18].

Bulanık bir sayı her zaman her bir üyelik derecesinin karşılığı geldiği sağ ve sol gösterimlerle verilebilir. Eşitlik (1)'de gösterilen $l(y)$ ve $r(y)$ sırası ile bulanık bir sayının sol ve sağ tarafını ifade etmektedir [25].

$$\tilde{M} = (M^{l(y)}, M^{r(y)}) = (l + (m - l)y, u + (m - u)y) \quad (1)$$

Bir \tilde{M} bulanık kümesi, $[0,1]$ kapalı aralığında tanımlanan karakteristik bir fonksiyon ile ifade edilmektedir. Söz konusu fonksiyona, üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. \tilde{M} bulanık kümesi için tanımlanacak olan bir üyelik fonksiyonu, eşitlik (2)'de gösterilmektedir [26].

$$\mu_{\tilde{M}}: E \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

\tilde{M} bulanık kümesinin elemanı olan x' in üyeliğinin derecesi $\mu_{\tilde{M}}(x)$, x elemanının \tilde{M} bulanık kümesine hangi derecede üye olduğunun göstergesidir.

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre lineer gösterimi eşitlik (3) teki gibidir [24].

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0 & , & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & , & 1 \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & , & m \leq x \leq u \\ 0 & , & x > u \end{cases} \quad (3)$$

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgensel bulanık sayıyı göstermek üzere, üçgen bulanık sayılar arasında yapılacak olan aritmetik işlemler eşitlik (4)'te özetlenmektedir [26].

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 (+) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \\ \tilde{M}_1 (-) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (-) (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \\ \tilde{M}_1 (*) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (*) (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2) \\ \tilde{M}_1 (/) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (/) (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2) \\ \tilde{M}_1^{-1} &= (l_1, m_1, u_1)^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \end{aligned} \quad (4)$$

3.2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Algoritması

Bu çalışmada, bulanık yapay değerlerin hesaplanmasında Chang'in (1996) genişletilmiş analiz yöntemi kullanılmıştır.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir nesnel kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ de bir amaçlar kümesi olsun. Genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne bir amacı gerçekleştirmek üzere ele alınır. Genişletilmiş ifadesi ile bu nesnenin amacı ne kadar gerçekleştirdiği ifade edilmektedir. Böylece, m tane genişletilmiş analiz değeri elde edilmiş olup eşitlik (5)'teki gibi gösterilmektedir.

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Buradaki tüm M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri, üçgensel bulanık sayılardır. Chang'in genişletilmiş analizinin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [27]:

1. Adım: i . nesne için bulanık büyüklük değeri eşitlik (6)'daki gibi tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (6)$$

Burada S_i , i . amacın sentez değerini, M_{gi}^j her bir amaca yönelik genişletilmiş değeri ifade etmektedir. Eşitlik (6)'daki işlem, bulanık sayılarda yapılan bir çeşit normalizasyon işlemi olarak da algılanabilir. $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ değerini elde etmek için, m adet genişletilmiş analiz değeri bulanık toplama işlemi yardımıyla bulunarak bir matris elde edilir. Bu matrisin elemanları eşitlik (7) yardımıyla hesaplanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (7)$$

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1}$ 'i elde etmek için, $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerlerinin bulanık toplama işlemi eşitlik (8)'deki gibi uygulanır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (8)$$

2. Adım: Chang'in önerdiği yöntem, elde edilen sentez değerlerinin karşılaştırılması ve bu karşılaştırma değerlerinden ağırlık değerlerinin elde edilmesi esasına dayanmaktadır. İki bulanık sayının karşılaştırılması şu şekilde yapılmaktadır:

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgensel bulanık sayı iken $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$ eşitliğinin olabilirlik derecesi eşitlik (9)'daki gibi tanımlanır.

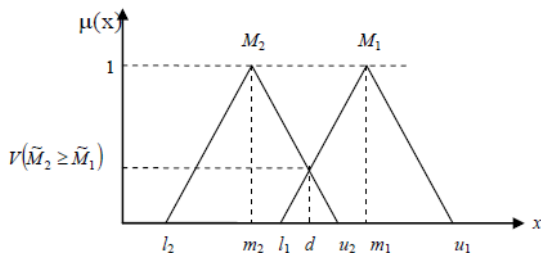
$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))] \quad (9)$$

Bu eşitlik, $y \geq x$ eşitsizliğinin genişleme prensibine göre ifade edilmiş şeklidir. Eşitlik $y \geq x$ ve $\mu_{\tilde{M}_1}(x) = \mu_{\tilde{M}_2}(y)$ gibi ilişki bulunan (x, y) sayı çiftinin aralarındaki büyüklük ilişkisini yani \tilde{M}_1 'nin \tilde{M}_2 'den büyük olma olabilirliğini gösteren değer $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = 1$ olduğunu belirtmektedir. Bu eşitlikte \tilde{M}_2 'nin orta değerinin \tilde{M}_1 'den büyük olabilirliği 1 değerini almaktadır. Aksi takdirde, olabilirlik hesabı eşitlik (10) kullanılarak yapılabilir. Ancak sadece, $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$ değerini bilmek yeterli değildir. Ayrıca $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ değerinin de hesaplanması gereklidir. Şekil 2'de görüldüğü gibi \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 gibi iki bulanık sayıdan \tilde{M}_2 'nin \tilde{M}_1 'den büyük olabilirliği bu iki sayının kesişim noktasındaki üyelik fonksiyonunun değerine eşittir.

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ bulanık sayılar iken,

$$V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2) = \text{yükseklik}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{\tilde{M}_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (10)$$

dır.



Şekil 2: \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 sayılarının büyüklüklerinin karşılaştırılması [25].

3. Adım: Konveks bir bulanık sayının k adet bulanık sayıdan, M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) daha büyük olabilirlik derecesi eşitlik (11)'de olduğu gibi tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), \quad (11) \quad i = 1, 2, \dots, k$$

0 takdirde S_j 'ler için şu varsayımlar yapılmıştır:

$$k = 1, 2, \dots, n; k \neq j \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (12)$$

Daha sonra ağırlık vektörü A_i ($i = 1, 2, \dots, n$)'nin n elemandan oluştuğu eşitlik (13) ile ifade edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (13)$$

4. Adım: Normalizasyon ile normalize edilmiş ağırlık vektörü W eşitlik (14) kullanılarak elde edilir ve burada W bir bulanık sayı değildir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (14)$$

İkili karşılaştırmalarda kullanılan bulanık önem dereceleri Tablo 1'de gösterilmiştir:

Tablo 1: Bulanık önem dereceleri [24].

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit önem	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
Biraz daha fazla önemli	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Kuvvetli derecede önemli	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Çok kuvvetli derecede önemli	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Tamamıyla önemli	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

4 İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği Yöntemi

Chen ve Hwang, (1992) tarafından Hwang ve Yoon'un (1981) çalışmaları referans gösterilerek ortaya konulan TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir [28]. Yöntem ideal çözüm için gerekli olan yakınlığı bulurken, hem pozitif-ideal çözüme uzaklığı hem de negatif-ideal çözüme uzaklığı dikkate almaktadır. Bulunan uzaklıkların birbiri ile karşılaştırılması ile tercih sıralaması yapılmaktadır. İdeal çözüm, tüm kriterler sağlandıktan sonra tercih edilen alternatiflerin bu kriterleri olması gereken yani ideal seviyelerde yerine getirmesidir. Eğer ideal çözüm uygulanamaz veya ulaşılamaz olursa, o zaman ideal çözüme en yakın noktanın seçilmesi gerekmektedir. Pozitif-ideal, çözüme en yakın çözüm olurken, negatif-ideal, çözüme en uzak çözüm olmaktadır [29; 30].

TOPSIS yöntemi, pozitif-ideal çözüme benzerlik indeksi olarak tanımlanmaktadır. Buna göre pozitif-ideal çözüme en yakın nokta veya negatif-ideal çözüme en uzak noktanın kombinasyonudur. Daha sonra da ideale en benzer alternatif seçilmektedir [29].

TOPSIS yönteminin adımları aşağıda tanımlanmıştır [31]:

1. Adım: Karar matrisi (D) oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında i ($i = 1, 2, \dots, m$) alternatifler, sütunlarında ise j ($j = 1, 2, \dots, n$) ölçütler yer almaktadır. D matrisi karar verici tarafından oluşturulan veri matrisidir. Karar matrisi eşitlik (15)'deki gibi gösterilir.

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

2. Adım: Normalize edilmiş karar matrisi (R) oluşturulur. Normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesinde farklı yöntemler vardır. En sık kullanılanlar vektör normalizasyonu, doğrusal normalizasyon ve monoton olmayan normalizasyondur. Doğrusal normalizasyon için de farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Normalize edilmiş karar matrisi için vektör normalizasyonu sıklıkla kullanılan bir yöntem

olarak ortaya çıkmaktadır. Burada normalize edilmiş karar matrisi için vektör normalizasyonu eşitlik (16)'da belirtilmiştir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

R matrisi eşitlik (17)'deki gibi elde edilir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

3. Adım: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi (Y) oluşturulur. Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Daha sonra matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Y matrisi oluşturulur. Y matrisi eşitlik (18)'de gösterilmiştir.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \dots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (18)$$

4. Adım: Pozitif-ideal (A^*) ve negatif-ideal (A^-) çözümler oluşturulur. İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için Y matrisindeki ağırlıklandırılmış ölçütlerin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili ölçüt minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. Pozitif-ideal çözüm setinin bulunması eşitlik (19)'da gösterilmiştir.

$$A^* = \{(max_i y_{ij} | j \in J), (min_i y_{ij} | j \in J')\} \quad (19)$$

(19) numaralı denklem yardımıyla hesaplanacak olan set denklem (20)'de gösterildiği gibi oluşturulur.

$$A^* = \{y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*\} \quad (20)$$

Negatif-ideal çözüm seti ise, Y matrisindeki ağırlıklandırılmış ölçütlerin, bir başka deyişle, sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif-ideal çözüm setinin bulunması eşitlik (21) ile sağlanmaktadır.

$$A^- = \{(min_i y_{ij} | j \in J), (max_i y_{ij} | j \in J')\} \quad (21)$$

Denklem (21) yardımıyla hesaplanacak olan set eşitlik (22) ile gösterilmiştir.

$$A^- = \{y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-\} \quad (22)$$

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir. Gerek pozitif-ideal gerekse negatif-ideal çözüm seti, ölçüt sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

5. Adım: Her alternatifin pozitif-ideal çözüm ve negatif-ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır. TOPSIS yönteminde her bir alternatifte ilişkin ölçüt değerinin pozitif-ideal ve negatif-ideal çözüm setinden uzaklıklarının belirlenmesinde Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen alternatiflere ilişkin uzaklık değerleri ise pozitif-ideal çözüme uzaklık (S_i^*) ve negatif-ideal çözüme uzaklık (S_i^-) olarak adlandırılmaktadır. Pozitif-ideal çözüme uzaklık (S_i^*) değeri eşitlik (23), negatif-ideal çözüme (S_i^-) uzaklık ise eşitlik (24) ile hesaplanmaktadır.

$$(S_i^*) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^*)^2} \quad (23)$$

$$(S_i^-) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (24)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı, karşılaştırılan alternatif sayısı kadardır.

6. Adım: İdeal çözüme göreceli yakınlık değerleri hesaplanır. Her bir alternatifin ideal çözüme göreceli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında pozitif-idealden ve negatif-idealden uzaklık ölçüleri kullanılmaktadır. Burada kullanılan ölçüt, negatif-ideal çözüme uzaklık değerinin pozitif-ideal çözüme uzaklık değeri ile negatif-ideal çözüme uzaklık değerinin toplamına oranıdır. İdeal çözüme göreceli yakınlık değerinin hesaplanması eşitlik (25)'te gösterilmektedir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (25)$$

Burada, C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili alternatifin pozitif-ideal çözüm noktasında bulunduğunu, $C_i^* = 0$ ilgili alternatifin negatif-ideal çözüm noktasında bulunduğunu gösterir.

7. Adım: Alternatifler C_i^* 'ye göre azalan sırada sıraya dizilerek tercih sırası belirlenir. Maksimum C_i^* 'ye sahip, diğer bir deyişle ideale en benzer alternatif seçilir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde öncelikle, tek kriterli ABC analizi yapılarak stok kalemleri sınıflandırılmaktadır. Stok kalemleri tek bir kritere göre sınıflandırılmış olacağından, ilgili stok kalemleri bir kez de çok kriterli ABC analizine göre sıralanmıştır. Bu analizde karar verici tarafından belirlenen kriterlerin ağırlıkları BAHF ile hesaplanmış ve daha sonra TOPSIS yöntemi ile tüm kriterler göz önünde bulundurularak stok kalemlerinin önem sırası belirlenmiştir.

5 Uygulama

Ele alınan uygulama örneği Türkiye'nin önde gelen bir holdingine bağlı bir işletmede yapılmıştır. Fabrikada sürekli üretim yapılmaktadır. Stok alanında yapılmış olan gözlemler sonucunda depolarda bitmiş ürünlerin fazla olduğu ve bu nedenle de daha fazla stok alanına ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Stokların etkin bir şekilde yönetimi için ürünlerin önem düzeylerinin belirlenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bunun için de ABC analizinden yararlanılmıştır.

Öncelikle yıllık satış değeri kriteri göz önüne alınarak klasik ABC analizi çalışması yapılmıştır. Daha sonra teslim zamanı, birim fiyat, talep, ikame edilebilirlik ve birim maliyet kriterleri göz önünde bulundurularak çok kriterli bir ABC analizi gerçekleştirilmiştir.

5.1 Klasik ABC Yöntemi ile Çözüm

İşletmenin ürettiği ürünlerden 55 adet stok kalemi üzerinden ABC analizi yapılarak stok kalemlerinin yıllık satış değerleri bulunmuştur. Bir stok kaleminin birim değerinin yıllık talep ile çarpılmasıyla yıllık satış değeri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Stok kalemleri Tablo 3'te yıllık satış değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Her bir stok kaleminin toplam satış değeri içerisindeki yüzdeleri bulunmuş ve bu yüzdeler kümülatif olarak sıralanmıştır. Son olarak da ABC sınıflandırılması yapılmıştır.

Tablo 3'te 19 stok kaleminin A, 20 stok kaleminin B ve 16 stok kaleminin de C grubunda olduğu bulunmuştur.

A sınıfında yer alan kalemlere daha fazla önem verilerek denetimlerinin sık yapılması, ayrıntılı stok kayıtlarının tutulması önerilmektedir. A sınıfı stoklar satış değeri olarak toplamın %80'ine sahiptir. B sınıfı stokları da satış değeri toplamının %15'ine sahiptir. Bu stokların denetimi normal

zamanlarda yapılabilir. C sınıfı ise satış değeri toplamının %5'ine sahiptir. Bu stoklar için basit stok kayıtları tutulabilir.

Tablo 2: Klasik ABC analizi verileri.

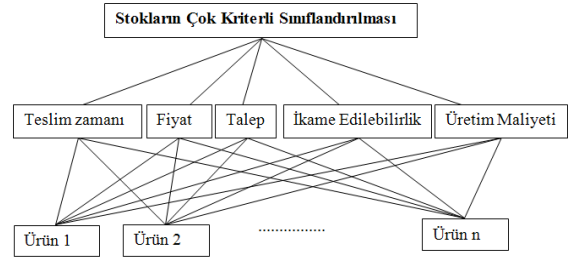
Ürün Kodu	Yıllık Talep (kg)	Birim Fiyat (euro/kg)	Satış Değeri (euro)
4857	545086	1,28	697710,08
5011	102139	1,30	132780,70
5090	251581	1,29	324539,49
5088	155966	1,32	205875,12
5089	141910	1,31	185902,10
5191	372537	1,32	491748,84
5655	416093	1,30	540920,90
5668	1937980	1,26	2441854,80
5698	165211	1,33	219730,63
3809	211105	1,32	278658,60
...
1006	370999	0,87	322769,13
1004	418000	0,87	363660,00
1061	738600	0,88	649968,00
1016	1345700	0,84	1130388,00
1018	381280	0,82	312649,60
1055	147600	0,83	122508,00
1031	348220	0,87	302951,40
1078	2384190	0,86	2050403,40
1280	4110660	0,82	3370741,20
1264	328000	0,88	288640,00

Tablo 3: Ürün stoklarının ABC analizi sonuçları.

Satış Değeri Sıralaması	Kümülatif Yüzde	Sınıflandırma	
8724	4779873,32	0,092439649	A
8000	4220840,44	0,174067964	A
8038	3549038,85	0,242704073	A
1070	3431726,25	0,309071432	A
1280	3370741,20	0,37425938	A
8071	3146224,40	0,435105319	A
5668	2441854,80	0,482329206	A
8050	2118572,10	0,523301016	A
1078	2050403,40	0,562954487	A
8005	1910239,04	0,599897271	A
...
3811	164426,04	0,976819814	C
8113	161043,00	0,979934281	C
3356	158143,65	0,982992677	C
9501	156920,70	0,986027421	C
4035	139176,52	0,988719005	C
1053	135591,50	0,991341257	C
5011	132780,70	0,993909149	C
1055	122508,00	0,996278374	C
8766	104422,78	0,998297843	C
8115	88015,20	1	C

5.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Çözüm

Klasik ABC yönteminde olduğu gibi bu analiz de 55 adet stok kalemi üzerinden ele alınmıştır. Çok kriterli karar vermede karar hiyerarşisi aşağıda Şekil 3'te görülmektedir. Uygulamanın gerçekleştiği işletmedeki ilgili kişilerden oluşturulan bir ekibin çalışması sonucunda teslim zamanı, fiyat, talep, ikame edilebilirlik ve üretim maliyeti kriterleri seçilmiştir. Bu kriterlerin ağırlıkları BAHP yöntemi ile belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklarına göre ürünlerin önem sırası ise TOPSIS yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 3. Çok kriterli karar vermede karar hiyerarşisi.

BAHP yöntemi için kriterler belirlendikten sonra ikili karşılaştırmalarda kullanılan bulanık önem dereceleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu bulanık derecelere göre, uzman kişiler tarafından oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4'te verilmiştir.

Kriterlerin l , m , u değerleri o satırdaki l , m ve u değerlerinin toplamından elde edilir. Toplam l , m , u değerleri de bütün satır ve sütundaki l , m ve u değerlerinin toplamıdır. Kriterler için bulanık değerler şu şekilde bulunur:

$$S_{tz} = (2,57, 3,7, 4,92) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,044,0,077, 0,127)$$

$$S_f = (13,16,19) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,223, 0,331, 0,490)$$

$$S_t = (7,4, 9,5, 11,67) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,127,0,197, 0,301)$$

$$S_i = (1,82,2,08,2,73) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,031,0,043, 0,070)$$

$$S_m = (14,17,20) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,240, 0,352, 0,515)$$

Bulanık büyüklük değerlerine göre olabilirlik dereceleri hesaplanmış ve ağırlık vektörü bulunmuştur.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0,92 \\ 1 & 0,37 & 1 & 0,28 \\ 0,43 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,92 \\ 0,28 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ağırlık vektörü kullanılarak normalize edilmiş ağırlık vektörü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$W = \begin{bmatrix} 0 / 2,2 \\ 0,92 / 2,2 \\ 0,28 / 2,2 \\ 0 / 2,2 \\ 1 / 2,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,42 \\ 0,13 \\ 0 \\ 0,45 \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki eşitlikten elde edilen kriterlerin ağırlıkları Tablo 5'te verilmiştir.

$$S_{tz} = (2,57, 3,7, 4,92) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,044,0,077, 0,127)$$

$$S_f = (13,16,19) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,223, 0,331, 0,490)$$

$$S_t = (7,4, 9,5, 11,67) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,127,0,197, 0,301)$$

$$S_i = (1,82,2,08,2,73) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,031,0,043, 0,070)$$

$$S_m = (14,17,20) \otimes (1/58,3,1/48,3,1/38,8) = (0,240, 0,352, 0,515)$$

Bulanık büyüklük değerlerine göre olabilirlik dereceleri hesaplanmış ve ağırlık vektörü bulunmuştur.

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0,92 \\ 1 & 0,37 & 1 & 0,28 \\ 0,43 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,92 \\ 0,28 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ağırlık vektörü kullanılarak normalize edilmiş ağırlık vektörü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$W = \begin{bmatrix} 0 / 2,2 \\ 0,92 / 2,2 \\ 0,28 / 2,2 \\ 0 / 2,2 \\ 1 / 2,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,42 \\ 0,13 \\ 0 \\ 0,45 \end{bmatrix}$$

Tablo 4. Kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi.

Kriter	Teslim Zamanı	Fiyat	Talep	İkame ed.	Maliyet
Teslim zamanı	(1,1,1)	(1/5,1/4,1/3)	(1/5,1/4,1/3)	(1,2,3)	(1/6,1/5,1/4)
Fiyat	(3,4,5)	(1,1,1)	(3,4,5)	(5,6,7)	(1,1,1)
Talep	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)	(1,1,1)	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
İkame ed.	(1/3,1/2,1)	(1/7,1/6,1/5)	(1/5,1/4,1/3)	(1,1,1)	(1/7,1/6,1/5)
Maliyet	(4,5,6)	(1,1,1)	(3,4,5)	(5,6,7)	(1,1,1)

Yukarıdaki eşitlikten elde edilen kriterlerin ağırlıkları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Kriterlerin ağırlıkları.

Kriterler	Ağırlıklar
Teslim Zamanı	0,00
Fiyat	0,42
Talep	0,13
İkame Edilebilirlik	0,00
Maliyet	0,45

Karar verici tarafından belirlenmiş olan ve ikili karşılaştırmaları yapılan kriterlerle gerçekleştirilen işlemler sonucu teslim zamanı ve ikame edilebilirlik kriterlerinin diğer kriterler arasında ağırlığı 0 (sıfır) olarak belirlenmiştir. Bu yüzden TOPSIS yöntemi ile yapılacak olan sıralama işlemlerine diğer 3 kriterle devam edilecektir.

Bu kısımda satırda ürünler sütunda kriterler yer alacak şekilde karar matrisi (D) oluşturulur. D matrisi karar verici tarafından oluşturulan veri matrisidir. Karar matrisini oluşturabilmek için kriterler sırasıyla Tablo 6, 7 ve 8'de ölçeklendirilmiştir.

Tablo 6: Ürünün fiyat değerlerinin ölçek değerleri.

Ölçek	Karar vericiden alınan bilgi
1	Ürün fiyatı, $0,1 \leq f < 0,40$ aralığında çok düşük fiyatlıdır.
2	Ürün fiyatı, $0,40 \leq f < 0,80$ aralığında düşük fiyatlıdır.
3	Ürün fiyatı, $0,80 \leq f < 1,20$ aralığında orta fiyatlıdır.
4	Ürün fiyatı, $1,20 \leq f < 1,60$ aralığında yüksek fiyatlıdır.
5	Ürün fiyatı, $1,60 \leq f$ aralığında çok yüksek fiyatlıdır.

Tablo 7: Ürünün talep miktarının ölçek değerleri (ton).

Ölçek	Karar vericiden alınan bilgi
1	Ürünün talebi, $100 \leq t < 1000$ aralığında çok düşüktür.
2	Ürünün talebi, $1000 \leq t < 2000$ aralığında düşüktür.
3	Ürünün talebi, $2000 \leq t < 3000$ aralığında normaldir.
4	Ürünün talebi, $3000 \leq t < 4000$ aralığında yüksektir.
5	Ürünün talebi, $4000 \leq t$ aralığında çok yüksektir.

Tablo 8. Ürünün maliyet ölçek değerleri.

Ölçek	Karar vericiden alınan bilgi
1	Ürünün maliyeti, $0,1 \leq m < 0,60$ aralığında çok düşüktür.
2	Ürünün maliyeti, $0,60 \leq m < 0,80$ aralığında düşüktür.
3	Ürünün maliyeti, $0,80 \leq m < 1$ aralığında normaldir.
4	Ürünün maliyeti, $1 \leq m < 1,20$ aralığında yüksektir.
5	Ürünün maliyeti, $1,20 \leq m$ aralığında çok yüksektir.

Ölçek tabloları kullanılarak Tablo 9'daki karar matrisi oluşturulur.

Karar matrisinin verilerine göre normalize edilmiş karar matrisi (R) oluşturulmuştur. Normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesinde farklı yöntemler mevcuttur. Ancak bu çalışmada vektör normalizasyon yaklaşımı kullanılmıştır.

Normalize edilmiş karar değerleri, bir ürünün bir kriterdeki ölçek değerinin, bütün ürünlerin o kriterdeki ölçek değerlerinin karelerinin toplamının kareköküne bölünmesi ile

bulunmuş ve Tablo 10'da gösterilen R matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 9: Karar matrisi (D).

Ürün Kodu	Fiyat	Talep	Maliyet
4857	4	2	4
5011	4	1	4
5090	4	1	4
5088	4	1	4
5089	4	1	4
5191	4	1	4
5655	4	1	4
5668	4	4	4
5698	4	1	4
3809	4	1	4
...
1006	3	1	3
1004	3	1	3
1061	3	2	3
1016	3	3	3
1018	3	1	3
1055	3	1	3
1031	3	1	3
1078	3	5	3
1280	3	5	3
1264	3	1	3

Tablo 10: Normalize edilmiş karar matrisi (R).

Ürün Kodu	Fiyat	Talep	Maliyet
4857	0,16843	0,112509	0,169944
5011	0,16843	0,056254	0,169944
5090	0,16843	0,056254	0,169944
5088	0,16843	0,056254	0,169944
5089	0,16843	0,056254	0,169944
5191	0,16843	0,056254	0,169944
5655	0,16843	0,056254	0,169944
5668	0,16843	0,225018	0,169944
5698	0,16843	0,056254	0,169944
3809	0,16843	0,056254	0,169944
...
1006	0,126323	0,056254	0,127458
1004	0,126323	0,056254	0,127458
1061	0,126323	0,112509	0,127458
1016	0,126323	0,168763	0,127458
1018	0,126323	0,056254	0,127458
1055	0,126323	0,056254	0,127458
1031	0,126323	0,056254	0,127458
1078	0,126323	0,281272	0,127458
1280	0,126323	0,281272	0,127458
1264	0,126323	0,056254	0,127458

Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi (Y) Tablo 11'de yer aldığı gibi oluşturulmuştur. R matrisinin her bir sütunundaki

ölçek değerleri daha önceden BAHP ile belirlenen ilgili ağırlık değerleri ile çarpılarak elde edilmiştir.

Tablo 11. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi (Y).

Ürün Kodu	Fiyat	Talep	Maliyet
4857	0,070741	0,014626	0,076475
5011	0,070741	0,007313	0,076475
5090	0,070741	0,007313	0,076475
5088	0,070741	0,007313	0,076475
5089	0,070741	0,007313	0,076475
5191	0,070741	0,007313	0,076475
5655	0,070741	0,007313	0,076475
5668	0,070741	0,029252	0,076475
5698	0,070741	0,007313	0,076475
3809	0,070741	0,007313	0,076475
...
1006	0,053056	0,007313	0,057356
1004	0,053056	0,007313	0,057356
1061	0,053056	0,014626	0,057356
1016	0,053056	0,021939	0,057356
1018	0,053056	0,007313	0,057356
1055	0,053056	0,007313	0,057356
1031	0,053056	0,007313	0,057356
1078	0,053056	0,036565	0,057356
1280	0,053056	0,036565	0,057356
1264	0,053056	0,007313	0,057356

Pozitif-ideal (A^*) ve negatif-ideal (A^-) çözümleri oluşturulur. Pozitif-ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için Y matrisindeki ağırlıklandırılmış ölçütlerin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili ölçüt minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. Negatif-ideal çözüm seti ise, Y matrisindeki ağırlıklandırılmış ölçütlerin, bir başka deyişle, sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Tablo 12'de pozitif-ideal ve negatif-ideal çözümleri gösterilmektedir. Her ürünün pozitif-ideal çözüm ve negatif-ideal çözüme uzaklıkları hesaplandıktan sonra ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri hesaplanır. Tablo 13'te de pozitif ve negatif-ideal çözüme uzaklık ve ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri verilmiştir.

Tablo 12: Pozitif- ve negatif-ideal çözüm setleri.

	Fiyat	Talep	Maliyet
Pozitif-ideal çözüm seti	0,070741	0,036565	0,038237
Negatif-ideal çözüm seti	0,035370	0,007313	0,076475

Son olarak, C_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak ürünler önem sırasına göre sıralanmış ve bu sıralama Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 15'te klasik ABC analizi sonucu ve BAHP-TOPSIS yönteminin sonucu birbiri ile karşılaştırılmıştır.

İki yöntem karşılaştırılarak hangi yöntemde hangi ürün önemli iken diğerinde öneminin azaldığı kontrol edilmiştir. Öneminde değişiklik olan ürünler Tablo 16'da ortaya konmuştur.

Tablo 16'yı özetlemek gerekirse, klasik ABC yönteminde B ve C gruplarında olan bazı ürünler BAHP-TOPSIS yönteminde daha önemli hale gelmiştir. Klasik ABC yönteminde önemli olan A grubu ürünlerin bazılarının BAHP-TOPSIS yönteminde önemlerinin azaldığı görülmektedir. Klasik ABC yönteminde tek kriter olarak satış değeri dikkate alındığından satış rakamları yüksek olan ürünler önemli sayılmıştır. BAHP-TOPSIS yönteminde maliyet, fiyat ve talep kriterlerinin de

değerlendirmeye dahil edilmesiyle ürünlerin önem dereceleri değişmiştir.

Tablo 13: Pozitif- ve negatif-ideal çözüme uzaklık ve ideal çözüme göreceli yakınlık.

Ürün Kod	Pozitif-İdeal Çözüme Uzaklık (S_i^*)	Negatif-İdeal Çözüme Uzaklık (S_i^-)	İdeal Çözüme Göreceli Yakınlık (C_i^*)
4857	0,044084	0,036118	0,450340
5011	0,048143	0,035370	0,423527
5090	0,048143	0,035370	0,423527
5088	0,048143	0,035370	0,423527
5089	0,048143	0,035370	0,423527
5191	0,048143	0,035370	0,423527
5655	0,048143	0,035370	0,423527
5668	0,038930	0,041622	0,516707
5698	0,048143	0,035370	0,423527
3809	0,048143	0,035370	0,423527
...
1006	0,039166	0,026044	0,399386
1004	0,039166	0,026044	0,399386
1061	0,034053	0,027051	0,442705
1016	0,029870	0,029870	0,500000
1018	0,039166	0,026044	0,399386
1055	0,039166	0,026044	0,399386
1031	0,039166	0,026044	0,399386
1078	0,026044	0,039166	0,600614
1280	0,026044	0,039166	0,600614
1264	0,039166	0,026044	0,399386

Etkin stok yönetimi politikalarının kullanımına göre firmadaki karar vericilerin değerlendirmesi ile stoğa çalışıldığı takdirde BAHP-TOPSIS yönteminin kullanılmasında daha doğru olacaktır. Klasik ABC yönteminde önemli sayılan A grubu stoklar yıllık satış değerleri açısından %80'lik ancak miktar olarak %20'lik bir paya sahip olduğu için satışa yönelik ürünlerdir.

Bu yüzden BAHP-TOPSIS yönteminde maliyet ve diğer kriterler açısından değerlendirildiğinde stokta çok beklemeyen ürünler olduğu için stokta bulundurulmaları önemsiz hale gelmiştir. Aynı şekilde Klasik ABC yönteminde B ve C grubu ürünler yıllık satış değeri bakımından toplam olarak %20'lik bir paya, miktar bakımından ise toplamda %80'lik bir paya sahiptir. Bu yüzden BAHP-TOPSIS yönteminde bu grup ürünler stokta kalma olasılığı yüksek ürünler olduğu için maliyet ve diğer kriterler açısından daha önemli olmuştur. Böylece firmanın politikası doğrultusunda çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak etkin bir stok kontrolünün yapılması sağlanmıştır.

Tablo 14. İdeal çözüme göreceli yakınlık değerlerinin sıralanması.

C_i^* Büyüklük Sırası	
8102	0,60276
8071	0,60061
8000	0,60061
8050	0,60061
1070	0,60061
1078	0,60061
1280	0,60061
8724	0,57647
8058	0,55729
8115	0,55206
...	...
8038	0,39939

3356	0,39939
1021	0,39939
1053	0,39939
1006	0,39939
1004	0,39939
1018	0,39939
1055	0,39939
1031	0,39939
1264	0,39939

Tablo 15: Klasik ABC analizi ve BAHP-TOPSIS yönteminin Karşılaştırılması.

Klasik ABC Analizi		BAHP-TOPSIS Yöntemi	
8724	A	8102	0,60276
8000	A	8071	0,60061
8038	A	8000	0,60061
1070	A	8050	0,60061
1280	A	1070	0,60061
8071	A	1078	0,60061
5668	A	1280	0,60061
8050	A	8724	0,57647
1078	A	8058	0,55729
8005	A	8115	0,55206
...
3811	C	8038	0,39939
8113	C	3356	0,39939
3356	C	1021	0,39939
9501	C	1053	0,39939
4035	C	1006	0,39939
1053	C	1004	0,39939
5011	C	1018	0,39939
1055	C	1055	0,39939
8766	C	1031	0,39939
8115	C	1264	0,39939

Tablo 16: Klasik ABC ve BAHP-TOPSIS yöntemlerinin ürün bazında değerlendirilmesi.

Klasik ABC'de önemi az iken BAHP-TOPSIS yönteminde önemli ürünler	BAHP-TOPSIS'de önemi az iken Klasik ABC yönteminde önemli ürünler
8102	8038
8120	8005
8113	3582
8766	8025
8115	1004
	1006

6 Sonuçlar

Yapılan uygulamada bitmiş ürün stokları için satış değeri kriteri kullanılarak klasik ABC yöntemi uygulanmıştır. Her bir ürünün toplam satış değeri içindeki yüzdesi bulunarak yüzdeler kümülatif olarak sıralanmıştır. Bu sıraya göre ABC sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra teslim zamanı, fiyat, talep, ikame edilebilirlik ve maliyet kriterleri kullanılarak çok kriterli ABC analizi yapılmıştır. Bulanık AHP yönteminde bulanık önem dereceleri kullanılarak kriterler ikili karşılaştırılarak bir matris elde edilmiştir. Her kriter için bulanık değerler hesaplanarak bu değerlere göre olabilirlik dereceleri bulunmuş ve ağırlık vektörü elde edilmiştir. Bu vektör normalize edilerek her bir kriterin bulanık olmayan ağırlığı bulunmuştur. Karar verici tarafından kriter olarak

değerlendirilen ancak bu işlemler sonucu birbiri içinde önemli olmadığı ve ağırlığının sıfır bulunduğu iki kriter (ikame edilebilirlik, teslim zamanı) bundan sonraki işlemler için göz önünde bulundurulmamıştır. Çalışmaya kalan üç kriterle devam edilmiştir. Ürünlerin sıralanması için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. TOPSIS yönteminde öncelikle karar verici tarafından belirlenen ölçeklerle karar matrisi oluşturulmuştur. Vektör normalizasyonu yaklaşımı ile normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuş ve kriter ağırlıklarıyla ilişkilendirilerek ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi hesaplanmıştır. Pozitif-ideal ve negatif-ideal çözümleri bulunarak her ürünün pozitif-ideal çözüm ve negatif-ideal çözüme uzaklıkları hesaplanmıştır. Daha sonra ideal çözüme göreli yakınlık değerleri hesaplanarak büyüklük sıralaması yapılmış ve ürünlerin önem sırası belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda iki yöntemin sonuçları karşılaştırılarak karar vericiler ile bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucu BAHP-TOPSIS yönteminin daha etkin sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

7 Kaynaklar

- [1] Sulak, H., Stok Kontrolü ve Ekonomik Sipariş Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi Durumu ve Bir Model Önerisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, 160 Sayfa, Nisan 2008.
- [2] Çınar, Y., Çok Nitelikli Karar Verme ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği, *Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi*, 204 sayfa, 2004.
- [3] Ertuğrul, İ. ve Tanrıverdi, Y., "Stok Kontrolde ABC Yöntemi ve AHP Analizlerinin İplik İşletmesine Uygulanması", *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt: 5, Sayı: 1, s. 41-52, 2013.
- [4] Top, A., *Üretim Sistemleri: Analiz ve Planlaması*, 3.b., İstanbul: Alfa Basım Yayım, 2001.
- [5] Daşdemir, İ. ve Güngör, E., "Çok Boyutlu Karar Verme Metodları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları", *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 4, s. 1-19, 2002.
- [6] Tanyaş, M. ve Baskak, M., *Üretim Planlama ve Kontrol*, 2.b, İstanbul: İrfan Yayımcılık, 2006.
- [7] Chu, C.-W., Liang, G.-S., Liao, C.-T., "Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 55, pp. 841-851, 2008.
- [8] Flores, B.E., Whybark, D.C., "Implementing multiple criteria ABC analysis", *Journal of Operations Management*, Vol. 7 (1-2), pp. 79-85, 1987.
- [9] Chen, Y., Li K.W., Kilgour, D.M., Hipel, K.W., "A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis", *Computers & Operations Research*, Vol. 35, pp. 776-796, 2008.
- [10] Partovi, F.Y., Anandarajan, M., "Classifying inventory using an artificial neural network approach", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 41, pp. 389-404, 2002.
- [11] Flores, B.E., Olson, D.L., Dorai, V.K., "Management of multicriteria inventory classification", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 16 (12) pp. 71-82, 1992.
- [12] Cakir O., Canbolat M.S., "A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology", *Expert Systems with Applications*, Vol. 35, pp. 1367-378, 2008.
- [13] Guvenir, H.A. and Erel, E., "Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm". *European Journal of Operational Research*, Vol. 105 (1), pp. 29-37, 1998.

- [14] Ramanathan, R., "ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization", *Computers & Operations Research*, Vol. 33, pp. 695-700, 2006.
- [15] Zhou, P., Fan, L., "A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization", *European Journal of Operational Research*, Vol. 182, pp. 1488-1491, 2007.
- [16] Bhattacharya, A., Sarkar, B., Mukherjee S.K., Distance-based consensus method for ABC analysis, *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 15, 3405-3420, 2007.
- [17] Aydın Keskin G., Özkan C., "Multiple Criteria ABC Analysis with FCM Clustering", *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 2013, pp. 1-7, 2013.
- [18] Hadi-Vencheh, A., Mohamadghasemi, A., A fuzzy AHP-DEA approach for multiple criteria ABC inventory classification, *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 3346-3352, 2011.
- [19] Torfi, F., Zanjirani Farahani, R., Rezapour, S., Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives, *Applied Soft Computing*, Vol. 10, 520-528, 2010.
- [20] Supçiller, A.A. ve Çapraz, O., "AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması", *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, Sayı:13, s. 1-22, 2011.
- [21] Toksarı, M. ve Toksarı, M.D., "Bulanık Analitik Prosesi (AHP) Yaklaşımı Kullanılarak Hedef Pazarın Belirlenmesi", *ODTÜ Gelişme Dergisi*, Sayı: 38, s. 51-70, 2011.
- [22] Aydın, Ö., "Bulanık AHP ile Ankara için Hastane Yer Seçimi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 24, Sayı: 2, s. 87-104, 2009.
- [23] Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., "Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme için Bilgisayar Seçimi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:25, Sayı: 2, s. 23-41, 2010.
- [24] Akman, G. ve Alkan, A., "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı:9, s. 23-46, 2006.
- [25] Yalçın Seçme, N. ve Özdemir, A.İ., "Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği", *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:22, Sayı:2, s. 175-191, 2008.
- [26] Avcı Öztürk, B. ve Başkaya, Z., "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bir Ekmek Fabrikasında Un Tedarikçisinin Seçimi", *Business and Economics Research Journal*, Cilt: 3, Sayı:1, s. 131-159, 2012.
- [27] Öztürk A., Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., "Nakliye Firması Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması", *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 25, Sayı: 2, s. 785-824, 2008.
- [28] Demireli, E., "TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama", *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, Cilt: 5, Sayı:1, s. 101-112, 2010.
- [29] Özgüven, N., "Kriz Döneminde Küresel Perakendeci Aktörlerin Performanslarının TOPSIS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 25, Sayı: 2, s. 151-162, 2011.
- [30] Özdemir, A.İ. ve Yalçın Seçme, N., "İki Aşamalı Stratejik Tedarikçi Seçiminin Bulanık Topsis Yöntemi İle Analizi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 2, s. 79-112, 2009.
- [31] Özdağoğlu, A., "Üretim Yapan İşletmeler için Hidrolik Giyotin Alternatiflerinin TOPSIS Yöntemi ile İncelenmesi", *Ege Akademik Bakış Dergisi*, Cilt: 12, Sayı: 4, s. 549-562, 2012.