

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇOK KRİTERLİ ABC STOK SINIFLANDIRMA
PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM**

**Tezi Hazırlayan
Bahar AKYOL**

**Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Banu SOYLU**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ağustos 2011
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇOK KRİTERLİ ABC STOK SINIFLANDIRMA
PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM**

**Tezi Hazırlayan
Bahar AKYOL**

**Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Banu SOYLU**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FBA-11-3457 kodlu proje ile desteklenmiştir**

**Ağustos 2011
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Bahar AKYOL



Çok Kriterli ABC Stok Sınıflandırma Problemi için Yeni Bir Yaklaşım adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

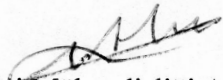
Tezi Hazırlayan

Bahar AKYOL



Danışman

Yrd. Doç. Dr. Banu SOYLU



Endüstri Mühendisliği ABD Başkanı

Doç. Dr. Mithat ZEYDAN

Yrd. Doç. Dr. Banu SOYLU danışmanlığında **Bahar AKYOL** tarafından hazırlanan “Çok Kriterli ABC Stok Sınıflandırma Problemi için Yeni Bir Yaklaşım” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

../08/ 2011

JÜRİ:

Danışman :Yrd.Doç. Dr. Banu SOYLU

Üye :Yrd.Doç. Dr. İbrahim Doğan

Üye :Yrd.Doç. Dr. Emel Kızılkaya Aydoğan

[Handwritten signatures of the jury members]

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

06/09/2011

2011/30-05



Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı gerçekleştirme imkânı veren, bilgisi ile ışık tutup yol gösteren, tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yürüten, tezin her aşamasında her türlü bilgi ve deneyimini paylaşan, her konuda yardım, fikir ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Banu SOYLU'ya çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca gerekli veri desteğinde bulunan YATAŞ A.Ş. ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen FBA-11-3457 No'lu projenin bir bölümüdür. Tez çalışmamdaki destekleri için Erciyes Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana destek olan Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü değerli hocalarına teşekkür ederim.

Son olarak bana her konuda ilgisini ve desteğini eksik etmeyen başta annem Meryem AKYOL ve babam Nafiz AKYOL olmak üzere tüm aileme ve öncelikle Nihan GÜLSOY, Dilber KAPTAN, Hilal EROĞLU, Gurbet ÇARKIT Berrin UÇARKUŞ olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bahar AKYOL
Kayseri,
Ağustos 2011

ÇOK KRİTERLİ ABC STOK SINIFLANDIRMA PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM

Bahar AKYOL

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2011

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Banu SOYLU

Özet

Bu çalışmada çok kriterli ABC stok sınıflandırma problemi için yeni bir sıralı sınıflandırma yaklaşımı geliştirilmiştir. ABC analizi stok sınıflandırma amaçlı kullanılan klasik yöntemlerden bir tanesidir. Ancak sadece “yıllık kullanım oranı” kriterine göre stokları sınıflandırmayı amaçlamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, stoklar sınıflandırılırken birden fazla kriterin dikkate alınması gereği doğmuştur. Bu da problemi çok kriterli ABC stok sınıflandırma problemi olarak ele almayı gerektirmektedir. Bu çalışmada geliştirdiğimiz yöntem veri zarflama analizi temelli bir yaklaşımdır. İlk aşamada, karar verici(ler)den bazı stok kalemlerini uygun olan sınıflara ataması istenmektedir. Bu kalemler referans alınarak ve bir LP modeli çözülerek diğer kalemlerin sınıfları belirlenmektedir. Geliştirilen yöntem literatürde mevcut olan test verisi kullanılarak diğer yöntemler ile karşılaştırılmıştır ve bir yatak üretim fabrikasının hammadde stok kalemleri kullanılarak bir gerçek hayat uygulaması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, ABC analizi, sıralı sınıflandırma, veri zarflama analizi.

A NEW ALGORITHM FOR MULTI-CRITERIA ABC INVENTORY CLASSIFICATION PROBLEM

Bahar AKYOL

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

M.Sc.Thesis, August 2011

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Banu SOYLU

Abstract

In this study, we develop a new approach for multi-criteria ABC inventory classification problem. ABC analysis is one of the classical methods used for inventory classification. However, it aims to classify the inventory based on only “annual usage rate” criterion. According to the results of current studies, it may be necessary to consider more than one criterion while classifying inventory. So, this requires to evaluate the problem as multi-criteria ABC inventory classification problem. The method developed in this study is based on data envelopment analysis. At initial stage, the DM(s) are requested to classify some inventory items into appropriate classes. We determine the classes of other inventory items by using these references. We compared the results of our algorithm with the results of other methods by using the test data given in the literature, and as a real life application we applied the proposed approach to the raw material inventory units of a mattress manufacturing factory.

Keywords: Multiple criteria decision making, ABC analysis, sorting, data envelopment analysis.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEŞEKKÜR	iv
Özet	v
Abstract	vi
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2. BÖLÜM	10
PROBLEM TANIMI	10
2.1. ABC Analizi	10
3. BÖLÜM	13
ÖNERİLEN YÖNTEM	13
3.1. Veri Zarflama Analizi	13
3.2. Önerilen Yöntemin Aşamaları	16
3.3. Algoritmanın Örneksele Gösterimi	20
3.4. Hastane Envanteri Veri Seti İçin Deneysel Sonuçlar	23
4. BÖLÜM	28
UYGULAMA	28
5. BÖLÜM	31
TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER	31
EK-1	32
EK-2	35
KAYNAKÇA	36
ÖZGEÇMİŞ	

GİRİŞ

Bir sistemde binlerce stok kalemi bulunabilir. Her bir stok kalemini sürekli kontrol etmek çok büyük maliyetler getirebilir. Bu durumda stok kalemlerini sınıflandırmak ve her sınıf için özel kontrol politikaları oluşturmak uygun olabilir. ABC analizi, stok sınıflandırma amaçlı kullanılan en önemli ve en eski yöntemlerden bir tanesidir. Yöntemin temel prensibi stok kalemlerinin, yarı mamullerin, ürünlerin vb. yıllık kullanım miktarı kriterine göre öncelikli sınıflara ayrılmasına dayanmaktadır. Sınıflandırmada, stoklar toplam içindeki göreceli kullanım miktarı (birim fiyat x yıllık tüketim miktarı) oranına göre A grubu, B grubu ve C grubu stoklar olarak üç gruba ayrılır. A sınıfındaki kalemler genellikle stok yatırımının %70-80'ini ve toplam stokun (çeşit olarak) %15-20'sini oluşturur. A sınıfında yer alan stok kalemlerinin yakın olarak takip edilmesi gerekir. C sınıfındaki kalemlere ise B sınıfındakilerden daha esnek bir kontrol politikası uygulanır. Ancak işletmelerin bu değerlendirmeleri yaparken kendi bünyesine ve ürünlerine göre ayrıştırmayı gerçekleştirmesi daha doğru bir stratejidir. Klasik ABC yönteminde stok kalemleri tek bir kriter açısından incelenir ve sıralanır. Ancak sadece yıllık kullanım miktarı kriterine göre stokları sınıflandırmak yanıltıcı olabilir. Son yıllarda yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, stoklar sınıflandırılırken birden fazla kriterin dikkate alınması gereği doğmuştur. Örneğin, bir x stok kalemi, düşük yıllık kullanım miktarına sahip olabilir fakat kolay temin edilemeyen kritik bir malzeme olabilir. Bu da bu kalemi A grubunda sınıflandırmayı gerektirebilir. Bu nedenle sınıflandırma sırasında birden çok kriter göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışmanın amacı ABC stok sınıflandırma problemi için birden fazla kriteri göz önüne alan veri zarflama temelli yeni bir algoritma geliştirmektir. Literatürde bu amaçla geliştirilmiş algoritmalar mevcuttur. Ancak bu yöntemlerin bazı dezavantajları söz konusudur. Bunlardan biri, stok kalemlerinin aslında elde ettikleri puana göre sıralanması (ranking) ve sınıfların tamamen sezgisel olarak belirlenen ayırma noktaları

(threshold) ile oluşturulmasıdır. Doğal olarak bu ayırma noktası hangi kalemin hangi sınıfa gireceğini de değiştirmektedir. Aslında ABC stok sınıflandırma problemi sıralama probleminden ziyade bir sıralı sınıflandırma (sorting) problemidir. Dolayısıyla bu çalışmada sınıflara atamaların tamamen algoritma tarafından belirli amaç fonksiyonu değerlerini optimize edecek şekilde gerçekleşmesini sağlayacak yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Ayrıca şimdiye kadar geliştirilmiş yöntemlerde referans atamalar kullanılmamıştır. Konusunda uzman olan kişilerin bazı stok kalemlerini (sınıftan emin oldukları) önceden sınıflandırması sağlanarak ve buradan elde edilecek bilginin algoritmada kullanılması daha sağlıklı sınıflandırmalar yapılmasını sağlayacaktır. Böylece karar vericinin ayırma noktaları belirlemek gibi zor ve karmaşık bir işlemi yapması önlenecektir. Ayrıca yöntemin bir takım parametrelere duyarlılığı azalacaktır.

Veri zarflama analizi (VZA) birimlerin etkinlik değerlerini ölçen bir yöntemdir. Bu amaçla çıktı/girdi oranı kullanılmaktadır. VZA ilk kez 1957 yılında Farrell [1] tarafından Ortalama Performans ölçütüne karşılık ortaya atılan Sınır Üretim Fonksiyonu önerisi ile şekillenmiş, Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes' in çalışmalarıyla bu günkü haline gelmiştir [2-3]. Son şeklinde ölçü olarak ağırlıklandırılmış çıktuların ağırlıklandırılmış girdilere oranı hesaplanmaktadır. Literatürde mevcut olan bazı yöntemler çok kriterli ABC analizi yapmak için çıktı temelli VZA'yı kullanmışlardır. Bu amaçla bir stok kaleminin skorunu maksimize edecek kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Kısıtlarda ise bütün stok kalemlerinin skorlarının 1'den küçük olması şartı verilmiştir. Bu çalışmada geliştirdiğimiz yöntem, her kalem için hesaplanan bu skorları kullanmaktadır. Ayrıca, amacı referans kalemlerin kendi gruplarına atanmasında oluşacak hatayı minimize etmek olan ve böylece sınıflar arası ayırım noktalarını belirleyen bir LP modeli geliştirilmiştir. Bu model sonucunda bulunan ayırım noktaları kullanılarak bütün stok kalemleri önceden belirlenmiş olan skorlarına göre uygun sınıfa atanmaktadır. Dolayısıyla karar verici sadece referans çözümler önererek diğer kalemlerin de sınıflanmasını sağlamaktadır.

Geliştirilen yöntem literatürde mevcut olan 47 kalemden oluşan hastane envanter stoku verisine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar diğer yöntemlerin sonuçları ile

karşılaştırılıp yorumlanmıştır. Ayrıca, yatak üretim sektöründe faaliyet gösteren büyük bir işletmenin bazı hammadde stok kalemleri ile ilgili kriter verileri elde edilmiş, karar vericiler ile görüşülerek referanslar belirlenmiş ve söz konusu kalemlerin önerilen yöntem ile sınıflandırılması yapılmıştır.

1. BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde çok kriterli ABC analizi ile ilgili son zamanlarda yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu problem, özellikle Ramanathan [4]'ın 2006 yılında yaptığı çalışmanın ardından aktif olarak çalışılmaya başlamıştır. Bu bölümde ilgili çalışmalar gözden geçirilmiştir.

Ramanathan [4] tarafından yapılmış bir çalışmada çok kriterli ABC stok sınıflama problemi ele alınmıştır. Bu problem için veri zarflama analizi (VZA) temelli bir doğrusal model geliştirilmiştir. Bu model m adet stok kalemini ve j adet kriteri ele almaktadır. Modelin amacı, her bir stok kalemi için en uygun ağırlıkları atayarak maksimum envanter skoru belirlemektir. Bu model her bir stok kalemi için çözülmekte ve her bir kalemin elde ettiği envanter skorları açısından bir sıralama yapılmaktadır. Makalede kullanılan örnekte 47 stok kalemi ortalama birim maliyet, yıllık dolar kullanımı, kritik faktör ve tedarik süresi açısından incelenmiştir. Sıralama sonucu klasik tek kriterli ABC analizi ve AHP ile kıyaslanmıştır.

Zhou ve Fan [5] tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise Ramanathan modelinin (R-model) genişletilmiş versiyonu sunulmuştur. Çalışma R-modelinde bazen önemsiz bir kriterde yüksek değer alan kalemin A sınıfına alınabilmekte olduğunu eleştirmektedir. Bu amaçla her bir kalem için R-modelin hesapladığı en iyi envanter skoruna ek olarak bir de R- modelinin tersine en kötü envanter skoru değeri hesaplanır. Sonuçta, iki skorun ağırlıklandırılmış ortalaması alınır. Çalışmada kullanılan kriterler, ortalama

birim maliyet, yıllık dolar kullanımı ve tedarik zamanıdır. Sonuçlar R-model sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Soylu [6] tarafından yapılan Çok kriterli ABC stok sınıflama problemi için Tchebycheff ölçüsü temelli yaklaşım isimli çalışmada da stok sınıflama problemlerinde Tchebycheff uzaklık ölçüsü yaklaşımı kullanılarak ABC sınıflaması yapılmıştır. Tchebycheff ölçüsünün özellikle konveks olmayan etkin çözümleri değerlendirebilme avantajından faydalanılmaya çalışılmıştır. Her stok kalemi için ayrı ayrı Tchebycheff uzaklık fonksiyonları hesaplanmış ve buna göre belli ağırlıklar atanmıştır. Çalışmada Tchebycheff temelli 2 yaklaşım sunulmuştur. Birinci yaklaşımda ideal noktaya olan ağırlıklı Tchebycheff uzaklık arttıkça stok kalemi daha önemli hale gelir. İkinci yaklaşımda ise her stok kalemi ağırlığına göre diğerleri ile kıyaslanmıştır. En küçük üstünlük değeri hesaplanmıştır. En küçük üstünlük değeri bir alternatifin en kötü durumda diğerlerinden ne kadar üstün olduğunu gösterir. Dolayısıyla domine olan alternatiflerin gerçek durumlarını ortaya koymada faydalıdır. Uygulama çalışmasında 47 stok kalemi ve ortalama birim maliyet, yıllık dolar kullanımı ve tedarik zamanı olmak üzere 3 kriter kullanılmıştır. Sınıflama her iki yaklaşıma göre yapılmış ve R-model, Zhou ve Fan modeli, Ng modeli ve klasik ABC yöntemiyle kıyaslanmıştır.

Soylu ve Ekinci [7] yaptıkları çalışmada bir halı fabrikasında farklı renk ve özelliklerdeki yün ve akrilik iplikler için depoda ayrılacak alanı hesaplamaya çalışmışlardır. İpliklerin yıllık talep miktarı ve Renk tutarsızlık yüzdesi (RTY) olmak üzere iki kriter göz önüne alınmıştır. Problem çözümü iki aşamada yapılmıştır. Öncelikle iplikler (5 çeşit iplik) açık ve koyu olarak sınıflanmış ve her biri için ortalama RTY'ler hesaplanmıştır. Sonra bu ipliklerin ortalama talep yüzdesi ve RTY'ye göre ABC sınıflaması yapılmıştır. Daha sonra VZA temelli bir yaklaşımla stok puanları hesaplanmış ve stok alanı (250000 kg) her kalemin elde ettiği puan ile doğru orantılı olacak şekilde paylaştırılmıştır.

Özdemir ve Özveri tarafından yapılan çalışmada [8] ise bir jeneratör firmasının envanterleri için çok kriterli ABC analizi yapılmıştır. Bu amaçla klasik ABC analizi ve Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) probleme uygulanmıştır. 70 ürün 5 kriter açısından

beşli bir skalada değerlendirilmiştir. Bu kriterler fiyat, talep, teslim zamanı, kritiklik ve ikame oranıdır. AHS skoruna göre ilk %30'a giren ürünler için her iki yöntemde de maliyet sonuçları kıyaslanmıştır. AHS için elde edilen sonuçların daha az maliyetli olduğu gözlenmiştir.

Güney Kore'de yapılan bir çalışma ise [9] elektrikli asansör üreticisi bir firmanın ürün bileşenlerinin önceliklendirilmesi üzerine bir AHP uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kalite, ulaşılabilirlik, maliyet, zaman kriterleri ve bunların alt kriterleri ile ikili karşılaştırma matrisleri verilmiştir. Tutarlılık indeksleri hesaplanmıştır. Kriter ve alt kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Her bileşen 4 farklı değerlendirici tarafından 4 skalalı bir ölçek ile puanlanmış ve elde edilen puanlar kriter ağırlıkları ile çarpılarak bileşenlerin öncelikleri hesaplanmıştır. Parçalar elde ettikleri öncelik puanlarına göre A, B ve C gruplarına ayrılmıştır. Duyarlılık analizi bölümünde, kriter ağırlıkları değiştirilerek hangi limite kadar grup değişikliği olup olmadığı araştırılmıştır. Duyarlılık analizi sonucunda aslında problem verisinin ağırlıklara karşı çok hassas olmadığı gözlenmiştir.

Ng [10] tarafından yapılan çalışmada ise tedarikçi seçim problemi için VZA temelli bir yaklaşım önerilmektedir. VZA modelinde karar vericinin kriterler arasındaki tercih ilişkisi kısıt olarak modele dahil edilmiştir. Uygulama tarımsal ve yapısal ekipmanlar üreten bir firmanın tedarikçi değerlendirmesi üzerine yapılmıştır. 18 tedarikçi 5 kriterde değerlendirilmiştir. Her tedarikçi için önerilen VZA modeli çözülerek bir puan belirlenmiş ve tedarikçiler bu puana göre büyükten küçüğe sıralanmıştır. Sonuçlar analiz edilmiştir.

Chen ve ark. [11] ise envanter kalemlerini sınıflandırmak için kaba küme teorisi kullanmışlardır. Durum-temelli yeni bir sınıflandırma yaklaşımı önermişlerdir. Uygulamada 47 stok kalemi 4 kriter açısından değerlendirilmiştir.

Hadi-Vencheh [12] çalışmasında Ng modeli genişletilmiştir. Bu çalışma Ng'nin sıralamayı modelden elde ettiği ağırlıklarından bağımsız yaptığını bu nedenle kalemlerin yanlış sınıflarda yer alabileceğini ifade etmektedir. Bunun önüne geçebilmek için ise sınıflandırma sırasından ağırlıklardan faydalanan genişletilmiş bir model sunmaktadır. Uygulamada, Ng ve Zhou ve Fan modellerinde kullanılan veri seti kullanılmıştır ve sonuçlar bu iki modelle karşılaştırılmıştır.

Jin-Xiao Chen tarafından yapılan bir çalışmada ise envanter kalemleri için hem ZF hem R model çözülerek her iki model için kriter ağırlık setleri bulunmuştur[13]. Bu iki model için ayrı ayrı envanter skorları hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise her iki modelden elde edilen performans skorlarının normalize değerleri kullanılarak bir ABC sıralaması elde edilmiştir. Çalışmanın amacı iki modelin etkileşimini kullanarak kalemlerin sıralamada yanlış sınıflara atanmasını önlemektir. Çalışma ZF ve R modelde de kullanılan 47 kalemlik veri setine uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Ye Chen vd.'nin yaptığı çalışmada ise [14] daha önceden oluşturulmuş farklı sıralamalar arasında anlamlı farklar olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla 47 kalemden oluşan hastane envanteri verisi kullanılmıştır. Bu çalışmada referans setler kullanarak daha önceki 6 sıralama prosedürünün istatistiksel olarak birbirinden farklı olup olmadığını test edilmiştir. Sonuçta bu 6 yöntem için oluşturulan sıralamaların aynı olduğu hipotezi (H0) reddedilememiştir. Başka bir deyişle farklı yaklaşımlar farklı sıra ve sınıflar önermesine rağmen Friedman istatistiksel testi göstermiştir ki sıralamalar arasında anlamlı farklar yoktur.

Envanter sınıflandırma üzerine yapılmış başka bir çalışma [15] ise kalemlerin sınıflandırılmasında parçacık optimizasyonu algoritması kullanmayı önermiştir. Çalışmada parçacık optimizasyon tekniği envanter sınıflandırma problemine uygulayarak esnek bir sınıflandırma algoritması geliştirmiştir.

Çakır ve Canbolat tarafından yapılan bir çalışmada ise [16] fuzzy AHP temelli bir envanter sıralama sistemi çalışılmıştır. Gerçek envanter datalarına karar vericilerin yargıları kullanılarak fuzzy AHP tekniği uygulanmıştır. Öncelikle karar vericilerin dilsel karşılaştırmaları toplanmıştır. Bu verilere Mikhailov'un önceliklendirme tekniği uygulanmıştır ve web tabanlı bir sistemle analizler yapılmıştır. Bu yöntemle karar vericinin her kalem için dilsel ifadelerini kolayca kullanabileceği esnek ve tutarlı bir sınıflandırma sistemi sunulmuştur.

Rezaei ve Dowlatshahi [17] 'in çalışmasında ise çok kriterli problemler için kolay, etkin ve pratik bir yöntem geliştirilmiştir. Çok kriterli envanter sınıflandırma için basit ve uygulanabilir bir yöntem olan, Zadeh [18] tarafından geliştirilen fuzzy mantığının kullanımı sunulmuştur. Sınıflandırmada her envanter kalemi için 4 dilsel değişken girdi olarak tanımlanmıştır. Bunlar birim fiyat, yıllık talep, tedarik zamanı ve dayanıklılıktır. Bu 4 kriter uzman kişilerin görüşleri alınarak fuzzy alt kümelerinde (dilsel değerlerle) değerlendirilmiştir. Sonuçlar AHP ile kıyaslanmıştır.

Güvenir ve Erel [19] ise stok sınıflandırmada genetik algoritma kullanımı üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada çok kriterli envanter sınıflandırma problemi genetik algoritma ile entegre edilmiştir. Genel amaçlı arama algoritmaları olan genetik algoritmalar problemlere çözüm geliştirmek için popülasyonların genetiklerinden esinlenen ilkeleri kullanırlar [20]. Rotalama, çizelgeleme, optimizasyon problemleri gibi birçok alanda kullanımları oldukça yaygındır. Bu çalışmada da önce AHP benzeri bir yaklaşımla kriter ağırlıkları ve envanter skorları belirlenmiştir. Daha sonra A-B ve B-C sınıfları arasındaki ayırım noktaları ise önerilen genetik algoritma yaklaşımı ile bulunmuştur. Belirlenen bu A-B ve B-C ayırım noktalarına göre envanter kalemleri sınıflara yerleştirilmiştir. Sonuçlar Saaty [21] tarafından geliştirilen AHP yöntemiyle kıyaslanmıştır.

Soylu [22] tarafından yapılmış diğer bir çalışmada ise çok kriterli sınıflandırma problemleri için Tchebycheff fayda fonksiyonu temelli bir yaklaşım sunulmuştur. Tchebycheff fonksiyonu kullanılarak alternatiflerin etkinlikleri hesaplanmıştır. Her

alternatif için favori ağırlıklar ağırlıklandırılmış Tchebycheff uzaklık fonksiyonu ile bulunmuştur. Sonra her bir alternatif sınıfların referans alternatifleri ile kıyaslanarak sıralama yapılmıştır.

ABC analizini Fuzzy ile kombine eden diğer bir çalışmada Chu vd. [23] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada fuzzy-ABC isimli yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Uygulaması da kolay olan bu yeni yöntem sınıflandırmaya yöneticilerin deneyimleri, bilgileri ve sınıflar hakkındaki yargılarını da dahil etmektedir. Çalışmada geliştirilen yöntem 60 envanter kalemi ve 3 kriteri olan bir veri setine uygulanmıştır. Fuzzy metodu ile her bir kalemin üyelik fonksiyonu değeri bulunmuş ve sınıflandırma yapılmıştır.

Bhattacharya vd. [24] envanter kalemlerinin sınıflandırılması için TOPSIS metodunu kullanmışlardır. ABC analizi için önerilen bu yöntem alternatiflerin hem ideal hem de negatif ideal çözüme olan ağırlıklandırılmış uzaklıklarını aynı zamanda göz önüne alarak en kısa mesafeyi hesaplamaya çalışır. Çalışmada her envanter kalemi için hesaplanan TOPSIS değerleri kullanılarak bu kalemler için çok kriterli ABC analizi yapılmıştır.

2. BÖLÜM

PROBLEM TANIMI

Bu bölümde ele aldığımız problemin genel özellikleri ve problem ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

2.1. ABC Analizi

Pareto kuralı olarak bilinen ve 1896 yılında ekonomist Vilfredo Pareto tarafından geliştirilen kuralın temel prensibi parçaların, satıcıların, ürünlerin, malzemelerin vb. gruplandırılmasına dayanmaktadır. Geliştirilen kural, bu yönüyle önemli bir yönetim kavramıdır.

ABC analizinin çıkış noktası, envantere az sayıda kalemin, tüm envanter değerinin çok büyük bir kısmını oluşturmasıdır. ABC analizi stok kontrolünün yanı sıra; satış ve dağıtım, kalite kontrolü, ürün türü, materyal tedariki ve üretim planlama sorunlarına da uygulanabilir. bu yöntemin temelini oluşturan prensibin stok kontrolünde kullanımını ilk kez 1950'ler de General Electric firması geliştirmiştir.

Bu sınıflandırma sisteminde envanter kalemlerinin parasal değeri ile sayıları göz önüne alınmaktadır.

Envanter kontrolünde ABC yöntemi, stok kalemlerinin toplam içindeki kümülatif yüzdelere göre sınıflandırılmasından oluşur. Sınıflandırmada stoklar genelde ürünlerin toplam içindeki göreceli oranları ile parasal değerlerinin göreceli oranlarına göre A grubu, B grubu ve C grubu stoklar olarak üç gruba ayrılır. Analiz çeşitli yönetim teknikleri uygulanıp, malzemelerle ilgili olarak gerekli kararların alınması ve yöntemlerin benimsenmesi için veri sağlamaya yarar. Sıralamada kullanılan harfler ve önem dereceleri şu şekildedir;

A sınıfı: Toplam değer %70-80'ini oluşturan kalemlerdir. Bu kalemler aslında toplam çeşidin ortalama %15-20' sini oluştururlar. Önem düzeyi yüksek olan bu grup yakından takip edilmeli sık kontrol edilmelidir.

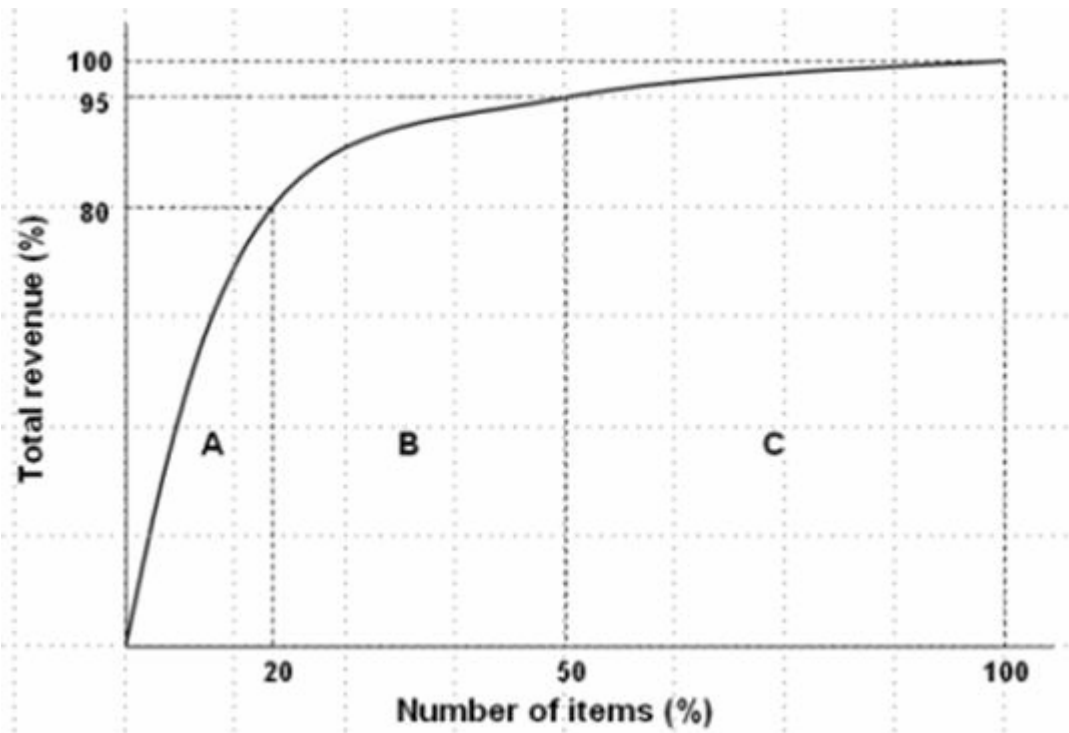
B sınıfı: Toplam değer %15- 20 sini oluşturan bu grup orta derecede öneme sahip olan kalemleri içermektedir. Bu kalemler toplam çeşidin ortalama %40-50 sini oluşturmaktadır. Bu gruba ait kalemler A sınıfı kadar yakından olmamakla birlikte belli periyotlarla kontrol edilmelidir.

C sınıfı: C sınıfı kalemler stok kalemleri arasında en az öneme sahip olanlardır. Sayıca fazladır ancak toplam değer sadece %5-10'unu oluştururlar. Bu sınıf B'ye oranla daha uzun periyotlarla kontrol edilebilir.

ABC analizinde sıralama kriteri yıllık kullanım miktarı ile birim maliyetin çarpılmasından elde edilen yıllık kullanım oranıdır. Her stok kalemi için bu oran hesaplanır ve envanter kalemleri toplam envanter değeri içindeki kümülatif yüzde oranlarına göre sıralanır ve A,B ve C sınıflarına atanır.

Klasik ABC yönteminde kalemler tek bir kriter açısından incelenir ve sıralanır. Bu kriter genellikle yıllık kullanım miktarı yada yıllık maliyettir. Ancak tek kriter açısından inceleme yapmak yanıltıcı yada eksik sonuçlarla karar vericiyi yanlış yönlendirebilir. Envanter sınıflandırmasında maliyet, kullanım miktarı kadar önemli olan ikame edilebilirlik, kritiklik, sipariş süresi gibi başka etkenlerde vardır. Sınıflandırma

yaparken sağlıklı bir sonuç alabilmek için karar verici tek kritere bağlı kalmayıp stokları için önemli olan tüm kriterleri göz önüne almalıdır. Buda çok kriterli karar verme tekniklerinin çıkmasına yol açmıştır.



şekil 2.1. ABC analizinin şekilsel gösterimi.

3. BÖLÜM

ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu çalışmada önerdiğimiz yöntem veri zarflama analizi ile elde edilen skorları bir LP modelinde kullanarak ayırım noktalarını belirlemeyi hedeflemektedir. Yöntemin aşamalarını vermeden önce veri zarflama analizi Bölüm 3.1’de gözden geçirilmiştir. Bölüm 3.2’de önerilen yöntemin aşamaları açıklanmıştır. Bölüm 3.3’de algoritmanın örneksel olarak gösterimi verilmiştir. Son bölümde ise literatürden alınan hastane envanteri veri setine algoritma uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.1. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi, doğrusal programlama tabanlı yöntemlerden biri olarak tanımlanabilir. Ancak diğer yöntemlerden ayıran temel özellik, çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda değerlendirme yapılabilmesini sağlamasıdır. Bu yöntem, benzer girdiler kullanarak çıktı ya da çıktılar ortaya koymakla sorumlu karar noktalarının etkinliklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes (CCR)’ in çalışmalarıyla bugünkü haline gelmiştir [2-3].

Veri Zarflama Analizinde temel etkinlik ölçütü, çıktıların ağırlıklı toplamalarının girdilerin ağırlıklı toplamalarına bölümüdür.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{jr}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ji}} \quad \forall j = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Formülde N tane karar noktası, her bir karar noktası j için s adet çıktı ve m adet girdi olduğu varsayılmıştır. Burada, u_r r . çıktının ağırlığını, y_{jr} j . karar biriminin r . çıktı değerini, v_i i . girdinin ağırlığını ve x_{ji} j . karar biriminin i . girdi değerini göstermektedir.

Veri Zarflama Analizinde Yöntemler

Veri Zarflama Analizinde temel olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler,

- CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Yöntemi
- BCC (Banker-Chaenes-Cooper) Yöntemi
- Toplamsal Yöntemdir.

CCR Yöntemi :CCR yöntemi çıktı/girdi oranını esas almaktadır. Bu yöntemde etkinliğin maksimum olması istenir. o . karar biriminin etkinliği, h_o , en büyüklenmelidir. Yöntem aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Enbh_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{or}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ji}} \quad (2)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{jr}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ji}} \leq 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0$$

Yukarıda verilen CCR modeli doğrusal değildir. Amaç fonksiyonunu doğrusallaştırmak için literatür de girdi ve çıktı temelli yöntemler önerilmiştir. Kısıtları doğrusallaştırmak

ise oldukça kolaydır. Girdi odaklılık, girdi miktarlarının sabit tutularak çıktı miktarlarında meydana gelecek değişimlerin incelenmesi, çıktı odaklılık ise çıktı miktarlarının sabit tutularak girdi miktarlarında meydana gelecek değişimlerin incelenmesi olarak tanımlanmıştır. Girdi odaklı CCR yöntemi formülasyonu aşağıdaki gibidir;

$$Enbh_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{or} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ji} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{jr} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ji} \leq 0 \quad (6)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

(4) ve (6) formülleri girdi odaklılık durumu için düzenlenmiştir. Eğer çıktı odaklılık durumu için CCR yöntemi kullanılacaksa bu durumda doğrusal programlama modeli (7) ve (9) formüllerindeki gibi olacaktır.

$$Enkg_o = \sum_{i=1}^m v_i x_{oi} \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{jr} = 1 \quad (8)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{jr} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ji} \geq 0 \quad (9)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

İster girdi odaklı ister çıktı odaklı düşünülün, bir karar verici karar noktalarının etkinliklerine CRR yöntemiyle karar vermek istiyorsa yukarıda tanımlanan modellerden

birini bütün karar noktaları için uygulamalıdır. Kurulan model her bir karar noktası için çözüldüğünde her bir karar noktası için toplam etkinlik ölçütleri elde edilecektir. Girdi ağırlıklı modelde amaç fonksiyonu değerinin 1' e eşit olması karar noktaları için etkinliği, 1' den küçük olmaları ise karar noktalarının etkinsizliğini gösterir.

BBC Yöntemi : CCR modelinin varsayımlarında değişiklik yapılarak elde edilmiş bir modeldir. Bu model temelde ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanır. BCC modelini kullanarak tüm karar birimleri için ölçeğe göre getiri tipi de belirlenebilir. BCC sınırı her zaman CCR sınırının altında yer alır. Bu yüzden CCR etkinlik skoru, BCC etkinlik skorundan küçük veya ona eşit olacaktır.

BCC modelinin CCR modelinden tek farkı, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında her bir karar birimi için çözülecek doğrusal program sonucu elde edilecek λ (etkin olmayan bir karar noktası için etkin olası girdi çıktı bileşimi oluşturmak için gereken bilgiyi sağlayan değer) değerlerinin toplamının 1'e eşit olmasıdır.

Toplamsal Yöntem: CCR ve BCC modelleri girdiye ve çıktıya odaklı olarak değerlendirmektedir. Eğer bir model, bu iki çeşit odaklanmayı da beraber değerlendiriyorsa toplamsal modeldir. Burada asıl amaç, girdi fazlası (s^+) ve çıktı eksikliğini (s^-) eş zamanlı olarak ele alıp etkinlik sınırı üzerinde etkinsiz karar birimine en uzaktaki noktaya ulaşmaya çalışmaktır. Etkinsizlik ise (1-Etkinlik) ile bulunur. Bu model sonucunda bir etkinlik skoru değeri elde edilmez. Karar birimlerinin etkin olup olmadıkları aylak değişken değerlerine bakılarak belirlenir. Eğer her iki aylak değişkenin değeri de sıfır ise o karar birimi bu modele göre etkin olacaktır.

3.2. Önerilen Yöntemin Aşamaları

Önerilen yöntem dört aşamadan oluşmaktadır.

Aşama 0. Karar verici(ler)den referansların istenmesi

Aşama 1. Envanter kalemlerinin skorlarının veri zarflama analizi temelli yöntemle bulunması

Aşama 2. Ayrım noktalarının LP modeli kullanılarak belirlenmesi

Aşama 3. Belirlenen eşik noktalarına göre envanter kaleminin sınıflandırılması

Aşama 1’de her bir envanter kaleminin skorları Ramanathan [4] tarafından önerilen aşağıdaki model ile bulunmaktadır.

N = kalem sayısı

J = kriter sayısı

y_{mj} = m. kalemin j. kriter değeri

v_{mj} = m. kalemin j. kriter ağırlığı

$$\text{Max} \quad \sum_{j=1}^J v_{\hat{m}j} y_{\hat{m}j} \quad \forall \hat{m} = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

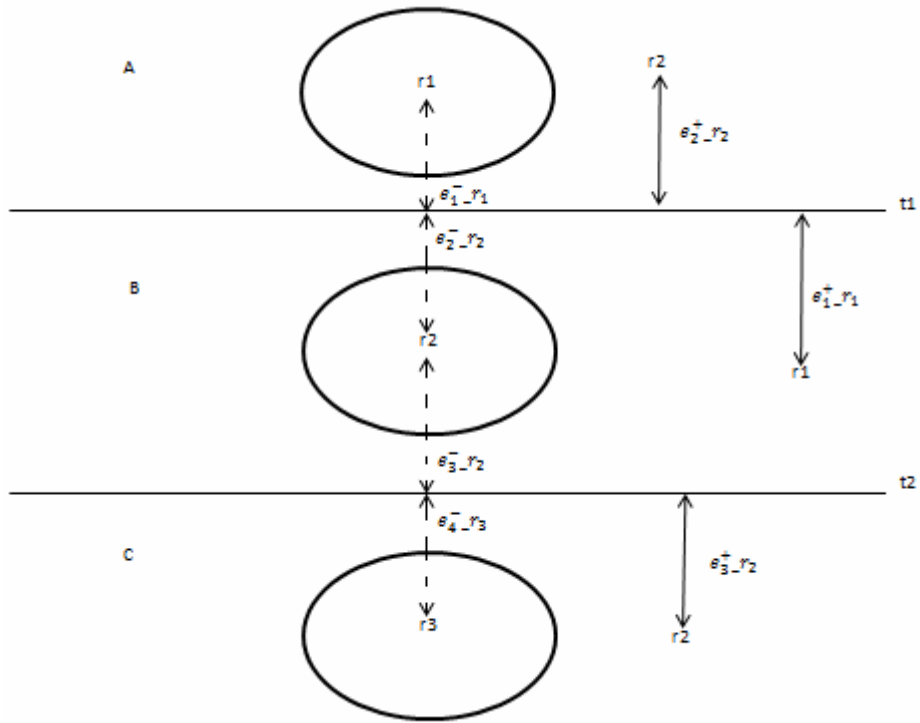
$$\sum_{j=1}^J v_{mj} y_{mj} \leq 1 \quad \forall m = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

$$v_{mj} \geq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, N \quad \forall j=1,2,\dots,J \quad (12)$$

Bu modelin amaç fonksiyonu bir \hat{m} kaleminin ağırlıklandırılmış kriter değerlerini maksimize etmektir. Kısıt (11) bütün envanter kalemlerinin ağırlıklandırılmış skorlarının 1’den küçük olmasını gerektirmektedir. Kısıt (12) ise pozitif ağırlıklar

bulmayı sağlamaktadır. Bu ağırlıklar \hat{m} kaleminin favori ağırlıklarıdır. Bu model bütün stok kalemleri için ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçta her kalemin skoru (yani modelin amaç fonksiyonu değeri) bulunmuştur. Bulunan skorlar Aşama (2)’deki modele beslenmiştir.

Aşama (2) modeli aşağıda verilmiştir. Bu modelin amacı referansların kendi sınıflarına atanmasını sağlamak ve oluşacak toplam sapmayı minimize etmektir. Kesme noktaları ve referanslar Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sınıflar, referanslar ve hata değeri.

Parametreler

s^{r_1} = A kümesinin referanslarının veri zarflama analizinden elde ettikleri skor

s^{r_2} = B kümesinin referanslarının veri zarflama analizinden elde ettikleri skor

s^{r_3} = C kümesinin referanslarının veri zarflama analizinden elde ettikleri skor

Karar değişkenleri

t_1 = A ve B grupları arasındaki kesme değeri

t_2 = B ve C grupları arasındaki kesme değeri

e_{1j}^+ = A kümesinin elemanlarının t_1 ' e göre pozitif sapması (istenmeyen sapma)

e_{1j}^- = A kümesinin elemanlarının t_1 ' e göre negatif sapması

e_{2j}^+ = B kümesinin elemanlarının t_1 ' e göre pozitif sapması (istenmeyen sapma)

e_{2j}^- = B kümesinin elemanlarının t_1 ' e göre negatif sapması

e_{3j}^+ = B kümesinin elemanlarının t_2 ' e göre pozitif sapması (istenmeyen sapma)

e_{3j}^- = B kümesinin elemanlarının t_2 ' e göre negatif sapması

e_{4j}^+ = C kümesinin elemanlarının t_2 ' e göre pozitif sapması (istenmeyen sapma)

e_{4j}^- = C kümesinin elemanlarının t_2 ' e göre negatif sapması

$$\text{Min } \frac{\sum_{j \in \text{Ref A}} e_{1j}^+}{|\text{Ref A}|} + \frac{\sum_{j \in \text{Ref B}} e_{2j}^+}{|\text{Ref B}|} + \frac{\sum_{j \in \text{Ref B}} e_{3j}^+}{|\text{Ref B}|} + \frac{\sum_{j \in \text{Ref C}} e_{4j}^+}{|\text{Ref C}|} \quad (13)$$

$$t_1 - s^j + s = e_{1j}^+ - e_{1j}^- \quad \forall j \in \text{Ref A} \quad (14)$$

$$s^j - t_1 + s = e_{2j}^+ - e_{2j}^- \quad \forall j \in \text{Ref B} \quad (15)$$

$$t_2 - s^j - s = e_{3j}^+ - e_{3j}^- \quad \forall j \in \text{Ref B} \quad (16)$$

$$s^j - t_2 + s = e_{4j}^+ - e_{4j}^- \quad \forall j \in \text{Ref C} \quad (17)$$

End

$$t_1, t_2 \text{ urs} \quad (18)$$

$$e_{1j}^+, e_{1j}^-, e_{2j}^+, e_{2j}^-, e_{3j}^+, e_{3j}^-, e_{4j}^+, e_{4j}^- \geq 0 \quad (19)$$

Bu LP'nin amaç fonksiyonu toplam ortalama sapmayı en küçükmektir. (14) nolu kısıt seti A kümesinin yanlış sınıflandırılan elemanlarının, (15) ve (16) numaralı kısıt setleri B kümesinin yanlış sınıflandırılan elemanlarının, (17) numaralı kısıt seti C kümesinin yanlış sınıflandırılan elemanlarının sapma değerlerini ölçmektedir. Bu modeli çalıştırdığımızda bütün stok kalemleri için sıralı sınıflandırma yapılmış olacaktır. Bu modelden elde ettiğimiz ayırım noktaları (t_1, t_2)'na göre diğer stok kalemleri Aşama 3'de sınıflandırılacaktır.

3.3. Algoritmanın Örneksel Gösterimi

Geliştirilen algoritmanın örneksel gösterimi için 12 stok kalemi 3 kriter açısından incelenmiştir. Bu stok kalemleri arasından 2 kalem A sınıfı için, 3 kalem B sınıfı için ve 2 kalemde C sınıfı için referans verildiğini kabul edelim. Bu referanslar “Referans Sınıf” sütununda belirtilmiştir. Stok kalemleri, referans kalemler ve kriter değerleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Algoritma örneksel çözümü için veriler ve sonuçlar.

Referans Sınıf	Stok Kalemi	Kriter Değerleri			R-skor	Atanan Sınıf
		Z ₁	Z ₂	Z ₃		
	SKU2	1.000	0.70	0.30	1.0000	A
REF A	SKU3	0.80	0.60	0.90	1.0000	A
	SKU4	0.90	0.80	0.60	1.0000	A
REF A	SKU7	0.50	1.00	0.40	1.0000	A
	SKU12	0.30	0.40	0.90	0.9394	A
REF B	SKU6	0.70	0.30	0.65	0.8333	A
REF B	SKU9	0.20	0.20	0.60	0.6061	B
	SKU10	0.40	0.50	0.30	0.5684	B
REF B	SKU5	0.50	0.40	0.30	0.5455	C
REF C	SKU1	0.10	0.40	0.10	0.4000	C
REF C	SKU8	0.20	0.20	0.20	0.2737	C
	SKU11	0.20	0.10	0.10	0.2121	C

Aşama 1'de bütün stok kalemlerinin kriter değerleri kullanılarak Ramanathan modeline göre envanter skorları (R-skor) hesaplanmıştır. Her kalem için hesaplanan envanter

skorları Tablo 1’de R-Skor sütununda gösterilmiştir. Örneğin SKU3 için R-skor hesaplama modeli açık olarak aşağıda verilmiştir.

Maximize $0.80v_1+0.60v_2+0.90v_3$

subject to

$$0.1v_1+0.4v_2+0.1v_3 \leq 1$$

$$1v_1+0.7v_2+0.3v_3 \leq 1$$

$$0.8v_1+0.6v_2+0.9v_3 \leq 1$$

$$0.9v_1+0.8v_2+0.6v_3 \leq 1$$

$$0.5v_1+0.4v_2+0.3v_3 \leq 1$$

$$0.7v_1+0.3v_2+1.00v_3 \leq 1$$

$$0.5v_1+1.00v_2+0.4v_3 \leq 1$$

$$0.2v_1+0.2v_2+0.2v_3 \leq 1$$

$$0.2v_1+0.2v_2+0.6v_3 \leq 1$$

$$0.4v_1+0.5v_2+0.3v_3 \leq 1$$

$$0.2v_1+0.1v_2+0.1v_3 \leq 1$$

$$0.3v_1+0.4v_2+0.9v_3 \leq 1$$

$$v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

Bu modelde amaç fonksiyonu SKU 3 için ağırlıklandırılmış kriter değerlerini maksimize etmektir. v_1 , v_2 ve v_3 ise pozitif kriter ağırlıklarını göstermektedir. SKU3 için ideal kriter ağırlıklarına göre diğer kalemlerin de skorlarını 1’den küçük yapacak kısıtlar verilmiştir. Bu model çözüldüğünde optimum amaç fonksiyonu değeri 1.0 olarak bulunur. Bu skorlar aşama 2’yi beslenmiştir.

Aşama 2’de kullanılan modelin 11 kalem için uygulanan küçük örneğimiz için düzenlenmiş açık hali aşağıdadır:

Minimize $0.5 e1_3p+0.5 e1_7p+0.3333 e2_5p+0.3333 e2_6p+0.3333 e2_9p+0.3333 e3_5p+0.3333 e3_6p+0.3333 e3_9p+0.5 e4_1p+0.5 e4_8p$

Subject to

$$t1- e1_3p+e1_3n=0.9999$$

$$t1- e1_7p+e1_7n =0.9999$$

$$e2_5n- e2_5p-t1=-0.5456$$

$$e2_6n- e2_6p-t1=-0.6501$$

$$e2_9n- e2_9p-t1=-0.6062$$

$$t2- e3_5p+e3_5n=0.5456$$

$$t2- e3_6p+e3_6n=0.6501$$

$$t2- e3_9p+e3_9n=0.6062$$

$$e4_1n- e4_1p-t2=-0.3999$$

$$e4_8n- e4_8p-t2=-0.2736$$

End

free t1

free t2

Bu modelin amaç fonksiyonu referans kalemler için ortalama hata değerini minimize etmektir. ϵ sabiti olarak 0.0001 değeri alınmıştır. Bu model optimize edildiğinde ayırım noktaları $t1=0.6501$ ve $t2=0.5456$ olarak bulunur. Buna göre R-skoru 0.6501 değerinin üzerinde olan SKU2,3,4,6,7 ve 12 nolu kalemler A grubuna sınıflandırılmıştır. R-skoru 0.6501'den küçük ve 0.5456'dan büyük olan SKU9 ve 10 kalemleri B grubuna sınıflandırılmıştır. R-skoru 0.5456'dan küçük olan diğer kalemler ise C grubuna sınıflandırılmıştır. Atanan sınıflar Tablo 1 son sütunda mevcuttur.

3.4. Hastane Envanteri Veri Seti İçin Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde literatürde mevcut olan 47 kalemlı hastane envanter verisi kullanılarak analizler ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu kalemleri değerlendirmek için kullanılan kriterler, yıllık kullanım oranı (YKO), ortalama birim maliyet (OBM) ve tedarik zamanıdır (TZ). Örneğin bir stok kalemi YKU kriterine göre C sınıfında yer alması gerekirken TZ kriterine göre A sınıfında yer alabilir. Bu da problemi çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmeyi gerektirir. Kalemler ve kriter değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Hastane envanteri veri seti için kriter değerleri ve sonuçlar

Stok Kalemi	Kriter Değerleri			Normalize Edilmiş Değerler			R-Skor	Önerilen Model	Referans Sınıflar
	YKO	OBM (\$)	TZ (Hafta)	YKO	OBM (\$)	TZ (Hafta)			
S1	5840,64	49,92	2	1,000	0,219	0,167	1,0000	A	Ref A
S2	5670,00	210,0	5	0,971	1,000	0,667	1,0000	A	Ref A
S3	5037,12	23,76	4	0,862	0,091	0,500	0,8825	A	
S4	4769,56	27,73	1	0,816	0,110	0,000	0,8160	B	
S5	3478,80	57,98	3	0,594	0,258	0,333	0,6074	C	
S6	2936,67	31,24	3	0,501	0,127	0,333	0,5153	C	
S7	2820,00	28,20	3	0,481	0,113	0,333	0,4978	C	
S8	2640,00	55,00	4	0,450	0,243	0,500	0,6414	C	
S9	2423,52	73,44	6	0,412	0,333	0,833	0,9370	A	
S10	2407,50	160,5	4	0,410	0,758	0,500	0,7580	B	
S11	1075,20	5,12	2	0,181	0,000	0,167	0,2262	C	Ref C
S12	1043,50	20,87	5	0,175	0,077	0,667	0,6900	C	
S13	1038,00	86,50	7	0,174	0,397	1,000	1,0000	A	
S14	883,20	110,4	5	0,148	0,514	0,667	0,7205	C	Ref B
S15	854,40	71,20	3	0,143	0,323	0,333	0,3979	C	
S16	810,00	45,00	3	0,135	0,195	0,333	0,3630	C	
S17	703,68	14,66	4	0,117	0,047	0,500	0,5117	C	
S18	594,00	49,50	6	0,098	0,217	0,833	0,8330	B	Ref B
S19	570,00	47,50	5	0,094	0,207	0,667	0,6670	C	
S20	467,60	58,45	4	0,076	0,260	0,500	0,5062	C	
S21	463,60	24,40	4	0,075	0,094	0,500	0,5000	C	
S22	455,00	65,00	4	0,074	0,292	0,500	0,5104	C	
S23	432,50	86,50	4	0,070	0,397	0,500	0,5469	C	
S24	398,40	33,20	3	0,064	0,137	0,333	0,3354	C	
S25	370,50	37,05	1	0,059	0,156	0,000	0,1560	C	Ref C

Tablo 3.2. Devamı. Hastane envanteri veri seti için kriter değerleri ve sonuçlar.

S26	338,40	33,84	3	0,054	0,140	0,333	0,3331	C	
S27	336,12	84,03	1	0,053	0,385	0,000	0,3850	C	
S28	313,60	78,40	6	0,050	0,358	0,833	0,8330	B	
S29	268,68	134,3	7	0,042	0,631	1,000	1,0000	A	
S30	224,00	56,00	1	0,034	0,248	0,000	0,2480	C	
S31	216,00	72,00	5	0,033	0,326	0,667	0,6670	C	
S32	212,08	53,02	2	0,032	0,234	0,167	0,2410	C	Ref C
S33	197,92	49,48	5	0,030	0,217	0,667	0,6670	C	
S34	190,89	7,07	7	0,028	0,010	1,000	1,0000	A	
S35	181,80	60,60	3	0,027	0,271	0,333	0,3680	C	
S36	163,28	40,82	3	0,024	0,174	0,333	0,3330	C	
S37	150,00	30,00	5	0,021	0,121	0,667	0,6670	C	
S38	134,80	67,40	3	0,019	0,304	0,333	0,3870	C	
S39	119,20	59,60	5	0,016	0,266	0,667	0,6670	C	
S40	103,36	51,68	6	0,013	0,227	0,833	0,8330	B	
S41	79,20	19,80	2	0,009	0,072	0,167	0,1670	C	
S42	75,40	37,70	2	0,009	0,159	0,167	0,1978	C	
S43	59,78	29,89	5	0,006	0,121	0,667	0,6670	C	
S44	48,30	48,30	3	0,004	0,211	0,333	0,3335	C	
S45	34,40	34,40	7	0,002	0,143	1,000	1,0000	A	
S46	28,80	28,80	3	0,001	0,116	0,333	0,3330	C	
S47	25,38	8,46	5	0,000	0,016	0,667	0,6670	C	

Bu kriter değerleri aşağıda yer alan formül kullanılarak 0.00-1.00 aralığına normalize edilmiştir.

$$\hat{y}_{mj} = \frac{y_{mj} - \min(y_j)}{\max(y_j) - \min(y_j)} \quad (20)$$

Eşitlik (20)'de \hat{y}_{mj} , m. kalemin j. kriter değerinin normalize edilmiş değerini göstermektedir. $\min(y_j)$, j. kriterde en küçük değeri, $\max(y_j)$ ise j. kriterde en bk değeri göstermektedir.

Algoritmanın Aşama 1'inde verilen Ramanathan modeli bütün kalemler için zlmş ve elde edilen skorlar (R skor) Tablo 2'de gösterilmiştir (SKU1 için Aşama 1 modelinin açık hali Ek 1'de mevcuttur). Bu skorlar kullanılarak Aşama 2'de verilen LP modeli 3 sınıf için toplamda 7 referans kullanılarak zlmş ve ayırım noktaları $t_1=0.8331$ ve $t_2=0.7206$ olarak bulunmuştur (Aşama 2 modelinin düzenlenmiş açık hali Ek 2'de mevcuttur). Kalemler için verilen referans sınıflar ve Lp modele göre elde edilen sınıflar Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, algoritmamız tarafından 8 adet kalemin A sınıfı, 5 adet kalemin B sınıfı ve 34 adet kalemin C sınıfı olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Karar vericinin ilk aşamada belirttiği referanslar, Tablo 2'de atanan referanslar stnunda gösterilmektedir. Ancak bu referanslardan bazıları algoritma tarafından belirtilen referans sınıftan farklı sınıflara atanmıştır. Fakat algoritmanın amaç fonksiyonu bu yanlış sınıflandırma değerini minimize etmek olduğu için olabilecek en küçük hata değeri ile bu referanslar sınıflandırılmıştır. Bu 47 kalem için aynı 3 kriter kullanılarak diğer modellerle yapılan sınıflandırmalar Tablo 3'de verilmiştir.

Diğer modeller ile karşılaştırıldığında bizim algoritma sonuçlarımıza göre C sınıfına atanan kalem sayısı oldukça fazladır. Ancak diğer modeller sınıflara ayırma yaparken her sınıfa belirli sayıda kontenjan vermiştir ve bu sayı hepsinde eşittir ($|A|=10$, $|B|=14$ ve $|C|=23$). Bizim sınıflandırmamızda sınıflar arasındaki ayrımlar büyüktür. Diğer algoritmaların kontenjan koyması en büyük dezavantajdır. Örneğin, Ng modeli sonuçlarına gre iki kalemin skorları birbirine ok yakın olmasına rağmen kontenjandan

dolayı farklı sınıfa atanmışlardır (Ng-skor(SKU33)=0.30 B grubu, Ng-skor(SKU22)=0.29 C grubu).

Tablo 3.3. Literatürdeki diğer modeller ile sınıflandırma sonuçlarının karşılaştırılması

67 Stok Kalemi	Atanan Sınıflar				Referans Sınıfı
	Ng Modeli	Ramanathan Modeli	Klasik Model	Önerilen Model	
S1	A	A	A	A	Ref A
S2	A	A	A	A	Ref A
S3	A	A	A	A	
S4	A	B	A	B	
S5	A	B	A	C	
S6	A	A	C	C	
S7	B	C	A	C	
S8	B	B	A	C	
S9	A	B	A	A	
S10	A	C	A	B	
S11	C	C	C	C	Ref C
S12	B	A	C	C	
S13	A	A	B	A	
S14	B	B	B	C	Ref B
S15	C	C	B	C	
S16	C	C	C	C	
S17	C	C	B	C	
S18	B	B	B	B	Ref B
S19	B	A	C	C	
S20	C	C	B	C	
S21	C	C	B	C	
S22	C	C	B	C	
S23	B	B	C	C	
S24	C	C	C	C	
S25	C	C	C	C	Ref C
S26	C	C	C	C	
S27	C	C	C	C	
S28	B	B	B	B	
S29	A	A	A	A	
S30	C	B	C	C	
S31	B	B	C	C	
S32	C	C	C	C	Ref C
S33	B	A	C	C	
S34	B	A	C	A	
S35	C	C	C	C	
S36	C	B	C	C	
S37	C	C	B	C	
S38	C	C	C	C	
S39	B	B	C	C	
S40	B	C	B	B	
S41	C	B	C	C	
S42	C	C	C	C	
S43	C	C	B	C	
S44	C	C	C	C	
S45	B	B	B	A	
S46	C	C	C	C	
S47	C	C	B	C	

4. BÖLÜM

UYGULAMA

Çalışmanın gerçek hayat uygulaması bir yatak üretim fabrikasının hammadde deposunda yapılmıştır. Belli bir tipte hammadde kalemleri A, B, C gruplarına sınıflandırılmıştır. Bu amaçla 51 adet envanter kalemi 3 kriter açısından incelenmiştir. Bu kriterler, birim maliyet, yıllık kullanım oranı (birim maliyet x yıllık kullanım miktarı) ve tedarik zamanıdır. Bu kalemlerin sınıflandırılması için bu değerlendirme kriterleri önemlidir. Toplanan verilerler normalize edilmiştir ve Tablo 4’te verilmiştir.

Verilen kriter değerleri veri zarflama temelli R- model ile çözülmüş ve Aşama 1 için gerekli olan envanter skorları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu skorlar Tablo 4’te R-skor sütununda gösterilmiştir.

Envanter kalemlerinin sınıflandırılmasında ayırım noktalarının belirlenebilmesi için gerekli referans kalemler işletmede konusunda uzman kişilerce belirlenmiştir. Uzman görüşlere dayanarak A sınıfı için 2 envanter kalemi, B ve C sınıfları için ise 3’er envanter kalemi referans kalem olarak alınmıştır. Bu kalemler Tablo 4 “Referans Sınıf” sütununda belirtilmiştir. Daha sonra Aşama 2’de her bir envanter kalemi için hesaplanan R-skorlar ve uzman görüşüyle elde edilen referans kalemler kullanılarak sınıflar arası ayırım noktaları bulunmuştur.

Ayırım noktalarının hesaplanmasında kullanılan modelin düzenlenmiş açık hali aşağıdadır:

Minimize $0.5 e_{1_19p} + 0.5 e_{1_17p} + 0.3333 e_{2_10p} + 0.3333 e_{2_24p} + 0.3333 e_{2_44p} + 0.3333 e_{3_10p} + 0.3333 e_{3_24p} + 0.3333 e_{3_44p} + 0.3333 e_{4_7p} + 0.3333 e_{4_29p} + 0.3333 e_{4_31p}$

Subject to

$$t_1 - e_{1_19p} + e_{1_19n} = 0.9999$$

$$t_1 - e_{1_17p} + e_{1_17n} = 0.8799$$

$$e_{2_10n} - e_{2_10p} - t_1 = -0.7101$$

$$e_{2_24n} - e_{2_24p} - t_1 = -0.7601$$

$$e_{2_44n} - e_{2_44p} - t_1 = -0.6934$$

$$t_2 - e_{3_10p} + e_{3_10n} = 0.7101$$

$$t_2 - e_{3_24p} + e_{3_24n} = 0.7601$$

$$t_2 - e_{3_44p} + e_{3_44n} = 0.6934$$

$$e_{4_7n} - e_{4_7p} - t_2 = -0.2401$$

$$e_{4_29n} - e_{4_29p} - t_2 = -0.2438$$

$$e_{4_31n} - e_{4_31p} - t_2 = -0.2437$$

End

free t1

free t2

Bu model optimize edildiğinde ise ayırım noktaları t_1 için 0,7601 t_2 için ise 0,6934 olarak hesaplanmıştır. Diğer envanter kalemleri de bu ayırım noktalarına göre sınıflara yerleştirilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre 51 envanter kaleminden 7 tanesi A grubunda, 10 tanesi B grubunda ve 34 tanesi de C grubunda yer almıştır.

Tablo 3.4. Yatak hammadde verisi ve sonuçlar.

Stok Kalemi	Birim Maliyet	Yıllık Kullanım Oranı	Ort Tedarik Süresi	R-Skor	Referans Sınıf	Atanan Sınıf
SKU 1	0,2298	0,0001	0,76	0,7600		B
SKU 2	0,0604	0,0000	0,71	0,7100		B
SKU 3	0,1573	0,0001	0,53	0,5300		C
SKU 4	0,3222	0,0002	0,53	0,5300		C
SKU 5	0,1556	0,0001	0,59	0,5900		C
SKU 6	0,0599	0,0001	0,71	0,7100		B
SKU 7	0,0351	0,0001	0,24	0,2400	REF C	C
SKU 8	0,1573	0,0004	0,53	0,5300		C
SKU 9	0,1941	0,0006	0,71	0,7100		B
SKU 10	0,0669	0,0003	0,71	0,7100	REF B	B
SKU 11	0,1573	0,0007	0,53	0,5300		C
SKU 12	0,2013	0,0009	0,53	0,5300		C
SKU 13	0,0556	0,0005	0,76	0,7600		B
SKU 14	0,2212	0,0014	0,76	0,7600		B
SKU 15	0,2040	0,0022	0,76	0,7600		B
SKU 16	0,2570	0,0030	0,76	0,7600		B
SKU 17	0,2762	0,0058	0,88	0,8800	REF A	A
SKU 18	0,2718	0,0091	0,53	0,5300		C
SKU 19	1,0000	0,0372	1,00	1,0000	REF A	A
SKU 20	0,1086	0,0066	0,24	0,2400		C
SKU 21	0,1537	0,0094	0,88	0,8800		A
SKU 22	0,0252	0,0063	0,24	0,2400		C
SKU 23	0,0510	0,0081	0,35	0,3500		C
SKU 24	0,1371	0,0146	0,76	0,7600	REF B	B
SKU 25	0,3034	0,0295	0,88	0,8800		A
SKU 26	0,3232	0,0314	0,88	0,8800		A
SKU 27	0,0298	0,0093	0,41	0,4100		C
SKU 28	0,0914	0,0174	0,35	0,3531		C
SKU 29	0,0450	0,0141	0,24	0,2437	REF C	C
SKU 30	0,1133	0,0261	0,29	0,3010		C
SKU 31	0,0232	0,0140	0,24	0,2436	REF C	C
SKU 32	0,1841	0,0386	0,47	0,4852		C
SKU 33	0,0682	0,0245	0,29	0,2998		C
SKU 34	0,0510	0,0233	0,24	0,2503		C
SKU 35	0,1802	0,0560	0,29	0,3225		C
SKU 36	0,1676	0,0701	0,29	0,3326		C
SKU 37	0,0179	0,0340	0,24	0,2580		C
SKU 38	0,0219	0,0377	0,24	0,2607		C
SKU 39	0,0355	0,0572	0,29	0,3233		C
SKU 40	0,0503	0,0707	0,47	0,5082		C
SKU 41	0,2727	0,1965	0,29	0,4235		C
SKU 42	0,0285	0,0609	0,29	0,3260		C
SKU 43	0,2718	0,3939	0,53	0,7986		A
SKU 44	0,2599	0,4099	0,41	0,6933	REF B	C
SKU 45	0,1344	0,3224	0,29	0,5137		C
SKU 46	0,0000	0,1606	0,24	0,3489		C
SKU 47	0,1967	1,0000	0,29	1,0000		A
SKU 48	0,1178	0,0703	0,00	0,1711		C
SKU 49	0,0268	0,0010	0,06	0,0600		C
SKU 50	0,0351	0,0281	0,06	0,0786		C
SKU 51	0,0806	0,0184	0,06	0,0931		C

5. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada çok kriterli ABC stok sınıflandırma problemi için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımın en önemli özelliği karar vericinin belirttiği referans kalemler ve bunların R-skorları üzerinden bir fayda fonksiyonunun LP model kullanılarak bulunması ve diğer kalemlerin bu fonksiyon bazında yerleştirilmesidir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda kalemler envanter skorlarına göre sıralanıyor ve sınıfların kontenjanlarına göre en iyi sınıftan başlayarak atanıyordu. Ancak biz problemi sıralama değil sıralı sınıflandırma problemi olarak ele aldık. Bu noktada algoritmanın en önemli girdilerinden birisi referans kalemlerdir. Referans kalemleri belirlemek için uzmanların görüşlerine başvurulmuş ve sınıfından emin oldukları bazı kalemleri kategorize etmeleri istenmiştir. Bundan sonraki aşamada literatürde iyi bilinen ve veri zarflama analizi temelli olan Ramanathan modeli ile envanter skorları (R-skor) hesaplanmıştır. İlk aşamada hesaplanan R-skorlar ve referans kalemler yardımıyla sınıflar arasındaki ayırım noktaları belirlenmiştir. Belirlenen bu ayırım noktalarına göre diğer envanter kalemleri de sınıflandırılmıştır. Çalışmada geliştirilen algoritma sayesinde sınıflar arası ayırım noktalarının belirlenmesi, referans kalemler seti ve R-skorlar yardımıyla yapılmaktadır. Böylece önceki çalışmalarda olduğu gibi sınıflara kontenjan (ilk 10 kalem A grubu gibi) koymaya gerek kalmamıştır. Bu sayede birbirine çok yakın skorları olan kalemler genelde aynı sınıfa atanmıştır ve sınıflar arasındaki ayırım daha belirgin hale gelmiştir. Geliştirdiğimiz algoritma ile yatak üretim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın hammadde deposunda bulunan bazı envanter kalemleri A, B ve C grubu olarak sınıflandırılmıştır. Böylece stok sayım maliyetleri azalmıştır. Ayrıca önemli malzemeler grubu (A) sürekli takip edileceği için malzeme yokluğundan kaynaklı üretim kayıpları ortadan kalkacaktır. Yakından takip ile malzemelerin fire oranlarının da düşmesi beklenmektedir.

EK-1

Hastane envanter verisinde SKU1 için Aşama 1 modeli

$$\max 1v_{11}+0.219v_{12}+0.167v_{13}$$

subject to

$$1.000v_{11}+0.219v_{12}+0.167v_{13}\leq 1$$

$$0.971v_{11}+1.000v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.862v_{11}+0.091v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.816v_{11}+0.110v_{12}+0.000v_{13}\leq 1$$

$$0.594v_{11}+0.258v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.501v_{11}+0.127v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.481v_{11}+0.113v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.450v_{11}+0.243v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.412v_{11}+0.333v_{12}+0.833v_{13}\leq 1$$

$$0.410v_{11}+0.758v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.181v_{11}+0.000v_{12}+0.167v_{13}\leq 1$$

$$0.175v_{11}+0.077v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.174v_{11}+0.397v_{12}+1.000v_{13}\leq 1$$

$$0.148v_{11}+0.514v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.143v_{11}+0.323v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.135v_{11}+0.195v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.117v_{11}+0.047v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.098v_{11}+0.217v_{12}+0.833v_{13}\leq 1$$

$$0.094v_{11}+0.207v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.076v_{11}+0.260v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.075v_{11}+0.094v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.074v_{11}+0.292v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.070v_{11}+0.397v_{12}+0.500v_{13}\leq 1$$

$$0.064v_{11}+0.137v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.059v_{11}+0.156v_{12}+0.000v_{13}\leq 1$$

$$0.054v_{11}+0.140v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.053v_{11}+0.385v_{12}+0.000v_{13}\leq 1$$

$$0.050v_{11}+0.358v_{12}+0.833v_{13}\leq 1$$

$$0.042v_{11}+0.631v_{12}+1.000v_{13}\leq 1$$

$$0.034v_{11}+0.248v_{12}+0.000v_{13}\leq 1$$

$$0.033v_{11}+0.326v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.032v_{11}+0.234v_{12}+0.167v_{13}\leq 1$$

$$0.030v_{11}+0.217v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.028v_{11}+0.010v_{12}+1.000v_{13}\leq 1$$

$$0.027v_{11}+0.271v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.024v_{11}+0.174v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.021v_{11}+0.121v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.019v_{11}+0.304v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.016v_{11}+0.266v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.013v_{11}+0.227v_{12}+0.833v_{13}\leq 1$$

$$0.009v_{11}+0.072v_{12}+0.167v_{13}\leq 1$$

$$0.009v_{11}+0.159v_{12}+0.167v_{13}\leq 1$$

$$0.006v_{11}+0.121v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$0.004v_{11}+0.211v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.002v_{11}+0.143v_{12}+1.000v_{13}\leq 1$$

$$0.001v_{11}+0.116v_{12}+0.333v_{13}\leq 1$$

$$0.000v_{11}+0.016v_{12}+0.667v_{13}\leq 1$$

$$v_{11},v_{12},v_{13}\geq 0$$

EK-2

min

$$0.5e1_1p+0.5e1_2p+0.5e2_14p+0.5e2_18p+0.5e3_14p+0.5e3_18p+0.3333e4_11p+0.3333e4_25p+0.3333e4_32p$$

subject to

$$t1-e1_1p+e1_1n=0.9999$$

$$t1-e1_2p+e1_2n=0.9999$$

$$e2_14n-e2_14p-t1=-0.7206$$

$$e2_18n-e2_18p-t1=-0.8331$$

$$t2-e3_14p+e3_14n=0.7206$$

$$t2-e3_18p+e3_18n=0.8331$$

$$e4_11n-e4_11p-t2=-0.2263$$

$$e4_25n-e4_25p-t2=-0.1561$$

$$e4_32n-e4_32p-t2=-0.2411$$

end

free t1

free t2

KAYNAKÇA

1. M.J. Farrell, 1957. The Measurement of Productive Efficiency. Journal Of The Royal Statistical Society Series A 120, pp.: 253–290.
2. Jj Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes, 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research 2: 429-444.
3. Banker, R., A. Charnes and W.W. Cooper, 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, Management Science 30:1078-1092.
4. Ramanathan, R., 2006. ABC Inventory Classification With Multiple- Criteria Using Weighted Linear Optimization, Computers & Operations Research 33:695–700.
5. Zhou, P., Fan, L., 2007. A Note on Multi-Criteria ABC Inventory Classification Using Weighted Linear Optimization, European Journal of Operational Research 182: 1488–1491.
6. Soylu, B., Çok Kriterli ABC Stok Sınıflama Problemi İçin Tchebycheff Ölçüsü Temelli Yaklaşım, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği, 28. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Galatasaray Üniversitesi, İstanbul, 2008.
7. Soylu, B., Ekinci, M., 2009. Bir Halı Fabrikasında Çok Kriterli İplik Stok Alanı Belirleme Problemi, Bitirme Projesi Raporu, Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.
8. Özdemir, A., Özveri, O., 2004. Çok Kriterli Envanter Sınıflandırmasında Analitik Hiyerarşi Süreci Analizinin Uygulanması, D.E.Ü.İ.İ.B.F.Dergisi, 19(2): 137-154.
9. Drake, P.R., Lee, D. M., 2009. Component Priorisation For Strategic Purchasing and The Case Study of A South Korean Elevator Manufacturer (D.M. Lee), International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 43:883–895.
10. Ng, W.L., 2007. An Efficient And Simple Model For Multiple Criteria Supplier Selection Problem, European Journal of Operational Research, 177: 344-353.

11. Chen, Y., Kevin W.L., Levy, J., Hipel K.W., Kilgour, D.M., 2006. Rough-Set Multiple Criteria ABC Analysis, S. Greco et al. (Eds.): RSCTC 2006, LNAI 4259, pp. :328–337.
12. Hadi-Vencheh A., 2010. An Improvement to Multiple Criteria ABC Inventory Classification, *European Journal of Operational Research* 201: 962-965.
13. Chen J.X., 2011. Peer-Estimation For Multiple Criteria ABC Inventory Classification, *Computers & Operations Research* 38: 1784-1791.
14. Chen, Y., Kevin W.L., Si-Feng, L., 2008. A Comparative Study on Multicriteria ABC Analysis in Inventory Management, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*.
15. Tsai C.Y., Szu-Wei, Y., 2008. A Multiple Objective Particle Swarm Optimization Approach for Inventory Classification, *International Journal of Production Economics* 114: 656-666.
16. Cakır, O., Canbolat, M.S., 2008. A Web-Based Decision Support System for Multi-Criteria Inventory Classification Using Fuzzy AHP Methodology, *Expert Systems with Applications* 35: 1367-1378.
17. Rezaei, J., Dowlatshahi, S., 2010. A Rule-Based Multi-Criteria Approach to Inventory Classification, *International Journal of Production Research*, 1–20, iFirst.
18. Zadeh, L.A., 1983. The Role of Fuzzy Logic in The Management of Uncertainty in Expert Systems, *Fuzzy Sets and Systems*, 11 (1–3): 199–227.
19. Guvenır, A. H., Erel, E., 1998. Multicriteria Inventory Classification Using A Genetic Algorithm, *European Journal of Operational Research* 105: 29-37.
20. Holland, J.H., 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, MIT Press, Cambridge, MA.
21. Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
22. Soylu, B., 2011. A Multi-criteria Sorting Procedure with Tchebycheff Utility Function, *Computers & Operations Research* 38: 1091-1102.
23. Chu, C.W., Liang, G.S., Liao, G.T., 2008. Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification, *Computers & Industrial Engineering* 55: 841–851.

24. Bhattacharya, A., Sarkar, B., Mukherjee, S.K., 2007. Distance-Based Consensus Method for ABC Analysis, *International Journal of Production Research*, 45(15): 3405–3420.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Bahar AKYOL

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 29 Haziran 1987, Kayseri

email: akyolbaharr@hotmail.com

Yazışma Adresi: Yataş Yatak Yorgan Fabrikası OSB Kayseri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	EÜ Endüstri Mühendisliği	2009
Lise	Sümer Lisesi (YDA)	2005

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2010-Halen	Yataş Grup	Endüstri Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce