

# Çok Kriterli Stok Alanı Atama Problemi ve Bir Uygulama

Banu SOYLU\*

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri

(Geliş/Received : 25.07. 2016 ; Kabul/Accepted : 21.09.2016)

## ÖZ

Bu çalışmada bir halı dokuma fabrikasının yarı mamulü olan iplik bobinlerinin, önemli bir kısıt olan depo alanında yer ataması problemi ele alınmış ve problem çok kriterli karar verme problemi olarak değerlendirilmiştir. Fabrika, halı üretiminde kullanılan yün ve akrilik iplikleri yarı mamul olarak üretmektedir. Ancak iplik bobinlerinin depolanabileceği alan sınırlıdır ve her tip iplik için ne kadar stok alanı ayrılacağı belirlenmek istenmektedir. Ayrılan stok alanı üretim parti büyüklüklerinde bir üst sınır olarak da kullanılacaktır. Bu çalışmada, iplik tiplerinin yıllık kullanım değeri ve renk tonu uyumsuzluk kriterleri dikkate alınarak bir stok alanı atama politikası geliştirilmiştir. Yöntemin birinci aşamasında iplik tiplerini A, B ve C olmak üzere sıralı üç kategoriye ayırmak için çok kriterli ABC analizi uygulanmıştır. İkinci aşamada ise veri zarflama analizi temelli bir yaklaşım ile iplik tipleri için stok alanı ataması yapılmıştır. Çeşitli senaryolar analiz edilmiş ve sonuçlar mevcut durum ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Stok alanı atama, çok kriterli ABC analizi, veri zarflama analizi.

## Multi-criteria Warehouse Space Allocation Problem and an Application

### ABSTRACT

In this study, a space allocation problem for different yarn bobbins in a carpet factory is addressed and the problem is considered in the multi criteria decision making context. The factory produces yarn, of which raw material are wool or acrylic, for carpet production. However, the warehouse space assigned for the storage of yarn bobbins is limited and the size of the space required for the storage of each type of yarn should be determined. These allocated spaces will also be used as an upper bound over the production lot sizes. In this study, a warehouse space allocation policy is developed with respect to the yearly demand of yarn types and color tone inconsistency criteria. In the first phase of the procedure, a multiple criteria ABC analysis is applied to classify the yarn types into three ordered groups such as A, B and C. In the second phase, a data envelopment based approach is applied to partition the space among the types of yarn. Various scenarios are discussed and the results are compared with the current situation.

**Keywords:** Warehouse space allocation, multiple criteria ABC analysis, data envelopment analysis.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Birçok üretim tesisinde, depo alanı üretim parti büyüklüklerinin belirlenmesinde bir kısıt olmaktadır. Stok alanı belirleme problemi, "Her bir stok kalemi için ne kadar stok alanı rezerve edilmelidir?" sorusundan kaynaklanmaktadır. Bu stok yönetimini ilgilendiren taktiksel seviyede bir karardır. Depoda, bazı stok kalemlerinden çok miktarda bulundurmaya gerekirken bazılarından az miktarda bulundurmaya yeterlidir. Stoklar söz konusu varlıkların miktarı veya parasal değeri ile ölçülür [1]. Klasik stok modellerine, üretim parti büyüklüklerini belirlemek için depo alanı kısıtı da eklenmektedir. Literatürdeki çalışmalar genellikle stok taşıma zamanı/maliyeti en küçüklemek için depoda uygun yer seçimi problemi rini ele almaktadır. Örneğin, Hausman vd. [2] sınıf tabanlı ve tahsis tabanlı olmak üzere iki stoklama politikası önermektedir. Sınıf tabanlı stoklama politikasına göre, önce stok kalemleri talep miktarına göre sınıflandırılmakta sonra her bir sınıf için

stok alanında yer atanmaktadır. Tahsis tabanlı stok politikasında ise her bir stok kalemi için yer ataması yapılmaktadır. Her iki politikada yüksek talebi olan stok kalemlerini deponun kolay erişilebilir bölümlerine yerleştirerek taşıma zamanlarını en küçüklemeyi amaçlamaktadır. Petersen vd. [3] sınıf-tabanlı ve hacim-tabanlı stoklama politikalarını manuel sipariş çekme yapılan bir depo için karşılaştırmışlardır. Hackman vd. [4] stok doldurma/çekme maliyetlerini en küçükleyecek atamayı yapmak için sırt çantası temelli bir sezgisel geliştirmişlerdir. Van den Berg ve Zijm [5] stoklama politikaları ve stok alanı atama problemleri literatürünü gözden geçirmişlerdir.

Stok kalemleri çeşitli gözden geçirme teknikleri (örn. sürekli, periyodik) kullanılarak takip edilmektedir. En etkin yöntem sürekli gözden geçirme yöntemi olmasına rağmen bütün stok kalemlerinin sürekli olarak takip edilmesi oldukça maliyetlidir. Bu sebeple stok kalemlerinin sınıflandırılarak takip edilmesi tercih edilmektedir. Bilinen en klasik sınıflandırma yöntemi ABC analizidir. Bu metod stok kalemlerini yıllık kullanım değerlerine göre şu sınıflara atar [6,7]: A (çok

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta: bsoylu@erciyes.edu.tr  
Digital Object Identifier (DOI) :

önemli, hacim olarak az (örn. %15-20) ama yatırım değeri yüksek (örn. %75-80) stok kalemleri sınıfı), **B** (orta derecede önemli, hacim olarak orta (örn. %35-40) ve yatırım değeri düşük (örn. %15-20) stok kalemleri sınıfı) veya **C** (az önemli, hacim olarak yüksek (örn. %40-50) ama yatırım değeri çok düşük (örn. %5-10) stok kalemleri sınıfı). Böyle bir sınıflandırma yaparken farklı değerlendirme kriterleri de dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla problem çok kriterli karar verme problemi olarak değerlendirilmelidir. Çok kriterli ABC stok sınıflandırma problemi ile ilgili çalışmalar 1987 yıllarından beri literatürde yer almaktadır. Sadece yıllık kullanım değeri değil stok kaleminin başka özellikleri de bu kalemin sınıfını etkileyebilir ve değiştirebilir. Örneğin, yıllık kullanım değerine göre B veya C sınıfında yer alan bir stok kalemi aslında zor temin edilebilen veya kritik bir parça olabilir. Dolayısıyla yokluğu işletmeyi çok olumsuz etkileyebilir. Bu sebeple stok kalemleri sınıflandırılırken sadece yıllık kullanım değerini dikkate almak yanıltıcı olabilir. Flores ve Whybark [8] çalışmasında diğer kriterler şu şekilde örneklendirilmiştir; az bulunurluk, dayanıklılık, onarılabilmek, ikame edilebilmek, temin süresi. Aslında bu problem bir sıralı sınıflandırma (sorting) problemi olarak değerlendirilebilir. Sıralı sınıflandırma probleminde de sınıflar arasında öncelik ilişkileri örneğin; en çok tercih edilen sınıf, orta tercih edilen sınıf, az tercih edilen sınıf vb. mevcuttur ve sınıflar önceden tanımlanmıştır.

Literatürde bu problem için geliştirilmiş doğrusal programlama (DP) ve veri zarflama analizi (VZA) temelli çalışmalar mevcuttur. Ramanathan [9] çalışmasında VZA temelli bir doğrusal programlama modeli ile stok kalemlerine her bir değerlendirme kriteri için favori ağırlıklar atanmakta ve ağırlıklandırılmış amaç fonksiyonu değeri o stok kaleminin skoru olmaktadır. Zhou ve Fan [10] hemen bu çalışmanın ardından Ramanathan'ın modeline istenmeyen ağırlıklar da atayarak genişletmiş ve böylece bir stok kaleminin önemsiz bir kriterde yüksek skorlar aldığı için A sınıfına yerleşmesini önlemeye çalışmışlardır. Bir diğer doğrusal programlama modeli ise Ng [11] tarafından sunulmuştur. Bu modelde başlangıçta bütün kriterlerin azalan önem sırasının belli olduğu kabul edilmiştir. Model bu önem sırasına göre atamaları gerçekleştirmektedir. Kıyak vd. [12] bu modelin uygulamasını literatürden bir örnek üzerinde göstermişlerdir. Chen vd. [13] ise durum-temelli uzaklık modelini sunmuştur. Sınıfların önceden belirlenmiş bir noktaya olan uzaklıkları baz alınarak sınıf aralıkları tanımlanmış ve stok kalemleri hangi aralıkta yer aldığına göre sınıflandırılmıştır. Soylu ve Akyol [14] fayda fonksiyonu temelli matematiksel model ve referans stok kalemleri kullanarak stok kalemlerini sınıflandırmışlardır.

Literatürde çok kriterli ABC stok sınıflandırma problem için analitik hiyerarşi süreci (AHP) [16-18, 22], genetik algoritmalar [19], fuzzy sınıflandırma [20, 21], yapay sinir ağları [15, 23] ve TOPSIS yöntemi [24, 25] temelli algoritmalarda sunulmuştur.

Bu çalışmada çok kriterli stok alanı atama problemi ele alınmıştır. Amaç iplik bobinlerine iki kriter bazında alan ataması gerçekleştirmektir. Birinci değerlendirme kriteri iplik bobinlerinin yıllık kullanım değeridir. Ancak iplik üretimindeki en önemli konulardan bir tanesi de aynı iplik kodlarının aynı renk tonuna sahip olmasıdır. Eğer boyama işleminde bir iplik çeşidi farklı partilerde boyanırsa ve renk tonları tutmazsa o partinin kullanılması mümkün değildir. Bu sebeple renk uyumsuzluğu ikinci kriter olarak ele alınmıştır. Bu problemi çözmek için iki aşamalı bir sezgisel geliştirilmiştir. Birinci aşamada iplik tipleri çok kriterli ABC analizi kullanılarak 3 gruba ayrılmış ikinci aşamada ise hacim temelli bir yaklaşım ile iplik skorlarına göre alan ataması yapılmıştır.

## 2. PROBLEMİN TANIMLANMASI (PROBLEM DEFINITION)

Ele alınan tesiste iplik üretimi için yün ve akrilik olmak üzere iki çeşit iplik üretilmektedir. Yün koyunlardan kırılan doğal bir malzeme iken akrilik kimyasallardan elde edilen sentetik bir hammaddedir. Bu hammaddeler tesise balyalar halinde getirilmekte ve boyama ve iplik üretimi olmak üzere iki önemli aşamadan geçmektedir. Yün ya da akrilik balyalar ilk önce boyama bölümünde işlem görmektedir. Boyama işlemi iplik üretiminin en önemli aşamasıdır. Özellikle açık tonlu renklerde farklı boyama partilerinde aynı renk tonunu elde etmek çok zordur. Bu probleme sebep olan pek çok faktör vardır. Bunlardan birincisi önceki partide aynı kazanda farklı bir rengin boyanmış olmasıdır. Mesela kazanda koyu bir renk tonu boyanmışsa bir sonraki parti de beyaz, sarı, pembe renk tonlarını tutturmak çok zor olabilmektedir. Diğer faktörler ise çevresel koşullar ile ilgilidir. Örneğin, ortam sıcaklığında, neminde vb. olan küçük değişimler ton farklılığına sebep olabilmektedir. Bu problemi çözmek için bir yolu bu renkler için boyama işlemini büyük partiler halinde gerçekleştirmektir. Sonrasında ise iplik üretilen ve stok alanında iplik bobinleri depolanacaktır. Halı üretiminde ihtiyaç oldukça da stoklardan kullanılacaktır. Fabrika da bu stratejiyi uygulamayı makul bulmaktadır ancak stok alanında ne kadar depolama yeri olduğu üretim parti büyüklükleri üzerinde bir kısıttır.

İplik üretimi aşamasına da kısaca değinecek olursak boyanmış balyalar ilk olarak tarama işlemine tabi tutulur. Açma makinesi (çırçır) fiberleri ayırır ve paralel bir forma sokar. Sonrasında tarak makinesi fiberleri daha da düzgünleştirir. Çekme işleminde ise fiberler dönen rulolar arasından geçirilerek uzatılır ve küçük bir bükme işlemi uygulanır. Sonrasında bükme makinesi fiberlerin daha da uzamasını ve iyice bükülerek dayanıklı bir hal almasını sağlar. Son aşamada iplik eğirme işlemi ile iplik oluşur ve bobinlere sarılır.

Fabrikada dört tip akrilik iplik (AKR, ISL, MRT ve NPL kodlu) ve tek tip yün iplik (YUN kodlu) üretilmektedir. Yün iplikler 6 farklı renkte boyanabilmektedir. Akrilik ipler ise 23 (AKR), 5 (ISL), 22 (MRT) ve 8 (NPL) olmak üzere toplam 58 farklı renkte boyanabilmektedir. Bu

renkler basitçe *açık* ve *koyu* olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre boyama partisi değiştiğinde renk tonu uyumsuzluğu yüzdeleri Çizelge 1’de verilmiştir. Bu istatistiği hesaplamak için son bir yılda kaç partinin renk tonu uyummadığı verisi toplam yıllık parti boyama sayısına oranlanmıştır. Bu çizelgeye göre renk uyumsuzlukları çok yüksek seviyelerde olup genellikle açık renklerde çok daha sık gözlemlenmiştir. Bu çizelgeden elde edilen ilginç bir husus da MRT tipi ipliklerin hemen hemen her partisinde renk uyumsuzluğu yaşandığıdır. Bu durumda işletmenin farklı renk tonundaki iplikleri aynı halının dokunmasında kullanması mümkün değildir. Başka bir halının dokunmasında kullanılabilir ancak bu da halı tezgâhının ipliklerinin yeniden değiştirilmesini (setup) gerektirir. Bir halı tezgâhında her renk için 2000 bobin ve en fazla 6 renk bulunmaktadır. Eğer bir rengin renk tonu uyumsuzluğu varsa yeni halı dokuma işleminde 2000 bobinin tamamının değişmesi gerekmektedir. Bu değişim için gerekli süre 80dk ile 220dk. arasındadır. Bu kadar önemli bir hazırlık zamanı üretim kayıplarına ve boş beklemlere sebep olmaktadır. Toplanan bobinler bir halının küçük desenlerinde kullanılmaya çalışılmaktadır ama çoğunlukla da fire olarak değerlendirilmektedir. Hazırlık zamanını ve fireyi düşürmenin bir yolu boyama işlemini büyük partiler halinde gerçekleştirmek ve ipliği ürettikten sonra stokta tutmaktır. Çizelge 1’deki yüksek uyumsuzluk yüzdeleri de bu stratejiyi desteklemektedir. Ancak aynı zamanda talebi yüksek olan ipleri de stoklamak fabrika için bir avantajdır. Depo alanı kısıtlı olduğu için yukarıda bahsedilen iki kritere göre bir alan atama stratejisi belirlenmelidir. Gelecek bölümde bu yöntemin detayları açıklanmıştır.

**Çizelge 1.** Renk tonu uyumsuzluk yüzdeleri (Color tone inconsistency percentages)

Hammadde	Renk tonu grubu	Renk tonu uyumsuzluğu % ortalama
Yün	Açık	88.9
	Koyu	55.6
AKR	Açık	78.8
	Koyu	9.8
ISL	Koyu	52.0
MRT	Açık	94.3
	Koyu	95.0
NPL	Açık	50.0
	Koyu	53.5

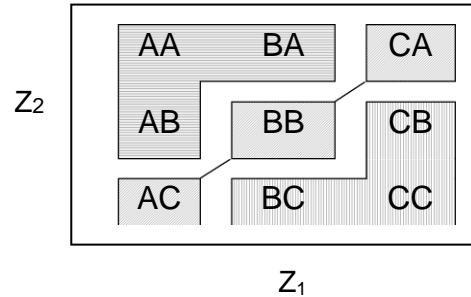
### 3. ÖNERİLEN YAKLAŞIM (PROPOSED APPROACH)

Bu çalışmada, yukarıda tanımlanan depo alanı atama problem için iki aşamalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Birinci aşamada iplikler *yıllık kullanım yüzdesi* ve *renk uyumsuzluğu yüzdesi* kriterlerine göre A, B ve C sınıflarına atanmıştır. Temel olarak şu notasyon kullanılacaktır;

$Z_1^j$ : Stok kalemi  $j$ 'nin yıllık kullanım yüzdesi

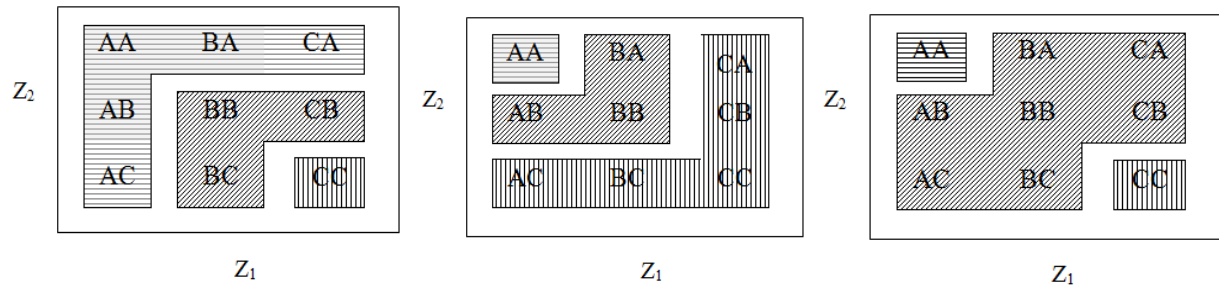
$Z_2^j$ : Stok kalemi  $j$ 'nin renk uyumsuzluğu yüzdesi

Bu aşamada DP temelli, veri zarflama analizi temelli ya da AHP temelli yaklaşımlar kullanılabilir. Ancak bir çok yaklaşımda “sınıfların alt-üst skor limitlerinin ne olacağı” soru işareti olarak devam etmektedir. Örneğin, Ramanathan [9] modelinde “bir stok kaleminin aldığı skor 0.86 üzerindeyse A sınıfına atanır” denilmektedir ancak bu sınır değerinin nasıl tespit edildiği/edileceği açıklanmadığı ya da karar verici tarafından belirlenmesi gerektiği için eleştirilmektedir. Probleminiz iki kriterli ABC sınıflandırma problemi olduğu için Flores ve Whybark [8] çalışmasında önerilen *ortak-matris* yaklaşımının birinci aşamada kullanılması uygun görülmüştür. Bu yaklaşıma göre ABC analizi her kriterde ayrı olarak yapılmakta sonra sonuçlar birleştirilerek tek bir sınıfa dönüştürülmektedir. Yaklaşımın temel mantığı Şekil 1’de verilmiştir. Birinci harf bir stok kaleminin  $Z_1$  kriterindeki sınıfını ikinci harf ise  $Z_2$  kriterindeki sınıfını temsil etmektedir. Harfler farklı olduğunda stok kaleminin hangi sınıfa atanacağı belirsizdir. Önerilen yöntemde eğer bir stok kalemi AA, AB yada BA olarak kategorize edilmiş ise onun sınıfının A olması gerektiği ifade edilmektedir. Burada stok kaleminin A ya da B sınıfında olma ihtimali vardır. Stok yokluğu çekmemek adına kötümser bir yaklaşım ile A sınıfına yerleştirilmiştir. Aksine risk alan iyimser bir sınıflandırma ile BC, CB ve CC sınıflarında yer alan stok kalemleri C sınıfına yerleştirilmiştir. Ortalamayı dikkate alan bir tercih yapılarak da AC, BB ve CA olarak kategorize edilen stok kalemleri B sınıfına atanmıştır.



**Şekil 1.** İki kriterli ABC analizi için ortak-matris yaklaşımı [8] (Joint-matrix approach for bicriteria ABC analysis)

Bu aşamada alternatif olarak başka sınıflandırma şekillerinin kullanılması da mümkündür. Şekil 2’de bu farklı sınıflandırma şekilleri verilmiştir. Şekil 2 (a)’daki tam kötümser yaklaşıma göre bir stok kalemi herhangi bir kriterde kategorize edildiği en yüksek sınıfa atanacaktır. Bu yaklaşımı gürbüz (robust) kararlar veren, stok yokluğuna tahammülü olmayan karar vericiler kullanabilir. Şekil 2 (b)’deki tam iyimser yaklaşımına göre ise stok kalemi herhangi bir kriterde kategorize edildiği en düşük sınıfa atanacaktır. Bu yaklaşımı da risk alabilen, iyimser bakış açısına sahip karar vericiler kullanabilir. Şekil 2 (c)’deki kesinlik yaklaşımına göre ise grubu kesin olanlar kendi grubuna belirsiz olanlar B grubuna atanacaktır. Bu seçeneklerin sınıflandırmaya



Şekil 2. İki kriterli ABC analizi için farklı ortak-matris senaryoları (Several joint-matrix scenarios for the bicriteria ABC analysis)

olan etkileri deneysel sonuçlar bölümünde analiz edilmiştir.

İkinci aşamada ise hangi iplik türüne ne kadar stok alanı ayrılacağı sorusuna cevap aranmıştır. Bu amaçla VZA temelli bir yaklaşım olan Ramanathan [9] modeli kullanılmıştır. Bu yaklaşım her stok kalemi için bir VZA modelinin çözülmesini gerektirir ve bu model ile stok kalemlerine her kriterde favori ağırlıklar atanır. Sonuçta stok kaleminin elde ettiği amaç fonksiyonu değeri o kalemin önem derecesini gösteren skoru olur. Skoru yüksek olan stok kalemine stokta daha çok alan ayırmak da makul bir stratejidir. Buna göre bir stok kalemi  $j$  için  $P(j)$  modeli şu şekilde tanımlanabilir;

**Parametreler**

$m$  kriter sayısı

$n$  stok kalemi sayısı

$z_i^j$ :  $j$ . stok kaleminin  $i$ . kriter değeri  $i = 1,2, \dots, m$   
 $j = 1,2, \dots, n$

**Karar değişkenleri**

$w_i^j$ :  $j$ . stok kaleminin  $i$ . kriterde aldığı favori ağırlık

$$w_i^j \geq 0 \quad i = 1,2, \dots, m \quad (3)$$

Tanımlanan  $P(j)$  modeli bütün stok kalemleri  $j = 1,2, \dots, n$  için çözülecek ve her stok kalemi  $j$ 'ye bir skor atanacaktır. Modelin amaç fonksiyonu stok kalemi  $j$ 'nin alacağı skoru en büyükmektir. (2) nolu kısıt seti ise stok kalemi  $j$ 'ye atanan favori ağırlıklar kullanıldığında bütün stok kalemleri ( $k$ )'nin alacağı skurun en fazla 1.0 olmasını gerektirir. (3) nolu kısıt ise favori ağırlıkların pozitiflik şartıdır. Çizelge 2'de 3 stok kalemi ve 2 kriter olan küçük bir örnek için model ve skorlar verilmiştir.

Çizelge 2. Örnek problem (Example problem)

Stok kalemi $j$	$z_1$	$z_2$
1	0.3	0.5
2	0.2	0.4
3	0.5	0.1

Çizelge 3. Örnek stok kalemlerinin elde ettiği skorlar ve R-modelleri (R-models and scores of example stock keeping units)

$P(1) = Max. 0.3w_1^1 + 0.5w_2^1$	$P(2) = Max. 0.2w_1^2 + 0.4w_2^2$	$P(3) = Max. 0.5w_1^3 + 0.1w_2^3$
<b>Kısıtlar</b>	<b>Kısıtlar</b>	<b>Kısıtlar</b>
$0.3w_1^1 + 0.5w_2^1 \leq 1$	$0.3w_1^2 + 0.5w_2^2 \leq 1$	$0.3w_1^3 + 0.5w_2^3 \leq 1$
$0.2w_1^1 + 0.4w_2^1 \leq 1$	$0.2w_1^2 + 0.4w_2^2 \leq 1$	$0.2w_1^3 + 0.4w_2^3 \leq 1$
$0.5w_1^1 + 0.1w_2^1 \leq 1$	$0.5w_1^2 + 0.1w_2^2 \leq 1$	$0.5w_1^3 + 0.1w_2^3 \leq 1$
$w_1^1, w_2^1 \geq 0$	$w_1^2, w_2^2 \geq 0$	$w_1^3, w_2^3 \geq 0$
<b>Sonuç</b>	<b>Sonuç</b>	<b>Sonuç</b>
$w_1^1 = 0, w_2^1 = 2, P(1) = 1.0$	$w_1^2 = 0, w_2^2 = 2, P(2) = 0.8$	$w_1^3 = 1.818, w_2^3 = 0.909, P(3) = 1.0$

değeri

**R-model**

$P(j)$

$$= Max. \sum_{i=1}^m z_i^j \cdot w_i^j \quad (1)$$

**Kısıtlar**

$$\sum_{i=1}^m z_i^k \cdot w_i^j \leq 1 \quad k = 1,2, \dots, n \quad (2)$$

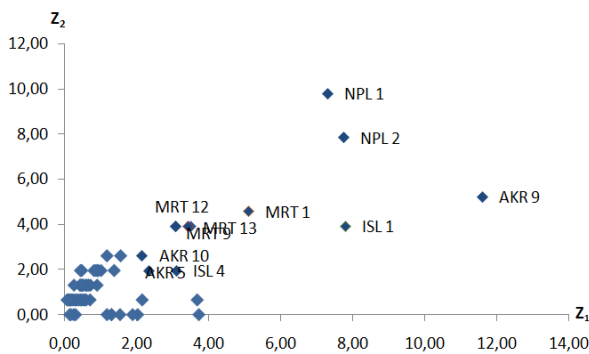
Çizelge 3'te verilen sonuçlara göre eğer stok alanında en fazla 280 bobin stoklama yeri mevcutsa bunun  $\frac{280 \cdot 1.0}{(1.0+0.8+1.0)} = 100$  bobinlik bölümü stok kalemi 1'e, 80 bobinlik yeri stok kalemi 2'ye ve 100 bobinlik yeri stok kalemi 3'e ayrılmalıdır.

Not edilmelidir ki eğer bu örnek stok kalemleri Ramanathan [9] çalışmasına göre ABC olarak sınıflandırılmak istenseydi, skoru 0.86 üzerinde olan stok kalemi 1 ve 3 A sınıfında, stok kalemi 2 ise B sınıfında yer alacaktı.

#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

Uygulamanın yapıldığı işletmede üretilen iplikler ile ilgili veriler Çizelge 4’de sunulmuştur. Bu verilere göre 64 adet iplik mevcuttur. Birinci sütunda iplik bilgisi, ikinci sütunda yıllık talep (kg) miktarı, üçüncü sütunda her iplik türünün toplam talep içindeki yüzdesi, dördüncü sütunda  $Z_1$  kriterinde klasik ABC sınıflandırması, beşinci sütunda her iplik için yıllık olarak kaç partinin renk uyumsuz olarak etiketlendiği ve altıncı sütunda da renk tonu uyumsuz parti miktarının toplam renk tonu uyumsuz parti büyüklüğü içindeki yüzdesi, yedinci sütunda ise  $Z_2$  kriterinde klasik ABC sınıflandırması verilmiştir. Son dört sütunda ise Şekil 1 ve 2’de ki ortak matris yaklaşımına göre gerçekleşen sınıflandırmalar mevcuttur. Bu ortak-sınıflandırmalar yapılırken dördüncü ve yedinci sütunda verilen klasik ABC sınıfları (yaklaşık %70 A, %20 B ve %10 C) dikkate alınmıştır. Bu verilere göre eğer bir iplik tipi hem yıllık talebi yüksek hem de renk tonu uyumsuzluğu yüksekse bu iplik tipi A sınıfında yer almalı ve büyük partiler halinde üretilerek boyanmalıdır. Görüleceği üzere ortak matris sınıflandırmaları farklı yaklaşımlar için farklılık göstermektedir. Gerçek hayatta da karar vericilerin bakış açıları sınıfları belirlemektedir. Örneğin, gürbüz (robust) kararlar almayı tercih eden bir karar verici en kötü (yokluk) senaryosunu düşünerek stok kalemlerini daha çok gözlem altında tutan *tam kötümser* sınıflandırmayı tercih edebilir. Bunun aksine risk almayı tercih eden bir karar verici ise fırsatları değerlendirmek için stok takip yatırımlarını en küçükleyen *tam iyimser* sınıflandırmayı tercih edebilir.

Şekil 3’de ise kriter uzayında stok kalemlerinin dağılımı gösterilmiştir. Buna göre NPL1, NPL2 ve AKR9 domine olmayan stok kalemlerdir. Diğerleri ise bunlar tarafından domine edilmektedir. Şekil de isim etiketleri olan stok kalemleri bütün yaklaşımlarda A sınıfına atanmıştır.



Şekil 3. Stok kalemlerinin kriter uzayında gösterimi (Illustration of stock keeping units in the criterion space)

Yöntemin ikinci aşaması stok kalemleri için R-model çözerek aldıkları skorları bulmaktır. İşletmenin iplik depolamak için 250,000 kg (yaklaşık 250,000 adet bobin) stoklayacak yeri bulunmaktadır. Bu stok alanının iplik türlerine göre paylaşılması stok kalemlerinin elde

ettikleri skorlara göre yapılacaktır. Her bir stok kalemi için R-model çözülmüş ve elde edilen amaç fonksiyonu değeri (skor) Çizelge 5’in ikinci sütununda verilmiştir. Burada 5 senaryo ( $S_1, S_2, \dots, S_5$ ) dikkate alınmıştır. Birinci senaryo, stok kalemlerinin tamamına skorlarına göre alan ataması yapmaktır. Üçüncü sütunda ayrılan alan  $\frac{250,000 * skor_j}{toplam\ skor}$  basit oranı ile hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler üretim parti büyüklükleri üzerinde bir üst sınır oluşturacaktır. Diğer senaryolarda ise sadece A sınıfı kalemlerin stoklanması durumu hesaplanmıştır. Bütün senaryolarda verilen skorlarda gözlenen bir durum ise hiçbir kalemin skorunun değişmemiş olmasıdır. Bunun sebebi stok kalemlerinin üzerinden geçen zarfın yapısından kaynaklanmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde bu zarfın bir köşesinin NPL1 diğer köşesinin ise AKR9’dan geçtiği açıktır. Bunu doğrulamanın bir diğer yolu da Çizelge 5’de sadece bu kalemlerin 1.0 skorunu almasıdır. Diğer stok kalemleri ise bu zarfa göre alabilecekleri en iyi skorları almışlardır. Dolayısıyla bu iki kalemin kriter değerleri değişmediği sürece veya bu iki kalem değerlendirilen kümede yer aldıkları sürece skorlar değişmeyecektir. Ancak farklı senaryoların A grubu içerikleri farklı olduğu için ayrılan alanlar değişmiştir.

#### 4.1. Mevcut Sistem ile Karşılaştırma (Comparison with the Current System)

Bu bölümde mevcut sistem ile önerilen sistemin performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Temel olarak “eğer önerilen sistemde her kaleme ayrılan stok alanı, parti büyüklüğü olarak kullanılsaydı sonuç ne olurdu?” sorusuna cevap aranmıştır. Önerilen sistemde stok alanında her kalem için ne kadar yer ayrılmışsa o kadarlık partiler halinde üretim gerçekleştirilmesi ve tükendikçe (yada bir güvenlik stoğu limitinin altına düştükçe) yeniden üretim emri verilmesi düşünülmüştür. Fabrikanın kapasitesinin (9600 kg akrilik boyama/gün ve 4800 kg yün boyama/gün) bu büyüklükte partileri üretmeye müsait olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 6’nın ikinci ve üçüncü sütununda mevcut sistemdeki yıllık üretilen parti sayısı ve renk uyumsuz parti sayısı verilmiştir. Şu anda işletmenin uyguladığı politika siparişe-göre (make-to-order) üretim politikasına çok yakındır. Örneğin, AKR9 stok kaleminden yılda 48 kere partiler halinde üretim gerçekleştirilmiş bunun 24 tanesinde (yarısı) renk tonu uyumsuzluğu tespit edilmiştir. Bu şu anlama gelmektedir; ikinci partide üretilen iplik bir önceki (birinci) parti ile renk tonu uyumludur ancak üçüncü parti de üretilen iplik ikinci partiden uyumsuzdur. Dördüncü parti de üretilen de üçüncü ile uyumludur. Yani her iki parti de bir renk tonu değişmektedir. NPL2 ipliğinde ise daha vahim bir durum söz konusudur. Üretilen 36 partinin hepsi uyumsuzdur yani sonraki parti daima öncekinden farklı tona sahip olmuştur. Daha öncede belirtildiği gibi bu problemin çözümü iplikleri büyük partiler halinde boyayıp stoklamaktır. Eğer önerilen sistemde hesaplanan stok alanı parti büyüklüğü olarak kullanılsaydı Senaryo 1’de AKR9 ipinden yıllık olarak 10 parti üretilecekti. Mevcut

sistemdeki renk uyumsuzluğu oranı  $\left(\frac{24}{48}\right)$  dikkate alınarak renk uyumsuz parti sayısı da 5 olarak tahmin edilmektedir. Dolayısıyla renk uyumsuz parti sayısında önemli bir düşme gerçekleşecektir. Diğer senaryolarda ise sadece A sınıfı kalemlerinin stokta tutulması söz konusu olduğu için parti sayıları daha da azalmakta ve renk uyumsuz parti sayılarında önemli düşmeler görülmektedir. Bu senaryolarda diğer sınıflardaki (B ve C) ipliklerin boyaması ise mevcut sistemdeki gibi kabul edilmiştir. Son satırda verilen toplam renk uyumsuz parti

sayıları incelediğinde mevcut durumda yıllık 459 partinin renk uyumsuz olduğu ancak Senaryo 1 uygulanırsa bu rakamın 192'ye düşeceği, Senaryo 2 uygulanırsa 211'e, Senaryo 3 uygulanırsa 206 ve Senaryo 4/5 uygulanırsa 261'e düşeceği öngörülmüştür. Dolayısıyla renk uyumsuzluğunu düşürmek için en iyi senaryo S1 olarak görülmektedir.

**Çizelge 4.** İplik tipleri ve yöntemin birinci aşaması için sınıflandırmalar (Yarn types and classification at the first stage of the approach)

Renk kodu	Yıllık talep (kg)	Z1: Talep %	Z1 kriterinde ABC	Renk tonu uyumsuz parti sayısı	Z2: Renk uyumsuzluğu %	Z2 kriterinde ABC	Ortak-matris sınıflandırması			
							F&W	Tam kötümser	Tam iyimser	Keskinlik
AKR 9	190500	11.60	A	24	5.23	A	A	A	A	A
ISL 1	128200	7.80	A	18	3.92	A	A	A	A	A
NPL 2	127500	7.76	A	36	7.84	A	A	A	A	A
NPL 1	120200	7.32	A	45	9.80	A	A	A	A	A
MRT 1	84000	5.11	A	21	4.58	A	A	A	A	A
MRT 9	57700	3.51	A	18	3.92	A	A	A	A	A
MRT 13	56500	3.44	A	18	3.92	A	A	A	A	A
ISL 4	51100	3.11	A	9	1.96	A	A	A	A	A
MRT 12	50800	3.09	A	18	3.92	A	A	A	A	A
AKR 5	38800	2.36	A	9	1.96	A	A	A	A	A
AKR 10	35500	2.16	A	12	2.61	A	A	A	A	A
NPL 8	60740	3.70	A	3	0.65	B	A	A	B	B
AKR 2	35600	2.17	A	3	0.65	B	A	A	B	B
AKR 6	61500	3.74	A	0	0.00	C	B	A	C	B
AKR 13	35550	2.04	A	0	0.00	C	B	A	C	B
NPL 5	31250	1.90	A	0	0.00	C	B	A	C	B
MRT 15	25750	1.57	B	12	2.61	A	A	A	B	B
AKR 15	22800	1.39	B	9	1.96	A	A	A	B	B
MRT 22	19500	1.19	B	12	2.61	A	A	A	B	B
MRT 6	16800	1.02	B	9	1.96	A	A	A	B	B
MRT 18	15500	0.94	B	9	1.96	A	A	A	B	B
MRT 10	15300	0.93	B	9	1.96	A	A	A	B	B
AKR 11	14500	0.88	B	9	1.96	A	A	A	B	B
NPL 3	13584	0.83	B	9	1.96	A	A	A	B	B
MRT 11	15000	0.91	B	6	1.31	B	B	B	B	B
MRT 16	12000	0.73	B	6	1.31	B	B	B	B	B
MRT 14	11800	0.72	B	3	0.65	B	B	B	B	B
MRT 17	11000	0.67	B	6	1.31	B	B	B	B	B
MRT 19	11000	0.67	B	6	1.31	B	B	B	B	B
NPL 4	25500	1.55	B	0	0.00	C	C	B	C	B
AKR 7	21600	1.31	B	0	0.00	C	C	B	C	B
AKR 8	21600	1.31	B	0	0.00	C	C	B	C	B
AKR 4	19500	1.19	B	0	0.00	C	C	B	C	B
AKR 14	8000	0.49	C	9	1.96	A	B	A	C	B
AKR 16	7400	0.45	C	9	1.96	A	B	A	C	B
MRT 7	10100	0.61	C	6	1.31	B	C	B	C	B
MRT 4	10000	0.61	C	3	0.65	B	C	B	C	B
YUN 1	9700	0.59	C	6	1.31	B	C	B	C	B
YUN 4	9200	0.56	C	3	0.65	B	C	B	C	B
YUN 2	8900	0.54	C	3	0.65	B	C	B	C	B
MRT 5	8500	0.52	C	6	1.31	B	C	B	C	B
ISL 5	8500	0.52	C	6	1.31	B	C	B	C	B
MRT 8	8200	0.50	C	6	1.31	B	C	B	C	B
ISL 2	8000	0.49	C	6	1.31	B	C	B	C	B
AKR 1	7900	0.48	C	3	0.65	B	C	B	C	B
AKR 12	7590	0.46	C	3	0.65	B	C	B	C	B
MRT 21	7300	0.44	C	6	1.31	B	C	B	C	B
AKR 18	7200	0.44	C	6	1.31	B	C	B	C	B
AKR 21	6700	0.41	C	3	0.65	B	C	B	C	B
MRT 2	6000	0.37	C	3	0.65	B	C	B	C	B
MRT 3	5000	0.30	C	3	0.65	B	C	B	C	B
NPL 7	5000	0.30	C	3	0.65	B	C	B	C	B
YUN 6	4450	0.27	C	6	1.31	B	C	B	C	B
AKR 19	5200	0.32	C	0	0.00	C	C	C	C	C
ISL 3	4300	0.26	C	0	0.00	C	C	C	C	C
AKR 17	4000	0.24	C	3	0.65	C	C	C	C	C
MRT 20	3500	0.21	C	3	0.65	C	C	C	C	C
AKR 3	3000	0.18	C	0	0.00	C	C	C	C	C
AKR 22	2800	0.17	C	3	0.65	C	C	C	C	C
YUN 5	2600	0.16	C	3	0.65	C	C	C	C	C
NPL 6	2500	0.15	C	0	0.00	C	C	C	C	C
YUN 3	2250	0.14	C	3	0.65	C	C	C	C	C
AKR 23	1515	0.09	C	3	0.65	C	C	C	C	C
AKR 20	1350	0.08	C	3	0.65	C	C	C	C	C

**Çizelge 5.** Beş farklı senaryoda stok kalemlerinin elde ettiği R-model skorları ve atanan stok alanları (R-model scores of stock keeping units and assigned storage areas in terms of five different scenarios)

Renk kodu	S1: Her stok kalemine alan ayır		S2: F&W' ye göre sadece A sınıfına alan ayır			S3: Tam kötümser'e göre sadece A sınıfına alan ayır			S4: Tam iyimser'e göre sadece A sınıfına alan ayır			S5: Kesinlik'e göre sadece A sınıfına alan ayır		
	Skor	Stok alanı (kg)	Sınıf	Skor	Stok alanı (kg)	Sınıf	Skor	Stok alanı (kg)	Sınıf	Skor	Stok alanı (kg)	Sınıf	Skor	Stok alanı (kg)
AKR 9	1.000	19191	A	1.000	29319	A	1.000	26072	A	1.000	39752	A	1.000	39752
ISL 1	0.695	13338	A	0.695	20376	A	0.695	18120	A	0.695	27628	A	0.695	27628
NPL 2	0.915	17560	A	0.915	26827	A	0.915	23855	A	0.915	36373	A	0.915	36373
NPL 1	1.000	19191	A	1.000	29319	A	1.000	26072	A	1.000	39752	A	1.000	39752
MRT 1	0.570	10939	A	0.570	16712	A	0.570	14861	A	0.570	22659	A	0.570	22659
MRT 9	0.435	8348	A	0.435	12754	A	0.435	11341	A	0.435	17292	A	0.435	17292
MRT 13	0.431	8271	A	0.431	12636	A	0.431	11237	A	0.431	17133	A	0.431	17133
ISL 4	0.300	5757	A	0.300	8796	A	0.300	7821	A	0.300	11926	A	0.300	11926
MRT 12	0.410	7868	A	0.410	12021	A	0.410	10689	A	0.410	16298	A	0.410	16298
AKR 5	0.254	4874	A	0.254	7447	A	0.254	6622	A	0.254	10097	A	0.254	10097
AKR 10	0.279	5354	A	0.279	8180	A	0.279	7274	A	0.279	11091	A	0.279	11091
NPL 8	0.319	6122	A	0.319	9353	A	0.319	8317	B			B		
AKR 2	0.187	3589	A	0.187	5483	A	0.187	4875	B			B		
AKR 6	0.322	6179	B			A	0.322	8395	C			B		
AKR 13	0.176	3378	B			A	0.176	4589	C			B		
NPL 5	0.164	3147	B			A	0.164	4276	C			B		
MRT 15	0.266	5105	A	0.266	7799	A	0.266	6935	B			B		
AKR 15	0.200	3838	A	0.200	5864	A	0.200	5214	B			B		
MRT 22	0.266	5105	A	0.266	7799	A	0.266	6935	B			B		
MRT 6	0.200	3838	A	0.200	5864	A	0.200	5214	B			B		
MRT 18	0.200	3838	A	0.200	5864	A	0.200	5214	B			B		
MRT 10	0.200	3838	A	0.200	5864	A	0.200	5214	B			B		
AKR 11	0.200	3838	A	0.200	5864	A	0.200	5214	B			B		
NPL 3	0.200	3838	A	0.200	5864	A	0.200	5214	B			B		
MRT 11	0.134	2572	B			B			B			B		
MRT 16	0.134	2572	B			B			B			B		
MRT 14	0.081	1554	B			B			B			B		
MRT 17	0.134	2572	B			B			B			B		
MRT 19	0.134	2572	B			B			B			B		
NPL 4	0.134	2572	C			B			C			B		
AKR 7	0.113	2169	C			B			C			B		
AKR 8	0.113	2169	C			B			C			B		
AKR 4	0.103	1977	C			B			C			B		
AKR 14	0.200	3838	B			A	0.200	5214	C			B		
AKR 16	0.200	3838	B			A	0.200	5214	C			B		
MRT 7	0.134	2572	C			B			C			B		
MRT 4	0.074	1420	C			B			C			B		
YUN 1	0.134	2572	C			B			C			B		
YUN 4	0.071	1363	C			B			C			B		
YUN 2	0.070	1343	C			B			C			B		
MRT 5	0.134	2572	C			B			C			B		
ISL 5	0.134	2572	C			B			C			B		
MRT 8	0.134	2572	C			B			C			B		
ISL 2	0.134	2572	C			B			C			B		
AKR 1	0.066	1267	C			B			C			B		
AKR 12	0.066	1267	C			B			C			B		
MRT 21	0.134	2572	C			B			C			B		
AKR 18	0.134	2572	C			B			C			B		
AKR 21	0.066	1267	C			B			C			B		
MRT 2	0.066	1267	C			B			C			B		
MRT 3	0.066	1267	C			B			C			B		
NPL 7	0.066	1267	C			B			C			B		
YUN 6	0.134	2572	C			B			C			B		
AKR 19	0.028	537	C			C			C			C		
ISL 3	0.022	422	C			C			C			C		
AKR 17	0.066	1267	C			C			C			C		
MRT 20	0.066	1267	C			C			C			C		
AKR 3	0.016	307	C			C			C			C		
AKR 22	0.066	1267	C			C			C			C		
YUN 5	0.066	1267	C			C			C			C		
NPL 6	0.013	249	C			C			C			C		
YUN 3	0.066	1267	C			C			C			C		
AKR 23	0.066	1267	C			C			C			C		
AKR 20	0.066	1267	C			C			C			C		

**Çizelge 6.** Mevcut sistem ile önerilen sistemdeki beş farklı senaryonun karşılaştırılması (Comparison of five scenarios in the proposed system and the current system)

Renk kodu	Mevcut sistem		S1		S2		S3		S4		S5	
	Parti sayısı	Renk uyumsuz parti sayısı	Parti sayısı	Renk uyumsuz parti sayısı	Parti sayısı	Renk uyumsuz parti sayısı	Parti sayısı	Renk uyumsuz parti sayısı	Parti sayısı	Renk uyumsuz parti sayısı	Parti sayısı	Renk uyumsuz parti sayısı
AKR 9	48	24	10	5 (A)	6	3 (A)	7	4 (A)	5	2 (A)	5	2 (A)
ISL 1	33	18	10	5 (A)	6	3 (A)	7	4 (A)	5	3 (A)	5	3 (A)
NPL 2	36	36	7	7 (A)	5	5 (A)	5	5 (A)	4	4 (A)	4	4 (A)
NPL 1	45	45	6	6 (A)	4	4 (A)	5	5 (A)	3	3 (A)	3	3 (A)
MRT 1	24	21	8	7 (A)	5	4 (A)	6	5 (A)	4	3 (A)	4	3 (A)
MRT 9	18	18	7	7 (A)	5	5 (A)	5	5 (A)	3	3 (A)	3	3 (A)
MRT 13	18	18	7	7 (A)	4	4 (A)	5	5 (A)	3	3 (A)	3	3 (A)
ISL 4	24	9	9	3 (A)	6	2 (A)	7	2 (A)	4	2 (A)	4	2 (A)
MRT 12	18	18	6	6 (A)	4	4 (A)	5	5 (A)	3	3 (A)	3	3 (A)
AKR 5	18	9	8	4 (A)	5	3 (A)	6	3 (A)	4	2 (A)	4	2 (A)
AKR 10	21	12	7	4 (A)	4	2 (A)	5	3 (A)	3	2 (A)	3	2 (A)
NPL 8	21	3	10	1 (A)	6	1 (A)	7	1 (A)	21	3	21	3
AKR 2	21	3	10	1 (A)	6	1 (A)	7	1 (A)	21	3	21	3
AKR 6	21	0	10	0 (A)	21	0	7	0 (A)	21	0	21	0
AKR 13	18	0	10	0 (A)	18	0	7	0 (A)	18	0	18	0
NPL 5	36	0	10	0 (A)	36	0	7	0 (A)	36	0	36	0
MRT 15	12	12	5	5 (B)	3	3 (A)	4	4 (A)	12	12	12	12
AKR 15	9	9	6	6 (B)	4	4 (A)	4	4 (A)	9	9	9	9
MRT 22	12	12	4	4 (B)	3	3 (A)	3	3 (A)	12	12	12	12
MRT 6	9	9	4	4 (B)	3	3 (A)	3	3 (A)	9	9	9	9
MRT 18	9	9	4	4 (B)	3	3 (A)	3	3 (A)	9	9	9	9
MRT 10	9	9	4	4 (B)	3	3 (A)	3	3 (A)	9	9	9	9
AKR 11	9	9	4	4 (B)	2	2 (A)	3	3 (A)	9	9	9	9
NPL 3	9	9	4	4 (B)	2	2 (A)	3	3 (A)	9	9	9	9
MRT 11	6	6	6	6 (B)	6	6	6	6	6	6	6	6
MRT 16	6	6	5	5 (B)	6	6	6	6	6	6	6	6
MRT 14	6	3	8	4 (B)	6	3	6	3	6	3	6	3
MRT 17	6	6	4	4 (B)	6	6	6	6	6	6	6	6
MRT 19	6	6	4	4 (B)	6	6	6	6	6	6	6	6
NPL 4	30	0	10	0 (B)	30	0	30	0	30	0	30	0
AKR 7	12	0	10	0 (B)	12	0	12	0	12	0	12	0
AKR 8	15	0	10	0 (B)	15	0	15	0	15	0	15	0
AKR 4	12	0	10	0 (B)	12	0	12	0	12	0	12	0
AKR 14	9	9	2	2 (C)	9	9	2	2 (A)	9	9	9	9
AKR 16	9	9	2	2 (C)	9	9	1	1 (A)	9	9	9	9
MRT 7	6	6	4	4 (C)	6	6	6	6	6	6	6	6
MRT 4	6	3	7	4 (C)	6	3	6	3	6	3	6	3
YUN 1	9	6	4	3 (C)	9	6	9	6	9	6	9	6
YUN 4	9	3	7	2 (C)	9	3	9	3	9	3	9	3
YUN 2	9	3	7	2 (C)	9	3	9	3	9	3	9	3
MRT 5	6	6	3	3 (C)	6	6	6	6	6	6	6	6
ISL 5	9	6	3	2 (C)	9	6	9	6	9	6	9	6
MRT 8	6	6	3	3 (C)	6	6	6	6	6	6	6	6
ISL 2	6	6	3	3 (C)	6	6	6	6	6	6	6	6
AKR 1	9	3	6	2 (C)	9	3	9	3	9	3	9	3
AKR 12	6	3	6	3 (C)	6	3	6	3	6	3	6	3
MRT 21	6	6	3	3 (C)	6	6	6	6	6	6	6	6
AKR 18	9	6	3	2 (C)	9	6	9	6	9	6	9	6
AKR 21	6	3	5	3 (C)	6	3	6	3	6	3	6	3
MRT 2	3	3	5	5 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
MRT 3	3	3	4	4 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
NPL 7	3	3	4	4 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
YUN 6	6	6	2	2 (C)	6	6	6	6	6	6	6	6
AKR 19	6	0	10	0 (C)	6	0	6	0	6	0	6	0
ISL 3	6	0	10	0 (C)	6	0	6	0	6	0	6	0
AKR 17	6	3	3	2 (C)	6	3	6	3	6	3	6	3
MRT 20	3	3	3	3 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
AKR 3	3	0	10	0 (C)	3	0	3	0	3	0	3	0
AKR 22	3	3	2	2 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
YUN 5	3	3	2	2 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
NPL 6	3	0	10	0 (C)	3	0	3	0	3	0	3	0
YUN 3	3	3	2	2 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
AKR 23	3	3	1	1 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
AKR 20	3	3	1	1 (C)	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Toplam</b>	<b>774</b>	<b>459</b>	<b>374</b>	<b>192</b>	<b>440</b>	<b>211</b>	<b>385</b>	<b>206</b>	<b>512</b>	<b>261</b>	<b>512</b>	<b>261</b>

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada stok alanı atama problemi ve bununla yakın ilişkili olan parti büyüklüğü üst sınır belirleme problemi ele alınmıştır. Ele alınan problem bir halı dokuma fabrikasının boyama bölümündeki renk tonu uyumsuzluğu sorunundan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla iplik hammaddelerinin büyük partiler halinde boyanıp stoklanması bir çözümdür. Ancak 250,000 (kg) kapasiteli stok alanından her iplik türüne ne kadar yer ayrılacağı belirlenmesi için iki aşamalı bir yaklaşım önerilmiştir. Problem iki kriterli ABC analizi olarak ele alınmıştır. Farklı senaryolar değerlendirilmiş ve renk tonu uyumsuzluğunu en çok düşürecek senaryonun birinci senaryo olduğu görülmüştür. İlginç olan bir konu

ise birinci senaryonun sınıflandırmadan bağımsız olarak her stok kaleminin ikinci aşamada elde ettiği skora göre alan paylaşılması yapılmasıdır. Diğer senaryolarda ise A sınıfının değiştirilmesiyle daha iyi sonuçlar elde etmek mümkün olabilir. Eğer ki A sınıfının hacmi özellikle renk tonu uyumsuzluğu yüksek olan iplikler yönünde genişletirse belki Senaryo 1'den daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Bu aşamada "hangi ipliklere ne kadar yer ayrıldığında renk uyumsuz parti sayısı en küçüklenir?" sorusu da gündeme gelmektedir. Bu sorunun cevabı için bir doğrusal/doğrusal olmayan bir matematiksel programlama modeli geliştirilmesi ileri araştırma konusu olarak değerlendirilebilir.



**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Kobu B. "Üretim Yönetimi", Beta Basım Dağıtım,13.Baskı, 2006.
2. Hausman W. H., Schwarz L. B., and Graves S. C., "Optimal storage assignment in automatic warehousing systems", *Management Science*, 22(6): 629-638, (1976).
3. Petersen C. G., Aase G. R., and Heiser D. R., "Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(7): 534-544, (2004).
4. Hackman S. T., Rosenblatt M. J., and Olin J. M., "Allocating items to an automated storage and retrieval system", *IIE transactions*, 22(1): 7-14, (1990).
5. Van den Berg J. P., and Zijm W. H. M., "Models for warehouse management: Classification and examples", *International Journal of Production Economics*, 59(1): 519-528, (1999).
6. Silver E. A., Pyke D. F., and Peterson R., "Inventory management and production planning and scheduling", *Wiley*, New York, (1998).
7. Viale J. D., "Inventory Management: From Warehouse to Distribution Center", Course Technology Crisp. Menlo Park, CA, US, (1996).
8. Flores B. E., and Whybark, D. C., "Implementing multiple criteria ABC analysis", *Journal of Operations Management*, 7(1-2): 79-85, (1987).
9. Ramanathan, R., "ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization", *Computers & Operations Research*, 33(3): 695-700, (2006).
10. Zhou P., and Fan L., "A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization", *European Journal of Operational Research*, 182(3): 1488-1491, (2007).
11. Ng W. L., "A simple classifier for multiple criteria ABC analysis", *European Journal of Operational Research*, 177(1): 344-353, (2007).
12. Kıyak E., Timuş O. H., ve Karayel M., "Inventory classification with ABC analysis", *Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 11(2): 11-24, (2015).
13. Chen Y., Li K. W., Kilgour D. M., and Hipel K. W., "A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis", *Computers & Operations Research*, 35(3): 776-796, (2008).
14. Soylu B., and Akyol B., "Multi-criteria inventory classification with reference items", *Computers & Industrial Engineering*, 69: 12-20, (2014).
15. Partovi F. Y., and Anandarajan M., "Classifying inventory using an artificial neural network approach", *Computers & Industrial Engineering*, 41(4): 389-404, (2002).
16. Özdemir A. ve Özveri O., "Çok kriterli envanter sınıflandırılmasında analitik hiyerarşi süreci analizinin uygulanması", *D.E.Ü.İ.İ.B.F. dergisi*, 19(2): 137-154, (2004).
17. Çakır O. and Canbolat M. S., "A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology", *Expert Systems with Applications*, 35(3): 1367-1378, (2008).
18. Ertuğrul İ., ve Tanrıverdi Y., "Stok Kontrolde ABC Yöntemi ve AHP Analizlerinin İplik İşletmesine Uygulanması", *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1), (2013).
19. Güvenir H.A., and Erel E., "Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm", *European Journal of Operational Research*, 105: 29-37, 1998.
20. Chu C. W., Liang G. S., and Liao C. T., "Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification", *Computers & Industrial Engineering*, 55(4): 841-851, (2008).
21. Keskin G.A., and Özkan C., "Multiple criteria ABC analysis with FCM clustering", *Journal of Industrial Engineering*, 2013: 1-7, (2013).
22. Partovi F. Y., and Hopton W. E., "The analytic hierarchy process as applied to two types of inventory problems", *Production and Inventory Management Journal*, 35(1): 13-19. (1994).
23. Jumabaeva J., "Hafif Raylı Sistemlerde Yedek Parça Stoklarının Sınıflandırılması İçin Çok Ölçütlü ABC Analizi İle Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı", *Yüksek Lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011).
24. Bhattacharya A., Sarkar B., and Mukherjee S. K., "Distance-based consensus method for ABC analysis", *International Journal of Production Research*, 45(15): 3405-3420, (2007).
25. Kılıç A., Aygün S., Keskin G. A., ve Baynal K., "Çok kriterli ABC analizi problemine farklı bir bakış açısı: bulanık analitik hiyerarşi prosesi-ideal çözüme yakınlığa göre tercih sıralama tekniği", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5): 179-188, (2014).