

Hazır Giyim Üretiminde Kumaş Kalitesine Etki Eden Faktörlerin Bulanık DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Analizi

*¹Esra Kurt TEKEZ, ²Tijen ÖVER ÖZÇELİK

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, etekez@sakarya.edu.tr, 

²Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, tover@sakarya.edu.tr, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 11.07.2018

Kabul Tarihi: 17.08.2018

Öz

Hazır giyim üretiminde giysilerin ana malzemesi olan kumaşın kalite düzeyi, müşteriye hatasız ürünlerin teslimi açısından oldukça önemlidir. Hatalı ürün müşteri kaybına sebep olabileceği gibi, eğer müşteriye teslim edilmeden önce tespit edilmişse de yeniden işlemenin getirdiği zaman ve işçilik kayıpları gibi üretim kayıplarına sebep olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, konfeksiyon üretimi yapan bir fabrikada kumaş kalitesine etki eden faktörler bulanık DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) tekniği ile analiz edilmiştir. Kullanılan yöntem ile bu faktörlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin ortaya konulması ve kumaş kalitesi üzerindeki etki değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada DEMATEL tekniğinin bulanık küme teorisinden faydalanarak güçlendirilmesi ile uzmanların sahip oldukları bilgi ve tecrübelerinin ışığında yaptıkları dilsel değerlendirmelerin içerdiği belirsizliğin üstesinden gelinmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, boyama işleminde kullanılan suyun sertliği faktörü, kaliteye etki eden en önemli faktör olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık DEMATEL, çok kriterli karar verme, kumaş kalitesi.

Analysis of Factors Affecting Fabric Quality in Apparel Production Using Fuzzy DEMATEL

*¹Esra Kurt TEKEZ, ²Tijen ÖVER ÖZÇELİK

^{1,2}Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Abstract

Quality of fabric in the apparel industry is crucial in terms of delivering the customers defect-free products. A defected product not only causes the loss of customers but also, if the defect is detected before it is delivered to the customer, causes loss in production such as time and labor. Because of these reasons, fuzzy DEMATEL (The Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) technique has been used to analyze the factors that affect the quality of the fabric in a ready-made clothing factory. In addition; the DEMATEL technique being reinforced by the fuzzy set theory will eliminate the uncertainties included in the linguistic evaluations that were prepared in the light of the knowledge and experiences of experts. This study's novelty is the use of the fuzzy DEMATEL method for analyzing the factors that may affect quality of the fabric used.

Keywords: Fuzzy DEMATEL, multi-criteria decision making, fabric quality.

1. GİRİŞ

Hazır giyim sanayi, çıktılarını bireysel müşteri ile buluşan tekstil sektörünün son halkası konumundadır. Bu nedenle

ürün kalitesi daha da önemli hale gelmektedir. Ürün kalitesi, üretim sürecinde kullanılan malzeme kalitesine ve yapılan üretim operasyonlarına bağlıdır. Bu sebeple, seçilen malzemenin kalitesi ve üretim esnasında hedef olarak beklenen kaliteye ulaşmak önemli bir unsurdur.

*¹Sorumlu yazar: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, etekez@sakarya.edu.tr

Kalite düzeyi yüksek kumaşlardan giysi üretimi, kullanıcıya konfor vermesinin yanında, üretim aşamalarında hatasız ürün ortaya çıkmasını sağlar [1]. Bu da hazır giyimde kumaş kalitesinin hem imalatçılar hem müşteriler için ne kadar önemli bir parametre olduğunun göstergesidir.

Gürarda [1] giysi oluşumunda konfeksiyon işlemleri ile kumaş özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve "ideal" kumaşın bulunmasını hedeflemiştir. Kalaoglu [2] konfeksiyonda dikim sırasında dikiş hasarlarına neden olan faktörleri araştırmış, bu faktörleri; malzeme değişkenleri ve makine değişkenleri olmak üzere iki grup altında incelemiştir. Benzer olarak, Kaya ve Erdoğan [3] dikim bölümündeki hatalara neden olan faktörleri araştırmışlardır. İstatistiksel analizler için tek yönlü varyans analizi, duncan testi ve korelasyon analizi kullanılmıştır. Çalışma yapılan üretim biriminde araştırma kapsamında incelenen işlem, işgören ve tekrar sayısı faktörlerinin dikim işlemi sırasında kalite hatalarını etkileyen faktörler olduğu, buna karşın makine tipinin kalite hatalarını etkilemediği belirlenmiştir.

Demir ve Mutlu [4], boyahanede kumaş rengine etki eden faktörlerin istatistiksel deney tasarımı yöntemi ile belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, boyama sonrası uygulanan işlemlerden (fiksator kullanımı, yumuşatıcı kullanımı, sabunlama ve kaynatma yapılması) hiçbirinin yıkama haslığı (farklı yıkama koşullarında rengin gösterdiği dayanıklılık derecesi) üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Benzer olarak deneysel tasarım analizi için gri-Taguchi metodunu kullanan Masaeli ve arkadaşları [5] elastan iplik içeren dokuma kumaşların katlanma ve boncuklanma performansı üzerindeki iplik, kumaş ve makine parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. Bu araştırmada seçilen faktörlerin çeşitliliği arasında sadece dokuma deseni ve atkı yoğunluğunun elastik dokumalı kumaşların üzerinde oluşan boncuk sayısını önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Kumaş kalitesine etki eden birçok faktör olduğundan ve çoklu karar kriterlerinin eş zamanlı olarak dikkate alınmasını gerektirdiğinden, çok kriterli karar verme tekniklerinin bu alanda kullanımı önemli faydalar sağlayacaktır. Literatürde çok kriterli karar verme teknikleri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, kumaş kalitesinin belirlenmesine yönelik araştırmalar görülmemesine rağmen, tekstilin diğer alanlarında karar verme tekniklerinden yararlanılmıştır.

Örneğin; Mitra ve arkadaşları [6] yirmi beş el dokuma pamuklu kumaşın yazlık giyim malzemesi olarak seçimi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Çarpımsal Analitik Hiyerarşi Süreci (MAHP) tekniklerinden faydalanmışlardır. Değerlendirme faktörü olarak hava geçirgenliği, döküm katsayısı ve termal direnç sonuçları olarak üç faktör üzerinden inceleme yapmışlardır. Fallahpour ve Moghassem [7] son ipliğin özelliklerini ve sonraki prosesi etkileyen iplik hazırlama parametrelerinin seçimi için VIKOR tekniğini kullanmışlardır. Majumdar ve arkadaşları [8] göbek rotor

iplik makinasının seçimi için AHP ve TOPSIS tekniklerini kullanmışlardır.

Bu çalışmada, kumaş kalitesini etkileyebilecek olan faktörler arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması ile etkileyen ve etkilenen kriterlerin belirlenmesi ve bunların önem derecesine göre sıralanması amacıyla, çok kriterli karar verme tekniklerinden DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir. DEMATEL yönteminin sağladığı en önemli fayda, nedensellik ilişkisinin belirlenmesi bir başka ifade ile sebep ve sonuç kategorilerinin oluşturulmasıdır. Ayrıca değerlendirme sürecinin zorluğu ve karar almadaki belirsizliğin üstesinden gelebilmek için DEMATEL yönteminde bulanık küme teorisinden [9] faydalanılmıştır. Böylece uzmanlardan yılların tecrübesini yansıttıkları değerlendirmelerini, karar vermede zorlandıkları nicel ifadeler yerine dilsel ifadelerle almak mümkün olmuştur.

Bulanık DEMATEL yöntemi farklı bilim dallarına ait problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Tedarik zinciri model ve problemlerinin [10,11] çözümü, elektrik tüketim modelini etkileyen faktörlerin belirlenmesi [12], ham petrol tankeri gemilerinde kritik operasyonel tehlikelerin değerlendirilmesi [13], pazarlama ve tüketici davranışlarının belirlenmesi [14,15], bilgi yönetimi için kritik başarı faktörlerinin incelenmesi [16,17] bunlara örnek olarak verilebilir. Literatür incelendiğinde; özellikle çok sayıda kriteri içeren karmaşık problemlerin çözümünde hangi kriterlerin etkileyen ve hangilerinin etkilenen kriterler olduğunun belirlenmesinde bulanık DEMATEL yönteminden faydalandığı görülmektedir. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda genellikle on ile yirmi arasında değişen sayıdaki faktörlerin incelenmesinde bu yöntemin başarılı olarak uygulanabildiği gözlemlenmiştir. Bu dikkate alınarak, bu çalışmada on dört faktör üzerinden değerlendirme yapılmaktadır.

Çok kriterli karar verme tekniklerinden yukarıda da özetlendiği gibi tekstil alanında genellikle sınırlı parametreler üzerinden kumaş seçimi, iplik makinalarının ve iplik parametrelerinin seçimi gibi problemlerin çözümünde faydalanılmıştır. Ancak kumaş kalitesinin belirlenmesi konusunda bir eksiklik vardır. Bu çalışma bu eksikliği gidererek literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu çalışmanın yeniliği, bulanık DEMATEL yönteminin hazır giyim üretiminin en önemli girdisi olan kumaş kalitesi üzerinde etkili olabilen faktörlerin analizi için uygulanmasıdır. Bu makale, bir sonraki bölümde çalışmada uygulanan yöntemin tanımlanması ile devam eder, sonraki bölümde ise iç giyim fabrikasında yapılan bulanık DEMATEL uygulaması sunulacak ve son bölümde de elde edilen sonuçlar tartışılacaktır.

2. YÖNTEM

Faktörlerin hangilerinin etkileyen ve hangilerinin etkilenen olduğunun bulunması, ele alınan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir aşamadır. Bulanık DEMATEL, karmaşık problemlerin neden-sonuç ilişkisini bulanık

ortamlarda analiz etmek için Lin ve Wu [18, 19] tarafından geliştirilen bir tekniktir. Bu çalışmada bulanık DEMATEL tekniği CFCS (Converting Fuzzy Data into Crisp Scores) durulaştırma tekniği ile birlikte uygulanmıştır.

2.1. Bulanık DEMATEL

Bu çalışmada uygulanan bulanık DEMATEL yönteminin prosedürü, aşağıda açıklanmıştır:

1.Adım: Değerlendirme faktörlerinin belirlenerek uzman görüşlerinin alınması. Etkileyen ve etkilenen faktörlerin belirlenmesi için bu faktörler arasındaki anlamlı ilişkilerin uzmanlar tarafından oluşturulması gerekir. Bunun için ikili karşılaştırılmalarda; uzmandan alınan dilsel ifadenin karşılığı olarak Tablo 1’de gösterilen ölççek kullanılmıştır.

Tablo1.Dilsel ifadelerin bulanık karşılıkları [20]

Dilsel İfadeler	Bulanık Karşılıkları
Çok Az Etkili	(0,00;0,00;0,025)
Az Etkili	(0,00;0,25;0,50)
Normal Etkili	(0,25;0,50;0,75)
Fazla Etkili	(0,50;0,75;1,00)
Çok Fazla Etkili	(0,75;1,00;1,00)

2.Adım: Direk ilişki matrisinin oluşturulması. Değerlendirme faktörleri arasındaki ilişkilerin düzeylerini ölçmek için her bir uzman tarafından dilsel ifadeler ile ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karar grubunun p tane uzmandan oluştuğu farz edilirse, p tane bulanık karar matrisi elde edilir. Bulanık başlangıç direk ilişki matrisi, bu matrislerin ortalaması alınarak aşağıda gösterildiği gibi elde edilir.

$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{Z}^1 + \tilde{Z}^2 + \tilde{Z}^3 \dots + \tilde{Z}^p}{p} \quad (1)$$

$$\tilde{Z} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12} & \dots & \tilde{z}_{1n} \\ \tilde{z}_{21} & 0 & & \vdots \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ \tilde{z}_{n1} & \dots & & 0 \end{bmatrix}$$

Z_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) üçgensel bulanık sayısı i. faktörün j. faktörü etkileme düzeyini göstermektedir.

3. Adım: Normalize edilmiş direk ilişki matrisinin oluşturulması: Bulanık direk ilişki matrisi eşitlik 2 ve 3’ün kullanılmasıyla normalize edilir. \tilde{X} normalize edilmiş direk ilişki matrisidir.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \dots & \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r} \right) \quad (2)$$

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad (3)$$

4. Adım: Toplam ilişki bulanık matrisinin oluşturulması. Normalize edilmiş direk ilişki matrisi elde edildikten sonra eşitlik 4 kullanılarak toplam ilişki matrisi oluşturulacaktır. Eşitlik 4 deki işlemler, üçgensel bulanık sayıların (l,m,u) her biri için aşağıda görüldüğü gibi, ayrı bir matris olarak ele alınması ile yapılır ve \tilde{T} ile gösterilen tek bir toplam ilişki matrisinde birleştirilir.

$$\tilde{T} = \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \tilde{X}^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}^i = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (4)$$

$$X_l = \begin{bmatrix} 0 & \dots & l_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad X_m = \begin{bmatrix} 0 & \dots & m_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_u = \begin{bmatrix} 0 & \dots & u_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

5. Adım: Durulaştırma: Üçgensel sayılardan oluşan toplam ilişki bulanık matrisi durulaştırılarak aşağıdaki \tilde{T}^{def} matrisi elde edilir.

$$\tilde{T}^{def} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11}^{def} & \dots & \tilde{t}_{1n}^{def} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1}^{def} & \dots & \tilde{t}_{nn}^{def} \end{bmatrix}$$

Bu çalışmada CFCS metodu kullanılarak durulaştırma yapılmaktadır. Bu metod bölüm 2.2 de açıklanmaktadır.

6. Adım: Gönderici ve alıcı grupların belirlenmesi. Toplam ilişki matrisinin durulaştırılmış değerleri üzerinden satır elemanlarının toplamı D_i, sütun elemanlarının toplamı R_i olacak şekilde, D_i +R_i ve D_i-R_i değerleri hesaplanır. D_i+R_i değeri, i faktörünün tüm sistemde oynadığı önem derecesini gösterir. D+R'nin daha büyük değerine sahip olan faktör, diğer faktörlerle daha fazla ilişki içerisindedir. Öte yandan, D-R pozitif değerlerine sahip kriterler gönderici grubunda yer almakta ve diğer kriterleri etkilemektedir. Aksine, D-R negatif değerlerine sahip kriterler ise alıcı grubunda yer almakta ve diğer kriterlerden etkilenmektedir.

7. Adım: Ağırlıkların bulunması.

Faktör ağırlıkları Dalalah ve arkadaşları [21] tarafından sunulan aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$w_i = \left\{ \left(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} \right)^2 + \left(\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (6)$$

2.2. CFCS Durulaştırma Metodu

CFCS metodu çok kriterli karar verme için Opricovic ve Tzeng [22] tarafından geliştirilmiştir. Bu metod aşağıda gösterildiği gibi dört adımda tam değere ulaşır.

1. Normalizasyon

$$R = \max_j u_{ij}, L = \min_j l_{ij} \text{ ve } \Delta = R - L$$

Her alternatif için aşağıdaki eşitlik hesaplanacaktır.

$$x_{lj} = \frac{l_{ij}-L}{\Delta}, x_{mj} = \frac{m_{ij}-L}{\Delta}, x_{uj} = \frac{u_{ij}-L}{\Delta} \quad (7)$$

2. Sol (ls) ve Sağ (rs) normalize değerlerin hesaplanması:

$$x_j^{ls} = x_{mj}/(1 + x_{mj} - x_{lj}) \text{ ve } x_j^{rs} = x_{uj}/(1 + x_{uj} - x_{mj}) \quad (8)$$

3. Toplam normalize tam (durulaştırılmış) değerlerin hesaplanması:

$$x_j^{crisp} = \frac{[x_j^{ls} \times (1 - x_j^{rs}) + x_j^{rs} \times x_j^{ls}]}{[1 - x_j^{ls} + x_j^{rs}]} \quad (9)$$

4. \tilde{f}_{ij} için tam değerlerin hesaplanması:

$$\tilde{f}_{ij}^{crisp} = L + x_j^{crisp} \times \Delta \quad (10)$$

3. UYGULAMA

Çalışmanın yapıldığı iç çamaşırı üretimi yapan fabrikada; iplik, örme, boyama ve konfeksiyon olmak üzere 4 bölüm bulunmaktadır. Konfeksiyon bölümünün temel girdisi olan kumaşın kalite düzeyinin yüksek olması, müşteriye hatasız ürünlerin teslim edilebilmesinde çok önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada kumaş kalitesini etkileyen faktörler araştırılarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Makine Sıcaklığı (F1) : Makine sıcaklığı kumaşın boyutunu sabitlemede ve boyama sırasında yapılacak işlemler sırasında boyar maddenin homojen dağılması açısından önemlidir.
- Kimyasal Miktarı (F2): Boyama makinasında kullanılan kimyasal miktarları kumaş ağırlığına ve çeşidine göre değişmektedir. Boyama reçetesi, boyamada kullanılacak kostik, peroksit ve boyar madde gibi kimyasalların ph ve ağırlıklarının renge ve kumaş farklılığına göre değişiklik gösteren belgeleridir. Boyama işleminde kullanılan kimyasal miktarının boyama reçetesine uygunluğu gereklidir. Aksi takdirde boyama işlemi sonrasında elde edilen kumaşta asit kalıntısı vb. gibi hatalar oluşabilir.
- Kimyasal çeşidi (F3): Kimyasal çeşitlerinin ürün tipine ve istenen renge uygun olarak seçilmesi, kumaş kalitesinde konfor, uzun süreli kullanım, nem kontrolü, koruyuculuk, görünüm özellikleri açısından daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.
- Boyama makinası işlem süreleri (F4): Boyama sırasında sırayla yapılan kasar, boya ve yumuşatma banyolarının işlem süreleri kumaşın kalitesini etkilemektedir.
- Renk tutarlılığı (F5): Kumaş renginin istenen renk ölçeğindeki değer aralığında olması, kumaş kalitesinin sağlanabilmesi için önemlidir.
- Boyama işleminde kullanılan suyun sertliği (F6): Sert su yıkama esnasında mamulün üzerine çökebilen sert sabunlar oluşmasına neden olarak meydana gelen lekeler ile kumaş kalitesi olumsuz yönde etkileyebilir.
- Boyama işleminde kullanılan suyun ph'ı (F7): Kontrol edilmesi gerekli bir parametredir. Düşük olması durumunda hem kumaş kalitesi hem makinelerin çalışması üzerinde olumsuz etkileri olabilir.
- Boyama işleminde kullanılan suyun iletkenliği (F8): Suyun iletkenliğinin istenen aralıkta olmaması, boyama işlemine tabi tutulacak yüzeylerin boya kalitelerinin olumsuz etkilenmesine ve kumaş üzerinde lekelerin olmasına neden olabilir.

- İpin içerdiği lif çeşidi sayısı (F9): Lif çeşidi, elde edilen ipin mukavemeti, su emiciliği ve yumuşaklığı gibi özelliklerini etkiler. Bu nedenle kullanılan liflerin kalitesi, çeşidi ve homojen karıştırılması özen gösterilmesi gereken bir konudur. Çünkü kullanılan ipin kalitesi elde edilecek kumaşın standartlara uygunluğunu etkileyecektir.
- Makina bakımı (F10): İşletme içinde en kritik süreç olan boyamanın iyi sonuçlar vermesi için kumaşın temiz kalması çok önemlidir. Üretim süreçlerinde kullanılan makina yağlarının kumaşa bulaşmaması, yağ izi vb. gibi lekelerin oluşmaması için makinelerin temizliğine önem verilmeli ve düzenli bakıma sokulmalıdır.
- Ütü-Sanfor işlemi (F11): Kumaşların yıkandığında çekmelerini önlemek amacıyla ısı ve buhar etkisi ile boyutlarının sabitlenmek istendiği işlemidir. Kumaşın çekmesine neden olan etkileri en aza indirebilmek amacıyla yapılır.
- Operatör Performansı (F12): Makinada işleme öncesi makine ayarlarının yapılması sırasında doğru verilerin makineye girilmesi, kumaş kalitesini etkileyecektir. Kumaşın boyanması, sertliği, mukavemeti, kalınlığı gibi özelliklerin istenen seviyede olması, operatörün dikkati ile yakından ilgilidir. Ayrıca, örme sırasında oluşabilecek hataların oluşmaması ya da oluşan hatanın devam etmemesi için operatörler, işlemi belli zaman aralıklarında kontrol etmelidirler. Hatanın kısa sürede fark edilerek önlenmesi, kalite açısından çok önemlidir.
- İşletme içi eğitimler (F13): İstenilen niteliklerde ürünün elde edilebilmesi için, yapılan yenilikler ve değişimlerin doğru anlaşılabilmesi ve uygulanması için, çalışanlara verilen eğitimlerin önemi büyüktür.
- Dokuma tekniği (F14): Süprem ve ribana olarak ayrılmakta ve kumaşın istenen yumuşaklıkta, kalınlıkta, esneklikte olması açısından önemlidir.

Bu çalışmada, belirlenen faktörlerin değerlendirilmesi için, yeterli bilgi ve deneyime sahip olmalarına dikkat ederek dört uzman tespit edilmiştir. Uzman nitelikleri aşağıdaki gibidir.

- 1. Uzman: 7 yıldır boyama bölümünde vardiya amiri olarak çalışmakta.
- 2. Uzman: 12 yıldır dokuma bölümünde müdür olarak çalışmakta.
- 3. Uzman: 15 yıldır vardiya amiri olarak ve 1,5 yıldır da planlama müdürü olarak çalışmakta.
- 4. Uzman: 6 yıldır boyama bölümünde laboratuvarında çalışmakta.

Değerlendirme esnasında uzmalardan alınan dilsel ifadeler, Tablo 1 deki ölçek kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Bu matrislerin eşitlik 1'e göre ortalaması alınarak, bulanık başlangıç direk ilişki matrisi Tablo 2 deki gibi hesaplanmıştır. Eşitlik 3 kullanılarak önce normalize edilmiş bulanık ilişki matrisi elde edilir, sonrasında ise bu matrisin sonuçları üzerinden ayrı ayrı l, m, u matrisleri oluşturulup eşitlik 4 kullanılarak Tablo 3 deki toplam ilişki bulanık matrisi elde edilmiştir.

Tablo 2. Başlangıç direk ilişki bulanık matrisi

	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7		
F1	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	0,44	0,06	0,13	0,38	0,31	0,56	0,75	0,63	0,88	1,00	0,13	0,00	0,44	0,00	0,00	0,25
F2	0,00	0,06	0,31	0,00	0,00	0,00	0,13	0,19	0,44	0,50	0,75	1,00	0,69	0,94	1,00	0,13	0,19	0,63	0,69	0,94	1,00
F3	0,06	0,19	0,44	0,38	0,63	0,88	0,00	0,00	0,00	0,63	0,88	1,00	0,56	0,75	0,81	0,06	0,13	0,38	0,63	0,88	1,00
F4	0,19	0,44	0,69	0,50	0,75	0,94	0,13	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00	0,69	0,94	1,00	0,00	0,00	0,25	0,31	0,50	0,69
F5	0,56	0,81	0,94	0,50	0,75	0,88	0,25	0,44	0,69	0,44	0,69	0,88	0,00	0,00	0,00	0,06	0,25	0,50	0,13	0,19	0,44
F6	0,00	0,00	0,25	0,13	0,31	0,56	0,00	0,06	0,31	0,06	0,31	0,56	0,38	0,63	0,88	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,75
F7	0,00	0,00	0,25	0,44	0,69	0,88	0,19	0,56	0,69	0,06	0,25	0,50	0,69	0,94	1,00	0,06	0,19	0,44	0,00	0,00	0,00
F8	0,00	0,00	0,25	0,06	0,25	0,50	0,13	0,31	0,56	0,38	0,56	0,81	0,50	0,75	1,00	0,13	0,19	0,44	0,25	0,50	0,75
F9	0,00	0,06	0,31	0,25	0,50	0,75	0,44	0,50	0,94	0,31	0,69	0,94	0,50	0,75	1,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F10	0,19	0,38	0,63	0,06	0,13	0,38	0,00	0,00	0,25	0,25	0,31	0,56	0,19	0,38	0,63	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F11	0,00	0,06	0,31	0,06	0,25	0,50	0,06	0,25	0,50	0,13	0,38	0,63	0,00	0,13	0,38	0,06	0,13	0,38	0,00	0,06	0,31
F12	0,13	0,19	0,44	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,19	0,31	0,50	0,63	0,88	0,94	0,00	0,00	0,25	0,19	0,25	0,44
F13	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,06	0,31	0,56	0,50	0,75	0,94	0,00	0,00	0,25	0,06	0,13	0,38
F14	0,13	0,19	0,44	0,25	0,38	0,63	0,25	0,44	0,69	0,38	0,56	0,81	0,50	0,75	0,88	0,06	0,13	0,38	0,06	0,13	0,38
	F8			F9			F10			F11			F12			F13			F14		
F1	0,25	0,44	0,69	0,00	0,00	0,25	0,06	0,13	0,38	0,63	0,88	1,00	0,38	0,56	0,75	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F2	0,44	0,69	0,88	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,31	0,50	0,75	0,13	0,19	0,44	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F3	0,63	0,88	1,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,06	0,31	0,25	0,44	0,69	0,00	0,06	0,31	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F4	0,31	0,56	0,75	0,19	0,25	0,44	0,13	0,25	0,50	0,19	0,38	0,63	0,13	0,25	0,50	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F5	0,13	0,31	0,56	0,00	0,06	0,31	0,00	0,06	0,31	0,00	0,00	0,25	0,00	0,06	0,31	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F6	0,25	0,38	0,63	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F7	0,13	0,31	0,56	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,06	0,31	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,06	0,31	0,00	0,06	0,31	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25
F9	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,31	0,56	0,81	0,00	0,00	0,25	0,00	0,06	0,31	0,31	0,50	0,69
F10	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,38	0,56	0,75	0,44	0,63	0,81	0,13	0,44	0,69	0,19	0,25	0,44
F11	0,00	0,06	0,31	0,06	0,13	0,38	0,13	0,19	0,44	0,00	0,00	0,00	0,38	0,56	0,75	0,50	0,69	0,81	0,19	0,31	0,50
F12	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,44	0,69	0,88	0,75	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,88	1,00	0,13	0,25	0,50
F13	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,56	0,81	0,88	0,56	0,75	0,81	0,75	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,31	0,56
F14	0,06	0,13	0,38	0,13	0,19	0,44	0,06	0,13	0,38	0,56	0,81	0,88	0,31	0,50	0,69	0,25	0,50	0,69	0,00	0,00	0,00

Tablo 3.Toplam ilişki bulanık matrisi

	F1			F2			F3			F4			F5			F6			F7		
F1	0,00	0,01	0,06	0,01	0,03	0,11	0,01	0,02	0,09	0,03	0,07	0,15	0,06	0,10	0,18	0,01	0,01	0,08	0,00	0,01	0,09
F2	0,00	0,02	0,09	0,01	0,02	0,08	0,01	0,03	0,10	0,05	0,09	0,17	0,07	0,11	0,19	0,01	0,02	0,10	0,07	0,10	0,15
F3	0,01	0,03	0,10	0,04	0,08	0,16	0,00	0,02	0,07	0,06	0,10	0,18	0,06	0,10	0,18	0,01	0,02	0,08	0,06	0,10	0,16
F4	0,02	0,05	0,12	0,05	0,09	0,16	0,01	0,04	0,11	0,01	0,03	0,09	0,07	0,11	0,19	0,00	0,01	0,07	0,03	0,06	0,13
F5	0,05	0,08	0,13	0,05	0,08	0,15	0,02	0,05	0,11	0,04	0,08	0,16	0,01	0,03	0,10	0,01	0,03	0,09	0,02	0,03	0,10
F6	0,00	0,01	0,07	0,01	0,04	0,11	0,00	0,01	0,08	0,01	0,04	0,12	0,04	0,07	0,15	0,00	0,00	0,04	0,02	0,05	0,12
F7	0,00	0,01	0,07	0,04	0,08	0,14	0,02	0,06	0,11	0,01	0,04	0,12	0,07	0,10	0,17	0,01	0,02	0,08	0,01	0,02	0,06
F8	0,00	0,01	0,07	0,01	0,04	0,11	0,01	0,04	0,10	0,04	0,06	0,14	0,05	0,08	0,17	0,01	0,02	0,08	0,03	0,06	0,12
F9	0,00	0,02	0,09	0,03	0,06	0,14	0,04	0,05	0,14	0,03	0,08	0,17	0,05	0,09	0,19	0,00	0,01	0,07	0,01	0,02	0,09
F10	0,02	0,04	0,10	0,01	0,02	0,10	0,00	0,01	0,07	0,03	0,04	0,12	0,02	0,05	0,14	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,08
F11	0,00	0,01	0,08	0,01	0,03	0,11	0,01	0,03	0,10	0,01	0,05	0,13	0,01	0,04	0,13	0,01	0,01	0,07	0,00	0,02	0,09
F12	0,02	0,03	0,09	0,01	0,02	0,09	0,00	0,01	0,08	0,02	0,05	0,13	0,06	0,10	0,18	0,00	0,00	0,07	0,02	0,03	0,10
F13	0,00	0,01	0,08	0,00	0,02	0,09	0,00	0,01	0,08	0,01	0,05	0,13	0,05	0,09	0,17	0,00	0,00	0,07	0,01	0,02	0,09
F14	0,01	0,03	0,10	0,03	0,05	0,13	0,02	0,05	0,12	0,04	0,07	0,16	0,05	0,10	0,18	0,01	0,02	0,08	0,01	0,03	0,10

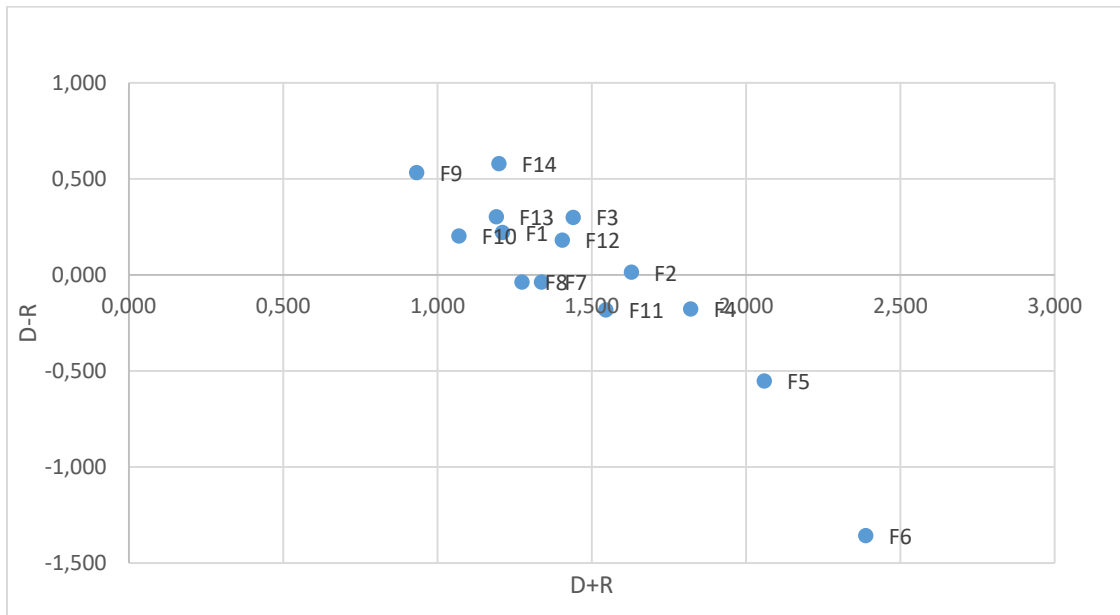
	F8			F9			F10			F11			F12			F13			F14		
F1	0,02	0,05	0,12	0,00	0,00	0,06	0,01	0,02	0,08	0,06	0,09	0,15	0,04	0,06	0,12	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,06
F2	0,04	0,08	0,14	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,07	0,03	0,05	0,14	0,01	0,02	0,10	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,06
F3	0,06	0,09	0,16	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,08	0,02	0,05	0,13	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07
F4	0,03	0,07	0,13	0,02	0,02	0,08	0,01	0,03	0,09	0,02	0,05	0,13	0,01	0,03	0,10	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,07
F5	0,02	0,05	0,11	0,00	0,01	0,06	0,00	0,01	0,07	0,01	0,02	0,09	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06
F6	0,02	0,04	0,11	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,05
F7	0,01	0,04	0,11	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06
F8	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,07	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06
F9	0,01	0,02	0,09	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,07	0,03	0,06	0,14	0,00	0,01	0,08	0,00	0,01	0,08	0,03	0,05	0,10
F10	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,05	0,04	0,07	0,13	0,04	0,07	0,12	0,02	0,05	0,11	0,02	0,03	0,08
F11	0,00	0,01	0,08	0,01	0,01	0,07	0,01	0,03	0,09	0,01	0,02	0,07	0,04	0,06	0,12	0,05	0,07	0,12	0,02	0,03	0,08
F12	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,06	0,04	0,07	0,13	0,07	0,11	0,16	0,01	0,02	0,07	0,06	0,09	0,14	0,01	0,03	0,09
F13	0,00	0,01	0,08	0,00	0,00	0,06	0,05	0,08	0,12	0,06	0,09	0,14	0,07	0,10	0,14	0,01	0,02	0,05	0,02	0,03	0,09
F14	0,01	0,03	0,10	0,01	0,02	0,08	0,01	0,02	0,09	0,06	0,09	0,16	0,03	0,06	0,12	0,03	0,06	0,11	0,00	0,01	0,05

Toplam direk ilişki matrisi CFCS yöntemi ile 7,8,9 ve10 numaralı eşitlikler kullanılarak durulaştırılmış ve aşağıda Tablo 4 de görülen değerler elde edilmiştir. Durulaştırılmış matris değerleri üzerinden hesaplanan satır toplamları D_i i faktörünün diğer faktörler üzerindeki toplam etkisini gösterirken, sütun elemanlarının toplamı R_i de i faktörünün diğer faktörler tarafından toplam etkilenme derecesini gösterir. Devamında hesaplanan D_i+R_i göstergesi, i faktörünün etkileme ve etkilenme derecelerinin toplamını bir

başka ifade ile ilişkinin yoğunluğunu gösterirken; D_i-R_i göstergesi de faktörler arasındaki ilişkinin yönü hakkında bilgi verir. Buna ilaveten eşitlik 5 ve 6 kullanılarak kriterlerin ağırlıkları, Tablo 4’de görüldüğü gibi hesaplanmıştır. X eksenine $D+R$ değerleri, y eksenine $D-R$ değerleri yerleştirilerek çizilen etki grafiği şekil 1’de görüldüğü gibidir. Grafikten anlaşıldığı üzere; F6 faktörü negatif $D-R$ değeri en yüksek faktör olduğundan, diğer faktörlerden en çok etkilenen faktör olarak görülmektedir.

Tablo 4. Gönderici ve alıcı grupların belirlenmesi ile ilgili değerler ve ağırlıklar

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	D_i	R_i	D_i-R_i	D_i+R_i	W
F1	0,02	0,05	0,03	0,08	0,11	0,11	0,03	0,06	0,01	0,03	0,10	0,07	0,02	0,01	0,72	0,49	0,22	1,21	0,058
F2	0,03	0,03	0,04	0,10	0,12	0,16	0,10	0,08	0,01	0,02	0,07	0,04	0,02	0,01	0,82	0,81	0,01	1,63	0,076
F3	0,04	0,09	0,02	0,11	0,11	0,15	0,10	0,10	0,01	0,02	0,06	0,03	0,02	0,01	0,87	0,57	0,30	1,44	0,069
F4	0,06	0,09	0,05	0,04	0,12	0,12	0,07	0,07	0,03	0,04	0,06	0,04	0,02	0,01	0,82	1,00	-0,18	1,82	0,086
F5	0,08	0,09	0,06	0,09	0,04	0,18	0,05	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,75	1,31	-0,55	2,06	0,100
F6	0,02	0,05	0,02	0,05	0,08	0,12	0,06	0,05	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,52	1,87	-1,36	2,39	0,129
F7	0,02	0,08	0,06	0,05	0,11	0,17	0,02	0,05	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,65	0,69	-0,04	1,34	0,063
F8	0,02	0,05	0,05	0,07	0,09	0,16	0,06	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,62	0,65	-0,04	1,27	0,060
F9	0,03	0,07	0,07	0,09	0,10	0,11	0,03	0,03	0,01	0,02	0,07	0,02	0,02	0,05	0,73	0,20	0,53	0,93	0,050
F10	0,05	0,03	0,02	0,06	0,07	0,10	0,02	0,02	0,01	0,02	0,08	0,07	0,06	0,04	0,64	0,43	0,20	1,07	0,051
F11	0,02	0,04	0,04	0,06	0,05	0,14	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,07	0,07	0,04	0,68	0,86	-0,18	1,55	0,073
F12	0,04	0,03	0,02	0,06	0,11	0,11	0,04	0,02	0,01	0,08	0,11	0,03	0,09	0,04	0,79	0,61	0,18	1,40	0,066
F13	0,02	0,03	0,02	0,06	0,10	0,11	0,03	0,02	0,01	0,09	0,09	0,10	0,02	0,04	0,75	0,44	0,30	1,19	0,058
F14	0,04	0,07	0,06	0,09	0,11	0,14	0,04	0,04	0,03	0,03	0,10	0,07	0,06	0,01	0,89	0,30	0,58	1,20	0,062



Şekil 1. Etki grafiği

Elde edilen sonuçlara göre; F1,F2,F3, F9, F10, F12, F13, F14 faktörleri, belirlenen diğer faktörleri etkileyen grupta; F4,F5,F6,F7,F8,F11 faktörleri ise belirlenen diğer faktörlerden etkilenen gruptadır (bakınız şekil 1). D-R göstergesi, ilgili faktörün diğer faktörlerle arasındaki ilişkiyi gösterdiğinden; bu değerinin pozitif ya da negatif olmasına göre etki-ilişki durumu ortaya çıkmaktadır. Buna ilaveten, kumaş kalitesi üzerinde etkisi büyük olan faktörleri belirleyebilmek için yukarıda bulunan D+R değerleri ile ağırlık değerleri (W), Tablo 5’de görüldüğü gibi sıralanmıştır.

Tablo 5. İki sıralama yaklaşımının mukayesesi

No	D+R	sıralama	w	sıralama
1	2,39	F6	0,129	F6
2	2,06	F5	0,1	F5
3	1,82	F4	0,086	F4
4	1,63	F2	0,076	F2
5	1,55	F11	0,073	F11
6	1,44	F3	0,069	F3
7	1,4	F12	0,066	F12
8	1,34	F7	0,063	F7
9	1,27	F8	0,062	F14
10	1,21	F1	0,06	F8
11	1,2	F14	0,058	F1
12	1,19	F13	0,058	F13
13	1,07	F10	0,051	F10
14	0,93	F9	0,05	F9

Her iki sıralamaya göre de üç faktör (F8, F1, F14) hariç geri kalan faktörlerin tamamı aynı sırada çıkmıştır. Tablo 5’de görüldüğü gibi ilk sekiz sıralamasında yer alan faktörler sırasıyla; boyama işleminde kullanılan suyun sertliği (F6), renk tutarlılığı (F5), boyama makinası işlem süreleri (F4), kimyasal miktarı (F2), ütü-sanfor işlemi (F11), kimyasal çeşidi (F3), operatör performansı (F12) ve boyama işleminde kullanılan suyun pH’ı (F7) şeklindedir. On ikinci, on üçüncü ve on dördüncü sırada yer alan faktörler ise, sırasıyla işletme içi eğitimler (F13), makina bakımı (F10) ve ipin içerdiği lif çeşidi sayısıdır (F9). Sıralaması farklı üç faktörden F8 ve F1 bir sıra kayarken, F14 iki sıra kaymıştır; örneğin F8 ilk sıralamada dokuzuncu sırada iken, ikinci sıralamada onuncu sırada yer almıştır. İyileştirmede öncelikli olarak bu sıralamaya dikkat edilerek etkisi büyük olan faktörler ile çalışmalara başlanması ve sonrasında sırasıyla diğerlerinin dikkate alınması kumaş kalite düzeyinde artış sağlayacaktır.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Hazır giyim üretiminin ana girdisi olan kumaşın kalite düzeyi, bitmiş ürünlerin kalite düzeyine yansır. Hatasız ürünlerin elde edilmesi, bir taraftan müşteri memnuniyeti ile pazar payı artışı sağlarken, diğer taraftan üretim kayıplarının asgariye indirilmesi ile verimlilik artışı sağlayacaktır. Bu nedenle konfeksiyon üretiminde kumaş kalitesini arttırabilecek niteliklerin belirlenmesi, etki seviyelerinin tespit edilmesi ve bunların kendi aralarındaki ilişkilerin

anlaşılabilmesi; işletmelerin rakipleri karşısında rekabet avantajı kazanabilmeleri için önemlidir.

Bu çalışmada bir iç giyim fabrikasında kumaş kalitesine etki edebilen faktörler saptanarak bulanık DEMATEL yöntemi ile analiz edilmiştir. Faktörlerin birbirlerini etkileme yapıları ve kumaş kalitesi üzerindeki etki değerlerinin ortaya konulması amacıyla DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca çalışmada sayısal olarak ifade edilemeyen ve belirsizlik taşıyan insan uzman deneyimlerini dikkate alan bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır. Bulanık DEMATEL yöntemi, DEMATEL yöntemine göre, çalışmaya daha fazla esneklik katmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre; boyama işleminde kullanılan suyun sertliği (F6) faktörü, kumaş kalitesine etki eden en önemli faktör olarak tespit edilmiştir. Ortaya çıkan etki sıralaması dikkate alınarak yapılacak iyileştirmeler ürünün kalitesine yansiyarak israfın en aza inmesi ve verimliliğin artması yönünde katkılar sağlayacaktır.

Literatürde çok kriterli karar verme teknikleri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, tekstil sektöründe bazı alanlarda karar verme tekniklerinden yararlanılmasına rağmen, bu tekniklerin kullanımı ile kumaş kalitesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar görülmemiştir. Bu çalışma, bu eksikliği gidererek literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca, tekstilin diğer alanlarında uygulanan karar verme tekniklerinden farklı olarak bulanık DEMATEL yöntemini uygulaması ile de bir yenilik sunmaktadır. Bu çalışmada sunulan yöntem, diğer işletmeler için de yararlı olacaktır. Ayrıca bu çalışmanın devamında, bulanık DEMATEL ile birlikte kullanılacak farklı çok kriterli karar verme teknikleri ile birlikte bütünlük çözümler aranabilir. Bundan başka, işletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda farklı faktörler de düşünülerek bunların etkileri araştırılabilir.

KAYNAKÇA

- [1]. A.Gürarda, “Konfeksiyon işlemleri ile kumaş özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi”, Tekstil ve Mühendis, Cilt (Vol) : 22, Sayı (No) : 99, Sayfa 41, 2015.
- [2]. F.Kalaoğlu, “Dikim Sırasında Dikiş Hasarına Neden Olan Faktörler”, Tekstil & Teknik, Yıl:4 (42), s:114-118, 1988.
- [3]. S. Kaya and Ç. Erdoğan, “Konfeksiyon işletmelerinde dikim bölümündeki kalite hatalarına neden olan faktörlerin araştırılması”, Tekstil ve Konfeksiyon, Vol.2, 135-141, 2008.
- [4]. L.Demir and Ö. “Mutlu, Boyahanede Kumaş Rengine Etki Eden Faktörlerin İstatistiksel Deney Tasarımı Yöntemi İle Belirlenmesi”, 1-11, YA/EM, (2004)
- [5]. R. Masaeli, H. Hasani and M. Shanbeh, “Optimizing the physical properties of elastic-woven fabrics using Grey–Taguchi method”, The Journal of The Textile Institute, Vol. 106, No. 8, 814–822, 2015
- [6]. A. Mitra, A. Majumdar, A. Ghosh, P.K. Majumdar and D. Bannerjee, “Selection of Handloom Fabrics for Summer Clothing Using Multi-Criteria Decision Making Techniques”, Journal of Natural Fibers, 12:1, 61-71, 2015.

- [7]. R. Fallahpour and A.R. Moghassem, "Spinning preparation parameters selection for rotor spun knitted fabric using VIKOR method of multicriteria decision-making", *Journal of The Textile Institute*, 104:1, 7-17, 2013.
- [8]. A. Majumdar, S. Kaplan and Ö. Göktepe, "Navel selection for rotor spinning denim fabrics using a multi-criteria decision-making process, *The Journal of The Textile Institute*, 101:4, 304-309, 2010
- [9]. L. A. Zadeh, "Fuzzy sets". *Information and Control*, 8, 338–353, 1965.
- [10]. B. Chang, C.W Chang and C.H. Wu, "Fuzzy DEMATEL Method For Developing Supplier Selection Criteria", *Expert Systems With Applications*, Volume 38, Issue 3, March 1850-1858, 2011.
- [11]. D.J.-F. Jeng "Generating a causal model of supply chain collaboration using the fuzzy DEMATEL technique", *Computers & Industrial Engineering* 87, 283–295, 2015.
- [12]. G. George-Ufot, Y.Qu and I. J. Orji, "Sustainable lifestyle factors influencing industries' electric consumption patterns using Fuzzy logic and DEMATEL: The Nigerian perspective", *Journal of Cleaner Production* 162, 624-634, 2017.
- [13]. E. Akyuz and E. Celik, "A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 38, 243-253, 2015.
- [14]. C. Y Hsu, W. H. Lee, K. T. Chen and G. H. Tzeng, "FMCDM with fuzzy DEMATEL approach for customers' choice behavior model", *International Journal of Fuzzy Systems*, 9(4), 236–246, 2007.
- [15]. J.-F. Jeng and T. Bailey, "Assessing customer retention strategies in mobile telecommunications: A hybrid MCDM approach", *Management Decision*, 50(9), 1570–1595, 2012.
- [16]. W.-W. Wu, "Segmenting critical factors for successful knowledge management implementation using the fuzzy DEMATEL method", *Applied Soft Computing*, Volume 12, Issue 1, Pages 527-535, 2012.
- [17]. S. K. Patil and R. Kant, "A Fuzzy DEMATEL method to identify critical success factors of knowledge management adoption in supply chain", *Journal of Information & Knowledge Management* Vol.12, No. 03, 2013.
- [18]. C. J. Lin, and W. W. Wu, "A fuzzy extension of the DEMATEL method for group decision making", *European Journal of Operational Research*, 156, 445–455, 2004.
- [19]. C. J Lin and W. W. Wu, "A causal analytical method for group decision making under fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, 34, 205–213, 2008.
- [20]. R. J. Li, "Fuzzy Method in Group Decision Making", *Computers & Mathematics with Applications*, 38(1), 91-101. 1999.
- [21]. D.Dalalah, M Hayajneh and F. Batiha, "A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection", *Expert Systems with Applications*, 38, 8384–8391, 2011.
- [22]. S. Opricovic and G. H. Tzeng, "Defuzzification within a multicriteria decision model", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11(5), 635–652, 2003.