

BULANIK DEMATEL YÖNTEMİYLE MAKİNE SEÇİMİNİ ETKİLEYEN KRİTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arzu ORGAN*

Özet

İşletmeler için makine seçimi üretim sistemlerinin performansını etkileyen kritik bir karardır. Makine seçimine yönelik karar verme sürecinde göz önünde bulundurulacak kriterlerin birbiri üzerindeki etkileşimleri ve kriterlerin bağımlılık dereceleri karar verme sürecinde önemlidir. Bu çalışmada tekstil firması için makine seçim probleminde, kriterlerin birbirleri ile olan ilişkileri ortaya koymak amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi önerilmiştir. Ayrıca karar almadaki belirsizliğin üstesinden gelebilmek ve insan yargılarının da sayısal değerlerle değerlendirilebilmesi amacıyla, DEMATEL yönteminde bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır. Uygulamada önerilen modelle kriterlerin birbirleri arasındaki ilişkiler sebep sonuç diyagramı ile ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: DEMATEL, Makine Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme

EVALUATION OF MACHINE SELECTION CRITERIA BY METHOD OF FUZZY DEMATEL

Abstract

Machine selection for businesses is a critical decision for the performance of production systems. The machine decision-making process for the selection of the underlying (taken into account) criteria, interactions and dependence on each other is important. In this study, the problem of selection of the machine in a textile firm, the criteria DEMATEL method is proposed to reveal the relationships with each other. In addition, to overcome uncertainty in decision-making and human judgments DEMATEL method, the fuzzy set theory in order to evaluate the numerical values used. In practice, the proposed model the relationships between each other, causal diagram of criteria have been introduced.

Keywords: DEMATEL, Machine Selection, Multi-Criteria Decision Making

1.GİRİŞ

İşletmelerin genel olarak temel amacı insan ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik mal ve hizmetleri üreterek karlarını maksimize etmektir. Bu çerçevede işletmelerin bir kısmı bu amaçlarına sadece daha önce üretilen mal ve hizmetlerin ticaretini yaparak bir kısmı ise mal ve hizmet üreterek ulaşmaya çalışmaktadır.

Yukarıda ifade edilen işletmelerden ikincisi günümüzde üretim işletmeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu işletmelerin makine –teçhizat seçimi, üretim sisteminin performansını doğrudan etkileyen kritik bir yatırım kararıdır (Perçin 2012:170). Zira, hatalı seçilmiş makineler, üretim sistemlerinin performansını olumsuz etkilerler. Üretimin hızı, kalitesi ve maliyeti önemli derecede kullanılan makinelere bağlıdır. Makine seçim işleminin zaman alıcı ve zor bir süreç olması, ileri düzeyde bilgi birikimi ve deneyimi gerektirmesi yöneticiler ve mühendisler açısından birçok soruna neden olabilmektedir.

*Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, aorgan@pamukkale.edu.tr

Uygun ve etkili bir karara ulaşmak için, karar verici hem birçok veriyi analiz etmek hem de bir çok faktörü dikkate almak zorundadır. Alternatifler arasından en iyi makinenin seçimini yapabilmek için karar vericinin o konu hakkında uzman bir kişi olması ya da makinelerin özelliklerinin iyi bilmesi gerekmektedir (Ertuğrul, 2007:172). Karmaşık yapıda olan bu problemlerde karar verme işlemi oldukça zordur.

Artan rekabet koşulları ile beraber, işletmeler açısından karar verme uygulamaları çok daha büyük önem arz etmeye başlamıştır. Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler sonucunda, artık karar verme problemlerinin çözümleri sezgisel değil bilimsel yöntemlerle aranmaya başlanmıştır. Ulaşılmak istenen hedefin birçok parametre tarafından belirlendiği ve değerlendirilecek alternatiflerin her birinin kendine has avantajlarının bulunduğu durumlarda karar verme işi oldukça güçleşmektedir. Bu çerçevede bu güçlüklerin üstesinden gelebilmek için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden birisi de çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKVY) biri olan-DEMATEL yöntemidir (Kaya, Kılınç ve Çevikcan, 2008:8).

Karmaşık bir problem incelendiğinde, bu probleme neden olan birden çok faktörün ve bu faktörlerden etkilenen birden çok faktörün var olduğu bilinmektedir. Faktörlerin hangilerinin etkileyen ve hangilerinin etkilenen olduğunun bulunması, ele alınan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir aşamadır. DEMATEL yöntemi gelişen olaylarda karmaşık bir yapıda olan etkilenen ve etkileyen etmenleri belirlemek için geliştirilen bir yöntemdir (Öztürk, 2009:78). Özellikle tekstil sektörü için önemli bir karar olan makinenin alım kararında, hangi kriterlerin daha önemli olduğu, hangi kriterlerin etkileyen ve etkilenen olduğunun bilinmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, tekstil makine seçimini etkileyen faktörleri ve bu faktörlerden etkilenen kriterlerin belirlenmesi ve kriterlerin önem sıralamasına göre sıralanması amacıyla, ÇKKVY'den biri olan DEMATEL yöntemi ele alınmıştır. Ayrıca karar almadaki belirsizliğin üstesinden gelebilmek ve insan yargılarının da nitel değerlerle değerlendirilebilmesi amacıyla, DEMATEL yönteminde bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde DEMATEL yöntemi anlatılarak, literatürde bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölümde bulanık DEMATEL yöntemine değinilerek, bu yönteme ilişkin algoritmaya yer verilmiştir. Üçüncü bölüm uygulamaya yöneliktir. Bu bölümde, bir tekstil işletmesinde, tekstil makine alımına ilişkin bulanık DEMATEL yöntemi ile uygulama çalışması yapılmış ve nihai olarak yöntemin sonuçları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. DEMATEL YÖNTEMİ

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory: DEMATEL), özel problematiklerin kavrayışını geliştirmek, birbirine geçmiş problem kümelerini ve hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin tanımlanmasına katkıda bulunmak için uygun bilimsel araştırma yöntemlerinin kullanılmasına öncülük etme ümidiyle geliştirilmiştir. Graf teori temelli DEMATEL yöntemi nedensel ilişkiyi daha iyi anlamamıza sağlayacak ilgili faktörleri sebep ve sonuç gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlama ve çözüme imkânı vermektedir (Aksakal ve Dağdeviren, 2010:907)

DEMATEL yöntemi, karmaşık faktörler arasındaki nedensel ilişkileri kapsayan yapısal bir model oluşturmak ve analiz etmek için kapsamlı bir yöntemdir. DEMATEL yönteminde kriterler iki gruba ayrılmıştır; sebep grubu ve etki grubu. Faktörlerin hangilerinin etkileyen ve hangilerinin etkilenen olduğunun bulunması, ele alınan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir aşamadır. Bu nedenle DEMATEL yöntemi gelişen olaylarda karmaşık bir yapıda olan etkilenen ve etkileyen etmenleri belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (Baykaşoğlu, Kaplanoğlu, Durmuşoğlu, Şahin, 2012:900).

DEMATEL yöntemi grup bilgi toplamaya yardımcı olan güçlü bir yöntemdir. Bu yöntem hem yapısal bir model oluşturabilmesi, hem de alt-sistemlerin nedensel ilişkilerini bir şema üzerinde görselleştirebilmesi bakımından güçlü bir yöntemdir (Wu, Lee,2007:500).

DEMATEL yönteminin başlıca avantajı uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsamasıdır. DEMATEL yöntemi sistem bileşenleri arasındaki yapı ve ilişkileri veya geçerli sayıdaki alternatifleri inceleyen etkili bir yöntemdir. DEMATEL kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler sonuç kriterleri olarak adlandırılır (Aksakal ve Dağdeviren, 2010:907).

2.1. DEMATEL Yöntemi için Literatür Çalışması

DEMATEL yöntemi ilk kez 1973 yılında Cenevre Araştırma Merkezi bünyesinde yer alan “The Battelle Memorial Enstitüsü”nde yapılan bir çalışmada uygulanmıştır. Daha sonra, karmaşık kriterler arasında etkileşimi analiz etmek ve yapısal bir model oluşturmak amacıyla yöntem geliştirilmiştir (Chang vd., 2011:1851).

Son yıllarda, literatürde, DEMATEL yöntemi kullanılarak yapılan çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarında aşağıda yer verilmiştir.

Wu ve Lee (2007), küresel yöneticilerinin yetkinliklerinin geliştirilmesinde bulanık DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Hu vd. (2009) önem performans analiz modeli çalışmalarında, müşteri tatminindeki kalite kriterlerini DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Shieh ve arkadaşları (2010), hastanelerdeki hizmet kalitesinin elde edilmesindeki kritik faktörlerin belirlenmesinde DEMATEL yöntemini uygulamışlardır. Aksakal ve Dağdeviren (2010) çalışmalarında, personel seçimi için ANP ve DEMATEL yöntemlerini bütünleşik bir yaklaşım olarak ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada kriterlerin birbirleri arasındaki bağımlı ağırlık değerleri DEMATEL yöntemi ile belirlenmiş ve personel seçimi için geliştirilen bütünleşik algoritmanın çözümü ANP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Chang ve arkadaşları (2011) çalışmalarında, tedarikçi seçiminde etkili olan anahtar faktörleri belirlemek için bulanık DEMATEL yöntemini uygulamışlardır. Hu ve arkadaşları (2011), gap analizi ve çoklu regresyon analizini kullanarak kalite karakteristiklerinin performans analizini yapmışlardır. Burada problemdeki üstün karakteristikleri bulabilmek, farklı olan kalite karakteristiklerinin etkileşim seviyesini tespit edebilmek ve sebep-etki ilişkisini analiz edebilmek için DEMATEL metodunu

kullanmışlardır. Hung (2011) çalışmasında küresel risk ortamında rekabet avantajı elde edebilmek için tedarik zincirinin iyi planlanması gerektiğine vurgu yapmıştır. Faaliyet tabanlı tedarik zinciri planlaması için bulanık DEMATEL-ANP ve bulanık hedef programlama yöntemlerinin kullanımını önermiştir. Jassbi ve arkadaşları (2011), stratejik kriterler arasındaki nedensel ilişkileri yakalamak için bulanık DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Stratejik amaçlar arasındaki ilişkileri belirlemek ve stratejik haritanın çizilebilmesinde DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Yang ve Tzeng (2011) çalışmalarında, blog tasarımındaki kriterleri faktör analizi ve DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Yang ve arkadaşları (2011) çalışmalarında bilgi güvenliğindeki risk kontrol noktalarının değerlendirilmesinde VIKOR, DEMATEL ve ANP tekniklerine dayanan bütünlük çok kriterli bir karar verme yöntemini önermişlerdir.

Büyüközkan ve Çiftçi (2012) çalışmalarında, bulanık DEMATEL, bulanık ANP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak, yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesinde karma bir model önermişlerdir. Cheng ve arkadaşları (2012), restoranlardaki hizmet kalitesi ile ilgili olarak yaptıkları çalışmada, hizmet kalitesinin karakteristik özellikleri arasındaki ilişkilerin kontrol edilebilmesi için, IPGA modeli ve DEMATEL yöntemini iki aşamalı karar verme modeli olarak uygulamışlardır. Ho vd. (2012) yaptıkları çalışmada tedarikçi kalite performans değerlendirilmesinde, regresyon analizi ve DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kalite performans kriterlerinin değerlendirilmesinde hangi kriterlerin etkileyen hangilerinin etkilenen kriterler olduğunun belirlenmesinde DEMATEL yöntemini uygulamışlardır.

Wang ve Tzeng (2012), marka pazarlama adlı çalışmalarında, marka değerinin yaratılmasında çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Bu çalışmada marka pazarlamadaki önemli kriterlerin birbirleriyle ilişkilerini açıklamak, var olan problemleri ve boşlukları ortaya çıkarabilmek için DEMATEL, ANP ve VIKOR yöntemlerini birleştirerek bütünlük bir çalışma ortaya koymuşlardır. Wang ve arkadaşları (2012), bir matris organizasyonun performansını iyileştirmek için DEMATEL'e dayalı bir model önermişlerdir. Bu çalışma ileri teknoloji tesisinin tasarım projesinde uygulanmıştır. Wu (2012), başarılı bir bilgi yönetimi uygulaması için kritik faktörlerin ortaya konulması amacıyla bulanık DEMATEL yöntemini önermiştir. Horng ve arkadaşları (2012) çalışmalarında gelecekte olması beklenen restoran mekanının tasarımı için, yaratıcılık gibi önemli olan kriterleri DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Vujanovic ve arkadaşları (2012), araç filosunun bakım yönetim göstergelerinin ANP ve DEMATEL yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Baykaşoğlu ve arkadaşları (2013) çalışmalarında kara taşımacılığı yapan bir şirketin kamyon seçiminde bulanık DEMATEL ve bulanık TOPSIS yöntemini birlikte kullanmışlardır. Bu çalışmada, kriterlerin ağırlıklarını bulmak için DEMATEL yöntemini kullanmışlar, daha sonra kriterlere göre alternatifleri değerlendirmek için TOPSIS yöntemini uygulamışlardır.

3.BULANIK DEMATEL

DEMATEL yöntemi, gelişen olaylarda karmaşık bir yapıda olan etkilenen ve etkileyen etmenleri belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Temel olarak bu yöntem karmaşık neden sonuç ilişkilerini görselleştirerek anlamlı sonuçlar çıkarmayı

amaçlamaktadır. Fakat bu ilişkilerde faktörler arasındaki etkileşimin ne derecede olduğunu belirlemek oldukça zordur. Bunun nedeni faktörler arasındaki etkileşimi nicel olarak ifade etmenin oldukça zor olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, Lin ve Wu DEMATEL yöntemini bulanık ortama taşımışlardır (Öztürk, 2009:78).

Bulanık DEMATEL yöntemi aşağıda verilen adımları kapsamaktadır (Öztürk,2009: 78-84; Baykaşoğlu vd.,2013:900-902; Aksakal ve Dağdeviren, 2010:907-908).

1.Adım: Kriterlerin belirlenmesi ve bulanık skalanın oluşturulması.

Bu adımda değerlendirme yapabilmek için kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Etkileyen ve etkilenen faktörlerin belirlenmesi için bu faktörler arasındaki anlamlı ilişkilerin uzmanlar tarafından oluşturulması gerekir. Bu ilişkiler oluşturulduktan sonra kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Ancak bu karşılaştırma yapılırken bir faktörün diğer bir faktörü ne derece etkilediğini belirlemek oldukça zordur. Bu zorluğu aşmak için bulanık skala önerilmiştir. Bu skalaya göre bir faktörün diğer bir faktörü etkilemesi dilsel değişken olarak düşünülmüş ve çok fazla, fazla, normal ve çok az olmak üzere tanımlanmış olan beş dilsel terimle ifade edilmiştir. Dilsel terimlerde üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiştir (Öztürk, 2009:79). Bu bulanık skala Tablo 1’de verilmiştir.

2.Adım: Direk ilişki matrisinin oluşturulması.

Kriterler $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 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 karar matrisi elde edilir. Bulanık direk ilişki matrisi \tilde{Z} olarak gösterilir.

$\tilde{Z}_{ij} = (l_{ij}, n_{ij}, u_{ij})$ üçgensel bulanık sayısı bir dilsel terim olup i. faktörün j. faktörü etkileme düzeyini göstermektedir.

3. Adım: Normalleştirilmiş direk ilişki matrisinin oluşturulması

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^k}{r^{(k)}} = \left(\frac{l_{ij}^k}{r^{(k)}}, \frac{n_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} \right) \quad \text{Eşitlik 1}$$

$$r^{(k)} = \max_{1 < i < n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij}^k \right) \quad \text{Eşitlik 2}$$

Normalleştirilmiş ilişki matrisi eşitlik 1 ve 2’nin kullanılmasıyla oluşturulur. Eşitliklerde yer alan ifadelerde “l” üçgensel bulanık sayıların ilki, “n” üçgensel bulanık sayıların ikincisi, “u” üçgensel bulanık sayıların sonuncusudur. Eşitlik 2 kullanılarak bütün “u”lar sütun olarak toplanır ve her sütun için bir değer bulunur. Bu değerlerin en

büyüğü seçilir ve “r” yi verir. Daha sonra bütün matris “r”ye bölünür ve normalleştirilmiş direk ilişki matrisi elde edilir. Normalleştirilmiş direk ilişki matrisi “ \tilde{X} ” ile gösterilir.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \dots & \tilde{X}_{nn} \end{bmatrix}$$

4.Adım: Toplam ilişki matrisi

Normalleştirilmiş ilişki matrisi elde edildikten sonra eşitlik 3 kullanılarak toplam ilişki matrisi oluşturulacaktır.

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

Bütün matrise bunu uygulamak zor olacağından üçgensel bulanık sayılardan ilki yani “1” ayrı bir matris, ikincisi “m” ayrı bir matris, sonuncusu “u” ayrı bir matris olarak ele alınır. Bu üç matris önce birim matristen çıkarılır; sonra çıkan matrisin tersi alınır ve matrisin ilk haliyle çarpılır. Bu işlem üçü içinde tekrar edildikten sonra bulunan sonuçlar birleştirilir ve üçgensel bulanık sayılardan oluşan; “ \tilde{T} ” ile gösterilen tek bir toplam ilişki matrisi elde edilir.

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{T}_{11} & \tilde{T}_{12} & \dots & \tilde{T}_{1n} \\ \tilde{T}_{21} & \tilde{T}_{22} & \dots & \tilde{T}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{n1} & \tilde{T}_{n2} & \dots & \tilde{T}_{nn} \end{bmatrix}$$

5.Adım: Gönderici ve alıcı grupların belirlenmesi

\tilde{T} matrisi elde edildikten sonra \tilde{D}_i , \tilde{T} matrisinde sütun elemanlarının toplamı, \tilde{R}_i , \tilde{T} matrisinde satır elemanlarının toplamı olmak üzere, $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i \cdot \tilde{R}_i$ değerleri hesaplanır (Öztürk:2009: 84).

Toplam ilişki matrisinde satırlar toplamı D’leri, sütunlar toplamı R’leri verir yani i satırının toplamı D_i ’yi i sütununun toplamı R_i ’yi verir.

$$D_i = \sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \left. \vphantom{\sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij}} \right\} \quad \text{Eşitlik 4}$$

$$\tilde{R}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

Bulunan D ve R' lerle her bir kriter için, D-R ve D+R' değerleri hesaplanır.

D-R ve D+R değerleri kullanılarak, her bir kriterin diğerlerine olan etki seviyesi ve diğerleriyle ilişki seviyesi belirlenir. Bazı kriterler D-R değeri için pozitif değerlere sahiptir. Bu kriterler diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahiptir ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir. Bu tip kriterler gönderici olarak adlandırılır. D-R negatif değere sahipse diğer kriterlerden daha fazla etkilenen kriterlerdir. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı olarak adlandırılır. Diğer taraftan D+R değerleri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişkiyi gösterir ve D+R değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ilişkisi diğerleriyle daha azdır. (Aksakal ve Dağdeviren, 2010: 908)

6.Adım: Durulaştırma

Bulduğumuz D-R ve D+R değerleri henüz hala üçgensel bulanık sayılardan türetildiği için üç tane değer içermektedir. Bunları tek değer haline getirebilmek için durulaştırma yöntemi uygulanır. Durulaştırma işlemi eşitlik 5 formülü ile hesaplanır. D-R ve D+R için durulaştırma uygulandığında artık formülün gösterilme şekli değişir. Parantezin üzerinde yer alan "def" kısaltması durulaştırma anlamına gelen "defuzzifying" in kısaltılmasıdır.

$$\tilde{D}_i^{Def} + \tilde{R}_i^{Def} = \frac{1}{4}(l + 2n + u)$$

Eşitlik 5

$$\tilde{D}_i^{Def} - \tilde{R}_i^{Def} = \frac{1}{4}(l + 2n + u)$$

7. Adım: Neden- sonuç ilişki diyagramının elde edilmesi

Durulaştırma yöntemi yardımıyla neden sonuç ilişki diyagramı çizilerek analiz yapılır. Etki yönlü graf diyagramı olarak da adlandırılır.

Etki yönlü graf diyagramı yatay eksenini D+R, dikey eksenini D-R olan bir koordinat düzleminde (D+R, D-R) noktalarının gösterilmesi ile elde edilir (Aksakal ve Dağdeviren, 2010: 908).

8.Adım: Ağırlıkların bulunması

Kriterlerin ağırlıkları aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$w_i = \left\{ \left(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def} \right)^2 + \left(\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

4.UYGULAMA

Tekstil sektörü için en önemli ekipman dokuma tezgahlarıdır ve çeşitli türlerde tezgahlar bulunmaktadır. Hem firmaların ihtiyaçları hem de kullanım amaçlarına uygun makine seçimi oldukça önem arz etmektedir. Uygulamamızda büyük ölçekli bir tekstil firması için, iki farklı tezgâh makinasının hem ilk el hem de ikinci elleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır.

4.1 Uygulamanın Amacı

Çalışmanın amacı, bulanık DEMATEL yöntemi kullanarak, tekstil makinelerinin alımında ki karmaşıklığı gidermek, etkileyen ve etkilenen kriterleri belirlemektir. Böylece kriterler arası ilişkinin boyutunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

Çalışma, uzman grubun oluşturulması ile başlamaktadır. Çalışmanın ikinci adımında tekstil makine seçiminin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Daha sonra, kriterlerin arasındaki ilişkilerin belirlenmesi sırasında kriterlerin ilişkileri, cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyen bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

4.2 Tekstil Makine Seçimine Etki Eden Kriterlerin ve Hiyerarşilerin Belirlenmesi

Maliyet: Firmaların alternatif tekstil tezgahları arasından seçim yapmalarını etkileyecek unsurların başında tezgahların satınalma maliyetleri gelmektedir. Satın alma, işletme ve bakım maliyetleri tezgah alımında maliyet olarak göz önüne alınacak kriterler arasındadır.

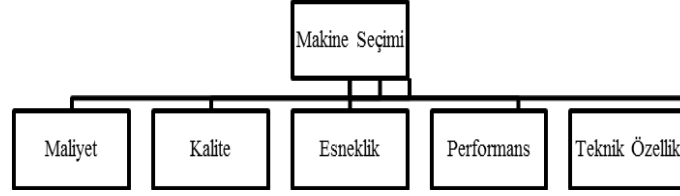
Esneklik: Tezgahın farklı ürünleri (havlu, bornoz vb.) işleyebilmesi tezgah kapasitesi ve ürün değişikliği durumunda gereken hazırlık zamanı önemli esneklik göstergeleridir (Perçin 2012:177). Esneklik olarak ürün hacmi esnekliği, ürün çeşidi esneklikleri bu çerçevede alt kriterler olarak sayılabilir.

Teknik Özellikler: Firma ihtiyaçlarına en uygun tezgahı belirlemek için makinelere ait bazı teknik özellikler kıyaslanmalıdır. Bu özellikler sırasıyla, dokuma hızı, ebat, dokuma boyutları olarak sıralanabilir.

Kalite: Makinenin kaliteli olması diğer bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle tezgâhın ürünü işleme kalitesi, makinenin kalitesi bu başlık altında incelenebilir

Performans: Makinenin performansı en önemli kriterler arasında sayılır. Ürünün ilerleme hızı, makinenin gücü, kullanım kolaylığı güvenlik, arıza oranı gibi faktörler performans özellikleri arasında sıralanabilir.

Makine seçim kriterlerinin hiyerarşik yapısı şekil 1. gösterilmiştir.



Şekil 1: Makine seçimi için belirlenen kriterler

4.3. Bulanık DEMATEL Yaklaşımının Aşamaları

DEMATEL yöntemi ile kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimin değerlendirilmesi aşamalı olarak aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Kriterlerin belirlenmesi ve bulanık skalanın oluşturulması.

Kriterler uzman bir ekip tarafından belirlenmiştir. Bu kriterler; maliyet, esneklik, teknik özellikler, kalite, performans olarak belirlenmiştir. Bulanık skala oluşturabilmek için ise, bulanık dilsel ölçeğin belli olması gerekir. Dilsel ifadelerin üçgensel bulanık sayılarla karşılıkları Tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo1: Bulanık Dilsel Ölçek

Dilsel İfadeler	Bulanık Karşılıkları
Çok Az Etkili	(0,00;0,00;0,25)
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)

Kaynak: Wu, Lee, 2007:503

Kriterler arası ilişkiler karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Kriterler arasındaki ilişkiler, karar vericilerin dilsel değerlendirmeleriyle Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Karar Vericinin Sözel İfadelerle Kriter Karşılaştırması

Kriterler	Maliyet	Kalite	Esneklik	Performans	Teknik özellik
Maliyet	0	Fazla	Normal	Çok fazla	Çok fazla
Kalite	Çok fazla	0	Fazla	Normal	Az
Esneklik	Normal	Çok az	0	Normal	Az
Performans	Az	Çok fazla	Az	0	Az
Teknik özellik	Çok fazla	Az	Normal	Normal	0

Adım 2: Direk ilişki matrisinin oluşturulması.

Tablo 2'deki veriler, Tablo 1'deki bulanık dilsel ifadelerle karşılık gelen üçgensel bulanık sayı değerleri ile düzenlenerek, direk ilişki matrisi (Z matrisi) elde edilmiştir. Bu veriler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Direk İlişki Matrisi (Z matrisi)

Kriterler	Maliyet	Kalite	Esneklik	Performans	Teknik özellik
Maliyet	(0,0,0)	(0,50;0,75;1,00)	(0,25;0,50;0,75)	(0,75;1,00;1,00)	(0,75;1,00;1,00)
Kalite	(0,75;1,00;1,00)	(0,0,0)	(0,50;0,75;1,00)	(0,25;0,50;0,75)	(0,00;0,25;0,50)
Esneklik	(0,25;0,50;0,75)	(0,00;0,00;0,25)	(0,0,0)	(0,25;0,50;0,75)	(0,00;0,25;0,50)
Performans	(0,00;0,25;0,50)	(0,75;1,00;1,00)	(0,00;0,25;0,50)	(0,0,0)	(0,00;0,25;0,50)
Teknik Özellik	(0,75;1,00;1,00)	(0,00;0,25;0,50)	(0,25;0,50;0,75)	(0,25;0,50;0,75)	(0,0,0)

Adım 3: Normalize edilmiş direk ilişki matrisinin oluşturulması.

Normalleştirilmiş ilişki matrisi eşitlik 1 ve 2'nin kullanılmasıyla oluşturulur. Elde edilen veriler matris halinde Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4: Normalleştirilmiş Direk İlişki Matrisi

Kriterler	Maliyet	Kalite	Esneklik	Performans	Teknik özellik
Maliyet	(0;0;0)	(0,29;0,27;0,31)	(0,14;0,18;0,23)	(0,43;0,36;0,31)	(0,43;0,36;0,31)
Kalite	(0,43;0,36;0,31)	(0;0;0)	(0,29;0,27;0,31)	(0,14;0,18;0,23)	(0;0,09;0,15)
Esneklik	(0,14;0,18;0,23)	(0;0;0,08)	(0;0;0)	(0,14;0,18;0,23)	(0;0,09;0,15)
Performans	(0,00;0,09;0,15)	(0,43;0,36;0,31)	(0,00;0,09;0,15)	(0;0;0)	(0;0,09;0,15)
Teknik özellik	(0,43;0,36;0,31)	(0,00;0,09;0,15)	(0,14;0,18;0,23)	(0,14;0,18;0,23)	(0;0;0)

Adım 4: Toplam ilişki matrisinin oluşturulması.

Toplam ilişki matrisi, eşitlik 3'ten yararlanılarak oluşturulmuştur. Bu veriler, Tablo 5'te gösterilmiştir

Tablo 5 : Toplam İlişki Matrisi

	Maliyet	Kalite	Esneklik	Performans	Teknik Özellik
Maliyet	0,90;1,09:-0,44	1,06;1,14:-0,35	0,69;1:-0,25	1,18;1,33:-1,55	0,82;1,07:-0,15
Kalite	0,97;1,15:-0,14	0,62;0,75:-0,5	0,67;0,91:-0,12	0,8;1,03:-1,36	0,42;0,75:-0,19
Esneklik	0,32;0,61:-0,15	0,25;0,43:-0,33	0,14;0,36:-0,32	0,35;0,62:-1,02	0,14;0,44:-0,15
Performans	0,42;0,76:1,04	0,7;0,84:1,32	0,29;0,61:1,42	0,34;0,63:-1	0,18;0,55:-6,94
Teknik Özellik	0,92;1,1:-0,13	0,59;0,8:-0,35	0,5;0,79:-0,17	0,74;0,98:-1,29	0,4;0,63:-0,31

Adım 5: Gönderici grubu ve alıcı grubu hesaplanması.

Toplam ilişki matrisinin oluşturulmasından sonra, matrisinde sütun elemanlarının toplamı \bar{D} ve matrisinde satır elemanlarının toplamı olmak \bar{R} değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra, onların durulaştırılmış değerleri eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır. Bulunan değerler Tablo 6.da verilmiştir.

Tablo 6. Kriterlerin Durulaştırılmış Değerleri

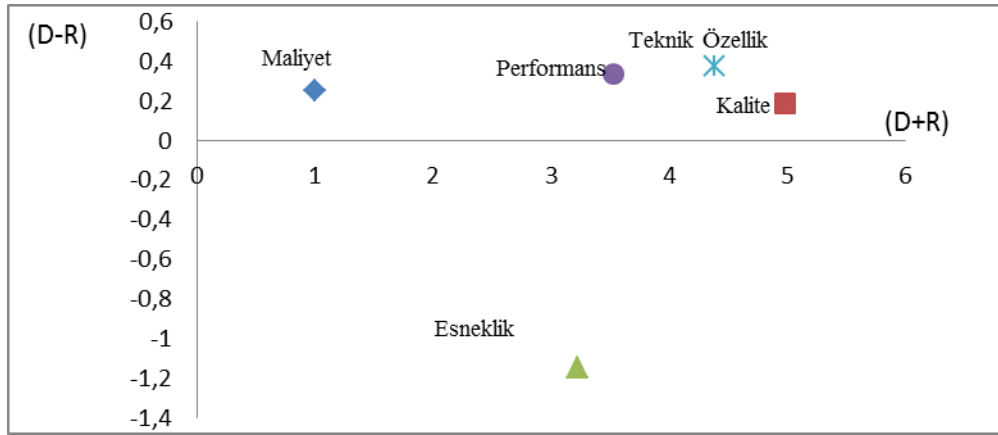
	D+R	D-R
Maliyet	6,320	0,255
Kalite	4,985	0,185
Esneklik	3,223	-1,148
Performans	3,523	0,338
Teknik özellik	4,378	0,373

Hesaplanan değerler sonucunda kriterler arası ilişkiyi gösteren D+R değerlerinde sırasıyla maliyet, kalite, teknik özellik kriterlerinin diğer kriterler ile daha çok ilişkide olduğu görülmüştür.

Alıcı yada etkilenen olarak adlandırılan, daha düşük önceliğe sahip ve diğer kriterlerden daha çok etkilenen D-R (negatif) değerlerinde ise, özellikle esneklik kriterinin etkilenen olduğu görülmüştür. Gönderici ya da etkileyici olarak adlandırılan, daha yüksek etkiye sahip ve daha çok önceliğe sahip D-R (pozitif) değerlerinde teknik özellik, performans, maliyet ve kalite kriterlerin diğer kriterlere nazaran daha çok etkilendiği görülmüştür.

Adım 6: Neden Sonuç İlişki Diyagramının Çizilmesi

Bulunan D+R ve D-R değerleri bir grafik üzerinde gösterilerek kriterler arası ilişkiler analiz edilir.



Şekil 2. Neden Sonuç İlişki Diyagramı

Şekil 2 incelendiğinde tekstil makinesinin seçiminde maliyet, performans teknik özellikler ve kalite makine seçimini etkileyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. En çok etkileyen kriterin teknik özellik ve makinenin performansı kriteri olmuştur. Makinenin esnekliği ise makine seçiminden en çok etkilenen faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

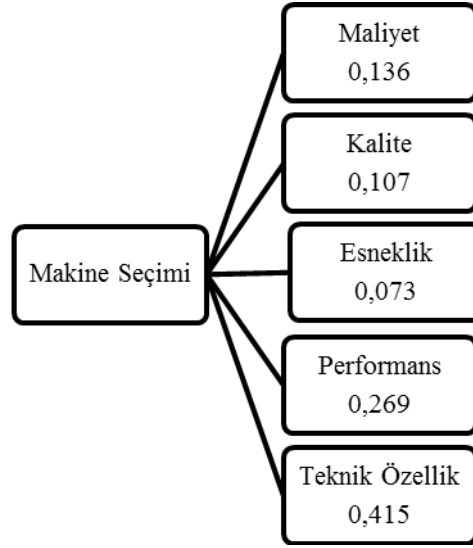
Adım 7: Kriterlerin Ağırlıklarının Bulunması

Kriterlerin ağırlıkları ise eşitlik 6'dan hesaplanarak elde edilmiştir. Bulunan durulaştırılma ve kriter ağırlık değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir

Tablo7: Kriterlerin Ağırlıkları

	D+R	D-R	w	W
Maliyet	6,32	0,255	6,325	0,136
Kalite	4,985	0,185	4,988	0,107
Esneklik	3,223	-1,148	3,421	0,073
Performans	3,523	0,338	12,526	0,269
Teknik özellik	4,378	0,373	19,306	0,415

Aşağıdaki Şekil 3'te, kriterlere ait ağırlıkların, hiyerarşik olarak gösterimi verilmektedir.



Şekil 3. Kriterlerin Ağırlıkları

Şekil 3 ve Tablo 6 daki verilere inceledimizde, makine seçimi için belirlenen kriterlerin ağırlıkları gösterilmiştir. Bu verilere göre, bir makinenin seçiminde göz önüne alınması gereken en önemli kriterin makinenin teknik özellikleri çıkmıştır. Kriterleri derecelendirdiğimizde, teknik özelliklerden sonra sırasıyla, makinenin performansı, maliyet, kalite ve en son olarak makinenin esnekliği ortaya çıkmıştır.

5. SONUÇ

Artan rekabet koşullarında, karar verme uygulamalarının önemi artmıştır. Makineler işletme varlıklarının %50'lere varan kısmını oluşturabildiğinden, makine seçimi işlemi işletmeler için önemli bir yatırım kararıdır. Yöneticilerin sezgilerine göre yapılabilecek bir makine seçim işlemi, maliyet artışlarına, üretim ve zaman kayıplarına yol açabilir. Makine seçimi, önemli bir yatırım kararı olduğundan, işletmeler için karar verme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletme ihtiyaçlarına uygun, doğru bir yatırım kararı alabilmek için, makine seçimini etkileyen kriterlerin iyi bilinmesi gerekir. Karar vericilerin tüm kriterleri göz önüne alarak karar vermesi, kararlarda isabeti artırır. Kararlar üzerine etki eden tüm kriterlerin değerlendirilmesi ve analizi amacıyla, çok kriterli karar verme yöntemleri başlığı altında pek çok yöntem geliştirilmiştir. DEMATEL yöntemi de bunlardan biridir. DEMATEL yöntemi nedensel ilişkiyi daha iyi anlamamızı sağlayacak ilgili kriterleri sebep ve sonuç gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlama ve çözme imkanı vermektedir.

Bu çalışmada kriterler arası etkileyen-etkilenen ilişkisinin ve kriterlerin önem derecelerinin ortaya konulması amacıyla DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca çalışmada belirsiz ve kesin olmayan, sayısal olarak ifade edilemeyen insan düşünce ve yargılarını dikkate alan bulanık küme teorisinden yararlanılmıştır. Bulanık DEMATEL yöntemi, DEMATEL yöntemine göre, çalışmaya daha fazla esneklik katmaktadır.

Literatür incelendiğinde makine seçiminin bulanık mantık ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin birleştirildiği çalışmalara rastlanmaktadır. Fakat bulanık DEMATEL yöntemi ile makine seçim kriterlerinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ilk olması nedeniyle literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir. Ayrıca, ileri de yapılacak bulanık DEMATEL ile bütünlük çok kriterli karar verme çalışmalarına bir temel olabileceği ifade edilebilir.

Tekstil makine seçimini etkileyen kriterlerin önem dereceleri değişkendir. Çünkü alınacak makine seçiminde göz önüne alınan kriterler her bir işletme için farklılık gösterebilmektedir. Makine seçimini etkileyen kriterlerin bulanık DEMATEL ile değerlendirilmesi sonucunda, makine seçimini en çok etkileyen kriterin makinenin teknik özellikleri ve makinenin performansı olduğu tespit edilmiştir. Bunları; maliyet ve makinenin kalitesi kriterleri izlemektedir. Makinenin esnekliği ise makinelerin seçiminde en çok etkilenen kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Kriter ağırlık değerleri incelendiğinde, işletmeler açısından makine seçiminde en önemli kriterin makinenin teknik özelliği olduğu saptanmıştır.

KAYNAKÇA

- Aksakal E.ve Dağdeviren, M. (2010), "ANP ve DEMATEL Yöntemleri İle Personel Seçimi Problemine Bütünlük bir Yaklaşım", *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 25, No 4, 905-910.
- Baykasoğlu, A., Kaplanoğlu, V., Durmuşoğlu, Z., Şahin, C., (2013), "Integrating Fuzzy DEMATEL And Fuzzy Hierarchical TOPSIS Methods For Truck Selection" *Expert Systems With Applications*, Volume 40, Issue 3, 15, 899-907
- Büyükközkın, G.,Çifçi G., (2012), "A Novel Hybrid MCDM Approach Based On Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS To Evaluate Green Suppliers",

- Expert Systems With Applications*, Volume 39, Issue 3, 15 February 2012, 3000-3011
- Chang, B., Chang, C.W., Wu, C.H. (2011), "Fuzzy DEMATEL Method For Developing Supplier Selection Criteria", *Expert Systems With Applications*, Volume 38, Issue 3, March 2011, 1850-1858
- Cheng, C. C., Chen, C.T., Hsiu F.S., Hu, H.Y., (2012), "Enhancing Service Quality Improvement Strategies Of Fine-Dining Restaurants: New Insights From Integrating A Two-Phase Decision-Making Model Of IPGA And DEMATEL Analysis", *International Journal Of Hospitality Management*, Volume 31, Issue 4, December 2012, 1155-1166
- Ertugrul İ., (2007), "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemine Uygulanması", *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 25, Sayı 1, 171-192.
- Ho, L.H., Feng, S. Y., Lee, Y. C., Yen T. M., (2012), "Using Modified IPA To Evaluate Supplier's Performance: Multiple Regression Analysis and DEMATEL Approach", *Expert Systems With Applications*, 39, 7102-7109.
- Hornig, J. S., Liu, C. H., Chou, S.F., Tsai, C.Y., (2012), "Creativity As A Critical Criterion For Future Restaurant Space Design: Developing A Novel Model With DEMATEL Application", *International Journal of Hospitality Management*, 31 July 2012,
- Hu, H. Y., Lee, Y.C., Yen, T.M., Tsai, C. H. (2009). "Using BPNN And DEMATEL To Modify Importance-Performance Analysis Model – A Study of The Computer Industry", *Expert Systems With Applications*, 36, 9969-9979.
- Hu, H.Y., Chiu, S., Cheng, C.C., Yen, T.M. (2011), "Applying The IPA And DEMATEL Models To Improve The Order-Winner Criteria: A Case Study Of Taiwan's Network Communication Equipment Manufacturing Industry", *Expert Systems with Applications*, Volume 38, Issue 8, 9674-9683
- Hung, S. J. (2011), "Activity-Based Divergent Supply Chain Planning For Competitive Advantage In The Risky Global Environment: A DEMATEL-ANP Fuzzy Goal Programming Approach", *Expert Systems With Applications*, Volume 38, Issue 8, 9053-9062
- Jassbi, J., Mohamadnejad, F., Nasrollahzadeh, H., (2011), "A Fuzzy DEMATEL Framework For Modeling Cause And Effect Relationships of Strategy Map", *Expert Systems With Applications*, 38, 5967-5973.
- Kaya, İ., Kılınç M.S., Çevikçan E., (2008), "Makine-Teçhizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci", *Mühendis ve Makine*, Cilt: 49, Sayı: 579.
- Öztürk, O. (2009), "Türkiye Karayollarında, Trafik Kazalarının Nedeni ve Bu kazaların Analizi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Perçin S., (2012), "Bulanık AHS ve TOPSIS Yaklaşımının Makine-Teçhizat Seçimine Uygulanması", *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 21, 169-184.
- Shieh, J., Wu, H.H., Huang, K.K. (2010), "A DEMATEL Method In Identifying Key Success Factors Of Hospital Service Quality", *Knowledge-Based Systems*, Volume 23, Issue 3, April 2010, 277-282

- Vujanovic, D., Momc̃ilovic, Bojovic, V.N., Pagic, V. (2012), "Evaluation of Vehicle Fleet Maintenance Management Indicators By Application of DEMATEL and ANP", *Expert Systems With Applications*, 39, 10552–10563.
- Wanga, Y.L., Tzeng, G. H. (2012), "Brand Marketing For Creating Brand Value Based on a MCDM Model Combining DEMATEL With ANP And VIKOR Methods", *Expert Systems With Applications*, 39, 5600–5615.
- Wang, W.C., Lin, Y.H., Lin, C.L., Chung, C.H., Lee, M.T. (2012), "DEMATEL-Based Model To Improve The Performance In A Matrix Organization", *Expert Systems With Applications*, Volume 39, Issue 5, April 2012, Pages 4978-4986
- Wu, W.W., Lee Y.T., (2007), "Developing Global Managers' Competencies Using The Fuzzy DEMATEL Method", *Expert Systems With Applications*, 32, 499–507.
- Wu, W.W., (2012), "Segmenting Critical Factors For Successful Knowledge Management Implementation Using The Fuzzy DEMATEL Method", *Applied Soft Computing*, Volume 12, Issue 1, January 2012, Pages 527-535,
- Yang J. L., Tzeng G.H., (2011), "An Integrated MCDM Technique Combined With DEMATEL For A Novel Cluster-Weighted With ANP Method", *Expert Systems With Applications*, Volume 38, Issue 3, March 2011, Pages 1417-1424
- Yang, Y.P.O., Shieh, H.M., Tzeng, G.H., (2011), "A VIKOR Technique Based On DEMATEL And ANP For Information Security Risk Control Assessment", *Information Sciences*, In Press, Corrected Proof, Available online 17 September 2011