

## YALIN ÜRETİM UYGULAMALARINDA KARŞILAŞILAN ENGELLERİN GRİ DEMATEL BÜTÜNLEŞİK YAKLAŞIMIYLA ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Ejder AYÇİN 

### ÖZET

*Yoğun rekabetin olduğu günümüz koşullarında artan ve sürekli değişen müşteri talepleri karşısında işletmeler, üretim sistemlerinin müşteri odaklı, yüksek kaliteli ve aynı zamanda düşük maliyetli olmasını sağlamalıdır. Özellikle küresel faaliyet gösteren şirketler, envanter azaltmaya, süreç verimliliğini artırmaya ve israfi ortadan kaldırmaya yönelik yalın üretim sistemleri ile hedeflerine ulaşmaya çalışmaktadır. Bu çalışmada, yalın üretim sistemlerinin işletmelerde nasıl başarılı bir şekilde uygulanabileceğine dair bir tespit ortaya koymak amacıyla, bu sistemlerin uygulanmasının önündeki temel engeller incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda belirsiz ve karmaşık kararları kesin sayısal değerler ile betimleyebilen, kriterler arasındaki ilişkileri ve önem düzeylerini tespit edebilen gri sistem teorisi ile DEMATEL yaklaşımı bütünleşik olarak ele alınmıştır. Bulgular ile yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan engeller arasındaki karşılıklı ilişkiler ortaya koyularak ve en önemli engeller belirlenmiştir. Makale sonuçlarının işletmelere ve yöneticilere, yalın üretim uygulamalarında karşılaşılabilecek engellerin belirlenmesinde uygulanabilecek bir model önerisiyle yardımcı olacağı düşünülmektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Yalın Üretim, Gri Sistem Teorisi, DEMATEL.

**JEL Kodları:** C44, L60.

## ANALYZING BARRIERS ENCOUNTERED IN LEAN MANUFACTURING APPLICATIONS BY THE GREY DEMATEL INTEGRATED APPROACH

### ABSTRACT

*In today's highly competitive market conditions, enterprises must ensure that their production systems are customer focused, high quality and at the same time low cost. The global companies are trying to achieve their goals with lean manufacturing systems aimed at reducing inventory, increasing process efficiency and eliminating wastage. In this study, the main barriers to the implementation of these systems are examined in order to determine how successful lean manufacturing systems can be applied in enterprises. For this purpose, the grey system theory and the DEMATEL approach are integrated in order to determine the relations and importance levels between the criteria, which can*

\* Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, Kocaeli/Türkiye e-mail: [ejder.aycin@kocaeli.edu.tr](mailto:ejder.aycin@kocaeli.edu.tr)

#### **Makale Geçmişi/Article History**

Başvuru Tarihi / Date of Application : 18 Temmuz / July 2018

Düzeltilme Tarihi / Revision Date : 5 Eylül / September 2019

Kabul Tarihi / Acceptance Date : 30 Eylül / September 2019

**Araştırma Makalesi/Research Article**

*represent uncertain and complex decisions with definite numerical values. The most important barriers have been identified by demonstrating the mutual relations between the findings and the barriers encountered in lean production practices. It is believed that the results of the article will help the enterprises and managers to propose a model that can be applied in the determination of the barriers that can be encountered in lean production applications.*

**Key Words:** *Lean Manufacturing, Grey Systems Theory, DEMATEL.*

**JEL Codes:** *C44, L60.*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler, artan rekabet koşulları ile beraber teknolojik gelişimlere ayak uydurabilmek ve değişen müşteri taleplerini karşılamak amacıyla üretim sistemlerini yalınlaştırmaktadır. Müşterileri ürün kalitesi, uygun fiyat ve zamanında teslim gibi konularda memnun edebilmenin oldukça önemli olduğu günümüz rekabetçi ortamında, işletmeler bunları üretim sistemindeki her türlü israfı ortadan kaldırarak, işletme kaynaklarının en etkin şekilde kullanıldığı ve maliyetlerin olabildiğince azaltıldığı yalın üretim sistemlerini hayata geçirerek sağlayabilmektedirler.

Yalın üretim yalnızca işletmenin üretim fonksiyonunda geçen faaliyetlerle sınırlı değildir. Ürün geliştirmeden tedarige, üretimden dağıtımına kadar değişen faaliyetlerle ilgilidir. Yalın üretimi bir işletmede uygulamanın esas amacı verimliliği artırmak, kaliteyi yükseltmek, teslim sürelerini kısaltmak ve maliyetleri azaltmaktır. Bunlar yalın üretimin performansını gösteren faktörlerdir (Karlsson ve Ahlström, 1996: 25).

Yalın üretim sistemlerinde müşteri talebinden nihai ürünün teslimine kadar geçen süre içinde, müşteri için değer yaratacak tüm faaliyetlerin üretim sürecine dâhil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca işletme kaynaklarının kötü kullanılmasına ve maliyetlerin artmasına neden olacak her türlü israfın ortadan kaldırıldığı bir üretim gerçekleştirme hedeflenmektedir. Her ne kadar avantajları bulunsa da geleneksel bir üretim sisteminden yalın bir üretim sistemine geçiş yapılması oldukça zor bir işittir. Üretim sisteminin değiştirilmesi hem işletmelerin üretim faaliyetlerini hem de çalışanları etkileyen bir süreçtir. Yalın üretime geçiş sürecinde gerek işletmeden gerekse çalışanlardan kaynaklı engeller ile karşılaşmak mümkündür. Yalın üretimin başarıyla uygulanması ve işletmelerin genel performansını arttırmak için bu engeller doğru bir şekilde tespit edilip gerekli önlemler alınmalıdır.

Bu çalışmada, yalın üretim sistemine geçiş sırasında karşılaşılabilecek engellerin belirlenmesi için gri sistem teorisi ve DEMATEL yöntemi bütünleşik olarak ele alınarak bir uygulama metodolojisi oluşturulmuştur. Konuyla ilgili literatür taraması ve yalın üretim süreçlerinde yer alan uzman yöneticiler ile yapılan değerlendirmeler sonucunda karşılaşılabilecek engeller belirlenmeye çalışılmıştır. DEMATEL yöntemi değişkenler arasındaki önemi ve nedensel ilişkileri ortaya koyabilen en iyi yöntemlerden biridir. Gri sistem teorisi ise kesin sayısal değerler ile betimlemenin zor olduğu insan

yargılarının karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, dilsel tercihler açısından esnek değerlendirmeler ile belirsiz koşulları dikkate alabilmek ve yalın üretim sistemlerine geçişte karşılaşılan engelleri belirleyebilmek için gri teori ve DEMATEL yöntemi bütünleşik olarak kullanılmıştır.

## 2. LİTERATÜR

Literatür incelendiğinde yalın üretimin uygulamasında karşılaşılan engelleri, işgücü kaynaklı, bilgi ve uzmanlık eksikliği kaynaklı, işletmelerin yapı ve özelliklerinden kaynaklı ve finansal kaynaklı yetersizlikler gibi bazı sınıflamalar ile ele almak mümkündür. İşletmelerin yalın üretimi benimsenmesine engel teşkil eden bu durumların incelenerek, bunların üstesinden gelecek stratejilerin belirlenmesi işletmeler için önemlidir. Ülkemizde yalın üretim ile ilgili uygulama çalışmaları mevcut olsa da, yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan engelleri ele alan ve bunlar arasındaki etkileşimi belirlemeye çalışan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmanın bu kısmında yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan engellere ilişkin yabancı kaynakları içeren bir literatür özeti Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1. Yalın Üretim Uygulamalarında Karşılaşılan Engeller**

Yazar (lar)	Karşılaşılan Engeller
Bamber ve Dale (2000)	Üst yönetim desteğinin eksik olması, yalın düşüncenin amaç ve ilkelerinin yeteri kadar anlaşılabilmesi, doğru iletişim kurma eksikliği
Achanga vd. (2006)	Olumsuz çalışma ortamı ve kültür, üst yönetim desteğinin yetersiz olması, finansal kısıtlamalar
Bonavia ve Marin (2006)	Zaman, tecrübe ve finansal kaynakların yetersiz olması, yalın ilke ve tekniklerin yeteri kadar anlaşılabilmesi
Worley ve Doolen (2006)	Kültürel farklılıklar, iletişim kurma eksikliği
Bednarek ve Luna (2008)	Çalışanların yalın üretime karşı direnç göstermesi, yalın araç ve tekniklerin benimsenmemesi, üst yönetim desteğinin eksik olması, yalın üretimin amaç ve ilkelerinin yeteri kadar anlaşılabilmesi, beceri ve pratik eksikliği, yalın üretimin uygulanması için gerekli kaynakların eksikliği
Scherrer-Rathje vd. (2009)	Üst yönetim desteğinin eksik olması, doğru iletişim kurma eksikliği, yalın üretime gösterilen ilginin yetersiz olması
Manzouri vd. (2010)	Yalın düşünce hakkındaki farkındalığın eksik olması, sürekli iyileştirmenin sağlanabilmesi, maliyet yönetimi, şirket yönetiminin yönlendirme ve kural eksikliğinin bulunması
Nordin vd. (2010)	Yatırım maliyetlerinin yüksekliği, üst yönetim destek eksikliği, iletişim eksikliği, yalın ilke ve tekniklerin benimsenmemesi, işletme kültürünü değiştirmenin zor olması
Second (2010)	Yalın üretim felsefesinin benimsenmemesi, çalışanların yalın üretime karşı gösterdikleri direnç, işletmenin üretim sistemini yalın üretime dönüştürecek teknolojik yeterliliğinin olmaması
Bhasin (2012)	Yalın üretimin getireceği faydaların yeteri kadar anlaşılabilmesi, üst yönetimde yer alan yöneticilerin yetenek eksikliği, finansal yetersizlik, çalışanların bilgi ve becerilerinin yetersiz olması, yatırım maliyetinin yüksekliği
Bollbach (2012)	Kalite kontrol eksikliği, kötü envanter yönetimi, tedarikçi performansının zayıflığı, bilgi eksikliği, yönetim eksikliği, çalışanların eğitim eksikliği

Čiarnienė, R., ve Vienažindienė (2013)	İnsan kaynaklı engeller (değişime karşı direnç, bilgi eksikliği, kötü iletişim) ve işletme kaynaklı engeller (uygulama maliyetleri yüksekliği ve kaynak eksikliği, performans ölçününün yetersizliği, yönetim kademesindeki eksiklikler, işletme kültürü, sürekli iyileştirme programlarına yönelik stratejilerin zayıflığı)
Jagdış vd. (2014)	Uygun araç ve tekniklerin kullanılamaması, üst yönetim desteğinin yetersiz olması, çalışanların tutumu, işletme kültürü

### 3. GRİ SİSTEM TEORİSİ

Gri sistem teorisi, kesikli veri ve eksik bilgi içeren olgularda belirsizlik problemlerini çözmek için kullanılabilir (Deng, 1989). Az miktarda veri kullanılması ve uygulamada tatmin edici sonuçlar elde edilebilmesi yöntemin en önemli özelliklerinden biridir (Li vd., 1997). Gri sistem teorisi, sınırlı ve eksik bilgi içeren ve rastgele belirsizlik gösterebilen sistemlerin analizi ve modellenmesi için bir yaklaşım sağlar. Literatüre bakıldığında gri sistem teorisi ile ilgili birçok uygulama olduğu görülmektedir. Bu uygulamaların çözümünde gri sistem teorisi etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Belirsizlik ortamında karar alınırken, kişisel değerlendirmeleri içinde bulunduran bulanık mantığa dayalı matematiksel işlemler ve gri sistem teorisi kullanılmaktadır. Tablo 2’de gri sistem teorisi, olasılık-istatistik ve bulanık matematik arasındaki bir karşılaştırmaya yer verilmiştir (Liu ve Lin, 2006).

**Tablo 2. Gri Sistem Teorisinin Olasılık-İstatistik ve Bulanık Mantıkla Karşılaştırılması**

	Gri Sistem Teorisi	Olasılık-İstatistik	Bulanık Mantık
Çalışma Alanı	Yetersiz Bilgi	İstatistiksel Belirsizlik	Dilsel Belirsizlik
Temel Küme	Gri Belirsiz Kümeler	Kantor Kümeler	Bulanık Kümeler
Yöntem	Bilgi Kapsamı	Olasılık Dağılımları	Üyelik Fonksiyonları
Gereklilik	Herhangi Bir Dağılım	Belirli Bir Dağılım	Tecrübe
Amaç	Gerçekçi Kurallar	İstatistiksel Kurallar	Dilsel İfadeler
Karakteristik	Küçük Örneklem	Büyük Örneklem	Tecrübe
Kaynak: Liu ve Lin, 2006			

Diğer sistemlerle karşılaştırmalı olarak Gri Sistem Teorisinin önemli yönlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Li vd., 1997; Tseng, 2009; Bai and Sarkis, 2010; Dou vd., 2014; Xia vd., 2015):

- Gri sistemler ile geleneksel istatistik modelleme yöntemlerine nazaran, nispeten sınırlı miktarda veri kullanarak tatmin edici sonuçlar elde edilebilir.
- Eksik ve tamamlanmamış bilgiler içeren teorik sistemlerin analizinden daha iyidir.
- Konvansiyonel yöntemlerden üstündür çünkü gri sistemler modelleme bilgisinin eksikliğinden daha sağlamdır.
- Literatürde gri temelli yaklaşımların iyi performans özelliklerine ulaşabileceğini gösteren çok sayıda çalışma vardır.
- Gri sistem teorisi nispeten esnek yapısıyla parametrik ve dağılım varsayımları bulunmayan, belirsizlik içeren problemlere çözüm yolu sağlar.

- Bulanık yaklaşıma göre gri sistem teorisinin yararı bulanık bir üyelik fonksiyonuna ihtiyaç duymamasıdır.
- Gri sistem teorisi, küçük örneklerin ve kötü bilginin belirsizlik problemini dikkate almak için geliştirilmiştir. Gerçek hayattaki karar problemlerinin çoğu, bilgi ve belirsizlik eksikliğinden dolayı gri sistemlerle ele alınabilir.

Alt ve üst limiti bilinen ve belirli bir aralık içinde değer alabilen bir sayı gri sayı ( $\otimes x$ ) olarak tanımlanır.  $\underline{\otimes} x$  ve  $\overline{\otimes} x$  değerleriyle alt ve üst limitleri tanımlanan bir gri sayının matematiksel gösterimi (1) no'lu eşitlikte gösterildiği gibidir (Deng, 1989).

$$\otimes x = [\underline{\otimes} x, \overline{\otimes} x] = x \in \otimes x \mid \underline{\otimes} x \leq x \leq \overline{\otimes} x \quad (1)$$

Gri sayılar ile yapılabilen basit matematiksel işlemler (2)-(5) no'lu eşitliklerde gösterilmiştir.

$$\otimes x_1 + \otimes x_2 = [\underline{x}_1 + \underline{x}_2, \overline{x}_1 + \overline{x}_2] \quad (2)$$

$$\otimes x_1 - \otimes x_2 = [\underline{x}_1 - \underline{x}_2, \overline{x}_1 - \overline{x}_2] \quad (3)$$

$$\otimes x_1 \times \otimes x_2 = [\min(\underline{x}_1 \underline{x}_2, \overline{x}_1 \underline{x}_2, \underline{x}_1 \overline{x}_2, \overline{x}_1 \overline{x}_2), \max(\underline{x}_1 \underline{x}_2, \overline{x}_1 \underline{x}_2, \underline{x}_1 \overline{x}_2, \overline{x}_1 \overline{x}_2)] \quad (4)$$

$$\otimes x_1 \div \otimes x_2 = [\underline{x}_1, \overline{x}_1] \times \left[ \frac{1}{\underline{x}_2}, \frac{1}{\overline{x}_2} \right] \quad (5)$$

#### 4. DEMATEL

*DEMATEL* (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) karmaşık yapıdaki problemlere çözüm üretebilmek için 1970'li yıllarda Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü tarafından geliştirilen bir yöntemdir (Li ve Tzeng, 2009: 9891). *DEMATEL*, karmaşık problem kümelerini ve hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin tanımlanmasına katkıda bulunmak için uygun bilimsel araştırma yöntemlerinin kullanılmasına öncülük etme ümidiyle geliştirilmiştir. Grafikselleştirilmiş *DEMATEL* yöntemi nedensel ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak, ilgili faktörleri sebep ve sonuç gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlama ve çözme imkanı sunar (Aksakal ve Dağdeviren, 2010:907).

Değişkenler arasındaki yapı ve ilişkiler ile geçerli sayıda alternatifleri inceleyen etkili bir yöntem olan *DEMATEL*, kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi ve en yüksek önceliği olduğu kriterler etkileyen kriterler, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu kabul kriterler ise sonuç kriterleri olarak adlandırılır (Tseng ve Lin, 2009: 520). *DEMATEL* yönteminin en önemli özellikleri, kriterler ve ya değişkenler arasındaki birbirlerini etkileme durumunu ve birbirlerinden etkilenme derecesini belirleyebilme ve ilişkileri açıklayıcı bir model ortaya koyabilmesidir (Tzeng vd., 2007: 1031-1032).

## 5. GRİ-DEMATEL

Gri sistem teorisi ve DEMATEL yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanılacağı uygulama metodolojisi 8 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla açıklanacaktır.

### 1. Aşama: Gri İlişkilerin Değerlendirme Ölçeğinin Belirlenmesi

DEMATEL yönteminde ikili karşılaştırılması yapılan elemanların birbirleri üzerindeki etkileri sırasıyla 0=etkisiz, 1=düşük etki, 2=orta etki, 3=yüksek etki, 4=çok yüksek etkiyi ifade edecek şekilde belirlenmektedir. Bu aşamada karar vericilerin değerlendirmelerini sözel olarak ifade ettikleri bu etkiler, Tablo 3’de gösterilen Gri Dilsel İfade Ölçeğine göre gri sayılardan oluşan değerlere dönüştürülür (Bai ve Sarkis, 2013; 287).

**Tablo 3. Gri Dilsel İfade Ölçeği**

DEĞER	ETKİ DERECEŚİ	GRİ SAYILAR
4	Çok Yüksek Derecede Etki	[0.75,1]
3	Yüksek Derecede Etki	[0.5,0.75]
2	Orta Derecede Etki	[0.25, 0.5]
1	Düşük Derecede Etki	[0,0.25]
0	Etkisiz	[0,0]

### 2. Aşama: Gri Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması (X)

Bu aşamada çalışmanın amacına uygun olacak karar vericilerden Tablo 3’deki ölçeğe uygun olacak şekilde, ikili değerlendirmeleri yapmaları istenir. Değerlendirmeler sonucunda gri doğrudan ilişki matrisi elde edilir.

### 3. Aşama: Gri Doğrudan İlişki Matrisinin Durulaştırılması (Z)

Bu aşamada gri doğrudan ilişki matrisindeki sayılar, duru sayılara dönüştürülür.  $\otimes x_{ij}^k$ , karar verici k tarafından i. kriterin j. kriter üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere belirlenen bir gri sayı olarak tanımlansın.  $\otimes x_{ij}^k$  gri sayısının alt ve üst limit değerleri sırasıyla  $\underline{\otimes} x_{ij}^k$  ve  $\overline{\otimes} x_{ij}^k$  olacak şekilde (6) no’lu eşitlikte gösterilmiştir.

$$\otimes x_{ij}^k = \left[ \underline{\otimes} x_{ij}^k, \overline{\otimes} x_{ij}^k \right] \quad (6)$$

Duru sayıların elde edilmesi için Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilen, durulaştırma yöntemi kullanılmaktadır. Üç alt aşamadan durulaştırma işlemi için aşağıda verilen eşitliklerden yararlanılacaktır (Opricovic ve Tzeng, 2003; Wu ve Lee, 2007; Dou vd., 2014):

**i. Normalizasyon:**

$$\underline{\tilde{x}}_{ij}^k = \left( \underline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k \right) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (7)$$

$$\overline{\tilde{x}}_{ij}^k = \left( \overline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \overline{\otimes} x_{ij}^k \right) / \Delta_{\min}^{\max} \quad (8)$$

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max_j \overline{\otimes} x_{ij}^k - \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k \quad (9)$$

**ii. Toplam Normalize Duru Değerlerin Elde Edilmesi:**

$$Y_{ij}^k = \frac{\left( \underline{\tilde{x}}_{ij}^k (1 - \underline{\tilde{x}}_{ij}^k) + (\overline{\tilde{x}}_{ij}^k \times \overline{\tilde{x}}_{ij}^k) \right)}{(1 - \underline{\tilde{x}}_{ij}^k + \overline{\tilde{x}}_{ij}^k)} \quad (10)$$

**iii. Duru Değerlerin Elde Edilmesi**

$$z_{ij}^k = \min_j \underline{\otimes} x_{ij}^k + Y_{ij}^k \times \Delta_{\min}^{\max} \quad (11)$$

Değerlendirme sürecinde tek bir karar verici varsa, bu aşamada elde edilen durulaştırılmış değerlerden oluşan matris (Z) ile 5. aşamaya geçilmelidir. Eğer birden fazla karar verici varsa 4. Aşamada karar verici ağırlıklarının belirlenmesi gereklidir.

**4. Aşama: Karar Verici Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Değerlendirme sürecinde birden fazla karar verici varsa, o karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi gereklidir. Karar vericilerin değerlendirmelerinin eşit ağırlıklarla ele alınması durumunda (12) no'lu eşitlikten yararlanılmalıdır. Bu eşitlikteki  $z_{ij}$  değerleri bir önceki aşamada elde edilen durulaştırılmış değerleri, k ise karar verici sayısını göstermektedir (Fu ve Zhu, 2010: 7).

$$z_{ij} = \frac{1}{k} (z_{ij}^1 + z_{ij}^2 + \dots + z_{ij}^k) \quad (12)$$

Karar vericilerin değerlendirmelerinin birbirinden farklı ağırlıklarla ele alınması durumunda (13) no'lu eşitlikten yararlanılmalıdır.

$$z_{ij} = w_1 z_{ij}^1 + w_2 z_{ij}^2 + \dots + w_k z_{ij}^k \quad (13)$$

**5. Aşama: Toplam Duru Doğrudan İlişki Matrisinin Normalize Edilmesi (N)**

Daha önceki aşamalarda gri değerler durulaştırılmış değerlere dönüştürülerek, duru doğrudan ilişki matrisi elde edilmişti. Bu aşamadan sonra DEMATEL yöntemi uygulamaya dahil olacak ve yöntemin uygulama adımları uygulanacaktır (Chen ve Tzeng, 2011: 26-29; Wang ve Tzeng, 2012: 5605-5607; Chen vd., 2011: 911-912). Duru doğrudan ilişki matrisi bu aşamada normalize edilir. Normalleştirme işlemi (14) ve (15) no'lu eşitliklerden yararlanılarak gerçekleştirilir.

$$N = s \cdot Z \quad (14)$$

$$s = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n Z_{ij}} \quad (15)$$

### 6. Adım: Toplam Etki Matrisinin Elde Edilmesi

Bu adımda bir önceki aşamada normalize edilen duru doğrudan ilişki matrisi (N) (16) no'lu eşitlikten yararlanılarak, (17) no'lu eşitlikteki toplam etki matrisine dönüştürülür.

$$T = N + N^2 + \dots + N^h = N(I - N)^{-1} \quad (16)$$

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{1j} & t_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1} & t_{ij} & t_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{n1} & t_{nj} & t_{nn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

### 7. Adım: Satır ve Sütun Toplamlarının Elde Edilmesi

Toplam etki matrisinin satırlar toplamı  $d_i$ , sütunlar toplamı ise  $r_j$  olacak şekilde (18) ve (19) no'lu eşitlikler elde edilir.

$$d_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \rightarrow D = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_i \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (18)$$

$$r_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} \rightarrow R = [r_1 \quad \dots \quad r_j \quad \dots \quad r_n]_{1 \times n} \quad (19)$$

18 ve 19 no'lu eşitlikler kullanılarak  $d_i + r_j$  ve  $d_i - r_j$  değerleri hesaplanacaktır. Buna göre;

- $d_i + r_j$  değeri yüksek olan performans ölçütü ya da israf türünün diğerleri ile daha çok ilişkili, düşük olan performans ölçütü ya da israf türünün diğerleriyle daha az ilişkisi olduğu anlamına gelmektedir.
- $d_i - r_j$  değeri pozitif olan performans ölçütü ya da israf türü diğerlerini etkilemekte,  $d_i - r_j$  negatif olan performans ölçütü ya da israf türü ise diğerlerinden etkilenmektedir.

### 8. Adım: Etki Diyagramı ve İlişki Haritasının Çizilmesi

Toplam etki matrisi üzerinden hesaplanan  $d_i + r_j$  ve  $d_i - r_j$  değerleri ve belirlenen bir eşik değeri ile etki diyagramı çizilerek ilişkilerin belirlenmesi yöntemin son adımındır.



## 6. UYGULAMA

Çalışmanın literatür kısmında yer alan birçok makalede yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan engeller irdelenmiştir. Literatürdeki çalışmalar ve uygulama verilerinin oluşmasına destek veren üç yalın üretim yöneticisinden oluşan uzman ekibin görüşleri dikkate alınarak, uygulama kapsamında ele alınacak engeller belirlenmiştir. Belirlenen on adet engel ve bunlara ilişkin tanımlamalar Tablo 4’de gösterilmiştir.

**Tablo 4. Engellere İlişkin Tanımlamalar**

<b>Kriterler</b>	<b>Sembol</b>	<b>Tanımlama</b>
Yeni teknolojiyi benimsemekten korkmak	<b>TEK</b>	İşletmenin sahip olduğu teknolojik alt yapının günümüz koşullarına uygun şekilde güncellenmesiyle birlikte, yenilikler karşısında işgücünün göstereceği direnci ifade eder.
Farklı yeteneklere sahip işgücü eksikliği	<b>İŞG</b>	Yalın üretim tekniklerini işletme süreçlerinde kullanabilen birden fazla görevi başarı ile tamamlayabilecek yetenekli işgücünün eksikliğini ifade eder.
Üst yönetim destek eksikliği	<b>ÜYD</b>	Yalın üretim felsefesinin tüm işletme süreçlerinde uygulanması hususunda üst yönetimin gerekli desteği gösterememe durumunu ifade eder.
Yalın düşüncenin faydaları hakkındaki farkındalığın eksikliği	<b>FAY</b>	Yalın üretimin işletmeye sağlayacağı faydaların tüm çalışanlar tarafından benimsenmesi ve uygulanması konusundaki farkındalığın yetersiz olması durumunu ifade eder.
Yönetim ve çalışanlar arasında karşılıklı güven eksikliği	<b>GÜV</b>	İşletmenin yalın düşüncüyü benimseme sürecinde, yönetim kademesinde çalışanlar ile diğer çalışanlar arasında oluşabilecek güvensizlik durumunu ifade eder.
Finansal kısıtlamalar	<b>FİN</b>	Yalın iş süreçlerine geçiş sırasında karşılaşılabilecek finansal durum ile alakalı yaşanabilecek sıkıntıları ifade eder.
Çalışanların yetkilendirilmemesi	<b>YET</b>	Çalışanların sorumlu oldukları süreç ve bu süreçte üretilen ürün ve/veya hizmetlerle ilgili karar verme yetkisinin hiç verilmemesi ya da bu yetkinin kısmen tanınması durumunu ifade eder.
Gereksiz ve değer yaratmayan işlemlerin fazlalığı	<b>GER</b>	İşletme süreçlerindeki gereksiz işlemlerden kaynaklı durumların, yalın süreçlerin uygulama aşamalarında ortaya çıkaracağı engeli ifade eder.
İşgücünün değişime direnç göstermesi	<b>DEĞ</b>	Klasik iş süreçlerinden yalın iş süreçlerine geçiş esnasında her kademedeki çalışanların oluşturacağı değişime karşı gelme durumunu ifade eder.
Yalın üretimin uygulanmasındaki eksiklikler	<b>UYG</b>	İş süreçlerinde kullanılabilecek yalın araç ve tekniklere uyum sağlanamaması, bu tekniklerin uygulamalarda yeteri kadar etkin kullanılmama durumunu ifade eder.

Uygulama kapsamında ele alınacak olan yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan engeller belirlendikten sonra, bu engeller arasındaki ilişkiler, karar vericilerin değerlendirmeleriyle sözel olarak Tablo 3’de gösterilen Gri Dilsel İfade Ölçeğine uygun şekilde belirlenmiştir. Uygulamada üç farklı yalın üretim yöneticisinin görüşlerinden yararlanılarak her üç yönetici için ayrı ayrı Gri Doğrudan İlişki Matrisleri oluşturulmuştur. Tablo 5 ve Tablo 6 ve Tablo 7’de bu matrislere yer verilmiştir.

**Tablo 5. Yönetici-1 İçin Gri Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0	2	0	0	0	0	1	2	4	3
İŞG	2	0	0	2	0	0	4	1	1	4
ÜYD	2	1	0	4	4	0	3	0	2	2
FAY	3	0	0	0	0	0	2	3	2	2
GÜV	0	0	2	0	0	0	3	0	4	0
FİN	0	1	3	2	0	0	0	2	0	1
YET	0	3	0	1	3	0	0	2	1	2
GER	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
DEĞ	4	1	2	3	2	0	2	2	0	3
UYG	2	4	0	0	0	0	2	4	0	0

**Tablo 6. Yönetici-2 İçin Gri Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0	2	2	0	0	0	2	1	4	3
İŞG	1	0	0	0	1	0	4	0	2	4
ÜYD	1	1	0	4	4	0	3	0	2	2
FAY	2	0	0	0	0	0	2	3	3	2
GÜV	1	0	2	0	0	0	3	0	3	0
FİN	0	1	2	2	0	0	0	1	1	1
YET	1	4	0	1	3	0	0	1	1	1
GER	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
DEĞ	3	1	3	2	2	0	2	2	0	2
UYG	1	3	0	0	0	0	1	4	0	0

**Tablo 7. Yönetici-3 İçin Gri Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0	2	1	0	0	0	1	1	3	3
İŞG	2	0	0	1	0	0	4	1	1	4
ÜYD	1	1	0	4	4	0	2	1	2	2
FAY	3	0	0	0	0	0	2	2	2	2
GÜV	0	0	2	0	0	0	3	0	3	0
FİN	0	1	4	1	0	0	0	1	1	2
YET	0	3	0	1	3	0	0	1	2	2
GER	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
DEĞ	4	1	2	2	2	0	2	3	0	1
UYG	1	4	0	0	0	0	1	4	0	0

Yöneticiler tarafından oluşturulan gri doğrudan ilişki matrisindeki sayılar, (7)-(11) no'lu eşitliklerden yararlanılarak duru sayılara dönüştürülmelidir. Yönetici 1'in oluşturduğu Tablo 5'teki gri doğrudan ilişki matrisinin durulaştırılması için örnek bir hesaplama şöyle yapılmaktadır. Yönetici-1 farklı yeteneklere sahip işgücü eksikliği (İŞG) engelini, yeni teknolojiyi benimsemeden korkma (TEK) engeli üzerindeki etkisini orta derecede etkili (2) olarak tanımlamıştır. Bu değer Tablo 3 dikkate alındığında 2 değeri ile, gri sayı olarak da [0.25, 0.50] olarak gösterilmektedir. İlgili sütundaki

$\min_j \otimes x_{ij}^k$  değeri (gri sayıların alt limitlerinin minimumu) sıfıra eşit, ilgili sütundaki  $\max_j \overline{\otimes} x_{ij}^k$  değeri (gri sayıların üst limitlerinin maksimumu) 1'e eşit olduğundan  $\Delta_{\min}^{\max}$  bu sütundaki hesaplamalar için 1 olacaktır. Alt limitlerin minimumu ile üst limitlerin minimum değerlerinin sıfıra eşit olması durumu (7) ve (8) numaralı eşitlikleri kullanılarak, orijinal gri ölçekteki üst ve alt değerlerine eşit olan normalize gri üst ve alt değerleri ile sonuçlanır (Bu durum, özellikle değerlendiriciler arasında orta derecede etki oranları baskın olduğunda her zaman doğru olmayabilir).

Farklı yeteneklere sahip işgücü eksikliği (İŞG) kriterinin, yeni teknolojiyi benimsemeyen korkma kriterinin (TEK) üzerindeki etkisi için; (10) ve (11) no'lu eşitlikler kullanılarak normalize duru değer aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Y_{ij}^k = \frac{(\otimes \tilde{x}_{ij}^k (1 - \overline{\otimes} \tilde{x}_{ij}^k) + (\overline{\otimes} \tilde{x}_{ij}^k \times \otimes \tilde{x}_{ij}^k))}{(1 - \otimes \tilde{x}_{ij}^k + \overline{\otimes} \tilde{x}_{ij}^k)} = \frac{(0,25(1-0,25) + (0,50 \times 0,50))}{(1-0,25+0,50)} = 0,35$$

$$z_{ij}^k = \min_j \otimes x_{ij}^k + Y_{ij}^k \times \Delta_{\min}^{\max} = 0 + 0,35 \times (1) = 0,35$$

Yukarıda bir örneği verilen hesaplama tüm değerler için tekrarlanarak, her üç yönetici için Tablo 8 ve Tablo 9 ve Tablo 10'da gösterilen Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisleri elde edilmiştir.

**Tablo 8. Yönetici-1 İçin Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0	0,35	0	0	0	0	0,05	0,35	0,95	0,65
İŞG	0,35	0	0	0,35	0	0	0,95	0,05	0,05	0,95
ÜYD	0,35	0,05	0	0,95	0,95	0	0,65	0	0,35	0,35
FAY	0,65	0	0	0	0	0	0,35	0,65	0,35	0,35
GÜV	0	0	0,368	0	0	0	0,65	0	0,95	0
FİN	0	0,05	0,687	0,35	0	0	0	0,35	0	0,05
YET	0	0,65	0	0,05	0,65	0	0	0,35	0,05	0,35
GER	0	0	0	0,05	0	0,125	0	0	0,05	0
DEĞ	0,95	0,05	0,368	0,65	0,35	0	0,35	0,35	0	0,65
UYG	0,35	0,95	0	0	0	0	0,35	0,95	0	0

**Tablo 9. Yönetici-2 İçin Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0	0,35	0,368	0	0	0	0,35	0,05	0,95	0,65
İŞG	0,061	0	0	0	0,05	0	0,95	0	0,35	0,95
ÜYD	0,061	0,05	0	0,95	0,95	0	0,65	0	0,35	0,35
FAY	0,368	0	0	0	0	0	0,35	0,65	0,65	0,35
GÜV	0,061	0	0,368	0	0	0	0,65	0	0,65	0
FİN	0	0,05	0,368	0,35	0	0	0	0,05	0,05	0,05
YET	0,061	0,95	0	0,05	0,65	0	0	0,05	0,05	0,05
GER	0	0	0	0	0	0,125	0	0	0,05	0
DEĞ	0,687	0,05	0,687	0,35	0,35	0	0,35	0,35	0	0,35
UYG	0,061	0,65	0	0	0	0	0,05	0,95	0	0

**Tablo 10. Yönetici-3 İçin Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0	0,35	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,687	0,65
İŞG	0,35	0	0	0,05	0	0	0,95	0,05	0,061	0,95
ÜYD	0,05	0,05	0	0,95	0,95	0	0,35	0,05	0,368	0,35
FAY	0,65	0	0	0	0	0	0,35	0,35	0,368	0,35
GÜV	0	0	0,35	0	0	0	0,65	0	0,687	0
FİN	0	0,05	0,95	0,05	0	0	0	0,05	0,061	0,35
YET	0	0,65	0	0,05	0,65	0	0	0,05	0,368	0,35
GER	0	0	0	0	0	0,125	0	0	0	0,35
DEĞ	0,95	0,05	0,35	0,35	0,35	0	0,35	0,65	0	0,05
UYG	0,05	0,95	0	0	0	0	0,05	0,95	0	0

Her üç yönetici için hesaplanan durulaştırılmış doğrudan ilişki matrisleri 12 no'lu eşitlikten yararlanılarak Tablo 11'de gösterilen "Toplam Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisine" dönüştürülür.

**Tablo 11. Toplam Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0,000	0,350	0,139	0,000	0,000	0,000	0,150	0,150	0,862	0,650
İŞG	0,254	0,000	0,000	0,133	0,017	0,000	0,950	0,033	0,154	0,950
ÜYD	0,154	0,050	0,000	0,950	0,950	0,000	0,550	0,017	0,356	0,350
FAY	0,556	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,350	0,550	0,456	0,350
GÜV	0,020	0,000	0,362	0,000	0,000	0,000	0,650	0,000	0,762	0,000
FİN	0,000	0,050	0,668	0,250	0,000	0,000	0,000	0,150	0,037	0,150
YET	0,020	0,750	0,000	0,050	0,650	0,000	0,000	0,150	0,156	0,250
GER	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	0,125	0,000	0,000	0,033	0,117
DEĞ	0,862	0,050	0,468	0,450	0,350	0,000	0,350	0,450	0,000	0,350
UYG	0,154	0,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150	0,950	0,000	0,000

Toplam Durulaştırılmış Doğrudan İlişki Matrisi elde edildikten sonra, (14)-(17) numaralı eşitliklerden yararlanılarak Toplam Etki Matrisi Tablo 12'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Toplam etki matrisinden yararlanarak engelleri etkileyen ya da etkilenen olarak gruplara ayırmak ve engeller aralarındaki etkileşimi gösteren etki diyagramını çizmek mümkün olacaktır.

**Tablo 12. Toplam Etki Matrisi**

ENGELLER	TEK	İŞG	ÜYD	FAY	GÜV	FİN	YET	GER	DEĞ	UYG
TEK	0,531	0,937	0,385	0,331	0,398	0,030	0,800	0,812	1,261	1,310
İŞG	0,594	0,779	0,151	0,308	0,402	0,025	1,455	0,688	0,563	1,522
ÜYD	0,819	0,774	0,366	1,273	1,463	0,031	1,455	0,824	1,217	1,159
FAY	0,909	0,509	0,198	0,212	0,298	0,038	0,776	1,036	0,875	0,896
GÜV	0,489	0,486	0,609	0,372	0,529	0,017	1,198	0,463	1,203	0,563
FİN	0,271	0,315	0,771	0,539	0,336	0,017	0,408	0,470	0,374	0,513
YET	0,355	1,154	0,198	0,244	0,902	0,021	0,670	0,558	0,593	0,820
GER	0,040	0,062	0,039	0,050	0,028	0,128	0,051	0,076	0,068	0,170
DEĞ	1,371	0,774	0,743	0,827	0,870	0,043	1,143	1,161	0,837	1,208
UYG	0,355	1,157	0,075	0,118	0,167	0,045	0,597	1,206	0,245	0,527

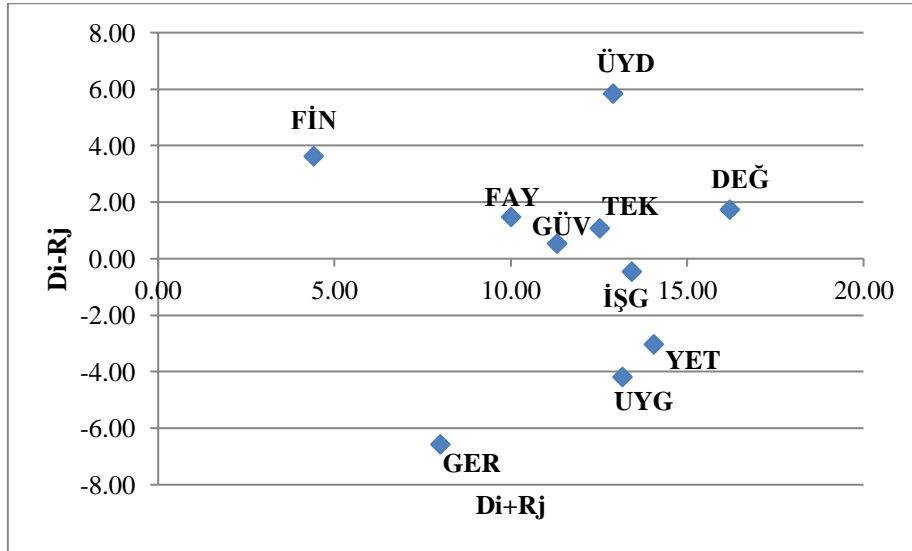
Toplam etki matrisinin satırlar toplamı  $d$ , sütunlar toplamı ise  $r$  olacak şekilde (18) ve (19) no'lu eşitlikler yardımıyla engeller etkileyen ve etkilenen gruplara ayrılır. Gruplara ayrılan kriterler Tablo 13'de gösterilmiştir.

**Tablo 13. Etkileyen ve Etkilenen Kriterler**

ENGELLER	Di	Rj	Di+Rj	Di-Rj	GRUP
TEK	6,795	5,734	12,530	1,061	Etkileyen
İŞG	6,488	6,947	13,435	-0,458	Etkilenen
ÜYD	9,381	3,535	12,916	5,846	Etkileyen
FAY	5,747	4,275	10,022	1,471	Etkileyen
GÜV	5,930	5,392	11,322	0,538	Etkileyen
FİN	4,013	0,395	4,408	3,618	Etkileyen
YET	5,514	8,553	14,067	-3,038	Etkilenen
GER	0,712	7,294	8,006	-6,581	Etkilenen
DEĞ	8,976	7,237	16,213	1,740	Etkileyen
UYG	4,492	8,688	13,180	-4,196	Etkilenen

Tablo 13’de gösterildiği üzere (Di-Rj) değerleri pozitif olan yeni teknolojiyi benimsemekten korkma (TEK), üst yönetim destek eksikliği (ÜYD), yalın düşüncenin faydaları hakkındaki farkındalığın eksikliği (FAY), yönetim ve çalışanlar arasındaki karşılıklı güven eksikliği (GÜV), finansal kısıtlamalar (FİN) ve işgücünün değişime direnç göstermesi (DEĞ) engelleri etkileyen grupta yer almaktadır. (Di-Rj) değerleri negatif olan farklı yeteneklere sahip işgücü eksikliği (İŞG), çalışanların yetkilendirilmemesi (YET), gereksiz ve değer yaratmayan işlemlerin fazlalığı (GER) ve yalın üretimin uygulanmasındaki eksiklikler (UYG) engelleri ise etkilenen grupta yer almaktadır. Yöntemin en son aşamasında (Di+Rj) ve (Di-Rj) değerlerini kullanarak, Şekil 1’de gösterilen etki diyagramı yardımıyla engeller arasındaki etkileşimler belirlenmiştir.

**Şekil 1. Etki Diyagramı**

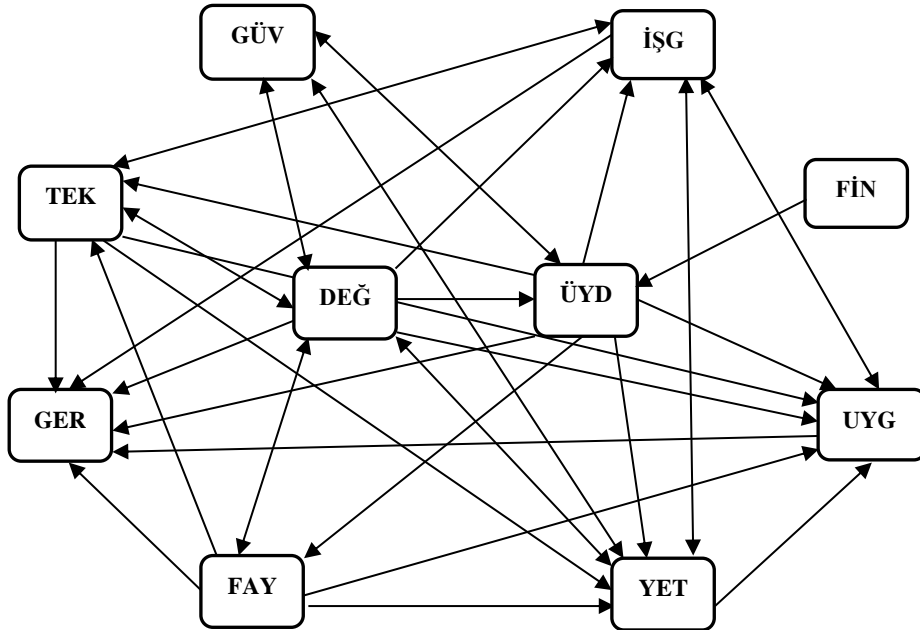


(Di+Rj) değerleri her bir engelin görece önemini temsil etmektedir. (Di+Rj) değerleri dikkate alındığında işgücünün değişime direnç göstermesi (DEĞ) engeli en yüksek (Di+Rj) değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu engeli çalışanların yetkilendirilmemesi (YET) engeli ve farklı yeteneklere sahip işgücü eksikliği (İŞG) engeli takip etmektedir.

Etkileyen engeller ele alındığında (Di-Rj) değeri en yüksek olan engelin üst yönetim destek eksikliği (ÜYD) olduğu görülmektedir. Bu engeli sırasıyla finansal kısıtlamalar (FİN) ve işgücünün değişime direnç göstermesi (DEĞ) engelleri takip etmektedir. Dolayısıyla (Di-Rj) değerleri en yüksek olan bu üç engelin, diğer engeller üzerinde en çok etkiye sahip olduklarını söylemek mümkündür. Etkilenen engeller ele alındığında ise (Di-Rj) değeri en küçük olan gereksiz ve değer yaratmayan işlemlerin fazlalığı (GER) engelini, diğer engellerden en çok etkilenen engel olduğu görülmektedir. Bu engeli sırasıyla yalın üretimin uygulanmasındaki eksiklikler (UYG) ve çalışanların yetkilendirilmemesi (YET) engelleri takip etmektedir.

Etki diyagramı, birbirini etkileyen ve etkilenen engelleri göstermesi açısından önemlidir. Ancak, engeller arasındaki etkileşimi daha iyi anlayabilmek için engeller arasındaki ilişkilerin gösterilmesi gereklidir. Şekil 1'deki etki diyagramında değerler birbirine yakın olduğundan, o diyagram üzerinde ilişkileri göstermek oldukça karmaşık olacaktır. Dolayısıyla karmaşık bir gösterime neden olmamak için, hesaplanan bir eşik değere göre belirlenen bu ilişkilere Şekil 2'de yer verilecektir. Tablo 9'da yer alan toplam etki matrisindeki değerlerin ortalaması olan 0,580 değeri eşik değer olarak belirlendikten sonra, eşik değerin üzerinde kalan değerlere göre grafikteki okların yönü şekillenmiş ve çizilen ilişki haritası Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2. İlişki Haritası



## 7. SONUÇ

Yalın üretim sistemleri müşteri talebinden nihai ürünün teslimine kadar geçen süre içinde, müşteri için değer yaratacak tüm faaliyetlerin üretim sürecine dâhil edilmesini gerektiren bir sistemdir. İşletme kaynaklarının kötü kullanılmasına ve maliyetlerin artmasına neden olacak her türlü israfın ortadan kaldırıldığı bir üretim sistemi tasarımı hedeflenmektedir. Ancak işletmelerin klasik üretim sistemlerini yalın üretim felsefesine göre yeniden tasarlamaları kolay bir işlem değildir. Gerek işletme içindeki çalışanlardan gerekse işletme yönetiminden kaynaklı birçok sorun ve engel ile karşılaşmaktadır.

Bu çalışmada, yalın üretim sistemine geçiş sırasında ve yalın üretim uygulanmaya başladıktan sonra işletmelerin karşılaşılabileceği engellerin belirlenmesi, aralarındaki ilişkilerin ortaya koyulabilmesi için gri sistem teorisi ve DEMATEL yöntemi bütünleşik olarak ele alınarak bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Konuyla ilgili literatür taraması ve yalın üretim süreçlerinde yer alan uzman yöneticiler ile yapılan değerlendirmeler sonucunda on adet engel belirlenmiştir. Uygulamada, engeller arasındaki ilişkileri ortaya koyulmuş ayrıca yalın üretim uygulamalarında karşılaşılabilecek en önemli engellerin hangileri olacağı tespit edilmiştir. Etki diyagramı ve ilişki haritaları ile engeller arasındaki etkileşim ve ilişkiler net bir şekilde ortaya koyulmuştur.

Uygulama bulguları işgücünün değişime direnç göstermesi, çalışanların yetkilendirilmemesi ve farklı yeteneklere sahip işgücü eksikliği engellerinin en önemli engel türleri olduğunu göstermiştir. Bu bulgu yalın üretime geçiş sırasında en önemli sorunun çalışanlar tarafından kaynaklandığını göstermiştir. En önemli üç engel türü de çalışanlar ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla üretim sistemindeki köklü bir değişikliğe geçmeden önce, çalışanların bu değişime uyum sağlamaları yönünde gerekli stratejilerin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Etkileyen engeller ele alındığında ise diğer engelleri en çok etkileyen engelin üst yönetim destek eksikliği olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu durum yalın üretim sistemine geçişte ve uygulanmasında üst yönetim desteğinin oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Bu desteğin sağlanması ile çalışanlardan kaynaklı engellerin önüne geçilebilir. Yaşanan bu değişime işletmenin her kademesindeki çalışanların birlikte gösterecekleri çaba ile uyum sağlanması mümkün olacaktır.

Mevcut çalışmada yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan engeller arasındaki etkileşimler ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Gelecek çalışmalarda, belirlenebilecek daha farklı engeller ile çalışmalar gerçekleştirilebilir. Uygulama metodolojisi olarak ise Gri Dematel bütünleşik yaklaşımından daha farklı çok kriterli karar verme teknikleri kullanılabilir. Uygulamada karşılaşılan engeller ve onların alt grupları şeklinde hiyerarşik bir yapı oluşturmak mümkünse, analitik ağ süreci ve benzeri yöntemlerle bütünleşik şekilde ele alınacak bir başka çok kriterli karar verme tekniği ile bir uygulama gerçekleştirilebilir. Ayrıca uygulama içinde yer alacak kriterlerin değerlendirilmesi aşamasında, daha fazla sayıda ve daha farklı niteliklere sahip uzmandan görüş alınabilir. Uzmanların bilgi birikimleri,

mevcut pozisyonları dikkate alınarak farklı ağırlıklar ile uygulama sürecine dahil olması sağlanabilir. Uygulama alanı olarak ise spesifik bir sektör ya da işletme belirlenip, o sektör ya da işletmeye özgü uygulamalar gerçekleştirilerek uygulama çeşitlendirilebilir.

## **KAYNAKÇA**

- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(4), 460-471.
- Aksakal, E., & Dağdeviren, M. (2010). ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 25(4): 905-913.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252-264.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2013). A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors. *International Journal of Production Economics*, 146(1), 281-292.
- Bamber, L., & Dale, B. G. (2000). Lean production: a study of application in a traditional manufacturing environment. *Production Planning & Control*, 11(3), 291-298.
- Bednarek, M., & Luna, L. F. N. (2008). The selected problems of lean manufacturing implementation in Mexican SMEs. *In Lean Business Systems and Beyond* (pp. 239-247). Springer, Boston, MA.
- Bhasin, S. (2012). Prominent obstacles to lean. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 403-425.
- Bollbach, M. (2012). Country-specific barriers to implementing lean production systems in China (Doctoral dissertation).
- Bonavia, T., & Marin, J. A. (2006). An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(5), 505-531.
- Chen, C. H., & Tzeng, G.H. (2011). Assessment Model for Improving Educational Curriculum Materials Based on The DANP Technique with Grey Relational Analysis. *International Journal of Information Systems for Logistics and Management*. 6(2): 23-36.
- Chen, F. H., Hsu, T. S., & Tzeng, G. H. (2011). A Balanced Scorecard Approach to Establish a Performance Evaluation and Relationship Model for Spring Hotels Based on a Hybrid MCDM Model Combining DEMATEL and ANP. *International Journal of Hospitality Management*. 30: 908-932.



- Čiarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2013). Lean manufacturing implementation: the main challenges and barriers. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 35(1), 43-49.
- De Souza, L. B., & Pidd, M. (2011). Exploring the barriers to lean health car implementation. *Public Money & Management*, 31(1), 59-66.
- Deng, J. (1989). Introduction to Grey System Theory. *Journal of Grey Systems*, 1(1), 1-24.
- Dou, Y., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2014), Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology. *European Journal of Operational Research*, Vol. 233 No. 2, pp. 420-431.
- Fu, X., & Zhu, Q. (2010). A Grey-Dematel Methodology for Green Supplier Development Program Evaluation. Clark University, George Perkins Marsh Institute, WP2010–15.
- Karlsson, C., & Ahlström, P. (1996). Assessing Changes towards Lean Production. *International Journal of Operations & Productions Management*. 16(2): 24-41.
- Li, C. W. & Tzeng, G. H. (2009). Identification of a Threshold Value for the DEMATEL Method Using the Maximum Mean De-Entropy Algorithm to Find Critical Services Provided by A Semiconductor Intellectual Property Mall. *Expert Systems with Applications*. 36(6): 9891-9898.
- Li, P., Tan, T. C., & Lee, J. Y. (1997). Grey Relational Analysis of Amine Inhibition of Mild Steel Corrosion in Acids. *Corrosion*, 53(3), 186-194.
- Liu, S., & Lin, Y. (2006), *Grey Information: Theory and Practical Applications*, Springer Verlag, London.
- Manzouri, M., Rahman, M. N. A., Arshad, H., & Ismail, A. R. (2010). Barriers of supply chain management implementation in manufacturing companies: a comparison between Iranian and Malaysian companies. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 27(6), 456-472.
- Nordin, N., Deros, B. M., & Wahab, D. A. (2010). A survey on lean manufacturing implementation in Malaysian automotive industry. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 1(4), 374.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2003). Defuzzification within a multicriteria decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11(5): 635-652.
- R. Jadhav, J., S. Mantha, S., & B. Rane, S. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 122-148.
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, 52(1), 79-88.

- Second, B. (2010). The Barriers to SMEs' Implementation of Lean Production and Counter measures- Based on SMS in Wenzhou. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 1(2), 220.
- Tseng, M. L., & Lin, Y. H. (2009). Application of Fuzzy DEMATEL to Develop a Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment*. 158: 519-533
- Tseng, M. L. (2009). A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 36(4): 7738-7748.
- Tzeng, G. H., Chiang, C.H., & Li, C.W. (2007). Evaluating Intertwined Effects in E-Learning Programs: A Novel Hybrid MCDM Model Based on Factor Analysis and DEMATEL. *Expert systems with Applications*. 32(4): 1028-1044.
- Wang, 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.
- Worley, J. M., & Doolen, T. L. (2006). The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. *Management Decision*, 44(2), 228-245.
- Wu, W. W., & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 499-507.
- Xia, X., Govindan, K., & Zhu, Q. (2015). Analyzing internal barriers for automotive parts remanufacturers in China using grey-DEMATEL approach. *Journal of Cleaner Production*, 87(1): pp. 811-825.