



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

dergi web sayfası: <http://dergipark.gov.tr/nevbiltek>

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.565761**

Geliş tarihi: 15.05.2019 Kabul tarihi: 05.11.2019



AHP ve DEMATEL Yöntemleri ile Nesnelerin İnternetinin İşletmelerde Yapılan Uygulamalarının Analizi

Rumeysa SAÇAK¹, Şeyda GÜR², Tamer EREN^{3*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID ID: 0000-0003-0885-306X

²Harran Üniversitesi Şanlıurfa Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Şanlıurfa
ORCID ID: 0000-0002-4639-9657

³Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID ID: 0000-0001-5282-3138

Öz

Endüstri 4.0 çeşitli otomasyon sistemlerinin ve bu sistemler için gerekli olan teknolojilerin birbiriyle veri alışverişinde bulunduğu akıllı yapıları ifade etmektedir. Endüstri 4.0'ı oluşturan elementlerden biri olan nesnelerin interneti (IoT), akla gelebilecek her nesnenin internet erişiminin olabilmesi veya başka nesnelerle iletişim halinde olabilmesi anlamına gelmektedir. Bu çalışmada ise hayatın içine hızlı bir şekilde giren ve ilerleyen zamanlarda daha çok hayatın içerisinde yer alabilecek olan nesnelerin internetinin (IoT) bir işletmede başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için etkili olabilecek faktörlerin AHP (Analytic Hierarchy Process) ve DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılmaktadır. Yapılan değerlendirmede işletmelerde başarılı bir IoT uygulaması için güvenlik kriterinin daha öncelikli ve etkili olduğu sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AHP, DEMATEL, Nesnelerin İnterneti, Endüstri 4.0

Analysis of The Applications in The Enterprises of The Internet of Things with AHP And DEMATEL Methods

Abstract

Industry 4.0 refers to intelligent structures where various automation systems and the technologies required for these systems exchange data. Internet of Things (IoT), one of the components of Industry 4.0, means that every conceivable object can have internet access or communicate with other objects. In this study, it is aimed to evaluate the factors that can be effective in order to successfully apply Internet of Things (IoT) in an enterprise which will be used more frequently by becoming widespread in the future with the AHP (Analytic Hierarchy Process) and DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) methods. The Evaluation concluded that the safety criteria for a successful IoT application in enterprises were more effective and priority.

Keywords: AHP, DEMATEL, Internet of Things, Industry 4.0

* Sorumlu Yazar: tamereren@gmail.com

1. Giriş

Birinci endüstri devriminde buhar makinesinin icadı ile sanayi devri başlamıştır. İkinci endüstri devriminde ise elektrik ve petrol gibi enerji kaynaklarından elde edilen güç ile üretim yapılmaya başlanmış üretimin yanı sıra taşıma ve iletişim aracı olarak da bu enerji kaynakları kullanılmıştır. Üçüncü sanayi devriminde, daha esnek bir üretimi hedefleyen bilgisayar kontrollü makinelerin (CNC) ve insan kontrolü olmadan üretim yapabilen robotların geliştirilmesi ile üretime farklı bir boyut kazandırılmıştır [1]. Yaşanan bu sanayi devrimlerinin ardından üretimin tamamen bilgisayar yazılımları üzerinden yapılmaya başlanması ile Endüstri 4.0 devriminin temelleri atılmıştır [2]. İlk kez 2011 yılında Hannover Fuarında Endüstri 4.0 kavramından bahsedilmiştir. “Endüstri 4.0 Stratejik Girişiminin Uygulanması İçin Öneriler” raporunda yer verilen Endüstri 4.0 kavramı Alman Hükümetine sunulmuştur. Bu raporda Endüstri 4.0 kavramı ile ilgili gelecek fikirlerine ve Endüstri 4.0 kavramının kapsam ve tanımına yer verilmiştir [3]. Endüstri 4.0 birkaç elementten oluşmaktadır. Bünyesinde bulundurduğu bu elementlerden birkaçı siber-fiziksel sistemler, bulut teknolojileri ve nesnelerin interneti teknolojileridir [4].

Nesnelerin İnterneti; günlük hayatta kullanılan nesnelerin ve birçok makinenin internet bağlantısı ile diğer nesne ve makinelerle iletişim kurabilmesidir. Buzdolabının meyvenin çürüdüğünü haber vermesi, arabada yer alan navigasyonun en yakın hastaneye yönlendirmesi gibi işlemleri yapabilen uygulamalar nesnelerin internetine örnek olarak gösterilebilir [5]. 3 boyutlu yazıcılar, çeşitli taşıma araçları, sensörler, CNC tezgâhları endüstriyel IoT'nin kullanım alanları içerisine dahil olan örneklerdir [6]. Nesnelerin İnterneti kavramı birçok nesneyi kapsadığı için her şeyin interneti olarak da isimlendirilebilmektedir. Nesnelerin İnterneti, internet bağlantısı ile aralarında iletişim kurabilen makineler ve nesneleri kapsamaktadır [7]. Yirmi birinci yüzyılın ilk on yılında “nesnelerin interneti” kavramı çok fazla konuşulur duruma gelmiş ve üretim süreçlerine etkileri ile endüstrilerin üçüncü sanayi devriminden Endüstri 4.0'a geçmesinde önemli bir teknoloji olarak kabul edilmiştir [8-9]. Gelişen bu yeni teknolojilerle birlikte işletmelerin en büyük problemi siber saldırılar olmuştur. Birçok üretimin temelinde bilgisayar bulunduğu ve çeşitli depolama işlemlerinin de bilgisayarlar ile oluşturulduğu göz önüne alındığında siber saldırıların işletmeler için ne kadar önemli bir tehdit olduğu ortaya çıkmaktadır [10]. Endüstri 4.0'ın olası tehditlerinin yanı sıra fırsatları da mevcuttur. Örneğin TÜSİAD'a göre Endüstri 4.0 başarılı bir şekilde uygulandığı takdirde sektörde 50 milyar TL'lik bir artış ile verimliliğin %4-7 artacağı öngörülmektedir [11].

Literatürde Gubbi vd. [12] tarafından yapılan çalışmada nesnelerin internetinin dünya çapında uygulanabilmesi amacıyla bulut merkezli bir vizyon sunulmakta ve nesnelerin interneti araştırmalarında büyük öneme sahip olabilecek teknolojiler ve uygulama alanları tartışılmaktadır. Cirani vd. [13] tarafından yapılan çalışmada yapılandırılması için insan müdahalesi gerektirmeyen hizmet ve kaynak bulma mekanizmaları sağlamayı amaçlayan bir yapı önerilmektedir. Kim ve Kim [14] tarafından gerçekleştirilen çalışmada nesnelerin interneti teknolojisinin üç farklı sektördeki canlılığı değerlendirilmektedir. Bu sektörler; sağlık, lojistik ve enerji yönetimidir.

Rullo vd. [15] tarafından yapılan çalışmada güvenlik kaynaklarının ağ alanına dikkatlice dağıtılarak IoT ağlarının verimli ve etkili bir şekilde korunması problemi ele alınmaktadır. Zhang vd. [16] üç ana başlıkta nesnelerin internetinin (IoT) bir özetine yer vermiştir. Bu başlıklar; teknoloji, iş ve etik'tir. İşletme ve toplum için IoT'nin tam potansiyelini gerçekleştirmek adına kullanılabilir yöntemlerin ve araçların geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Choi ve Kim [17] tarafından yapılan bu çalışmada Kore'de IoT iş ekosistemini değerlendirmek amaçlanmıştır. Çalışma ile IoT iş ekosistemlerinin sağlığının değerlendirilmesi için uygun bir model geliştirilmeye çalışılmıştır. Ly vd. [18] bir işletmede başarılı bir IoT uygulamasının olabilmesi için gerekli olan kriterleri incelemiştir. Belirlenen beş kriter üzerinde AHP kullanılarak en önemli kritere karar verilmiştir. Bu çalışmada en önemli kriterin güvenlik olduğu sonucuna varılmıştır. İşletmelerdeki IoT uygulamalarını inceleyen Uslu vd. [19], Sevinç vd. [20] çalışmalarında, bir işletmede başarılı bir IoT uygulamasının olabilmesi için gerekli olan kriterleri değerlendirmişlerdir. Değerlendirme aşamasında farklı çözüm yaklaşımlarından yararlanmışlardır.

Tsiounia vd. [21] tarafından yapılan çalışmada ise sağlık hizmetleri kalitesinde IoT'nin potansiyelini araştırmak ve değerlendirmek amacıyla süreç modellemesi ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) çok kriterli

analiz yöntemi birleştirilmektedir. İş akışı boyunca tespit edilebilecek IoT fırsatlarının, sağlık hizmetleri kalitesine katkısı bakımından potansiyelini ölçmek amacıyla bir AHP anketi yapılmakta ve veriler bir grup sağlık uzmanından toplanarak analiz edilmektedir. Huang ve Sun [22] “Endüstriyel IoT Bulutu için AHP Tabanlı Bir Risk Değerlendirmesi” çalışmalarında birbiriyle bağlantılı ağların yeni güvenlik sorunlarından ve riskler oluşturduğundan bahsetmektedirler. Bu çalışmada, kendi sağlığını kendi kendine kontrol edebilmek için AHP tabanlı bir risk değerlendirme modeli sunulmaktadır. Jagtab vd. [23] kaynak verimliliğini arttırmada tespit edilen en önemli zorluklardan birinin, gerçek zamanlı verilerin gıda tedarik zincirinin (FSC) tüm oyuncularına daha iyi karar verme kabiliyetini engelleyen düşük erişilebilirliği olduğundan bahsetmekte ve böyle bir yeteneğe sahip olmanın tedarik zincirinin verimliliğini artıracağına dikkat çekmektedir. Bu çalışmada FSC'lerin kaynak verimliliğinin artırılması için IoT kavramlarının kullanılmasının uygulanabilirliği araştırılmaktadır. Kummitha ve Crutzen [24] birkaç yıldan beri var olan Nesnelerin İnterneti (IoT) konseptini ele almışlardır. Vidal vd. [25] tarafından yapılan bu çalışmada, şirketler tarafından sunulan hizmetlerin ve müşteri deneyiminin geliştirilmesi ve bu şirketlerin verimliliğinin artırılması için büyük verilerin olanakları incelenmektedir. Yakub vd. [26] tarafından gerçekleştirilen çalışmada IoT adli tıp ile ilgili son araştırmaların güçlü ve zayıf yönleri analiz edilerek araştırılmaktadır. Dumka vd. [27] tarafından yapılan bir diğer çalışmada IoT ambulanslar için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, büyük veri ve verimli veri tabanı yönetimi hasta bilgi yayımı için IoT ile ilişkilendirilmektedir. Bu sayede bilgilerin gereken her yerde düzenli bir şekilde muhafaza edilmesi amaçlanmaktadır. Banerjee vd. [28] tarafından Hindistan’da gerçekleştirilmiş olan bu çalışmada, IoT tasarımındaki belirsizlikler ele alınmıştır. Çalışmadaki amaç, tasarım metodolojilerine yönelik genel bir dizi tasarım ve veri kütüphanesi oluşturmaktır.

Bu çalışmada Endüstri 4.0 süreçlerini uygulamak isteyen işletmelerin bu süreçte hangi kriterleri dikkate alması gerektiği incelenmektedir. Problem tanımının ardından hangi yöntemin daha etkili sonuç vereceği incelenerek çözüm yöntemlerinin neler olacağı belirlenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) analitik hiyerarşi prosesine (AHP) ve DEMATEL yöntemlerine karar verilmiştir. Daha sonra kriterler belirlenirken literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılmıştır. Literatüre bakıldığında Endüstri 4.0’ı tanımsal olarak ele alan birçok çalışma bulunurken Endüstri 4.0’ın uygulanması ile ilgili çalışmalar sınırlı kalmıştır. Bu çalışma Endüstri 4.0 süreçlerini işletmelerde uygulamayı amaçlayan mühendislerin konuyla ilgili bilgi sahibi olması açısından önem taşımaktadır.

Çalışmada kullanılan AHP ve DEMATEL yöntemleri Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) kapsamında kullanılan yöntemlerdir. ÇKKV’nin çeşitli alanda uygulamaları mevcuttur. Uçar vd. [29] tarafından yapılan çalışmada ÇKKV yöntemlerinden olan Bulanık AHP kullanılarak üniversitelerde ders çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Orman vd. [30] tarafından yapılan çalışmada ise ulaştırma ana planı uygulama süreçlerinde en iyi alternatifin seçilmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır. İnce vd. [31], Dağdeviren ve Eren [32] tarafından yapılan çalışmalarda AHP yöntemi kullanılarak hastane kuruluş yeri probleminde ve tedarikçi seçim problemlerinde en iyi alternatifin bulunması amaçlanmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde nesnelerin interneti kavramı açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde çok kriterli karar verme yöntemleri adı altında çalışmada kullanılan AHP ve DEMATEL yöntemlerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde problemin çözümüne ve problem çözümünden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çok kriterli karar verme yöntemleri çok boyutlu problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) çok sayıda kriterin karar üzerinde etkili olduğu bir problemde karar vericilerin etkili sonuçlar elde edebilmesine yardımcı olmaktadır. ÇKKV yöntemleri (ELECTRE, TOPSIS, VIKOR vd.) günümüzde kişisel kararlardan işletmelerin verdikleri stratejik ve kritik kararlara kadar birçok alanda uygulanmaktadır.

2.1. AHP yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir [33]. Bu yöntem karar verme problemlerinde kullanılmaktadır [34]. AHP yöntemi literatürde birçok alanda uygulama imkânı bulmuştur. Bu alanlara bakıldığında tedarikçi seçimi, en uygun stratejilerin belirlenmesi, performans değerlendirme gibi karar verme problemlerinde etkin bir rol üstlenmektedir.

Çalışmalara bakıldığında, Alakaş [35] iletişim ve medya sektöründe, Uslu [36]; Sevinç [37] endüstri 4.0 konusunda, Sonel [38]; Yeşilyurt [39] sağlık sektöründe, Lee [40] şirketlerin değerlendirilmesinde, Jharkharia ve Shankar [41] tedarikçi Seçiminde, Güneri ve Şahin [42] kuruluş yeri seçiminde kullanıldığı görülmektedir. AHP yönteminin çözüm aşamaları şu şekildedir [43].

1.Adım: Problem tanımı yapılmakta ve hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır.

2.Adım: Kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisinin amacı kriterler arasındaki önem düzeyini belirlemektir. Oluşturulan matris $n \times n$ boyutundadır.

3.Adım: Karşılaştırma matrisi normalize edilir ve öncelik vektörü hesaplanır. Bu adımda her bir kriterin diğer kriterlere göre önem derecesi hesaplanmaktadır. Matrisin öncelik vektörü 1 numaralı eşitlikteki gibi belirlenmektedir. Matris boyutu $1 \times n$ olarak elde edilir.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ve $j = 1, 2, 3, \dots, n$ olması koşuluyla;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (1)$$

4.Adım: Karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizleri yapılmaktadır. Tutarlılık indeksi (T.İ) hesaplanır ve Rastgele tutarlılık indeksine (R.İ) bölünür. Böylelikle tutarlılık oranı (T.O) hesaplanır. Tutarlılık oranı değeri 0.10'un altında bir değerse kriterlerin önem derecelerinin tutarlı olduğu sonucu çıkarılır.

$$T.İ = \frac{(\lambda_{max} - n) / (n - 1)}{R.İ} \quad (2)$$

$$T.O = T.İ / R.İ \quad (3)$$

2.2. DEMATEL yöntemi

Çok boyutlu problemlerin çözümünde kullanılan DEMATEL yönteminden ilk olarak 1972 ve 1976 yıllarında bahsedilmiştir [44-45]. DEMATEL metodunun başlıca avantajı uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsamasıdır. DEMATEL metodu sistem bileşenleri arasındaki yapı ve ilişkileri veya geçerli sayıda alternatifleri inceleyen etkili bir yöntemdir [46]. DEMATEL yöntemi, problemde yer alan kriterlerin birbirileri ile olan ilişkilerini ve birbirlerine olan etkilerini saptamayı amaçlamaktadır [47].

1.Adım: Direkt İlişki Matrisi oluşturulur.

2.Adım: Direkt ilişki matrisi (A)'ya bağlı olarak aşağıdaki (4) ve (5) eşitlikleri, satır ve sütundaki en küçük değer (k) kullanılarak normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (M) elde edilir.

$$M = k \times A \quad (4)$$

$$k = \text{Min} \left(\frac{1}{\max \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right) \quad (5)$$

$$i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

3.Adım: Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edildikten sonra toplam ilişki matrisi S (6) eşitliği kullanılarak türetilir. Bu eşitlikte birim matrisi (I) ile belirtmektedir.

$$S = M + M^2 + M^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} M^i = M (I-M)^{-1} \quad (6)$$

4.Adım: Son olarak etki ve ilişki düzeylerinin belirlenmesi için D ve R değerleri hesaplanır. Ardından D+R ve D-R değerleri hesaplanarak yorumlama kısmına geçilir [48-49].

$$S = [S_{i,j}]_{n \times n} \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (7)$$

$$D = \sum_{j=1}^n S_{i,j} \quad (8)$$

$$R = \sum_{j=1}^n S_{j,i} \quad (9)$$

3. Bulgular

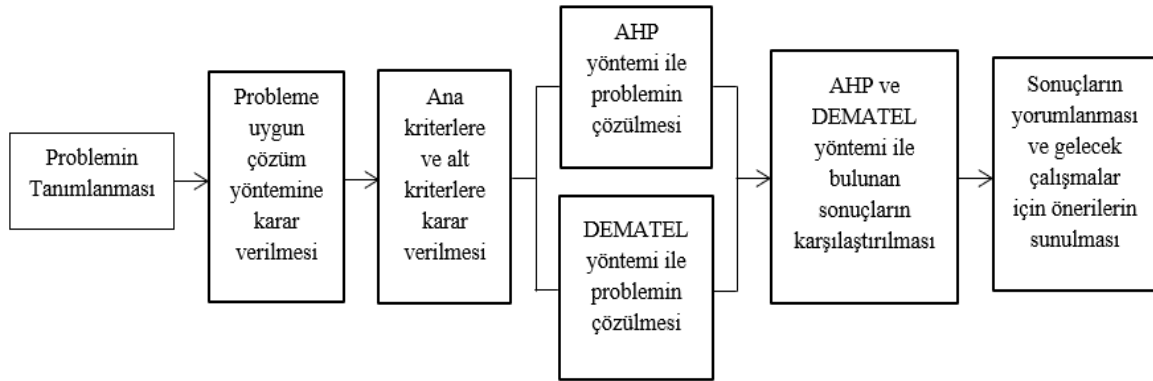
Bu kısımda problem tanımlandıktan sonra ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Kriterler belirlendikten sonra ayrı ayrı AHP ve DEMATEL yöntemleriyle problem çözülmüştür.

3.1. Problemin tanımlanması

Birçok büyük ölçekli işletme Endüstri 4.0'a uygun iş ortamları oluşturmada ve yakın gelecekte her ölçekten işletmenin yavaş yavaş bu teknolojiye iş ortamları oluşturmaları beklenmektedir. Bu çalışma geçiş sürecinde yeni teknolojiye uygun oluşturulan işletmelerde hangi kriterlerin öncelikli değere sahip olduğu hakkında bilgi sahibi olunması açısından hazırlanmıştır.

Bu çalışmada işletmelerde başarılı bir IoT uygulanabilmesi için gerekli olan kriterler değerlendirilmiştir. İşletmelerde başarılı bir IoT uygulanabilmesi için hangi kriterlerin önemli olduğu ve öncelikli olarak ele alınması gerektiği değerlendirilmiştir. Bu çalışma Ly vd. [18] tarafından yapılmış olan çalışma baz alınarak yapılmıştır.

Çalışmada problem tanımının ardından kriterler belirlenirken literatür araştırılmış ve uzmanlara danışılmıştır. Bu değerlendirmelerin ardından AHP ve DEMATEL yöntemlerinden yararlanılmıştır. Şekil 1'de çalışmanın akış şeması verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın Akış Şeması

3.2. Kriterlerin tanımlanması

Problem belirlendikten sonra toplamda beş adet ana kriter belirlenmiştir. Bu kriterler Ly vd. [18] çalışması incelenerek belirlenmiştir.

➤ **Bağlantı:** Nesnelere ve işletmeler arasında kurulan bağlantıyı ifade etmektedir. Bağlantı ana kriterine ait üç tane alt kriter bulunmaktadır. Uyumluluk, farklı veri türlerini iletebilen ve analiz edebilen bir işlevdir. Standardizasyon, işletim ara yüzünün standart hale getirilmesini ifade eder. Sensör ağı, ortamın fiziksel verisinin ölçülmesini ve algılanmasını sağlayan işlevdir.

➤ **Telepresence:** Nesnelere ve çalışanlar arasındaki bilgi akışını ifade etmektedir. Telepresence ana kriterine ait üç tane alt kriter bulunmaktadır. Senkronizasyon, işletmenin bilgi sisteminde sahip olduğu tüm bilgilerin eş zamanlı olarak çalışması anlamına gelmektedir. İzleme, IoT ekipmanlarının ve operatörlerin performanslarının izleme ile denetlenmesini ifade eder. Kontrol, IoT ekipmanlarının ve operatörlerin kontrollerinin yapılmasını ifade etmektedir.

➤ **İstihbarat:** İş verildiği zaman nesnenin bu işi anlama yeteneğini ifade etmektedir. İstihbarat ana kriterine ait üç tane alt kriter bulunmaktadır. Fonksiyonel Yönlendirme, verilen iş doğrultusunda nesnenin harekete geçmesi anlamına gelmektedir. Yapay zekâ, bir bilgisayarın veya bilgisayar kontrollü bir robotun insanların gerçekleştirebileceği faaliyetleri insanlara benzer şekilde gerçekleştirebilme yetisine denir. Bulut Bilişim, internet tabanlı bilişim hizmetleridir.

➤ **Güvenlik:** Verilerin güvenliğini ifade etmektedir. Güvenlik ana kriterine ait üç tane alt kriter bulunmaktadır. Bilgi Gizliliği, bilgilerin gizliliğini sağlamayı ifade eder. Yetkin, yetkili kullanıcıların verileri aramasına izin veren işlevdir. Veri Yönetimi, verilerin güvenli bir şekilde yönetilip yönetilmemesi durumunu ifade eder.

Değer: Kapsadığı alt kriterlerin sayısal olarak puanlarını veya sayı değerlerini ifade eden bir kriterdir. Değer ana kriterine ait üç tane alt kriter bulunmaktadır. Piyasa Talebi, piyasadaki talebin değerini ifade eder. Kolaylık, IoT sisteminin kullanım kolaylığının değerini ifade eder. Performans, IoT sisteminin etkili iş yapabilme değerini ifade eder.

3.3. AHP yöntemi ile kriterlerin değerlendirilmesi

Problemin AHP çözümü üç adımda tamamlanmıştır. İlk adımda problemin hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. İkinci adımda AHP işlemleri yapılarak son adımda da bu işlemlerin tutarlı olup olmadığı incelenmiştir.

1.Adım: AHP yönteminde kriterler belirlendikten sonra hiyerarşik yapı oluşturulur. Çalışmanın hiyerarşik yapısı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Hiyerarşik Yapı

2.Adım: Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra ana kriterler ve alt kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Ana kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	Bağlantı	Telepresence	İstihbarat	Güvenlik	Değer
Bağlantı	1	1	1/5	1/7	3
Telepresence	1	1	1/5	1/7	3
İstihbarat	5	5	1	1/5	5
Güvenlik	7	7	5	1	7
Değer	1/3	1/3	1/5	1/7	1

İkili karşılaştırma matrisleri 1 numaralı eşitlikte yer alan formüller kullanılarak önce normalize edilir ardından öncelik vektörü hesaplanır. Elde edilen ağırlıklar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Ana ve Alt Kriterlere Ait Ağırlık Değerleri

Kriterler	Bağlantı (0.084)	Telepresence (0.084)	İstihbarat (0.246)	Güvenlik (0.544)	Değer (0.042)
Alt Kriterler	Uyumluluk (0.63) Standardizasyon (0.11) Sensör Ağı (0.26)	Senkronizasyon (0.14) İzleme (0.43) Kontrol (0.43)	Fonksiyonel Yönlendirme (0.08) Yapay Zekâ (0.64) Bulut Bilişim (0.28)	Bilgi Gizliliği (0.72) Yetkin (0.08) Veri Yönetimi (0.19)	Piyasa Talebi (0.69) Kolaylık (0.09) Performans (0.22)

3.Adım: AHP yöntemi uygulandıktan sonra ana ve alt kriterler için ağırlıklar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ana kriterler içerisinde en önemli ağırlığa sahip olan kriter %55 oranı ile “Güvenlik” kriteri olmuştur. Güvenlik kriterini sırasıyla %25, %8, %8, %4 oranlarıyla “İstihbarat”, “Bağlantı”, “Telepresence”, “Değer” kriterleri izlemektedir. Bütün işlemler sonucunda tutarlılık analizi yapılmış ve 0.10 değerinin altında bir değer bulunarak sonucun tutarlı olduğu belirlenmiştir.

3.4. DEMATEL yöntemi ile kriterlerin değerlendirilmesi

1.Adım: Kriterler belirlendikten sonra aralarındaki ilişkinin belirlenmesi için Direkt İlişki Matrisi oluşturulur. Ana kriterler için oluşturulan bu matris Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Ana Kriterler İçin Direkt İlişki Matrisi

	Bağlantı	Telepresence	İstihbarat	Güvenlik	Değer
Bağlantı	0	2	1	1	3
Telepresence	2	0	2	1	3
İstihbarat	3	3	0	2	4
Güvenlik	4	4	3	0	4
Değer	2	2	1	1	0

2.Adım: Önceki adımda oluşturulan direkt ilişki matrisi diğer beş adet alt kriter grupları için de oluşturulmuştur. Direkt ilişki matrisinde satır ve sütunların toplamları alınır ve kesişimindeki en büyük değer bulunur. Her bir hücre bu değere bölünür ve normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edilir. 6 numaralı eşitlikte belirtilen matris işlemlerinin ardından toplam ilişki matrisi oluşturulur. Toplam ilişki matrisi Tablo 4'te verilmiştir.

8 ve 9 numaralı eşitlikler kullanılarak D ve R değerleri hesaplanır. Her bir kritere ait D ve R değerleri toplanarak D+R değerleri, çıkarılarak D-R değerleri elde edilir.

Tablo 4. Toplam İlişki Matrisi

	Bağlantı	Telepresence	İstihbarat	Güvenlik	Değer	D+R	D-R
Bağlantı	0,15887	0,273915	0,17264	0,148874	0,373366	2,822635	-0,56731
Telepresence	0,296862	0,181818	0,235084	0,16228	0,403024	2,974039	-0,4159
İstihbarat	0,432176	0,432176	0,176033	0,252489	0,558571	2,986957	0,715931
Güvenlik	0,549126	0,549126	0,389186	0,172361	0,641268	3,177259	0,139917
Değer	0,257936	0,257936	0,16257	0,140189	0,184919	3,1647	-1,1576

Elde edilen sonuçlara göre ana kriterler için diğer kriterleri en çok etkileyen ve diğer kriterler ile en çok ilişkili olan kriter "Güvenlik" kriteridir. Diğer alt kriterlerin de diğer kriterlerle olan etki düzeyleri ve ilişki düzeyleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kriterlerin Etki Seviyesi ve Diğer Kriterlerle İlişki Seviyeleri

Ana Kriterler	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
		Güvenlik
Bağlantı Alt Kriterleri	İstihbarat	Değer
	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
Telepresence Alt Kriterleri	Uyumluluk	Sensör Ağı
	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
İstihbarat Alt Kriterleri	Kontrol	İzleme
	İzleme	Kontrol
Güvenlik Alt Kriterleri	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Yapay Zeka	Fonksiyonel Yönlendirme
Değer Alt Kriterleri	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Bilgi Gizliliği	Bilgi Gizliliği
	Veri Yönetimi	
	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Piyasa Talebi	Piyasa Talebi

3.5. AHP ve DEMATEL yöntemlerinin karşılaştırılması

Problem tanımlı yapıldıktan ve kriterler belirlendikten sonra problem, AHP ve DEMATEL yöntemleri ile çözülmüştür. AHP yöntemi ile en önemli kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. DEMATEL yönteminde ise Tablo 4'te verilmiş olan D+R ve D-R değerlerine göre kriterlerin diğer kriterlerle olan ilişkilerine yer

verilmiştir. D-R değerleri kriterlerin etkileyen veya etkilenen olduğunu belirlerken D+R değerleri diğer kriterlerle daha ilişkili olan veya daha az ilişkili olan kriterleri belirlemektedir.

AHP yönteminin sonucuna göre elde edilen en önemli kriter, kriterler içerisinde en öncelikli olan anlamına gelmektedir. DEMATEL yönteminde ise AHP’de elde edilen en önemli kriterlerin diğer kriterleri de etkiledikleri ve diğer kriterlerle daha fazla ilişkili oldukları çıkarımı yapılmaktadır. Böylelikle AHP ve DEMATEL yöntemlerinde benzer sonuçların çıkmasının ve en önemli kriterin işletme tarafından öncelikli olarak ele alınmasının diğer kriterleri olumlu yönde etkileyeceği öngörülmektedir.

AHP ve DEMATEL yöntemlerinden elde edilen sonuçlar bu kısımda karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6. AHP ve DEMATEL Çözümlerinin Karşılaştırılması

KRİTERLER	AHP		DEMATEL
Ana Kriterler	Güvenlik (0.544)	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	İstihbarat (0.246)		
	Bağlantı (0.084)	Güvenlik İstihbarat	Güvenlik Değer
	Telepresence (0.084)		
	Değer (0.042)		
Bağlantı Alt Kriterleri	Uyumluluk (0.63)	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Sensör Ağı (0.26)	Uyumluluk	Sensör Ağı
	Standardizasyon (0.11)		
Telepresence Alt Kriterleri	Kontrol (0.43)	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	İzleme (0.43)	Kontrol İzleme	İzleme Kontrol
	Senkronizasyon (0.14)		
İstihbarat Alt Kriterleri	Yapay Zekâ (0.64)	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Bulut Bilişim (0.28)		
	Fonksiyonel	Yapay Zekâ	Fonksiyonel Yönlendirme
	Yönlendirme (0.08)		
Güvenlik Alt Kriterleri	Bilgi Gizliliği (0.72)	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Veri Yönetimi (0.19)	Bilgi Gizliliği Veri Yönetimi	Bilgi Gizliliği
	Yetkin (0.08)		
Değer Alt Kriterleri	Piyasa Talebi (0.69)	Etkileyen Kriterler	Diğer Kriterlerle İlişkili Kriterler
	Performans (0.22)	Piyasa Talebi	Piyasa Talebi
	Kolaylık (0.09)		

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, işletmelerde başarılı bir IoT uygulamasının olabilmesi için gerekli olan kriterler değerlendirilmiştir. Toplamda 5 adet ana kritere yer verilmiştir. Bu kriterler; Bağlantı, Telepresence, İstihbarat, Güvenlik ve Değer’dir. Bu ana kriterlerin her biri için üç adet alt kriter belirlenmiştir. Ana ve alt kriterlerin bulunduğu hiyerarşik yapı Şekil 2’ de verilmiştir. Belirlenen kriterlerin hangisinin daha öncelikli ve diğer kriterlerle daha ilişkili olduğunun saptanmasında AHP ve DEMATEL yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın amacı uygulama sonucunda elde edilen önemli etkiye sahip kriterlerin işletmelerde daha öncelikli ele alınmasını sağlamaktır. Böylelikle önemli kriterlerin etkinliğinin artırılması ile IoT uygulamasının başarılı olması hedeflenmektedir. Çalışmanın sonucunda en önemli kriterin “Güvenlik” olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) tarafından gerçekleştirilen çalışmada siber saldırıların 2015 yılında 3 trilyon dolar zarara neden olduğu bilinmekte ve 2021 yılında 6 trilyon dolara ulaşabileceği beklenmektedir. Elde edilmiş olan bu verilere dayanarak siber saldırıların çok büyük bir tehdit olduğu anlaşılmaktadır [43]. Çalışmadan elde edilen çözümü literatürdeki araştırmaların da desteklediği görülmektedir. Endüstri 4.0’ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için en önemli kriterin “Güvenlik” olduğu görülmektedir.

Çalışmanın sonucundan hareketle IoT uygulamasını gerçekleştirmek isteyen işletmelerin öncelikli olarak Güvenlik kriterini iyileştirmeleri gerekmektedir. Böylelikle IoT uygulamasını daha başarılı hale getirebilirler. Bununla birlikte Güvenlik adı altında öncelikle iyileştirilmesi gereken kriterlere de Güvenlik alt kriterlerinden ulaşılabilir. Güvenlik alt kriterlerinde ise en fazla yüzdeye sahip olan ilk kriter “Bilgi Gizliliği” dir. Ardından sırasıyla önemli olan alt kriterler ise “Veri yönetimi” ve “Yetkin” dir. Bu kriterlerin geliştirilmesi ile IoT uygulamasının başarılı olmasını büyük oranda etkileyecek olan Güvenlik kriterinin en iyi hale getirilmesi gerçekleştirilmiş olacaktır.

Güvenlik kriteri neredeyse pastanın yarısını oluşturmaktadır. Güvenlik kriterinden sonraki en yüksek paya sahip kriter ise “İstihbarat” kriteridir. İstihbarat kriteri, iş verildiği zaman nesnenin bu işi anlama yeteneğini ifade etmektedir. İstihbarat ana kriterine ait üç tane alt kriter bulunmaktadır. Güvenlik kriteri için tespit edilenler İstihbarat kriteri için de geçerlidir. Öncelikle dikkate alınması gereken ilk iki kriter “Güvenlik” ve “İstihbarat” tır. Bu kriterlerle birlikte önem dereceleri hesaplanan İstihbarat alt kriterleri de aynı önem sırasıyla dikkate alınmalıdır.

Problem AHP yönteminin ardından ayrı olarak DEMATEL yöntemi ile çözülmüştür. AHP ve DEMATEL yöntemlerinden benzer sonuçlar elde edilmiştir. AHP yöntemi ile “Güvenlik” ve “İstihbarat” kriterlerinin en önemli kriterler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

DEMATEL yönteminin uygulanması ile önemli bulunan kriterlerin diğer kriterler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Problemin DEMATEL ile çözümü sonucunda diğer kriterleri en çok etkileyen kriterlerin “Güvenlik” ve “İstihbarat” kriterleri olduğu ve diğer kriterlerle en çok ilişkili olan kriterlerin “Güvenlik” ve “Değer” kriterleri olduğu elde edilmiştir. DEMATEL’ e göre bu kriterlerin diğer kriterleri etkileme seviyeleri ve AHP yöntemine göre büyük öneme sahip olmaları işletmelerin öncelikli olarak bu iki kriteri değerlendirmesi gerektiğini göstermektedir. İki yöntemde de “Güvenlik” kriterinin diğer kriterlere göre daha etkili olduğu ve geliştirilmesi durumunda diğer kriterleri olumlu yönde etkileyeceği sonucu elde edilmiştir.

Sonuç olarak, her iki çözümün de kesişiminde yer alan “Güvenlik” kriteri işletmelerin öncelikli olarak dikkat etmesi gereken unsurdur. Gelecek zamanda Endüstri 4.0 temeline sahip iş ortamları oluşturmak isteyen işletmelerin %55 oranında güvenlik konusuna dikkat etmeleri gerekmektedir. Endüstri 4.0 ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda güvenlik konusu ele alınmalıdır. İşletmelerde oluşturulan nesnelerin interneti temelli iş ortamlarının güvenliğinin maksimum verimlilikte olması için çalışmalar yapılabilir.

5. Kaynaklar

- [1] Şekkeli Z. H., Bakan İ. Endüstri 4.0’ın etkisiyle lojistik 4.0. *Journal Of Life Economics*, 5: 17-36, 2018.
- [2] Aydın E., “Türkiye’de teknolojik ilerleme ile istihdam yapısındaki değişme projeksiyonu: Endüstri 4.0 bağlamında ampirik analiz.” *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16: 461-471, 2018.
- [3] Kagermann H., Helbig J., Hellinger A., Wahlster W., “Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0.” *Working Group Forschungsunion*, 2013.
- [4] Hermann M., Pentek T., Otto B., “Design principles for industrie 4.0 scenarios: A literature review.” *Technische Universität Dortmund*, 2015.
- [5] Gündüz M. Z., Daş R. “Nesnelerin interneti: gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları.” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24: 327-335, 2018.
- [6] Thames L., Schaefer D. “Software-Defined cloud manufacturing for industry 4.0.” *Procedia CIRP*, 52: 12-17, 2016.

- [7] Lee I., Lee K. “The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises.” *Business Horizons*, 58: 431-440, 2015.
- [8] Trappey A. J. C., Trappey C. V., Govindarajan U. H., Chuang A. C., Sun J. J., “A review of essential standards and patent landscapes for the internet of things: a key enabler for industry 4.0.” *Advanced Engineering Informatics*, 33:208-229, 2017.
- [9] Hofmann E., Rüşch M., “Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics.” *Computers in Industry*, 89: 23-34, 2017.
- [10] Karabacak B., “Kritik altyapılara yönelik siber tehditler ve Türkiye için siber güvenlik önerileri.” *Siber Güvenlik Çalıştayı Bilgi Güvenliği Derneği*, 2011.
- [11] TÜSİAD., “Türkiye’nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0.” <<http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>>, 2016.
- [12] Gubbi J., Buyya R., Marusu K., Palaniswami M., “Internet Of Things (IoT): A vision, architectural elements and future directions.” *Future Generation Computer Systems*, 29: 1645-1660, 2013.
- [13] Cirani S., Davoli L., Ferrari G., Léone R., Medagliani P., Picone M., Veltri L., “A scalable and self-configuring architecture for service discovery in the Internet of Things.” *IEEE Internet of Things Journal*, 1: 508-521, 2014.
- [14] Kim S., Kim S., “A multi-criteria approach toward discovering killer iot application in Korea.” *Technological Forecasting and Social Change*, 102: 143-155, 2016.
- [15] Rullo A., Serra E., Bertiona E., Lobo J., “Optimal placement of security resources for the internet of things.” *The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems*, , 95-124, 2018.
- [16] Zhang Q., Bechmann A., Beliatis M., “The internet of things as driver for digital business model innovation.” *Digital Business Model*, 2018, 27-55.
- [17] Choi J., Kim S., “An ahp approach toward evaluating iot business ecosystem in Korea.” *29th European Regional Conference of the International International Telecommunications Society*, 2018.
- [18] Ly P. T. M., Lai W. H., Hsu C. W., Shih F. Y., “Fuzzy AHP analysis of Internet of Things (IoT) in enterprises.” *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 1-13, 2018.
- [19] Uslu B., Gür Ş., Eren T., “Endüstri 4.0 uygulaması için stratejilerin AAS ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmesi.” *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B - Teorik Bilimler*, 7: 13-28, 2019.
- [20] Sevinç A., Gür Ş., Eren T., “Analysis of the difficulties of smes in industry 4.0 applications by analytical hierarchy process and analytical network process.” *Processes*, 6, 2018.
- [21] Tsiounia K., Dimitrioglou N. G., Kardaras D., Barbounaki S. G., “A process modelling and analytic hierarchy process approach to investigate the potential of the IoT in health services.” *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, 68: 381-386, 2018.
- [22] Huang Y. L., Sun W. L., “An AHP-Based risk assessment for an industrial IoT cloud.” *2018 IEEE International Software Quality, Reliability And Security Companion International Conference*, 2018.
- [23] Jagtab C., Sandeep B., Rahimifard F., Shahin G., “Unlocking the potential of the Internet of Things to improve resource efficiency in food supply chains.” *Springer International Publishing*, 2019.
- [24] Kummitha R. K. R., Crutzen N., “Smart cities and the citizen-driven İnternet Of Things: A qualitative inquiry into an emerging smart city.” *Technological Forecasting and Social Change*, 140: 44-53, 2019.

- [25] Vidal G. J., Vidal M., Barros R. F., “Computational business intelligence, big data, and their role in business decisions in the age of the internet of things.” *Web Services: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*, 20, 2019.
- [26] Yakub I., Hashem I., Ahmed A., Kazmi S., Hong C., “Internet of Things forensics: Recent advances, taxonomy, requirements and open challenges.” *Future Generation Computer Systems*, 92: 265-275, 2019.
- [27] Dumka A., Sah A., “Smart ambulance system using concept of big data and Internet of Things.” *Healthcare Data Analytics and Management*, 155-176, 2019.
- [28] Banerjee S., Al-Quaheri H., Bhatt C., “Handling uncertainty in IoT design: An approach of statistical machine learning with distributed second-order optimization.” *Healthcare Data Analytics and Management*, 227-243, 2019.
- [29] Uçar U. Ü., İşleyen S. K., Demir Y., “Üniversite ders çizelgeleme probleminin bulanık AHP ve çok amaçlı karışık tam sayılı matematiksel modelle çözümü.” *Gazi University Journal of Science, Part C*, 3: 513-523, 2015.
- [30] Orman A., Düzakaya H., Ulvi H., Akdemir F., “Ulaştırma ana planlarında analitik hiyerarşi sürecinin kullanılması yoluyla çok kriterli değerlendirme: Ankara ulaştırma ana planında senaryo seçimi.” *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 31: 381-397, 2018.
- [31] İnce Ö., Bedir N., Eren T., “Hastane kuruluş yeri seçimi probleminin analitik hiyerarşi süreci ile modellenmesi: tuzla ilçesi uygulaması.” *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1: 08-21, 2016.
- [32] Dağdeviren M., Eren T., “Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması.” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16: 41-52, 2001.
- [33] Saaty T. L., “Decision making with the analytic hierarchy process.” *International Journal of Services Sciences*, 1: 83-98, 2008.
- [34] Saaty T. L., Niemira M. P., “A framework for making a better decision.” *Research Review*, 13, 2006.
- [35] Alakaş, H.M., Toplu, B.E., Yurdakul, F., Eren, T., “Televizyon Dizilerin Toplumsal Yapıya Uygunluk Kriterlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemiyle Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması”, *Journal of Education and Change*, 1(2): 11-22, 2018.
- [36] Uslu, B., Eren, T., Gür, Ş., Özcan, E.C., “Evaluation of the Difficulties in the Internet of Things (IoT) with Multi-Criteria Decision-Making”, *Processes*, 7(3): 164, 2019.
- [37] Sevinç, A., Gür, Ş., Eren, T., “Analysis of the Difficulties of SMEs in Industry 4.0 Applications by Analytical Hierarchy Process and Analytical Network Process”, *Processes*, 6(12): 264, 2018.
- [38] Sonel, E., Gür, Ş., Eren, T., “Çok Ölçütlü Karar Verme ile Sağlık Turizminde Şehir Seçimi ve Analizi”, *Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3(1): 27-39, 2019.
- [39] Yeşilyurt, B., Karakuş, K., Gür, Ş., Eren, T., “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri için Paket Programı Seçimi”, *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (1): 1-21, 2019.
- [40] Lee A. H. I., Chen W. C., Chang C. J., “A Fuzzy AHP and BSC Approach for Evaluating Performance of IT Department in the Manufacturing Industry in Taiwan”, *Exper Systems with Applications*, 34: 96-107, 2008.
- [41] Jharkharia S., Shankar R., “Selection of Logistics Service Provider: An Analytic Network Process (ANP)”, *Omega*, 35: 274-289, 2007.
- [42] Güneri A. F., Şahin H., “AHP ve Fuzzy AHP ile Türkiye’de Uygun Tersane Seçimi”, *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, 172: 7-21, 2007.

- [43] Supçiller A. A., Çapraz O., "AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması." *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, 13: 1-22, 2011.
- [44] Fontela E., Gabus A., "DEMATEL, innovative methods." *Battelle Geneva Research Institute*, 67-69, 1974.
- [45] Li C. W., Tzeng G. H., "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: 9891–9898, 2009.
- [46] Tseng M. L., Lin Y. H., "Application Of Fuzzy DEMATEL To Develop A Cause And Effect Model Of Municipal Solid Waste", *Environ Monit Assess*, 158: 519, 2008.
- [47] Tzeng G. H., Chiang C. H., Li C. W., "Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL." *Expert Systems with Applications*, 32: 1028–1044, 2007.
- [48] Tsai W. H., Chou W. C., "Selecting management systems for sustainable development in smes:A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP." *Expert Systems with Applications*, 36: 1444–1458, 2009.
- [49] Hung Y. H., Chou S. C. T., Tzeng G. H., "Using a fuzzy group decision approachknowledge management adoption." *APRU DLI 2006 Conference*, 48- 52, 2006

Extended Abstract

Today, with the concept of digitalization, a transformation is beginning in all sectors. There are limited resources available to businesses that want to digitize. Industry 4.0 includes concepts such as cyber-physical systems and cloud technologies as well as the internet of things. In this study, the concept of internet of things is discussed and which criteria should be taken into consideration during the implementation of the enterprises are examined.

The concept of the Internet of Things was first used by Kevin Ashton in a presentation in 1999 that outlined the benefits of RFID technology in a company's supply chain and suggested its use. In the surveys conducted in the last quarter of 2015, according to the report of VisionMobile research company, internet of objects technology took place in the top four with the most promising Mobile, Desktop and Cloud applications. With the Internet of Things technology, the number of smart devices, which was around 10 billion in 2015, is expected to increase to 50 billion by 2020. The general uses of the Internet of Things technology are smart home technologies, shopping sector, industrial systems, wearable technologies, urban location applications, medical applications and automobile systems.

In this study, which criteria should be taken into consideration for the enterprises that want to implement Industry 4.0 processes are examined. It is believed that production efficiency will increase with digitization. It is thought that this study may be useful for enterprises seeking help in the process of digitalization. Many businesses want to participate in the digitalization process, but do not know where to start. There is limited study in the literature on this subject. This study does not provide a roadmap to businesses, but helps objects to integrate their Internet applications into their businesses. After determining the main purpose of the study, it is decided which methods should be used in the study. In the study, AHP method is used since it is examined which criteria should be considered as a priority. The Analytical Hierarchy Process is a method developed by Thomas L. Saaty for decision making.

In AHP, the aim is determined first and the factors that affect the aim are tried to be determined. The aim of the AHP method is to determine the weight of the criteria and to determine which criteria has priority over Internet applications. In addition to AHP method, DEMATEL method is used in the study. DEMATEL method has been developed in order to use complex and intertwined problem groups in research. The main advantage of the DEMATEL method is that it involves indirect relationships involving a conciliatory cause and effect model. The DEMATEL method is an effective method that examines the structure and relationships between system components or a valid number of alternatives. The effect level of the most important criteria obtained with AHP on the other criteria and its relationship with the other criteria were examined using DEMATEL method.

As a result of the literature surveys, 5 main criteria were determined. These criteria are; connectivity, telepresence, intelligence, security and value. Each criterion has 3 sub-criteria. In the study, the main criteria are evaluated among themselves and the sub criteria are evaluated among themselves. Thus, the sub-criteria that should be considered in the implementation of the most important criterion to be considered are determined as priority.

According to the data obtained from the AHP method, the weights of the criteria are as follows: Security 0.544, intelligence 0.246, connection 0.084, telepresence 0.084, value 0.042. According to the results of AHP method, it is seen that by increasing the efficiency of the security criterion, the internet of things can be applied successfully in the enterprises. With the application of DEMATEL method, the effects of the criteria on each other and the relationships between them are examined. As a result of the DEMATEL method, security and intelligence were the first two criteria that most affected the other criteria and security and value were the two most relevant criteria. As a result, the most important criterion obtained in AHP is security and the other criterion affects DEMATEL the most important criterion is that security is the most important criterion in the application of internet of things in enterprises. It is envisaged that the enterprises that maximize the effectiveness of the security criterion can be successful in this process. According to the results obtained from DEMATEL method, it is seen that the security criterion will affect the other criteria positively. It is stated that the enterprises that increase the effectiveness of the security criterion will maximize the benefits they will obtain at several points, not at a single point.