



Türkiye’de Dijital Dönüşüme Başlangıç için AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Sektörel Sıralama

*¹Ayten Yılmaz Yalçın, ²İrem Çaylak

¹Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Esentepe Kampüsü, ayteny@sakarya.edu.tr 

²Sistem Global Danışmanlık, Bursa, irem.caylak@sistemglobal.com.tr 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 13.02.2019

Kabul Tarihi: 02.03.2020

Öz

Endüstriyel faaliyetleri teknolojik olarak en üst seviyeye taşıyan Endüstri 4.0 felsefesi, işletmelerin ve makro ölçekte ülkelerin rekabet anlayışına yeni bir soluk olarak etki etmesinden dolayı endüstriyel toplum için büyük bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Dijital dönüşüm devriminin kaçırılmaması gerektiği konusunda ülkemiz henüz farkındalık yayılması aşamasındadır. Bu dönüşüm fikri, işletmeler için dünya endüstrisine yeni bir pencere açmakla birlikte zorlu bir dönüşüm sürecini beraberinde getirmiştir. Endüstri 4.0 dönüşümü için neredeyse tüm dünyada sektörel bazda çalışmalar devam etmektedir.

Bu kapsamda çalışmada ele alınan asıl problem, Türkiye’nin Endüstri 4.0’a nereden başlanması gerektiğidir. Endüstri 4.0 konusu, çeşitli çalışmaların ve araştırma raporlarının ötesinde karar verme yöntemleri için sağlam altyapıya sahip bir konudur. Tüm dünyanın hummalı çalışmalarına karşılık Türkiye’nin nereden başlayacağına karar vermek için elini çabuk tutması gerekir. Bu çalışmada Türkiye’nin Endüstri 4.0 dönüşümüne hangi sektörden başlaması gerektiğine dair bir öneri getirilmesi istenmiştir. Bu amaçla ülkemizdeki mevcut altı adet temel sektörün istihdamı, verimliliği, ihracat-ithalat oranları gibi kritik karar verme faktörleri dikkate alınarak sistemin Analitik Hiyerarşi Prosesi oluşturulup Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden olan TOPSIS Yöntemi kullanılarak sektörel bazda bir sıralamaya ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Sektörel Sıralama, AHP, TOPSIS

Sectoral Classification with TOPSIS Method in the Context of Industry 4.0 – Digital Transformation

*¹Ayten Yılmaz Yalçın, ²İrem Çaylak

¹Sakarya University, Industrial Engineering Department, Esentepe Campus Sakarya, ayteny@sakarya.edu.tr

²Sistem Global Danışmanlık, Bursa, iremmisersey@gmail.com

Abstract

The Industry 4.0 philosophy, which carries the industrial activities to the highest technological level, is regarded as a great opportunity for the industrial society due to the fact that the enterprises and the macro scale influence the competition of the countries as a new breath. Turkey is still in the process of raising awareness of the fact that the revolution of digital transformation should not be missed. The idea of this transformation has opened a new window to the world industry for businesses and brought about a difficult transformation process. For the Industry 4.0 transformation, studies are going on almost all over the world.

The main problem discussed in this context, Turkey should start from is that the industry 4.0. The issue of Industry 4.0 is a subject of sound infrastructure for decision-making methods beyond various studies and research reports. All the world's a flurry of activity in response to Turkey to decide where to start should keep his hand quickly. In this study, Turkey's Industry 4.0 transformation to which sector starting in the name of clarity, should Multi-Criteria Decision Making systems using TOPSIS Method with the Analytic Hierarchy Process created employment in the main sectors of the six existing in our country, productivity, export-import ratio as obtained by taking the expert opinion by taking into consideration the critical decision-making factors.

Keywords: Industry 4.0, Sectoral Analysis, AHP, TOPSIS

1. GİRİŞ

Dördüncü sanayi devrimi arz, üretim, tüketim, hizmet, lojistik gibi pek çok alanda iş yaşamında, endüstriyel süreçlerde yapısal olarak değişikliklere neden olmuştur. Süreçlerin mükemmelleştirmesi, insan hatalarının minimize edilmesi için alternatifler sunmaktadır. Yüksek teknolojik entegrasyon olarak bilinen endüstri 4.0 kavramı Bunun için işletmeler iletişim, bilgisayar, internet ve siber-fiziksel sistemlerle özerk ve akıllı üretim sistemlerini entegre ederek teknolojik seviyelerini yükseltme yolunda ciddi adımlar atmaktadır. Tüm süreçlerini bu dönüşümde uyumlu hale getirerek müşteri beklenti ve isteklerine odaklanıp daha etkili cevap verme ve rekabette üstün gelmeyi hedeflemektedirler

Dijital dönüşüm olarak da ifade edilen Endüstri 4.0 yaklaşımı iş dünyasına büyük fırsatlar ve kolaylıklar sunan bir oluşumdur. Endüstri devrimin kaçırılmaması gerektiği konusunda ülkemiz henüz farkındalık yayılması aşamasındadır. Endüstri 4.0 dönüşümünün ne denli gerekli olduğunun farkında olmanın yanı sıra, dönüşümün nasıl gerçekleşeceği hakkında somut veriye ulaşılamaması ve en önemlisi nereden başlanması gerektiğinin bilinmemesi Türkiye için büyük bir problemdir.

Çoğu endüstri ülkesinde dönüşüme hangi sektörden başlanması gerektiğine karar verilip adımlar uygulanmaya başlanmış ve neticeleri görülür hale gelmiştir.

Dördüncü sanayi devriminin temel kavramlarının açıklandığı ve Ar-Ge ve iletişim göstergeleri açısından sürecin ele alındığı bir çalışmada Türkiye’de Endüstri4.0 sürecinin sürdürülebilir iktisadi büyüme ve gelişmiş ülkeler seviyesine erişebilmesi açısından öneminin oldukça büyük olduğu ifade edilmiştir [1]. Bu alanda yapılan çalışmalar her geçen gün çoğalarak artmaktadır. Gabaçlı ve Uzunöz (2017), çalışmalarında Türkiye’de özellikle otomotiv sektörünün dönüşüm sürecinin iyi değerlendirilmesi ile rekabet üstünlüğü sağlanacağı bildirmişlerdir [2]. Olanrewaju yazısında dijital girişimde etkili olmanın temel özelliklerinden bahsederken işletmelere yönetim ekiplerinin kurumların yapısına, süreçlerine göre sağlam bir altyapı kurulmasının gerekliliğinden bahsetmektedir [3].

M. Annunziata, endüstride yaşanan değişimlerin ürünleri tasarlama ve üretme yöntemlerini ve küresel ekonomiyi birbirine bağlayan karmaşık tedarik zinciri ağlarını daha esnek, daha hızlı olmasında etkili olduğundan bahsetmektedir [4]. A. McAfee and E. Brynjolfsson 2012 yılında her gün yaklaşık olarak 2,5 exabyte veri üretildiğinden ve bunun her 40 ayda bir iki katına katlandığını ifade etmişlerdir. Dijital verilerin öneminden bahsetmişler ve veri odaklı işletmelerin daha iyi performans gösterdiklerini hipotezini test etmek için çalışmalarda bulunmuşlardır. Büyük Veri kavramı sayesinde yöneticilerin işletmeleri hakkında daha radikal bir şekilde ölçüm yapabilmelerinden dolayıyla karar almalarında önemli bir etken olmalarından bahsetmişlerdir [5].

TÜBİTAK’ın 2017 Şubat ayında yayınladığı “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” çalışması Endüstri 4.0’a geçiş aşamalarını ana başlıklar ve alt başlıklarla detaylı olarak anlatmaktadır. Türkiye’deki 1000 adet özel sektöre kuruluşu yönelik gerçekleştirilen anket çalışması neticesinde Türkiye sanayisinin dijital olgunluk seviyesi 2.0-3.0 arasındadır ve seviye olarak en yüksek olan sektörler malzeme (kauçuk ve plastik), bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler ile otomotiv ve beyaz eşya yan sanayii olarak verilmiştir. Aynı çalışmada öncelikli sektörel uygulamalar için otomotiv, beyaz eşya ile kimya ve gıda sektörleri belirlenmiştir [6].

Ülkemizde Endüstri 4.0 dönüşümüne nereden başlanacağına araştırılmasından ziyade daha çok uygulamalar sonrası durumun nasıl olacağını ve özellikle otomotiv sektöründe yoğunlaşarak yapılan çalışmalar dikkat çekicidir. Özellikle Küçük ve Orta Ölçekli işletmelerde dijital dönüşüm sebebiyle bazı sıkıntılar, tedirginlikler mevcuttur. Bu kapsamda öncelikli olarak farkındalık ve bilinçlendirme amaçlı sektörel bazı çalışmaların yaygınlaştırılmasının fayda sağlayacağı öngörülmektedir [7]. Türkiye’nin ileri teknoloji yoğunluklu sektörlerde gerçekleşen üretimlerin 2009-2014 yılları arasında kısmi olarak da olsa arttığı görülmektedir. Bunda da özellikle otomotiv ve elektrikli makine sektörlerinde gerçekleşen üretimlerin payının fazla olduğu ifade edilmektedir [8].

Bu çalışmada; Türkiye’deki öncelikli sektörlerin uygun kriterlerine göre dönüşüm sırası elde edilmesi, Türkiye’nin Endüstri 4.0 dönüşümüne nereden, hangi sektörden başlanılmasına yönelik bir öneride bulunulması amaçlanmıştır. Endüstri 4.0’a nereden başlanmalıdır? Dönüşümde hangi sektöre/sektörlere öncelik verilmelidir? Türkiye için sektör sıralaması nasıl olmalıdır? Sorularına cevap aranmak istenmiştir. Bu amaçla öncelikle Endüstri 4.0 ve Gelişim Sürecinin ele alınmasının ardından, dijital dönüşüm ve sektörlerde bir literatür taraması Bölüm 2’de sunulmuştur. Çalışmanın sektörel analiz için kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi tekniği ve TOPSIS tekniğinin tanımlandığı ve uygulamalarının yer aldığı Bölüm 3’ün ardından sonuç ve değerlendirme Bölüm 4’te sunulmuştur.

2. ENDÜSTRİ 4.0 VE GELİŞİM SÜRECİ

Dijitalleşme süreci ile birlikte yerleşen geleceğin fabrikası kavramında akıllı ve etkileşimli üretim sistemleri, makineler ve diğer üretim ekipmanları yer almaktadır. Bu sistemde geleceğin fabrikasında enerji sisteminden, tedarikçisine ve dağıtım kanallarındaki her bir elemana kadar ortak standartlar ve geliştirilmiş protokoller ile haberleşme etkileşim mümkündür. Üretim ekosistemi denilen bu yapıda etkin yönetim böylelikle daha rahat gerçekleştirilebilir [9]. Yaşanan bu gelişmeler özellikle hizmet, lojistik, tasarım, imalat kavramlarını önemli ölçüde etkilemiştir. Ancak ileri seviyede beklenen akıllı izleme ve akıllı kontrol olarak ifade edilecek bu iki temel beklenen nihai amaç tamamlanınca

endüstriyel sistemlerin dinamik kontrolü, tam zamanlı algılama, oto kontrol gibi ileri seviye adımlar da atılmış olacaktır [10].

Yeni Sanayi Devrimi, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle üretim sistemlerinin dijital dönüşümünü ifade etmektedir. Dijital dönüşüm yada 4. Sanayi devrimi de olarak adlandırılan Endüstri 4.0 üretim teknolojilerini, bu sistemde yeni ve güncel otomasyonları, karşılıklı veri-bilgi alışverişlerini kapsayan oldukça geniş bir kavramdır. IoT-nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler, otomasyonlar, yazılımlar, akıllı sistemler bünyesinde barındırır. Bu dönüşüm firmalara bakım, kalite ve stok bulundurma maliyetlerinin azalması, makinelerin zorunlu olarak çalışmadığı sürelerde kısılma ve teknik personel verimliliğinde artışlar gibi kazanımlar sağlamasının yanı sıra ülkelere de ciddi rekabet avantajları sağlamaktadır [6,11].

Dünya genelinde dijital dönüşüm konusunda öncü ülkeler Almanya, ABD ve Japonya olarak bilinmektedir.

İlk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda kullanılan Endüstri 4.0 terimi kavramın çıktığı Almanya'da bu kapsamda büyük gelişmeler görülmektedir. Bu kapsamda Almanya'nın kurduğu Platform Industrie 4.0, ilk adımlardandır [12]. Endüstri 4.0 kavramı çıkış noktası olan Almanya'da hükümetin imalat gibi geleneksel sanayiye bilgisayarlaştırma yönünde teşvik etme ve yüksek teknolojiyle donatması projesini ifade ediyordu [13].

Endüstri 4.0 hareketini "Society 5.0" başlığı altında başlatan Japonya ise benzer faaliyetleri, sektörün ötesine geçerek; "akıllı toplumu" ifadesini kullanmayı tercih etmektedir [14]. Bu konseptle insan faktörünü daha fazla öne çıkaran yepyeni bir vizyon belirlemeyi hedefleyen Japonya, toplum ve teknoloji arasında güzel bir ilişki kurulmasını hedeflemiştir.

Yine önemli bir dijital dönüşüm partneri olan Fransa, dijital süreçleri uçtan uca destekleyen eksiksiz bir dijital ürün portföyü sağlamak üzere organik büyüme ve stratejik satın alma faaliyetleri içinde ve bu doğrultuda Geleceğin Endüstrisi Birliğinin aktif üyesi olarak, esnek ve modüler tedarik zincirleri etrafında yapılandırılmış bir endüstri planlamaktadır [15].

2.1. Endüstri 4.0 Bileşenleri ve Sektörel Uygulamalar

Endüstri 4.0 felsefesinin iyi anlaşılması için aşağıdaki 3 ana başlığın incelenmesi gerekir:

- Nesnelerin İnterneti
- Geleceğin Fabrikaları/İnsansız Fabrikalar
- Dijital Akıllı Üretim Sistemleri

İlk kez Kevin Ashton tarafından Procter&Gamble şirketinin tedarik zincirinde raydo frekansı ile tanımlama teknolojisinin uygulanmasını anlatırken 1999 yılında kullanılan "Nesnelerin İnterneti" (Internet of Things) terimi yıllar içinde teknoloji geliştikçe artık birbirlerine bağlı tüm

nesnelerin haberleşmesini, bilgi alışverişini yapmasını da mümkün kılmaktadır [16].

Fiziksel ve sanal dünyanın bir araya getirilmeye çalışıldığı bu yeni sistemde insan faktörü hala etkisini korumakta iken, merkezi ve katı fabrika kontrol sistemlerinden akıllı sistemlere doğru bir geçiş olduğu bildirilmektedir. Bu şekilde fiziksel ve siber alanın internet ile birleşme sağlayan sistemlere siber-fiziksel (CPS-Cyber-Physical System) denilmektedir. Sensör yoğun bu sistemlerde fiziksel alemdaki izler internet sayesinde elde edilmekte ve nesnelerin etkileşimini kapsamaktadır [17]. Mosterman ve Zander (2016) yaptıkları çalışmada yeni nesil sistemlerin gerçeğe aktarılması kapsamında siber -fiziksel sistemler üzerine bir model sunmuşlardır [18].

Nesnelerin internetinin nesneler arasında iletişim gelişirken, sosyal ve bilişsel süreçlerin de yeni tasarımlarda göz önünde bulundurulması gerekliliği Ning vd (2016) tarafından bildirilmiştir [19]. Bunun için de siber-fiziksel yapılar yapılandırılırken sosyal-beşeri-toplumsal boyutun dahil edilerek yapılandırmak gerektiği savunulmuştur [19]. IoT uygulamaları için yapılan çalışmada Nagy ve arkadaşları (2018) Macaristan'da lojistik ve üretim hizmet alanlarında faaliyet gösteren şirketlerin bu yaklaşımı nasıl yorumladıklarını ve kritik alan ve araçları (özellikle IoT araçlarını) nasıl kullanıp ele aldıklarını anket çalışmaları ile yorumlamışlardır. Böylelikle karşılaştıkları sorunları derlemişlerdir [20].

Lojistik 4.0 olarak da ayrı bir oluşum olarak ele alınan lojistik sektöründeki dijital dönüşüm kapsamında Trappey (2017) özellikle bu alandaki hangi yaklaşımların daha gerçekçi ve uygulanabilir olacağı üzerinde durmuşlardır [21]. Yine benzer olarak lojistikte Hofmann ve Rusch (2017)'un mevcut ve gelecek durumunu tartışan çalışmaları literatürde yerini almıştır [22].

Görçün (2018) yapmış olduğu çalışmada, yoğun insan gücü kullanan, teknolojik yönü zayıf olan tekstil sektöründeki akışları dengeleyememe, verimlikte azalma, rekabet baskısı, ürünlerin daha kişiselleştirilmesinin gerekliliği, fazla varyasyonlarda pazara sunum, ürün yaşam sürelerinin kısılması gibi zorlayıcı faktörlerle endüstri 4.0'ın sektördeki mevcut ve olası etkilerini incelemiştir [23].

Chen ve Zhing yine tekstil sektörünü ele alarak akıllı ve esnek sistemler kurulması üzerine siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin internetinin önemine değinmişlerdir. Açıklayıcı örneklerle sınai kalkınmanın önündeki engeller ve uygulama politikaları üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [24].

Tarım ve gıda sektöründe 20. yüzyılın ikinci yarısındaki buğday, pirinç gibi temel ürünlerin yetiştiriciliğinde yaşanan büyüme ve artan performansın yaşanan bilimsel gelişmeler ve teknolojik yeniliklerin etkisiyle olduğunu anlatan çalışma Luque ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilmiştir [25]. Gıda endüstrisinde endüstri 4.0 kapsamında Buckingham ve

Hengse (2016) yaptıkları çalışmada sektörel inovasyonların önemine değinmişlerdir [26].

3. Teorik Altyapı

Yükselen değer Endüstri 4.0'ın ülkemizde hangi sektöre ne derecede uygulanabilirliğini görebilmek amacıyla bu çalışmada Türkiye için sektörel açıdan sıralama gerçekleştirmek adına karar verme tekniklerinden TOPSIS ve Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) teknikleri kullanılmıştır.

Birbiri ile çelişen veya birbiri arasında üstünlük kuramayan kriterler altında çeşitli alternatifler altında seçim yapmak oldukça zordur. Bu gibi problemlere çözüm aranırken karar verme yöntemlerinin çoğu kesin olmayan durumları ele almada yetersiz kaldığından önce AHP yöntemi, sonrasında da özellikle seçeneklerin belli kriterler doğrultusunda ideal duruma yaklaşmada iyi sonuçlar vermesi sebebiyle TOPSIS yöntemini kullanmanın doğru olacağı düşünülmüştür.

3.1. Sektörel Analiz Metodolojisi

Türkiye'de geniş ekonomik paya sahip 6 sektör (otomotiv, beyaz eşya, makine sistemleri, tekstil, gıda ve tarım, kimyasallar) ve her biri için değerlendirilmede kullanılacak 5 kriter (katma değerde pay- KDP, istihdamda pay-İP, toplam faktör verimliliğinde artış-TFVA, ihracatın ithalata oranı-İİO, ihracatın ithalatı karşılama oranı-İİKO) ile sistemin Analitik Hiyerarşik Prosesinin oluşturulması, Türkiye'de Endüstri 4.0 dönüşümüne ele alınan 6 sektörün hangisinden başlanmalı, hangilerine ağırlık verilmeli gibi sorulara cevap bulmak adına Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS Yöntemi ile sektör sıralaması elde edilmesi bu bölümde sunulmuştur

3.2. Analitik Hiyerarşik Prosesi Yöntemi (AHP)

AHP, bir problemin karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda, kriterlerin öncelik durumunu bir hiyerarşide tanımlayarak kullanılan yaygın bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniğidir. AHP Yaklaşımı, 1970'li yılların başlarında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen, belirli hiyerarşiye göre düzenlenen kriterleri içeren, bu kriterlerin ağırlıklarını değerlendiren, kriterlere göre alternatifleri karşılaştıran ve sıralama yapılmasını sağlayan bir yaklaşımdır [27]. Kararı etkileyen faktörlerin tespit edilmesi, karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir yöntemdir. Tahminleme ve karar verme tekniği olarak sıklıkla tercih edilen karar verme problemlerinde AHP yönteminin esası alternatif ve kriterlere göreceli önem değerleri verilerek yönetsel anlamda karar mekanizmasına destek olmaktır [28].

3.3. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk kez 1981 yılında Yoon ve Hwang tarafından geliştirilmiştir. Temel konsepti, seçilen alternatifin ideal çözümden en kısa, negatif ideal çözümden en uzak mesafeye sahip olması gerektiğidir [29]. Altı

faaliyetli Genel Topsis sürecinde aşamalar şu şekildedir: Karar matrisinin normalize edilmesi, ağırlıklı karar matrisinin oluşturulması, pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunması, ayırım ölçümlerinin hesaplanması, pozitif ideal çözüme benzerliğin hesaplanması, tercih sıralamasının tespiti [30].

Temeldeki mantığı, ideal ve karşıtı çözümleri eş zamanlı olarak göz önünde bulunduran karar verme tekniklerinden TOPSIS yöntemi, hesaplama kolaylığı sağlaması ve uygulanabilirliği açısından da oldukça yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu teknikte alternatifler arasında pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif ön plana çıkartılarak çözüme ulaşılacak hedeflenir.

Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

TOPSIS yönteminde karar matrisi normalizasyonu hesaplanması amacıyla, aşağıda verilen eşitlikte görüldüğü gibi (eşitlik1) vektör normalizasyonu kullanılarak hesaplama yapılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, n \quad [1]$$

Ağırlıklı Karar Matrisinin Oluşturulması

Alternatifin her kriterden aldığı değer, o kriterin ağırlığı ile çarpılarak gerçekleştirilir.

$$v_{ij} = w_{ij} \cdot r_{ij} \quad i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, n \quad [2]$$

Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Bulunması

$$\begin{aligned} A^* &= \{v_1^*, v_1^*, v_1^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \\ &= \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i \in 1, \dots, m \right\} \\ A^- &= \{v_1^-, v_1^-, v_1^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \\ &= \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i \in 1, \dots, m \right\} \quad [3] \end{aligned}$$

Denklemleri ile hesaplanabilir.

Ayırım Ölçümlerinin Hesaplanması

Ayırım ölçüsü, pozitif ideal çözüme ya da negatif ideal çözüme olan uzaklığı ifade eder. Alternatifler arası uzaklık, Öklid bağıntısı ile hesaplanabilir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i=1, \dots, m \quad [4]$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1, \dots, m \quad [5]$$

Pozitif İdeal Çözüme Benzerliğin Hesaplanması

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad i=1, \dots, m \quad [6]$$

Tercih Sıralamasının Belirlenmesi

Tercih sıralaması yapılırken en yüksek C değerine sahip alternatif seçilir ya da C değerinin büyüklüğüne göre alternatifler arasında sıralama yapılır [31].

Türkiye’de sektörel bazda Endüstri 4.0 uygunluğunun farklılık göstermesi beklenmektedir. Hangi sektörün bu dönüşüme ne kadar ihtiyacının olduğunun tespit edilmesi amacıyla Karar Verme tekniklerinden TOPSIS ve AHP teknikleri kullanılmıştır. Bu çalışma iki adımda gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’de geniş ekonomik paya sahip 6 sektör ve her biri için değerlendirmede kullanılacak 5 kriter ile sistemin AHP Hiyerarşik Yapısı (Şekil 1) oluşturulmuştur. Tablo 1’de kriterler ve Türkiye’deki sektörlerle göre oranları verilmiştir. Bu kriterler ve oranları, dijital dönüşüm ve etkileri, Endüstri 4.0 ve sektörel bazda değerlendirilmesine yönelik proje ve çalışma yapan akademisyenlerden oluşan bir uzmanlar grubundan alınan değerlendirmeler neticesinde tespit edilmiştir. Kriterlerin değerlendirilmesinde CR 0,07; alternatiflerin ise CR değeri 0,06’dır. Bu değer 0,10’dan düşük olduğundan dolayı elde edilen sonucun tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümüne ele alınan 6 sektörün hangisinden başlanmalı, hangilerine ağırlık verilmeli gibi sorulara cevap bulmak adına sıralama elde edilmek istenmiş, bu sıralama elde edilirken ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS Yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 1: Kriterler ve Sektörlere Göre Oranları

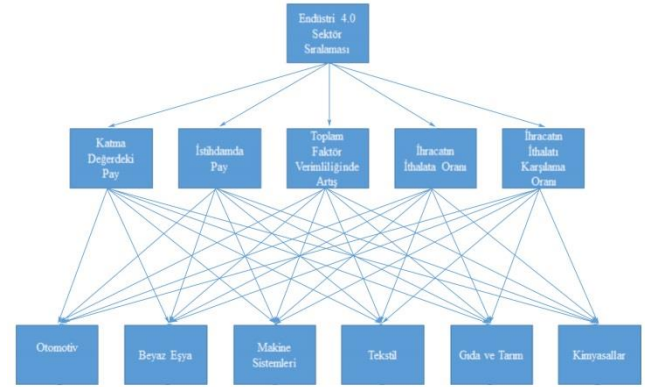
Sektörler	Kriterler				
	Katma Değerde Pay (KDP)	İstihdamda Pay (İP)	Toplam Faktör Verimliliğinde Artış (TFVA)	İhracatın İthalata Oranı (İİO)	İhracatın İthalatı Karşılama Oranı (İİKO)
Otomotiv (O)	12%	6%	7%	90%	90%
Beyaz Eşya (B)	3%	1%	9%	90%	70%
Makine Sistemleri (M)	5%	5%	5%	90%	60%
Tekstil (T)	8%	13%	-0,50%	100%	240%
Gıda ve Tarım (GT)	10%	12%	-4%	90%	190%
Kimyasallar (K)	5%	2%	1%	100%	20%

Eldeki veriler doğrultusunda bir sıralama seçimi problemi için 6 sektör alternatifi arasından belirlenen kriterler altında, dönüşüme başlamak için en uygun sektörün belirlenmesi hedeflenmiştir. Birbiri ile çelişen veya birbiri arasında

üstünlük kuramayan kriterler altında çeşitli alternatifler altında seçim yapmak oldukça zordur. Bu gibi problemlere çözüm aranırken karar verme yöntemlerinin çoğu kesin olmayan durumları ele almada yetersiz kaldığından önce AHP yöntemi, sonrasında TOPSIS yöntemini kullanmanın doğru olacağı düşünülmüştür. Ayrıca Türkiye ekonomisindeki önemi aşağı yukarı belli olan kriterler için ağırlık belirlemek mantıklı olacaktır. Sektör sıralaması yapmak için sıralama yapmaya uygun bir yöntem olması da göz önünde bulundurulmuştur.

Sistemin Analitik Hiyerarşi Prosesi

Ele alınan sistemin Analitik Hiyerarşi Proses Şeması Şekil 1’de verilmiştir. Kriterler; Sektörün katma değerdeki payı, istihdamdaki payı, toplam faktör verimliliğindeki artış oranı, ihracatın ithalata oranı, ihracatın ithalatı karşılama oranı olarak verilmiştir.



Şekil 1: Endüstri 4.0 AHP Şeması

Sektörler için tek tek oluşturulan karşılaştırma matrisine örnek olarak otomotiv sektörü için yapılan karşılaştırma matrisi Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: Otomotiv sektörüne dair karşılaştırma matrisi

	KDP	İP	TFVA	İİO	İİKO
KDP	1	5	1	1	1/7
İP	1/5	1	1/3	1/5	1/5
TFVA	1	3	1	1/5	1/5
İİO	1	5	5	1	1/7
İİKO	7	5	5	7	1

TOPSIS ile Sektörel Sıralama

Tablo 1’de sektörler sütununda sıralananlar (otomotiv, beyaz eşya, makine sistemleri, tekstil, gıda ve tarım, kimyasallar); alternatifler (a1.....an), kriterler başlığı altında gösterilenler (katma değerde pay, istihdamda pay, toplam

faktör verimliliğinde artış, ihracatın ithalata oranı, ihracatın ithalatı karşılama oranı) ise özelliklerdir (y1k.....y1nk). Tablo1’de verilen alternatif ve özelliklerin sayısal değerlerinden 6x5’lik bir matris oluşturulmuştur. Karar matrisindeki kriterlere ait özelliklerin kareleri toplamının karekökü alınarak matrisine ait normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan normalizasyon işlemlerinin sonuçları hesaplanarak normalize edilmiş matris elde edilmiştir. Yapılan işlemler Tablo 3’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 3: Karar matrisinin R matrisine dönüşümü için yapılan işlemleri gösteren tablo

	KDP	İP	TFVA	İİO	İİKO
O	0,12	0,06	0,07	0,90	0,90
B	0,03	0,01	0,09	0,90	0,70
M	0,05	0,05	0,05	0,90	0,60
T	0,08	0,13	-0,005	1	2,40
GT	0,1	0,12	-0,04	0,90	1,90
K	0,05	0,02	0,01	1	0,20

Elde edilen R Matrisi Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo4: Tablo3’de gösterilen işlemlerin sonuçları, R matrisi

	KDP	İP	TFVA	İİO	İİKO
O	0,6576	0,3082	0,5334	0,3932	0,2705
B	0,1644	0,0514	0,6857	0,3932	0,2104
M	0,2740	0,2568	0,3810	0,3932	0,1803
T	0,4384	0,6678	-0,0381	0,4368	0,7213
GT	0,5480	0,6164	-0,3048	0,3932	0,5710
K	0,2740	0,1027	0,0762	0,4368	0,0601

Tablo 5: Karar matrisinde kriterlere verilen ağırlıkları gösteren tablo

W=	KDP	İP	TFVA	İİO	İİKO
	0,25	0,20	0,15	0,25	0,15

Yöntemin ikinci adımında normalize edilmiş karar matrisinin elemanları, kriterlere verilen önem doğrultusunda ağırlıklandırılması yapılır. Burada ağırlıkların belirlenmesinde Endüstri 4.0-Dijital Dönüşüm alanında uzman karar vericilerin subjektif görüşlerine başvurulmuştur. Ağırlıkları gösteren tablo (Tablo 5) aşağıda verilmiştir.

R matrisinin ağırlıklarla çarpımı sonucu V matrisi elde edilmektedir. Tablo 6, V matrisini göstermektedir.

Elde edilen V matrisinin sütunları (kriterleri belli eden değerler) incelenerek sütun içindeki en büyük değerler A* (maksimum değerler) olarak, sütun içindeki en küçük değerler A- (minimum değerler) olarak belirlenmiştir. Üçüncü adımda maksimum ve minimum ideal noktaların (A* ve A-) tanımlanmasının ardından, maksimum ve minimum ideal noktaya olan uzaklıklar belirlenmiş (Tablo 1’de görülmektedir), her bir alternatifin göreceli sıralaması ve puanı için gerekli işlemler yapılmış, elde etmek istenilen çözüm olan sektör sıralaması elde edilmiştir.

Tablo 6: V Matrisi

	KDP	İP	TFVA	İİO	İİKO
O	0,1644	0,0616	0,0800	0,0938	0,0406
B	0,0411	0,0103	0,1028	0,0938	0,0316
M	0,0685	0,0514	0,0571	0,0938	0,0270
T	0,1096	0,1336	-0,0057	0,1092	0,1082
GT	0,1370	0,1233	-0,0457	0,0938	0,0856
K	0,0685	0,0205	0,0114	0,1092	0,0090

V matrisindeki en küçük ve en büyük değerlerle A pozitif ve A negatif değerlerinin belirlenmesi ile aşağıdaki değerler elde edilmiştir:

$$A^* = \{0,1644, 0,1336, 0,1028, 0,1092, 0,1082\}$$

$$A^- = \{0,0411, 0,0103, -0,0457, 0,0938, 0,0090\}$$

Üçüncü adımda maksimum ve minimum ideal noktaların (A* ve A-) tanımlanmasının ardından, dördüncü adımda, maksimum ve minimum ideal noktaya olan uzaklıklar aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$S_1^* = \sqrt{((0,1644-0,1644)^2 + (0,0616-0,1336)^2 + (0,0800-0,1028)^2 + (0,0938-0,1092)^2 + (0,0406-0,1082)^2)} = 0,1025$$

$$S_2^* = \sqrt{((0,011-0,1644)^2 + (0,0103-0,1336)^2 + (0,1028-0,1028)^2 + (0,0938-0,1092)^2 + (0,0316-0,1082)^2)} = 0,2117$$

$$S_3^* = \sqrt{((0,0685-0,1644)^2 + (0,0514-0,1336)^2 + (0,0571-0,1028)^2 + (0,0938-0,1092)^2 + (0,0270-0,1082)^2)} = 0,1577$$

$$S_4^* = \sqrt{((0,1096-0,1644)^2 + (0,1336-0,1336)^2 + (-0,0057-0,1028)^2 + (0,1092-0,1092)^2 + (0,1082-0,1082)^2)} = 0,1215$$

$$S_5^* = \sqrt{((0,1370-0,1644)^2 + (0,1233-0,1336)^2 + (-0,0457-0,1028)^2 + (0,0938-0,1092)^2 + (0,0856-0,1082)^2)} = 0,1538$$

$$S_6^* = \sqrt{((0,0685-0,1644)^2 + (0,0205-0,1336)^2 + (0,0114-0,1028)^2 + (0,1092-0,1092)^2 + (0,0090-0,1082)^2)} = 0,1978$$

$$S_1^- = \sqrt{((0,1644-0,0411)^2 + (0,0616-0,0103)^2 + (0,0800+0,0457)^2 + (0,0938-0,0938)^2 + (0,0406-0,0090)^2)} = 0,1414$$

$$S_2^- = \sqrt{((0,0411-0,0411)^2 + (0,0103-0,0103)^2 + (0,1028+0,0457)^2 + (0,0938-0,0938)^2 + (0,0316-0,0090)^2)} = 0,0614$$

$$S_3^- = \sqrt{((0,0685-0,0411)^2 + (0,0514-0,0103)^2 + (0,0571+0,0457)^2 + (0,0938-0,0938)^2 + (0,0270-0,0090)^2)} = 0,0538$$

$$S_4^- = \sqrt{((0,1096-0,0411)^2 + (0,1336-0,0103)^2 + (-0,0057+0,0457)^2 + (0,1092-0,0938)^2 + (0,1082-0,0090)^2)} = 0,1805$$

$$S_5^- = \sqrt{((0,1370-0,0411)^2 + (0,1233-0,0103)^2 + (-0,0457+0,0457)^2 + (0,0938-0,0938)^2 + (0,0856-0,0090)^2)} = 0,1902$$

$$S_6^- = \sqrt{((0,0685-0,0411)^2 + (0,0205-0,0103)^2 + (0,0114+0,0457)^2 + (0,1092-0,0938)^2 + (0,0090-0,0090)^2)} = 0,0476$$

Son olarak her bir alternatifin göreceli sıralaması ve puanı için yukarıdaki işlemler yapılmış, elde etmek istenilen çözüm olan sektör sıralaması elde edilmiştir.

$$C_1^* = (S1^-)/(S1^* + S1^-) = 0,1414/(0,1025+0,1414) = 0,5797$$

$$C_2^* = (S2^-)/(S2^* + S2^-) = 0,0614/(0,2117+0,0614) = 0,2248$$

$$C_3^* = (S3^-)/(S3^* + S3^-) = 0,0538/(0,1517+0,0538) = 0,2618$$

$$C_4^* = (S4^-)/(S4^* + S4^-) = 0,1805/(0,1215+0,1805) = 0,5977$$

$$C_5^* = (S5^-)/(S5^* + S5^-) = 0,1902/(0,1538+0,1902) = 0,5529$$

$$C_6^* = (S6^-)/(S6^* + S6^-) = 0,0476/(0,1978+0,0476) = 0,1940$$

En yüksek değer ilk sırada, en düşük değer son sırada olacak şekilde sıralanmış, aşağıdaki çözüme ulaşılmıştır.

Optimum Sıralama: $C_4 > C_1 > C_5 > C_3 > C_2 > C_6$

Elde edilen sıralama şu şekildedir:

Tekstil > Otomotiv > Gıda ve Tarım > Makine Sistemleri > Beyaz Eşya > Kimyasallar.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri-TOPSIS Yöntemi ile elde edilen sonuca göre Türkiye’de Endüstri 4.0 dönüşümüne Tekstil sektöründen başlanması uygun görülmüştür.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sektörlerin öncelik sıralamasının “Tekstil, Otomotiv, Gıda ve Tarım, Makine Sistemleri, Beyaz Eşya, Kimyasallar” olduğu sonucu elde edilmişti. Bu sıralamaya göre Türkiye’de Endüstri 4.0 dönüşümüne Tekstil sektöründen başlanması uygun görülebilir.

Tekstil Sektöründeki istihdam göz önünde bulundurularak yorum yapmak gerekirse, Endüstri 4.0’da hedeflenen dijitalleşme, insanın makineleşmesi anlayışından uzaklaşır makinelerin akıllı hale gelmesini amaç edinmektedir. Tekstil sektöründeki yoğun iş gücü büyük ölçüde dijitalleşmeyi gerektirmektedir. Hal böyleyken Endüstri 4.0 dönüşümüne Tekstil Sektöründen başlanması gerektiği sonucu şaşırtıcı bir sonuç değildir.

Türkiye’de dijitalleşmeye başlanması gereken sektörler arasında ilk sırada olan tekstil için Endüstri 4.0 dönüşümü çalışmalarına başlanması durumunda kısa zamanda başarıya ulaşması muhtemel sonuçtur. Bu konuda işletme

yöneticilerinin teşvik edilmesi, yeni sistemlere özendirilmesi etkili bir yönlendirme sağlayacaktır.

Otomotiv sektörü için de katma değerdeki paydan yola çıkarak aynı sonuca varılabilir. Hizmete emekle eklenen pay diğer sektörlerle bakıldığında en yüksek oranla otomotiv sektöründedir. Çıktı-girdi arasındaki fark göz önünde bulundurularak düşünüldüğünde otomotiv sektörünün dijitalleşmede en çok fayda getirecek sektörler arasında yer alması olağan ve akıllıca bir çözüm olur.

Sıralamadaki Makine Sistemleri olarak adlandırılan sektörün yerinin, dönüşüm sırasındaki (gelecekteki) değerleri göz önünde bulundurularak hesaplama yapıldığında değişmesi muhtemeldir. Türkiye için umut edilen teknolojiyi satın almak yerine üretme aşamasına geçilmesi gerçekleştiği taktirde Makine Sistemlerinin dijitalleşme önceliği ön sıralara taşınacaktır/taşınmalıdır.

Türkiye’de Endüstri 4.0 dönüşümünün sağlanması ve hızlandırılması amacıyla devlet desteği ve dönüşüme teşvik faaliyetlerinin artırımı, ülke ekonomisine ciddi yararlar sağlamakla birlikte, ülkemizin dünya rekabet piyasasında yerini sağlamlaştırmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] E. Bulut, A.T. Akçacı, “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi”, ASSAM-UHAD Uluslararası Hakemli Dergi, Sayı 7, 2017.
- [2] N. Gabaçlı, M. Uzunöz, “IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü”, 3rd International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS), 09-11 Kasım, 2017.
- [3] T. Olanrewaju, K. Smaje, P. Willmott, The Seven Traits of Effective Digital Enterprises, 2014. <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/the-seven-traits-of-effective-digital-enterprises> (Erişim zamanı: Şubat 2019)
- [4] M. Annunziata, S. Biller, “The Industrial Internet And The Future Of Work”, ASME- General Electric, 2012. <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/technology-and-society/industrial-internet-future-of-work>
- [5] A. McAfee, E. Brynjolfsson, “Big Data: The Management Revolution”, 2012. <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/technology-and-society/industrial-internet-future-of-work> (erişim zamanı: Ocak 2019)
- [6] Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası”, Şubat 2016. http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v2-03ocak2017.pdf , (erişim zamanı: Mart 2019).
- [7] Dünya Gazetesi, 9 Mart 2018. <https://www.dunya.com/ekonomi/ozlu-dijital-devrimin-oncu-ulkelerinden-birisi-olacagiz-haberi-406486>. (erişim: 12.03.2018)

- [8] E. Nuroğlu, “Sanayide Dijital Dönüşüm Yarışında Türkiye’nin Dış Ticareti İçin Fırsatlar ve Tehditler”, 14th International Conference on Knowledge, Economy and Management”, Proceedins, April 2018.
- [9] G. Banger , “Endüstri 4.0 Devrimi”, Şubat 2017 <http://www.gonuldergisi.com/endustri-4-0-devrimi-gurcan-banger.html> (erişim zamanı: Şubat 2019)
- [10] X Yue, H., Cai, H., Yan, C. Zou, K. Zho,” Cloud-assisted industrial cyber-physical systems”, *Microprocessors & Microsystems*, V:39, I:8, November 2015.
- [11] S. Menevşe, “Endüstri 4.0 Hakkında Genel Bilgi”, *Elektroport Teknik Kütüphane*, 2016. <http://www.elektroport.com/teknik-kutuphane/endustri-4-0-nedir--4-sanayi-devrimi-gercekleliyor/11563#ad-image-0> (erişim zamanı: Şubat 2019)
- [12] <https://www.plattform-i4.0.de/PI40/Navigation/EN/ThePlatform/PlattformIndustrie40/plattform-industrie-40.html>, (Erişim zamanı: Ocak, 2019)
- [13] DSÇ, “Dijital Sanayi Çağı”, *Moment Dergisi*, Sayı 94, Mart 2016 <http://www.moment-expo.com/dijital-sanayi-cagi-endustri-4-0> (erişim zamanı: 2019)
- [14] H. Özdestici, “Toplum 5.0: Teknolojik Gücü Doğru Yönetecek Akıllı Toplum Felsefesi”, Haziran 2017. <https://webrazzi.com/201/05/14/Toplum-5-0/> (erişim zamanı: 2019)
- [15] Dassault Systemes, “Geleceğin Endüstrisi”, Temmuz 2015. [https://www.3ds.com/tr-tr/press-releases/single/?tx_ttnews\[tt_news\]=88250&cHash=9d14fbf30380e97f48beb5254b90f29d](https://www.3ds.com/tr-tr/press-releases/single/?tx_ttnews[tt_news]=88250&cHash=9d14fbf30380e97f48beb5254b90f29d) (erişim zamanı: 2019)
- [16] N. Kutup, “Her Yerden Herkesle Her Zaman Her Nesne ile Bağlantı”, 2011. <http://www.iot.gen.tr/2016/02/13/nesnelerin-interneti-4h-her-yerden-herkesle-her-zaman-her-nesne-ile-baglanti/> (erişim zamanı: Nisan 2019)
- [17] E. Geisberger, M. Broy, “Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems” *Acatech Studie, AgendaCPS*, 2012.
- [18] P.J. Mosterman, J. Zander, “Industry 4.0 as a Cyber-Physical System study”. *Software and Systems Modeling*, Cilt: 15, Sayı: 1, 17-29. doi: 10.1007/s10270-015-0493-x, 2016
- [19] H. Ning , H. Liu, J. Ma., L.T. Yang , R. Huang, “Cybermatics: Cyber–physical–social–thinking hyperspace based science and technology”, *Future Generation Computer System*, 2015.
- [20] J. Nagy, J. Oláh, E. Erdei, D. Máté, and J. Popp, “The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain-The Case of Hungary”, *Sustainability*, 10, 3491; doi:10.3390/su10103491, September 2018.
- [21] A.J.C. Trappey, C. V. Trappey, C. Y. Fan, A. P. T. Hsu, X. K. Li, I. J. Y. Lee, “IoT patent roadmap for smart logistic service provision in the context of Industry 4.0”. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Cilt: 40, Sayı: 7, 593-602. doi: 10.1080/02533839.2017.1362325, 2017.
- [22] E. Hofmann, M. Rusch,, “Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics”. *Computers in Industry*, Cilt: 89, 23-34. doi: 10.1016/j.compind.2017.04.002, 2017.
- [23] Ö.F. Görçün, “The Rise of Smart Factories in the Fourth Industrial Revolution and Its Impacts on the Textile Industry”, *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, Vol. 6, No. 2, April 2018.
- [24] Z. Chen, , M. Xing, “Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0”, 5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering, ICADME 2015.
- [25] A.Luque, M. Estela Peralta, A. de las Heras, A. Córdoba, “State of the Industry 4.0 in the Andalusian food sector”, *Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017*, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain, *Procedia Manufacturing* 13, 1199–1205, 2017.
- [26] M. Bucking, A. Hengse, “Food Industry 4.0 The Food Industry must innovate purely”, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, Cilt: 112, Sayı:6, 256-260, 2016.
- [27] S. Mahmoodzadeh, J. Shahrabi, M. Pariazar, and M. S. Zaeri, “Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique”, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering* Vol:1, No:6, 2007.
- [28] M. Bayhan, T. Bildik, “Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreciyle Akıllı Telefon Seçimi”, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2014.
- [29] V. BAlioti, . Tzimopoulos, C. Evangelides, “Multi-Criteria Decision Making Using TOPSIS Method Under Fuzzy Environment. Application in Spillway Selection”, 3rd EWaS International Conference on “Insights on the Water-Energy-Food Nexus”, *Proceedings*, 2, 637; doi:10.3390/proceedings2110637, 2018.
- [30] D. L. Olson, "Comparison of weights in TOPSIS models", *Mathematical and Computer Modeling*, 40, (7) 21-727, 2004.
- [31] N. Karakaşoğlu, “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama”, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Sayısal Yöntemler Bilim Dalı*, 2008.