

Firmaların Endüstri 4.0 yetkinlik düzeylerini etkileyen faktörlerin analizi Analysis of the factors affecting firms' Industry 4.0 readiness levels

Sibel SELİM^{1*}, Rana ŞEN DOĞAN¹, Murat DOĞAN¹

¹Ekonometri Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye.
sibel.selim@cbu.edu.tr, rana.dogan@cbu.edu.tr, murat.dogan@cbu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 27.05.2021
Kabul Tarihi/Accepted: 27.10.2021

Düzeltilme Tarihi/Revision: 22.10.2021

doi: 10.5505/pajes.2021.98036
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Endüstri 4.0 dönüşümü, firmalardaki her birim ve bileşenin birbirlerine entegre olmasını gerektirmektedir. Dönüşüm sürecinin daha iyi anlaşılabilmesi ve firmaların Endüstri 4.0 teknolojisindeki mevcut durumlarının incelenmesi amacıyla pek çok olgunluk ve yetkinlik modelleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada amaç, Manisa ve İzmir Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların Endüstri 4.0 yetkinlik düzeylerinin belirlenmesi ve yetkinlik düzeylerini etkileyen faktörlerin Sıralı Logit model ile incelenmesidir. Bu amaçla IMPULS Endüstri 4.0 Yetkinlik Modeli kapsamında elde edilen sonuçlara göre, firmaların önemli bir bölümünün daha çok 2. ve 3. seviyede buldukları ve büyük ölçekli firmaların daha yüksek yetkinlik düzeyine sahip oldukları görülmüştür. Bununla birlikte, Sıralı Logit model sonucuna göre Endüstri 4.0 yetkinliğini belirleyen en önemli değişkenin firmanın Endüstri 4.0 teknolojisini kullanma eğilimini gösteren Niyet olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, Dijitalleşme, Endüstri 4.0 yetkinlik modeli, Sıralı logit model.

Abstract

Industry 4.0 transformation requires each unit and component in firms to be integrated with each other. Many maturity and readiness models have been developed in order to examine the current status of firms in Industry 4.0 technology and to better understand the process of transformation. The aim of this study is to determine the readiness levels of medium and large-scale firms operating in Manisa and Izmir Organized Industrial Zones for Industry 4.0 and to examine the factors affecting the readiness levels of firms with the Ordered Logit model. For this purpose, according to the results obtained within the scope of IMPULS Industry 4.0 Readiness Model, it has been observed that a significant part of the firms is mostly at the 2nd and 3rd level and large-scale firms have a higher level of readiness. However, according to the result of the Ordered Logit model, it has been revealed that the most important variable determining the level of readiness for Industry 4.0 is Intention, which indicates the tendency of the firms to use Industry 4.0 technology.

Keywords: Industry 4.0, Digitalization, Industry 4.0 readiness model, Ordered logit model.

1 Giriş

Endüstri 4.0, endüstriyel teknolojiler ve bilişim teknolojilerinin birleştirilmesi ile ortaya çıkan yeni bir kavramdır ve son yıllarda araştırmacıların oldukça fazla ilgisini çeken bir konu olmuştur. Endüstri 4.0 büyük oranda günümüzde kullanılan teknolojileri içermektedir. Ancak gelişen iletişim altyapısı, bu teknolojilerin kullanımını farklı bir boyuta taşımış ve otonom sistemler, karanlık fabrika, makinelerin iletişimi, yalnız üretim gibi kavramların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Veri toplama ve izleme, sensörler, makineden makineye bağlantılar, yapay zekâ, siber güvenlik, endüstriyel robotlar Endüstri 4.0'ın bir parçasını oluşturmaktadır.

“Endüstri 4.0” kavramı ilk olarak 2011 yılında Almanya’da Hannover Fuar’ında ortaya atılmıştır [1]. Alman hükümeti tarafından oluşturulan bir çalışma grubunun 2013 yılındaki raporunda Endüstri 4.0’ın başarıya ulaşabilmesi için gerekli olan aşamalar belirtilmiştir. Bunlar; komplike sistemlerin yönetilmesi, yüksek hızda bir haberleşme altyapısının sağlanması, emniyet ve güvenlik, çalışma organizasyonu, eğitimin ve kaynakların verimli kullanılmasıdır [2],[3].

Endüstri 4.0’ın en büyük etkisi, işgücüne bağımlılığını azaltmak veya ortadan kaldırmaktır. Bu nedenle tam olarak Endüstri 4.0 tamamlandığında işgücü açısından da köklü bir değişim kaçınılmaz görünmektedir. Bant tipi üretim sistemleri uygulamaya geçtiğinde nitelikli işgücüne olan ihtiyaç azalırken otomasyon sistemi nitelikli işgücüne ihtiyacı yeniden

artırmıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte ise iyimser ve kötümser olmak iki farklı görüş ortaya çıkmıştır. İyimser yaklaşımda işgücüne olan talep devam etmekte ancak Endüstri 4.0’ın bir araya getirdiği bileşenlere bağlı olarak bu alanlarda uzmanlaşmış işgücüne talep olacağı tahmin edilmektedir. Kötümser yaklaşım ise Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan karanlık fabrika, akıllı fabrika gibi kavramların işgücüne ikame edeceği tahmin edilmektedir [4]. TÜBİTAK [5], tarafından gerçekleştirilen araştırmaya göre Endüstri 4.0’ın firmaların bakım, kalite ve stok bulundurma maliyetlerini azaltacağı, pazara yeni bir ürün çıkarma süresinin kısılacağı, teknik verimlilik artışı sağlayacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte, verimlilik, üretkenlik, kârlılık artışı, rekabet avantajı, bütünüyle yeni iş modelleri, hizmet ve ürün çeşitleri [6], sürdürülebilirlik, daha kolay sistem izleme ve hata tespiti, minimum hata oranı, minimum maliyet, üretim esnekliği, minimum iş kazası ve enerji tasarrufu gibi kazanımlar sağlanacaktır. Endüstri 4.0, yatırım ihtiyacı, yetkin çalışan yetersizliği, uluslararası standartlardaki eksiklikler, Ar-Ge faaliyetlerindeki yetersizlikler, network altyapısının iyileştirilmesi gerekliliği gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir [7]-[9]. Türkiye’nin yüksek ithalat bağımlılığı, katma değerli ürünlerin toplam ihracat ürünleri içindeki düşük payı, işgücündeki sınırlı yetkinlikler, çalışanların işten ayrılma yüksek hızı gibi sorunları ve Endüstri 4.0’ın öngörülen kazanımları bir arada değerlendirildiğinde, Endüstri 4.0’ın bu

*Yazışılan yazar/Corresponding author

sorunlara tek elden çözüm üretecek potansiyeli olduğu görülmektedir [10].

Bu çalışmada amaç, Manisa ve İzmir Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların Endüstri 4.0 yatkınlık düzeylerinin ilk kez ölçülmesi ve elde edilen yatkınlık düzeylerini etkileyen faktörlerin araştırılmasıdır. Literatür incelendiğinde Endüstri 4.0 yatkınlık modeli oluşturmak için yapılan çalışmalarda veri toplama metodu olarak anket ve görüşme tekniğinin kullanıldığı ve yatkınlık derecesinin tespitinin ankete verilen cevaplardan elde edilen puanlara göre derecelendirildiği tespit edilmiştir [11]-[21]. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada firmaların Endüstri 4.0 yatkınlık düzeyleri IMPULS Endüstri 4.0 Yatkınlık Modeli ile analiz edilmiştir. Endüstri 4.0 yatkınlık düzeylerini etkileyen faktörler ise Sıralı Logit model ile incelenmiştir. Bu çalışma, firmaların mevcut durumunun analizi ve eksik yönlerin bulunarak Endüstri 4.0 dönüşüm sürecini en doğru biçimde yönetmelerini sağlamaları konusunda yol gösterici olacaktır.

2 Literatür araştırması

Endüstri 4.0 konusundaki literatür incelendiğinde, çalışmaların büyük bir kısmının kavramsal ve tanımlayıcı nitelikte olduğu ampirik çalışmaların ise sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Konu ile ilgili literatür aşağıda sunulmuştur.

Mettler'e [17], göre olgunluk, "tamamlanma, mükemmel ya da hazır olmayı ifade etmektedir. Bu nedenle olgunluk, belli bir konu üzerinde gidilebilecek son noktaya ya da hedeflenen noktaya ulaşmada evrimsel bir ilerlemeyi ifade etmektedir. Lichtblau ve diğ. [16], firmaların Endüstri 4.0 yatkınlık seviyelerini ve Endüstri 4.0 ile birlikte gelen yenilikleri uygulama kapasitelerini araştırmaktadır. Çalışma, altı boyutu temel alarak firmaları, "yeni katılan-öğrenenler-liderler" olmak üzere üç gruba ayırmaktadır. Firmaların yatkınlık seviyeleri 0-5 arasında puanlanmıştır. Çalışma sonucuna göre Almanya'da faaliyet gösteren firmalar arasında makine mühendisliği firmalarının diğer firmalara göre Endüstri 4.0 alanında daha ileride olduğu, büyük ölçekli firmaların küçük ve orta ölçeklilere göre her boyutta önde oldukları, genel olarak tüm ölçeklerde tüm boyutlar arasında veri odaklı hizmetin en düşük yatkınlık puanına sahip olduğu belirlenmiştir. Firmalara uygulanan anket neticesinde, firmaların dönüşümü stratejiye dayandırması, dönüşüm konusunda yatırım miktarlarının düşük olması, süreç verisi toplama, otonom sistemlerin kullanımı, bulut sistemi kullanımı, nihai ürün verisi toplama, çalışanların yeterliliğe sahip olmaması sorunlarının varlığı tespit edilmiştir. Nikkhou ve diğ. [18], olgunluk kavramını en iyi koşullarda olan tamamlanmış gelişim olarak tanımlamakta ve ayrıca başarının nasıl meydana geldiğini ve problemlerin meydana gelmesini engellemek için hangi aksiyonların ele alınması gerektiği konusunda görüş sağlayan bir yaklaşım olarak değerlendirmektedir. Olgunluk modeli ise art arda gelen aşama veya seviyeleri kullanarak arzulanan gelişmeye doğru gerçekleştirilen ilerlemeyi tanımlayan bir yapıdır. Olgunluk modelleri, firmaların kendini geliştirmekte kullanacakları yol haritalarını hazırlama için mevcut uygulamaları ile o alandaki en iyi uygulamaları karşılaştırmak ve durum değerlendirmesi yapmaya olanak sağlamaktadır.

Gill ve Van Boskirk [22], tarafından Kültür (şirketin dijital dönüşüm yaklaşımı), Teknoloji (gelişen teknolojinin kullanımı), Organizasyon (dijital stratejinin desteklenmesinde yönetim ve yürütme bölümlerinin uyumu) ve Anlayış (dijital stratejiyi başarmak şirketin müşteri ve iş verilerini kullanması)

boyutlarını kullanarak bir dijital olgunluk ölçüm modeli tasarlanmıştır. Puana göre düşükten yükseğe doğru dört derece belirlenmiştir. Olgunluk puanı, belirtilen boyutlara ilişkin anket sorularına verilen cevaplara göre 0-3 arasında alınan puanların toplamı ile elde edilmiştir. Proença ve Borbinha [19], tarafından gerçekleştirilen olgunluk modelleri araştırmasına göre olgunluk; herhangi bir konunun evrimsel gelişimini kontrol etmek, ölçmek, yönetmek olarak adlandırılır. Ayrıca olgunluk tamamlanma ve mükemmel bir biçimde hazır olmayı ifade etmektedir. Olgunluk modeli ise bir organizasyon ya da sürecin farklı yanlarını ölçmeyi sağlayan bir tekniktir. Olgunluk modeli, birkaç seviyeden oluşmaktadır. Olgunluk modellemesi tekniği kuruluşlara, denetleme ve kalite ölçümü, belirlenen hedefler karşısında ilerlemenin denetlenmesi, güçlüklerin, zayıflıkların ve fırsatların anlaşılması konusunda yol göstericidir. TÜSİAD ve diğ. [10], işbirliği ile gerçekleştirilen çalışma; farklı sektörlerde faaliyet gösteren 58 şirketin üst düzey yöneticilerinin dijital değişim konusundaki algıları, odakları ve değişim süreci yönetimine ilişkin süreci ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırma, dijital olgunluk ve dijital strateji arasında önemli bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Schumacher ve diğ. [20], tarafından yapılan çalışmada, montaj (kesikli) üretim yapan firmaların Endüstri 4.0 olgunluğunun değerlendirilmesi için ampirik tabanlı yeni bir model uygulanmıştır. Olgunluğun ölçülmesi için 9 boyut ve 62 araç kullanılmıştır. Çalışmaya göre "olgunluk" tamamlanma veya hazır olma durumunu ifade etmektedir. Olgunluğun ölçülmesi, anket yardımı ile verinin toplanması, belirlenen 9 boyut dâhilinde olgunluğun hesaplanması ve sonuçların görsel öğelerle raporlanması olmak üzere üç aşamaya dayanmaktadır. Olgunluk seviyesi, her boyutun ağırlıklı ortalamalarının toplamı bulunarak hesaplanmıştır. Model, olgunluk ölçme modellerinin karmaşık olmasından dolayı yanılma payı arttığı için olabildiğince kullanımı kolay, gerektiğinde firmaların kendilerinin de uygulayabileceği bir yapıya indirgenmiştir. Modelin literatürde yer alan çalışmalardan ayrılan yönü organizasyonel faktörleri de kapsamıdır.

Leyh ve diğ. [15], artan dijitalleşmenin firmaları çarpıcı değişikliklere zorladığı belirtilmiştir. Araştırma, diğer olgunluk modellerinin aksine dijitalleşmenin tüm bileşenlerini değil, Endüstri 4.0'ın gereksinimlerine odaklı olarak bilişim teknolojilerinin olgunluğunu ölçecek bir model (SIMMI 4.0 - System Integration Maturity Model Indusrtly 4.0-Sistem Bütünleşik Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli) sunmaktadır. Model, dört boyut ve beş aşamadan meydana gelmektedir. Boyut ve aşamalar, dijitalleşme ve Endüstri 4.0'ın temel özellikleri baz alınarak hazırlanmıştır. Model henüz test edilmemiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Mevcut aşamaya, bilişim teknolojilerine ilişkin olgunluk modellerinin derlenmesi ile gelinmiştir. Geissbauer ve diğ. [23], tarafından geliştirilen olgunluk ölçme modeli, yedi boyut ve dört aşamadan oluşmaktadır. 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmaya, 26 ülkeden (Avrupa, Amerika, Asya-Pasifik, Orta Doğu ve Afrika) 2000'in üzerinde firmanın üst düzey yöneticisi katılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında 6 aşamadan oluşan ve dijital başarıya ulaştırmayı vaat eden bir proje sunulmaktadır. Ayrıca bu çalışma kapsamında firmaların kendi kendini değerlendirebilmesi için çevrimiçi değerlendirme aracı da kullanıma sunulmuştur.

Carolis ve diğ. [13], dijital dönüşüm sürecinde endüstriyel işletmelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan birinin dönüşümleri için bir yol haritası olmaması ve uygulamadan önce mevcut durumun ölçümünün yapılması gerekliliğinden

hareketle bir olgunluk ölçüm modeli çalışması gerçekleştirilmiştir. Olgunluk modelinde değerlendirme kriteri olarak tasarım ve mühendislik, üretim yönetimi, kalite yönetimi, bakım yönetimi ve lojistik yönetimi kullanılmıştır. Sonuçların değerlendirmesi için “başlangıç seviyesi – tamamen dijital” seçenekleri arasında beş derecelendirme yapılmıştır. Modelin amacı işletmelerin, dijital dönüşüm yetkinliklerini elde etmeyi ve dönüşüm için bir yol haritası oluşturmalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Akdil ve diğ. [24], literatürdeki mevcut dijital olgunluk ölçme ve yetkinlik modelleri incelenmiş ve yeni bir Endüstri 4.0 olgunluk modeli önerilmiştir. Yeni önerilen model 13 alt boyuttan oluşan “Akıllı Ürünler, Akıllı İş Süreçleri ve Strateji ve Organizasyon” olmak üzere 3 ana boyut içermektedir. Modelin değerlendirme kriterleri Endüstri 4.0 prensip ve teknolojilerine dayalı oluşturulmuştur. Firmanın olgunluğu 0-1-2-3 şeklinde dört kademe değerlendirilmektedir. Yapılan hesaplama sonucunda elde edilen puanlar kullanılarak genel olgunluk seviyesi belirlenmekte ve oluşturulan olgunluk seviyesi eşik değerine göre işletmenin olgunluğuna karar verilmektedir. Colli ve diğ. [25], tarafından gerçekleştirilen çalışma literatürde bulunan olgunluk ölçme çalışmalarına eleştirel sayılabilecek nitelikte farklı bir bakış açısı getirmektedir. Endüstri 4.0 dönüşümünün oldukça kapsamlı olması, buna bağlı olarak alanında uzman kişilere ihtiyaç duyması, bu eksikliği gideremeyen firmalar için çeşitli olgunluk ölçüm ve dönüşüm rehberliği çalışmaları yayınlanmıştır. Bu çalışmaların ortak tarafı ise genel bir anket içermesi, tüm firmaların aynı ankete bağlı olarak değerlendirilmesidir. Bu araştırma ise diğer ortak çalışmalardan farklı olarak, her firmanın ölçeğinin ve karakteristiğinin farklı olması nedeniyle dijitalleşme hedefine ulaşmada gerekenlerin firmadan firmaya değişmesi nedeniyle firmaya özel bir değerlendirme yapmaktadır.

Basl ve Doucek [26], özellikle Avrupa için gerçekleştirilmiş Endüstri 4.0 yetkinlik endeksi ve olgunluk endeksleri üzerine bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu alandaki literatür incelenmiş ve ilgili tüm modeller karşılaştırılmıştır. Olgunluk modelleri incelendiğinde modellerin oldukça kapsamlı ele alındığını ancak strateji, liderlik, işletme kültürü, insan kaynakları ve teknoloji gibi üst yönetimi de kapsayan boyutlar bakımından yeterli olmadığı görülmüştür. Ayrıca sektörel ve işletme ölçeği bakımından özel bir çalışma yapılmadığı, dönüşüm için en önemli faktör olan bilgi teknolojilerinin özel olarak incelenmediği görülmüştür. Felch ve diğ. [27], geçmiş 1970’li yıllara dayanan ve son dönemde önemli ölçüde ivme kazanmış olgunluk ölçüm modellerinin hangilerinin erişilebilir olduğunu ve pratikte ne derece kullanıldıklarını araştırmıştır. Bu olgunluk ölçüm modellerinin bilinirlik ve kullanılabilirliğinin araştırılması için internet üzerinden kısa bir anket ile veri toplanmıştır. Uygulama sonucunda, dönüşüm planlaması için oldukça önemli olan bu modellerin yeterince bilinmediği ve uygulanmadığı gözlenmiştir. Kiraz ve diğ. [28], firmaların Endüstri 4.0 seviyelerini belirleyecek bir model oluşturmuşlardır. Çalışmada, IMPULS modeli kriterleri ve Bulanık Bilişsel Haritalama (BBH) yöntemi kullanılarak Endüstri 4.0 seviyesinin belirlenmesine yönelik bir model geliştirilmiştir. Hatipoğlu ve Tunacan [29], firmaların Endüstri 4.0 olgunluklarını incelemişlerdir. Çalışmada, 71 firmaya uygulanan anket ile işletmelerin, Endüstri 4.0’a geçiş aşamasında nitelikli iş gücü ve yatırım sermayesinin azlığının en büyük sorun olduğunu belirtmişlerdir.

3 Metodoloji

3.1 IMPULS Endüstri 4.0 yetkinlik modeli

Literatür incelendiğinde Endüstri 4.0 yetkinlik seviyesinin belirlenmesi konusunda çeşitli modellerin yer aldığı görülmektedir. Bu çalışmada, Endüstri 4.0 seviyesinin belirlenmesi için Teknoloji yetkinlik ve olgunluk modelleri arasında en geniş kapsamlı ve bilimsel temellere dayanan IMPULS Endüstri 4.0 Yetkinlik (2015) (IMPULS Industry 4.0 Readiness) Modeli kullanılmıştır.

Dijitalleşme yolunda şirketlerin mevcut durumunu ortaya koymak üzere tasarlanan IMPULS, bir “Endüstri 4.0 Hazırlık” çalışması, Alman Mühendislik Federasyonu (VDMA), IMPULS vakfı ve RWTH Aachen Üniversitesi’nde IW Consult (Köln Ekonomik Araştırma Enstitüsü) ve Endüstriyel Yönetim Enstitüsü (FIR) tarafından ortak çalışma olarak ortaya çıkmıştır. Bu modele göre, Endüstri 4.0 yetkinlik düzeyi strateji ve organizasyon, akıllı fabrika, akıllı operasyonlar, akıllı ürünler, veri odaklı hizmetler ve çalışanlar olmak üzere 6 boyut mevcut olup 6 seviye belirlenmiştir (Tablo 1). Seviye 0, Endüstri 4.0 faaliyetlerini planlamak veya uygulamak için hiçbir şey yapmamış veya çok az şey yapmış firmaları, Seviye 5 ise tüm Endüstri 4.0 etkinliklerini başarıyla uygulayan yani en iyi performansı gösteren firmaları ifade etmektedir [16]. Bu çalışmada, öncelikle bu modelin boyutları için düzeyler belirlenecek, ardından bu boyutlar için belirlenen ağırlıklar kullanılarak genel Endüstri 4.0 yetkinlik düzeyi elde edilecektir. Bu bulgular, firmalara plan ve stratejilerini doğru bir şekilde oluşturmaları konusunda katkı sağlayacaktır.

Endüstri 4.0 yetkinliğini ölçmek için ilgili boyutlar altında 24 soru kullanılmıştır. Firmaların Endüstri 4.0 yetkinlik düzeyleri, ilgili boyutlarla ilişkili alanının en düşük düzeyine göre belirlenir. Endüstri 4.0 boyutları 100 puanlık bir ölçekte ağırlıklandırılmıştır. “Strateji ve organizasyon” 25 puan, “Akıllı fabrikalar” 14 puan, “Akıllı ürünler” 19 puan, “Veri odaklı hizmetler” 14 puan, “Akıllı operasyonlar” 10 puan ve “Çalışanlar” 18 puan almaktadır. IMPULS Endüstri 4.0 modeli, yetkinlik düzeylerinin belirlenmesinde öncü bir model olmakla birlikte, diğer modellere göre anketteki soru yapısı ve elde edilen bulgular hakkında daha açık ve aydınlatıcı bilgiler sunmaktadır. Endüstri 4.0 yetkinlik düzeyi ölçümleri sonucunda firma profilleri belirlenecek ve Endüstri 4.0 teknolojisi konusunda firmaların mevcut durumu ortaya çıkarılacaktır.

3.2 Sıralı logit model

Sıralı modeller ilk olarak McKelvey ve Zavoina [30], tarafından ortaya atılmıştır. Sıralı logit model $-\infty$ ile $+\infty$ aralığında gözlenemeyen bir y^* değişkeninin gözlenen y değişkeni ile ilişkilendirildiği bir modelden oluşturulur. Sıralı logit model bağımlı değişkenin sıralı kategorik değerler alması durumunda iki durumlu logit modelin genişletilmiş halidir ve Eşitlik (1)’deki şekilde formüle edilir:

$$y^* = \sum_{k=1}^K \beta_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

Burada y^* gözlenemeyen (latent) değişkeni, x_k bağımsız değişkenler vektörünü, ε ise hata terimini göstermektedir [31]. Bu çalışmada Endüstri 4.0 yetkinlik düzeylerini gösteren ve sıralı bir şekilde ifade edilmiş olan y , Eşitlik (2)’deki gibi ifade edilir.

Tablo 1. IMPULS Endüstri 4.0 yatkınlık modeli (2015) alt boyutları.

Table 1. IMPULS Industry 4.0 readiness model (2015) sub-dimensions.

Boyutlar	Açıklama
Strateji ve Organizasyon	Endüstri 4.0, dijital teknolojileri kullanarak mevcut ürünleri veya süreçleri iyileştirmekten daha fazlasıdır. Aslında tamamen yeni iş modelleri geliştirme fırsatı sunar. Bu nedenle uygulanması büyük stratejik öneme sahiptir. Bundan dolayı firmaların yatırımları, teknoloji ve inovasyonları konusunda alacakları kararlarda belli bir stratejilerinin olması gerekmektedir.
Akıllı Fabrika	Akıllı fabrika, üretim sistemlerinin doğrudan BT sistemleriyle (veya MES, ERP, SCM sistemleri) ve akıllı ürünlerle iletişim kurduğu akıllı, birbirine bağlı fabrika kavramıdır. Akıllı fabrika, başta üretim olmak üzere tüm süreçlerin entegrasyonu ve kendi kendini düzenlemesi yoluyla değer zincirinin en üst düzeyde dijitalleşmesini sağlar. Akıllı fabrikanın temel özelliği, kapsamlı sensör teknolojisinin fabrika geneline ve stratejik veri toplama noktalarında makine ve sistemlere yerleştirilmesidir.
Akıllı İşlemler	Bir tesis içindeki tüm bileşenlerin ve sistemlerin entegrasyonu, Endüstri 4.0'ın gerçekleştirilmesinde önemli bir bileşendir ve değer zincirinin yatay ve dikey entegrasyonunun temelidir. Yatay entegre değer zincirinin arkasındaki temel fikir, tedarikçiden müşteriye kadar tüm iç ve dış değer zinciri ortaklarının birbirine bağlanmasıdır. Sonuç, müşterinin ihtiyaçlarını karşılamaya odaklanan bir kurumlar arası planlama ve tüm ürün yaşam döngüsünün kontrolünden oluşan bir ağdır. Dikey entegrasyon, satıştan ürün geliştirmeye ve planlamadan üretime, satış sonrasında ve nihayetinde finansla kadar bir şirket içindeki entegrasyonu tanımlar. Üretim sistemleri bu entegrasyonu, üretkenliği, kaliteyi ve esnekliği artırmak için geniş bir potansiyel yelpaze sunar.
Akıllı Ürünler	Akıllı fabrikanın birçok özelliği ve veriye dayalı hizmetlerin potansiyel faydaları, belirli bir ürün hakkında kapsamlı bilgilerin mevcudiyetine bağlıdır. Akıllı fabrikanın, sipariş durumunu gerçek zamanlı olarak iletebilmesi için üretimde hangi ürünün hangi konumda olduğunu bilmesi gerekir.
Veri Odaklı Hizmetler	BİT kullanımının yanı sıra Endüstri 4.0'ın bir başka ayırt edici özelliği, müşteriye sağlanan faydayı artırmaya odaklanarak mevcut iş modellerinin temelde yeniden düşünülmesidir. Şirketler hem geleneksel iş modellerini dijitalleştirme hem de katma değerli veri toplama ve tamamen yeni iş modelleri geliştirme fırsatına sahip olacaktır.
Çalışanlar	Çalışanlar, işyerindeki dijital değişikliklerden en çok etkilenenlerdir. Doğrudan çalışma ortamları değiştirilir, yeni beceriler ve nitelikler kazanmaları beklenir. Bu durum, şirketlerin sürekli eğitim yoluyla çalışanlarını bu değişikliklere hazırlamasını giderek daha kritik hale getirmektedir.

Kaynak: Lichtblau ve diğ. [16].

Yatkınlık düzeyi için 6 seviye belirlenmiştir Bunlar; Seviye 0, Endüstri 4.0 uygulanmıyor, Seviye 1, başlangıç düzeyi; Seviye 2, orta düzey; Seviye 3, deneyimleyen, Seviye 4, uzman ve Seviye 5, en üst performans şeklindedir.

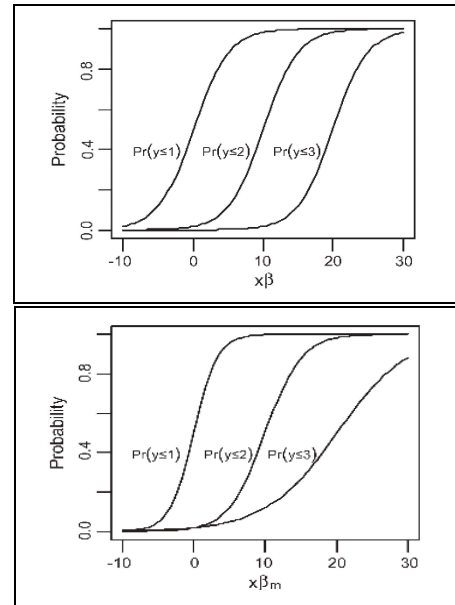
$$y = \begin{cases} 0 & \text{eger } \tau_0 = -\infty \leq y_i^* < \tau_1 \\ 1 & \text{eger } \tau_1 \leq y_i^* < \tau_2 \\ 2 & \text{eger } \tau_2 \leq y_i^* < \tau_3 \\ 3 & \text{eger } \tau_3 \leq y_i^* < \tau_4 \\ 4 & \text{eger } \tau_4 \leq y_i^* < \tau_5 \\ 5 & \text{eger } \tau_5 \leq y_i^* < \infty \end{cases} \quad (2)$$

Burada, τ eşik (threshold) değerleridir. Sıralı logit modelde β_k ve τ değerleri en çok benzerlik yöntemi ile tahmin edilir [32].

Standart sıralı tercih modelleri, kesim noktası değerlerinin sabit olduğunu varsaydığı için potansiyel olarak sınırlı modeller olarak kabul edilmektedir. Paralel eğimler varsayımının ihlal edildiği durumda, tutarsız tahminlerle karşılaşılabilir. Bu nedenle alternatif sıralı tercih modelleri önerilmektedir.

Sıralı modellerde, katsayıların etkilerinin hangi kategoride olduğuna bakılmaksızın sabit olduğu varsayılmaktadır. Buna Paralel Eğimler Varsayımı (Parallel Slopes Assumption) denilmektedir [33]. Bu varsayım bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin bağımlı değişkenin kategorilerine göre değişmediğini yani parametre tahminlerinin kesme noktalarına göre değişiklik göstermediğini açıklar. Paralel eğimler varsayımının sağlanıp sağlanmadığına ilişkin durum Şekil 1'de gösterilmiştir.

Sıralı logit modele alternatif bir model olarak Genelleştirilmiş sıralı logit model kullanılabilir. Fu [34], tarafından önerilen Genelleştirilmiş Sıralı Lojit modelde katsayılar bağımlı değişkene ait kategoriler için farklıdır. Genelleştirilmiş lojit model Eşitlik (3)'teki gibi ifade edilir [35]-[38].



Şekil 1. Paralel eğimler varsayımının geçerliliği [36].

Figure 2. Validity of the parallel slopes assumption.

$$P\left(y \leq \frac{y_m}{x}\right) = \left[\frac{\exp(\tau_m - x'\beta_m)}{1 + \exp(\tau_m - x'\beta_m)} \right], \quad (3)$$

$m = 1, 2, \dots, M - 1$

Burada τ_m bilinmeyen parametre tahmincisi ve M-1 adet tahminciye karşılık gelen $\tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots \leq \tau_{m-1}$ eşik değerler ve \square 'lar regresyon modelinin katsayı vektörüdür. Fark oranlarının logaritması alındığında Eşitlik (4) elde edilir [35].

$$\log \left[\frac{Pr(y \leq y_j/x)}{Pr(y > y_j/x)} \right] = \alpha_j - x'\beta_m \quad (4)$$

Sıralı logit modelinde tahmin edilen katsayıları doğrudan yorumlamak mümkün olmadığından dolayı fark oranlarından yararlanılır [38].

4 Ampirik analiz

4.1 Veriler ve tanımlayıcı istatistikler

Araştırmada kullanılan veri toplama aracında firmaların demografik özelliklerinin belirlenmesi yanında Endüstri 4.0 yatkinlık düzeylerinin ortaya çıkarılması ve Endüstri 4.0 teknolojisi kabulünü belirlemeye yönelik sorular da yer almaktadır. Çalışmada kullanılan IMPULS Yatkinlık modeline göre, Endüstri 4.0 yatkinlık düzeyi strateji ve organizasyon, akıllı fabrika, akıllı operasyonlar, akıllı ürünler, veriye dayalı hizmetler ve çalışanlar olmak üzere 6 boyuttan oluşmaktadır. Teknoloji kabulüne ilişkin alt boyutlar ise Algılanan Kullanışlılık, Algılanan Kullanım Kolaylığı, Tutum, Kullanım Niyeti ve Kullanım Davranışı, Algılanan Öz Yeterlik ve Finansman faktörleridir. Teknoloji Kabul modeline ait boyutlar için 1: kesinlikle katılmıyorum, 2: katılmıyorum 3: ne katılıyorum ne katılmıyorum, 4: katılıyorum 5: kesinlikle katılıyorum şeklinde 5'li likert ölçeği kullanılmıştır.

Bu çalışmada, ankette yer alan ifadelerde anlaşılmayan veya benzer algılanan ifadelerin yer alıp almadığını gerçek koşullarda sınavabilmek ve daha sonraki aşamalarda bir sorunla karşılaşılma olasılığını azaltmak amacıyla pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma için firmalara yönelik gerçekleştirilen 30 ankette yer alan genel Endüstri 4.0 ile ilgili likert tipi tüm ifadeler için güvenilirlik katsayısı olan Cronbach Alpha (α) katsayısı 0.888 olarak hesaplanmıştır. Pilot çalışma sonrasında anket sorularında anlaşılmayan veya benzer algılanan ifadeler anketten çıkarılmış ve nihai anket oluşturulmuştur. Bu çalışmanın evreni İzmir ve Manisa Organize Sanayi Bölgeleri'nde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların tamamından oluşmaktadır. Bu çalışmada, iller ve firma ölçekleri tabakalar olarak ele alınmış ve orantılı dağıtım tekniği kullanılarak tabakalı örnekleme yöntemi ile 200 firma belirlenmiştir. 200 firmadan 70'inde firma yöneticileri ile görüşülmüş ve ankete katılmayı kabul eden firma yöneticileri ile yüz yüze anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ocak 2020 tarihlerinde firmalarla yüz yüze başlayan anket uygulaması Dünya'da ve Türkiye'de Covid-19 salgınının ortaya çıkmasından dolayı Mart 2020 tarihten itibaren firma yöneticileri ile telefonla görüşülerek anketlerin yapılmasına devam edilmiştir. Anket uygulamaları sonucunda toplam 204 firma verisine ulaşılmış, fakat bu verilerin 34'ünde aykırı değer ve ters ifadeler tutarlı cevap vermeyenlerin bulunmasından dolayı bu veriler analizden çıkarılmıştır. Sonuç olarak analizlerin gerçekleştirilmesinde 170 firma verisi ile çalışılmıştır. Bu verilerin Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı 0,94 olarak bulunmuştur.

İzmir ve Manisa Organize Sanayi Bölgeleri'nde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların tanımlayıcı istatistiklerine göre sektör dağılımlarına bakıldığında en büyük payı %16.5 ile makina alırken en düşük enerji ile tarım, avcılık ve balıkçılık sektörleri oluşturmaktadır. Firmaların %8.24'ü küresel. %59.41'i uluslararası ölçekte faaliyet gerçekleştirirken %6.47'si yerel ölçekte faaliyet göstermektedir. Çalışmaya dahil edilen firmaların faaliyet yılı, çalışan sayısı ve mühendis sayısına ilişkin bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Firmaların faaliyet yılı, çalışan sayısı ve mühendis sayısına ait tanımlayıcı istatistikler.

Table 2. Descriptive statistics of firms' years of activity, number of employees and number of engineers.

	Standart			
	Ortalama	Sapma	Minimum	Maksimum
Faaliyet Yılı	26.23	18.19	2	100
Çalışan Sayısı	376.25	738.25	50	5000
Mühendis Sayısı	27.84	72.32	0	700

Tablo 2 incelendiğinde, faaliyet yıllarının 2 ile 100 arasında değiştiği ve firmaların ortalama faaliyetinin 26 yıl olduğu görülmektedir. Firmalarda çalışan ortalama çalışan sayısı 376 iken, ortalama mühendis sayısı 28'dir. Firmalar faaliyet sınıflarına göre incelendiğinde elde edilen bilgiler Tablo 3'te sunulmuştur. Buna göre, firmaların çoğunluğu nihai ürün üretirken az bir kısmı ara malı ve hammadde üretmektedir.

Tablo 3. Firmaların faaliyet sınıfı.

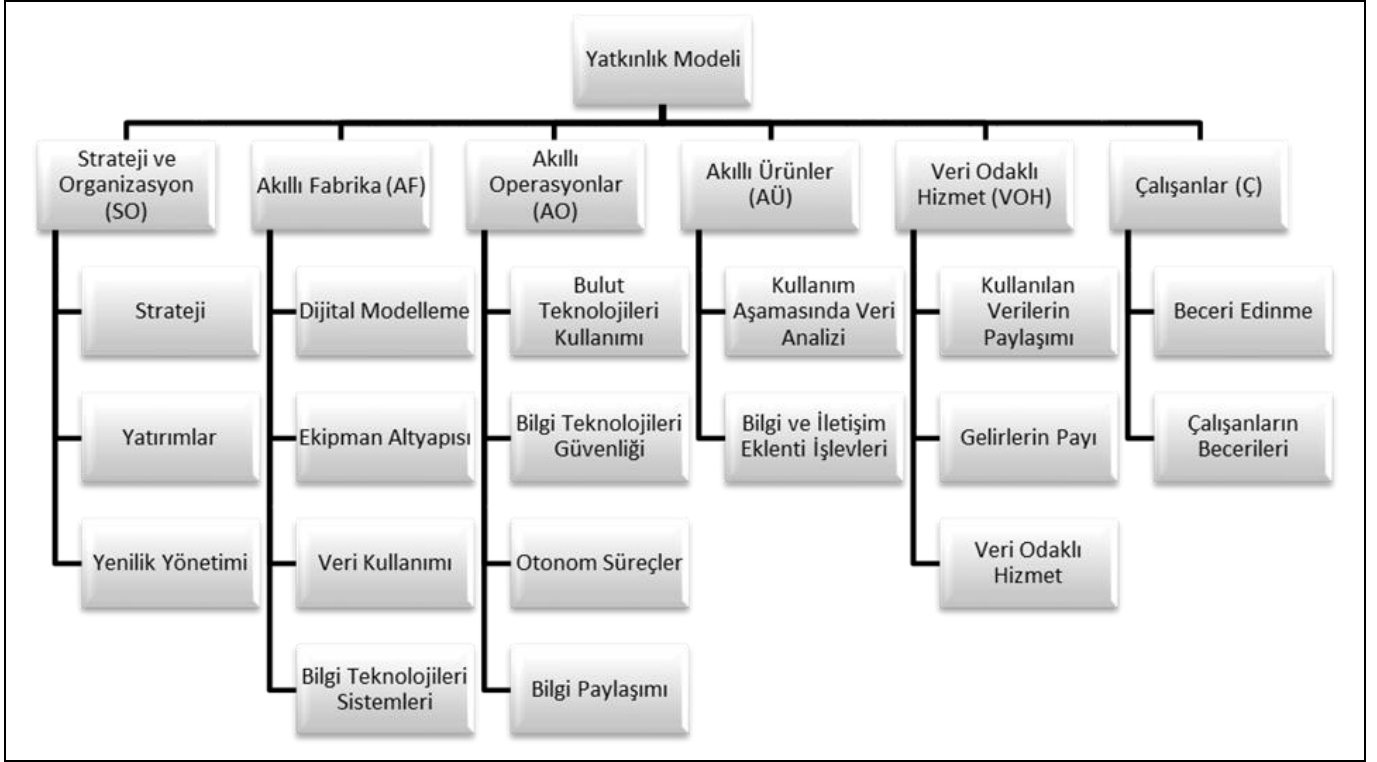
Table 3. Firms activity class.

	Frekans	Geçerli %	Birikimli %
Hammadde	39	23.5	23.5
Ara malı	30	18.1	41.6
Nihai ürün	97	58.4	100.0
Toplam	166	100.00	

4.2 IMPULS Endüstri 4.0 yatkinlık ölçüm sonuçları

Literatürde çeşitli olgunluk ölçüm ve yatkinlık modelleri bulunmaktadır. Olgunluk modelleri, araştırılan konuda firmaların bulunduğu seviyeyi ölçmeyi amaçlarken, yatkinlık modelleri firmaların dönüşüm sürecini başlatma konusundaki yeterliliklerini ölçmektedir [39]. Bu çalışmada İzmir ve Manisa Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların yatkinlık seviyeleri Lichtblau ve diğ. [16], tarafından geliştirilen IMPULS Endüstri 4.0 yatkinlık modeli kullanılarak araştırılmıştır. Kullanılan yatkinlık modeli, Strateji ve Organizasyon (SO), Akıllı Fabrika (AF), Akıllı Operasyonlar (AO), Akıllı Ürünler (AÜ), Veri Odaklı Hizmet (VOH) ve Çalışanlar (Ç) olmak üzere altı adet alt boyuttan meydana gelmektedir. Bu boyutların da kendi alt alanları bulunmaktadır. IMPULS Yatkinlık Modeli Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu çalışmada Yatkinlık İndeksi (Yİ), firmaların Endüstri 4.0 teknoloji yatkinliklerini gösteren ve Şekil 2'de yer alan alt boyutlar yardımıyla 100 üzerinden hesaplanan bir değere (puana) karşılık gelir.

Her bir alt boyut, ilgili alt boyutta yer alan alanlar içerisindeki en düşük düzeye sahip olan alanın değerini alır. Alt boyutlar için belirlenen ağırlıklar, 100 üzerinden, SO için 25; AF için 14; AO için 10; AÜ için 19; VOH için 14 ve Ç için 18'dir [16]. Yİ, bu çalışmada yer alan her bir firma için Eşitlik (5) yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 1. IMPULS yatkınlık modeli alt boyutları ve alt alanları.

Figure 3. IMPULS readiness model sub-dimensions and sub-fields.

$$Yİ = 0.2 * (SO_A SO_S + AF_A AF_S + AO_A AO_S + AÜ_A AÜ_S + VOH_A VOH_S + Ç_A Ç_S) \quad (5)$$

Eşitlik (5)'te yer alan A indisi, ilgili alt boyutun ağırlığını; S indisi ise, ilgili alt boyutun seviyesini göstermektedir. Her bir firma için Yİ değerleri hesaplandıktan sonra, benzer firmaların gruplandırılabilmesi için kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizi, benzer birimlerin ilgili değişken bakımından bir araya getirilmesi için en sık kullanılan istatistiksel analiz yöntemlerinden biridir. Kümeleme yöntemi olarak Hiyerarşik kümeleme kullanılmış ve birleştirici teknik benimsenmiştir. Kümeleme analizinde grup içi benzerliğin yüksek, gruplar arası benzerliğin ise düşük olması istendiğinden Grup içi bağlantı yöntemi tercih edilmiştir. Yİ değeri 0 olan firmalar kümeleme analizine dâhil edilmemiştir.

Bu çalışmada firmalar altı farklı yatkınlık seviyesinde sınıflandırılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda, Yİ değeri 0'dan büyük olan firmalar 5 kümede toplanmıştır. Bunlar; Seviye 1: Başlangıç düzeyi; Seviye 2: Orta düzey; Seviye 3: Deneyimleyen, Seviye 4: Uzman ve Seviye 5: En üst performans seviyesidir. Yİ puanı 0 olan firmalar ise, Seviye 0: Endüstri 4.0 uygulanmıyor şeklindedir. Her bir seviyenin kapsamı Tablo 4'te açıklanmıştır.

Şekil 3'te firmaların genel yatkınlık seviyeleri ile Manisa ve İzmir bölgelerinin yatkınlık seviyeleri ayrı ayrı ele alınmıştır. Araştırmaya katılan firmaların %38'i 2. seviyede kümelendiği. Buna göre bölgenin çoğunluğu; stratejik yaklaşım geliştirme, bazı alanlara Endüstri 4.0 yatırımı gerçekleştirme, bazı verilerin toplanması ve kısmi olarak kullanılması aşamasındadır. Altyapı ise gelecek teknolojileri kısmen karşılayabilmektedir. İzmir firmalarının %40.50'si,

Manisa firmalarının %33.30'u yatkınlık bakımından ikinci seviyede bulunmaktadır. Firmaların %30'u ise Seviye 3 yani deneyimleyen kategorisinde bulunmaktadır. Bu seviyede firmalar stratejilerini yazılı hale getirmiş, bölüm bazlı Endüstri 4.0'a geçiş çalışmaları ve yatırımları başlatılmıştır. BT sistemi üretim sistemine entegre edilmekte, bazı alanlarda veriler otomatik toplanmaktadır. Ekipman altyapısı ise revizyon ile gelecek teknolojilere uyumlu hale getirilebilecek seviyededir. İzmir firmalarının %33'ü, Manisa firmalarının ise %24'ü bu seviyede yer almaktadır. Firmaların yalnızca %7'lik bir bölümü en üst performans grubunda yer almaktadır. İzmir firmalarının %6'sı, Manisa firmalarının %9.3'u bu seviyede bulunmaktadır.

Bu seviyede strateji tamamlanmış ve uygulanmakta, uygulama süreci ise periyodik olarak denetlenmektedir. Artık bölüm bazlı değil tüm firma ve prosesleri kapsayan bir süreç yürütülmektedir. Ürünler dijital eklentilerle donatılmış, bu sayede müşteri entegrasyonu sağlanmıştır. Üretim bölümünde bazı bölümler otonomi özelliği ve kendi kendine tepki üretebilecek beceriyi kazanmıştır.

Yatkınlık analizi ile gerçekleştirilen sınıflandırma temel alınarak firmalar "Yeniler - Öğrenenler - Liderler" olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Yeniler grubunda Seviye 0 ve 1'de bulunan firmalar yer almaktadır. Yukarıda da değinildiği üzere bu grup, Endüstri 4.0 hakkında hiçbir girişimi olmayan veya oldukça küçük adımlar atan firmaları kapsamaktadır.

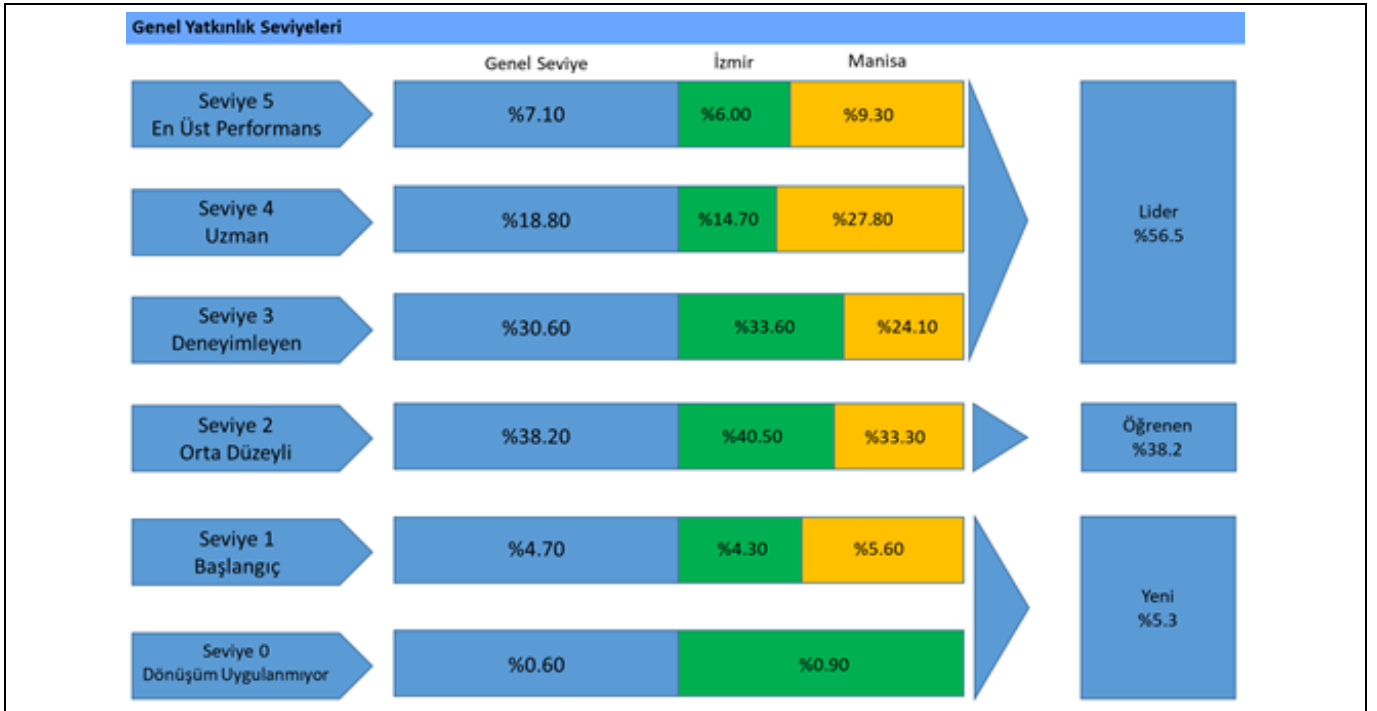
Öğrenenler grubu ise doğrudan 2. seviyede yer alan firmaları kapsamaktadır. Bu grup Endüstri 4.0 uygulamasına dair ilk uygulamaları başlatmışlardır. Liderler ise Seviye 3-4-5'te bulunan firmalardan oluşmaktadır.

Tablo 4. IMPULS Endüstri 4.0 Yatkinlık Seviyeleri.

Table 4. IMPULS Industry 4.0 Readiness Levels.

Endüstri 4.0 Seviyesi	Açıklama
Seviye 0: Dönüşüm Uygulanmıyor	Bu seviyede bulunan firmalar, Endüstri 4.0 dönüşümüne ilişkin hiçbir gereksinimi karşılamamaktadır.
Seviye 1: Başlangıç	Bu seviyede firmalar, farklı bölümlerde pilot uygulamalar gerçekleştirmekte, tek bir alanda yatırım yapılmaktadır. Üretim süreçlerinin çok azı BT sistemleri tarafından desteklenmekte, mevcut altyapı da gelecekteki entegrasyon ve iletişim gereksinimlerini kısmen karşılamaktadır. Sisteme entegre şirket içi bilgi paylaşımı birkaç bölümlle sınırlı, BT güvenlik çözümleri hala planlama veya uygulamaya geçme aşamasındadır.
Seviye 2: Orta Düzeyli	Bu seviyede firmalar Endüstri 4.0'ı artık stratejik bakımdan ele almaktadır. Strateji ve bu stratejinin uygulanma durumunu ölçecek göstergeler geliştirilmektedir. Bazı alanlara Endüstri 4.0 ile ilgili yatırımlar yapılmakta, bazı üretim verileri otomatik olarak toplanmakta ve sınırlı kapsamda kullanılmaktadır. Altyapı, gelecekte ortaya çıkacak yeni teknolojileri kısmen desteklemektedir. Bilgi paylaşımı, sisteme belirli bir seviyede entegre edilmiş, iş ortaklarının da bilgi paylaşım ağına entegre edilmelerine ilişkin ilk adımlar atılmaktadır. Temel BT tabanlı eklentilere sahip ürünler üretilmektedir. Çalışanlar belirli alanlarda Endüstri 4.0'a ilişkin becerilere sahiptir.
Seviye 3: Deneyimleyen	Bu sınıfta yer alan firmalar Endüstri 4.0 stratejilerini geliştirmiş ve yazılı bir hale getirmişlerdir. Endüstri 4.0 yatırımları birçok alanda yapılmaya başlanmış, bölüm bazlı inovasyon yönetimi ile Endüstri 4.0'a geçiş desteklenmiştir. Üretimde, BT sistemleri doğrudan ara yüze bağlı ve üretim sürecini desteklemekte, ayrıca önemli alanlarda veriler otomatik olarak toplanmaktadır. Ekipman altyapısı, yükseltilerek gelecek gereksinimleri karşılayacak hale getirilebilecek seviyededir. Bölüm içinde ve bölümler arası bilgi paylaşımı sisteme kısmen entegre edilmiştir. Gerekli BT güvenlik çözümleri uygulanmıştır. BT tabanlı eklentilere sahip olan ancak müşteri entegrasyonu fonksiyonu bulunmayan ürünler üretilmektedir. Veriye dayalı hizmetlerin gelirler içindeki payı henüz düşüktür.
Seviye 4: Uzman	Bu sınıftaki firmalar, geliştirdikleri stratejiyi uygulamakta ve uygun araçlarla sistemi denetlemektedir. Hemen hemen tüm bölümlere Endüstri 4.0 yatırımı yapılmakta ve süreç, bölümler arası inovasyon yönetimi ile desteklenmektedir. BT sistemleri üretim sürecinin büyük bölümünü desteklemekte, büyük miktarda veri toplamakta ve bunu optimizasyon amacıyla kullanmaktadır. Bölümler arası ve iş partnerleri ile iş paylaşımı sisteme entegre edilmiştir. BT güvenlik çözümleri gerekli alanlarda uygulanmıştır. Bulut bilişim sayesinde BT sistemleri ölçeklenebilir hale gelmiştir. Otonomi ve kendi kendine tepki veren süreçler incelenmeye başlanmıştır. Üretilen ürünler BT tabanlı eklentilere sahiptir. Bu sayede müşteri entegrasyonu kurulmuş ve belirli analizler için ürün kullanımına ilişkin veri toplanmıştır. En üst performansı gösteren firmalar, Endüstri 4.0 stratejilerini uygulamakta ve uygulama sürecini düzenli aralıklarla denetlemektedir. Bu süreç firmanın tamamında yatırımlarla desteklenmektedir. Tüm firmayı kapsayan bir inovasyon yönetimi kurulmuştur. Üretim sürecinde yer alan BT sistemleri kapsamlı hale getirilmekte ve ilgili tüm veriler otomatik toplanmaktadır. Üretilen ürünler BT eklentilerine donatılmış olup bu sayede toplanan veriler ürün geliştirme, optimizasyon, uzaktan bakım ve satış gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Ekipman altyapısı, entegrasyon ve sisteme entegre iletişim için gerekli tüm yeterliliğe sahiptir. Kapsamlı BT güvenlik uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bulut bilişim çözümleri, BT mimarisini oldukça esnek bir yapıya kavuşturmuştur. Üretimin bazı bölümleri otonom olup ve kendi kendine tepki üretebilecek beceriyeye sahiptir.
Seviye 5: En Üst Performans	

Kaynak: Lichtblau ve diğ. [16]

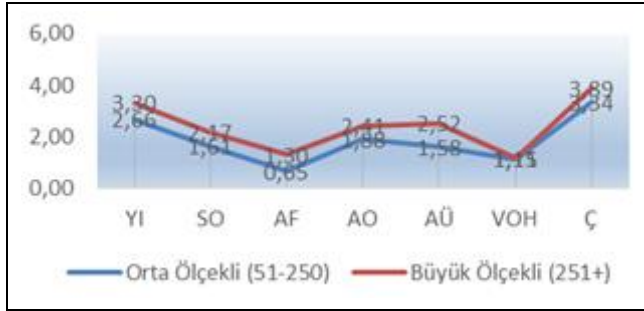


Şekil 2. Firmaların yatkinlık kategorilerine göre dağılımı.

Figure 4. Distribution of firms by readiness categories.

Bu firmalar, dönüşüm sürecinin işletilmesi ve uygulama alanında daha ileride bulunmakta, tekil uygulamalardan firmanın tamamını kapsayan uygulamalara geçiş yapmaktadır [16]. Araştırmaya katılan firmaların %56.5'i lider, %38.2'si öğrenen, %5.3'ü ise yeni grubunda yer almaktadır. Lider sınıfın daha ön planda olması bölgedeki dönüşüm sürecinin devamlılığı açısından oldukça önemlidir. Ancak bu firmaların Endüstri 4.0 standartlarındaki liderliklerinin, fiili liderlik vasıflarıyla da örtüşmesi orta ve küçük ölçekli firmaların dönüşümlerini uyarması açısından önemlidir. Bu yüzden firmaların yatkinlik bileşenlerine ve genel yatkinliklerine ilişkin performansları, ölçek perspektifinden de değerlendirilmiştir.

Şekil 4'te büyük ve orta ölçekli firmaların genel ve alt boyutlar bazında yatkinlik puanları gösterilmiştir. Genel değerlendirmeye bakıldığında beklenti ile uyumlu olarak büyük ölçekli firmaların, daha yüksek bir yatkinlik puanına (3.3) sahip oldukları görülmektedir. Büyük ölçekli firmaların yatkinlik puanlarının, Veri Odaklı Hizmet boyutundaki yakınlık dışında, boyutlar bazında da yüksek oldukları görülmektedir. Her iki ölçekte de en yüksek puana Çalışanlar boyutu sahiptir.



Şekil 3. Firmaların ölçeğine göre genel ve alt boyutların yatkinlik değerlerin dağılımı.

Figure 5. Distribution of readiness values of general and sub-dimensions according to the scale of the firms.

Büyük ölçekli firmaların, beklentiye uygun olarak daha yüksek yatkinliğe sahip olmasının bu firmaların, fiili liderlik vasıflarının ön plana çıkmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Büyük ölçekli firmaların marka, ürün gamı, pazar payı, know-how, nitelikli ve teknik personel sayısının fazla olması gibi beceri ve birikimlere sahip olma potansiyellerinin orta ölçeklilere göre daha fazla olması, bu firmaları buldukları ekosistemde bir uyarıcı haline getirmektedir. Çünkü Endüstri 4.0, ürün ve üretim standartlarını doğrudan etkilemekte ve işbirliği içinde bulunan özellikle Organize Sanayi Bölgesi içindeki firmaların da dönüşüme dâhil olma süreçlerini olumlu etkilemektedir. Bileşen yatkinliklerinin ölçek bazında paralel hareket etmesi bu düşüncüyü güçlendirmektedir.

4.3 Endüstri 4.0 yatkinlik düzeylerini etkileyen faktörler

Bu çalışmada, Manisa ve İzmir Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların Endüstri 4.0 yatkinlik düzeylerinin elde edilmesi yanında yatkinlik düzeyini etkileyen faktörler de incelenmiştir. Sıralı logit modelde bağımlı değişken firmaların Endüstri 4.0 yatkinlik düzeyleri ve bağımsız değişkenler ise firmaların Endüstri 4.0 teknolojisi ile yakından ilişkili olan Algılanan Kullanışlılık, Algılanan Kullanım Kolaylığı, Algılanan Öz Yeterlik, Finansman, Tutum, Niyet ve

Davranıştır. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Tanımlayıcı istatistikler.

Table 5. Descriptive statistics.

Değişkenler	Ortalama	Std. Sapma	Minimu	Maximu
Yatkinlik Düzeyleri	2.835	1.036	0	5
Algılanan Kullanışlılık	4.139	0.891	1	5
Algılanan Kullanım Kolaylığı	3.094	0.959	1	5
Algılanan Öz Yeterlik	2.749	1.008	1	5
Niyet	3.676	1.004	1	5
Finansman	3.087	0.871	1	5
Tutum	2.617	0.498	1	4
Davranış	2.107	1.135	1	5

Tablo 6, Sıralı Logit model tahmin sonuçlarını göstermektedir. İlk olarak modelin uygunluğu test edilmiştir. Altı sıralı kategoriye sahip olan bağımlı değişken için oluşturulan beş eşik noktası bulunmaktadır. Bu eşik noktalarının istatistiksel olarak birbirinden anlamlı bir şekilde farklı olup olmadığını test etmek amacıyla Tablo 7'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6. Sıralı logit model tahmin sonuçları.

Table 6. Ordered logit model estimation results.

Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	Olasılık	Fark Oranı
Algılanan Kullanışlılık	-0.170	0.215	0.429	0.844
Algılanan Kullanım Kolaylığı	0.018	0.200	0.927	1.019
Algılanan Öz Yeterlilik	0.521	0.216	0.016**	1.684
Niyet	0.631	0.212	0.003***	1.879
Finansman	0.352	0.194	0.069*	1.422
Tutum	-0.151	0.335	0.652	0.860
Davranış	0.345	0.164	0.036**	1.412
/Eşik1	-1.518	1.321		
/Eşik2	0.937	0.948		
/Eşik3	4.195	0.982		
/Eşik4	5.867	1.030		
/Eşik5	7.727	1.101		
Pseudo R ²	0.134			
Log-likelihood	-206.9			
LR χ^2 (5)	64.16		0.000***	

Not: ***p<.01, **p<.05, *p<.10

Tablo 7'deki sonuçlara göre eşik noktaları ikili bir şekilde karşılaştırıldığında birbirinden anlamlı derecede farklı bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, Sıralı Logit modelin uygun olduğunun bir göstergesidir. Aynı zamanda ele alınan modelde incelenen paralel eğimler varsayımı, Tablo 8'de verilen testlere göre sağlanmış olduğundan dolayı bu çalışmada Sıralı Logit modelden faydalanılmıştır.

Sıralı logit modelde tahmin edilen katsayılar doğrudan yorumlanamadığından dolayı fark oranlarından faydalanılmıştır. Tablo 6'daki modele ait fark oranları incelendiğinde, Endüstri 4.0 teknolojisi kullanımına yönelik algılanan kullanışlılık, algılanan kullanım kolaylığı ve tutumu ifade eden değişkenler dışında tüm değişkenlerin katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülür.

Tablo 7. Eşik noktalarının farklılığının testi.

Table 7. Testing the difference of cut points.

Eşikler	χ^2 İstatistiği	Olasılık Değeri
Eşik1-Eşik2	6.32	0.012**
Eşik1-Eşik3	30.26	0.000***
Eşik1-Eşik4	48.55	0.000***
Eşik1-Eşik5	69.62	0.000***
Eşik2-Eşik3	65.45	0.000***
Eşik2-Eşik4	119.44	0.000***
Eşik2-Eşik5	152.43	0.000***
Eşik3-Eşik4	62.87	0.000***
Eşik3-Eşik5	93.81	0.000***
Eşik4-Eşik5	35.38	0.000***

Not: ***p<.01, ** p<.05

Tablo 8. Paralel eğimler varsayımı test sonuçları.

Table 8. Parallel slopes assumption test results.

Testler	χ^2 İstatistiği	Olasılık Değeri
Wolfe Gould	5.784	0.671
Brant	5.063	0.751
Score	5.415	0.712
Likelihood Ratio	6.13	0.633
Wald	4.676	0.792

Modelde ele alınan değişkenlerden *Öz Yeterlilik* kavramı teknoloji kabulü konusundaki çalışmalarda çok sık ele alınmakla birlikte firmanın kendisini Endüstri 4.0 teknolojisine hazır görmesiyle ilgilidir. *Öz yeterlilik* yeni bir teknolojiyi kabul edip etmeme konusunda karar vermede oldukça önem taşıyan bir faktördür. Modelde firmanın algılanan öz yeterliliğindeki bir artışın firmaların Endüstri 4.0 yatınlığını 1.684 kat daha fazla arttırdığı görülmektedir. Diğer bir değişken olan *Finansman*, devlet teşviki ve özellikle Endüstri 4.0 teknoloji maliyeti konusunun firma kararını etkilemesi ile ilgilidir. Firmanın finansman değerindeki bir artış Endüstri 4.0 yatınlığını 1.422 kat daha fazla arttırmaktadır. Bu durumda firmaların Endüstri 4.0 teknolojisinin maliyeti azalır ve Endüstri 4.0 teknolojisini için devlet tarafından yeterli teşvik sunulursa Endüstri 4.0 teknolojisine olan yatınlık da artacaktır. *Niyet*, Endüstri 4.0 teknolojisini yakından takip etme ve gerekli koşullar sağlandığında firmanın Endüstri 4.0 teknolojisini kullanma eğilimini gösterir. Endüstri 4.0 teknolojisini kullanma eğilimindeki artış Endüstri 4.0 yatınlığını arttırmaktadır. Tablo 6'daki model sonuçlarından da görüldüğü üzere ele alınan değişkenler arasında Endüstri 4.0 yatınlığını belirleyen en önemli faktörün *Niyet* olduğu görülmektedir. Bu durum, teknolojinin kabul edilme niyetinin ve literatürde bu konuda yapılmış olan çalışmaların önemini arttırmaktadır. Niyet olgusu duygusal, teknolojik, sosyal ve bilişsel bir alandır [40]. Kişinin davranışı, o davranışı gerçekleştirip gerçekleştirmediği yönündeki niyeti tarafından belirlenir [41]. Bu çalışmada davranış, firmanın Endüstri 4.0 teknolojisini kullanıp kullanmaması durumunu ifade eder. Modelden elde edilen sonuca göre, davranıştaki bir artışın Endüstri 4.0 yatınlığını 1.412 kat daha fazla arttırdığı görülmektedir.

5 Sonuçlar

Bu çalışmada amaç, Manisa ve İzmir Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli firmaların dönüşüm sürecindeki yeterliliklerini ölçmek amacıyla Endüstri 4.0 yatınlık düzeylerinin ilk kez belirlenmesi ve firmaların yatınlık düzeylerini etkileyen faktörlerin Sıralı Logit model ile incelenmesidir.

İlhan [42]'da belirtildiği gibi Endüstri 4.0 ile birlikte yeni iş kolları ve meslekler ortaya çıkacak ve uzun vadede başta bilişim teknolojileri olmak üzere işgücü talebi artacaktır. Bundan dolayı eğitim seviyesi yüksek nitelikli personelin bu alanlarda desteklenmesi büyük önem arz etmektedir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre İzmir ve Manisa Organize Sanayi Bölgesinde yer alan firmalar dönüşüm sürecinde ön plana çıkan, bilişim, otomasyon, veri analizi, veri güvenliği ve yazılım gibi alanlarda personel becerilerinin ve eğitimlerinin yeterli düzeyde olduklarını belirtmektedirler. Bilişim alanında nitelikli insan gücüne rağmen *Veri Odaklı Hizmet*'in oldukça düşük bir yatınlık puanına sahip olması, bu alanlarda yatırımların henüz istenen seviyede olmadığına işaret etmektedir. Her iki ölçekte de düşük puana sahip bir diğer boyut ise *Akıllı Fabrika*'dır. Bu da yine firmaların altyapılarında önemli eksiklikler bulunduğunu göstermektedir. Diğer boyutlardaki yüksek puanların ise kısmen Endüstri 4.0, kısmen mevcut teknolojilerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum firmaların sıfırdan bir yatırım yerine birtakım yükseltmelerle mevcut teknolojileri Endüstri 4.0'a uyarlayabileceklerini göstermektedir.

Araştırmaya katılan firmaların önemli bir bölümünün dönüşüm sürecinde, 2. ve 3. seviyelerde buldukları görülmektedir. Firmaların 2. ve 3. seviyede olmalarının nedeni teknolojik birikimlerinin üretimde kısmi kullanılması, dönüşüm sürecini hızlandıracak yeni nesil bilişim teknolojilerinde geride olunması nedeniyle mevcut teknolojinin dönüştürülemezidir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, TÜBİTAK tarafından 2018 yılında 1000 firma ile gerçekleştirilmiş olan akıllı üretim sistemleri kapsamındaki çalışma ile uyumludur. Firmalar, Endüstri 4.0 bileşenlerini kısmi olarak kullanmakta, fiziksel yatırım açığı bulunmakta ve dönüşüme ilişkin olarak gelecek 3-5 yıllık dönemde yatırım planlanmaktadır [5].

Bu çalışmada Endüstri 4.0 yatınlık düzeylerini etkileyen faktörler Sıralı logit model ile incelenmiştir. Literatürde Endüstri 4.0 konusunda iki durumlu logit veya sıralı logit modellerin kullanıldığı çalışmalar mevcut olup [43]-[45] bu çalışmalarda ele alınan modeller farklı amaçlar için kullanılmıştır. Sıralı logit model sonuçlarına göre Endüstri 4.0 yatınlık düzeyini etkileyen en önemli faktörün Endüstri 4.0 teknolojisine ilişkin *Niyet* olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum firmaların Endüstri 4.0 teknolojisini yakından takip etme ve gerekli koşullar sağlandığında Endüstri 4.0 teknolojisini kullanma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Endüstri 4.0 yatınlık düzeyini etkileyen bir diğer faktör de *Davranıştır*. Endüstri 4.0 kullanım niyetini ve davranışını etkileyen faktörlerin detaylı olarak araştırılması ve buna yönelik iyileştirmelerin veya geliştirmelerin yapılması önem arz etmektedir. Bunun yanında firmaların Endüstri 4.0 yatınlıklarının artırılabilmesi için firmaların kendilerini Endüstri 4.0 bilgi düzeyi açısından yeterli hissedebilmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0 ile ilgili şirket içi eğitimlerin düzenlenmesi veya var olan eğitimlerin artırılması *Algılanan Öz Yeterliliği arttıracaktır*. Ayrıca firmalara kamu veya özel kurum ve kuruluşlar tarafından finansman desteğinin sağlanması önemlidir. Kendilerini finansal açıdan rahat hisseden firmaların Endüstri 4.0 yatınlığının da yüksek olacağı beklenmektedir.

Bu bağlamda İzmir ve Manisa Organize Sanayi Bölgesinde yer alan orta ve büyük ölçekli firmalarda Endüstri 4.0 kavramının neyi ifade ettiği ve firmalara olan katkısına yönelik bir farkındalık çalışmasının yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Farkındalık arttırmak için belli zamanlarda etkinlikler düzenlenerek ilgili bölgelerde Endüstri 4.0 konusunun güncel tutulması sağlanabilir. Özellikle firmaların bulunduğu bölgelerde yer alan Üniversite - Sanayi işbirliğinin sağlanması ve bu kapsamda Endüstri 4.0 kavramı ve uygulamaları ile ilgili panel, konferans, sempozyum gibi etkinlikler düzenlenmesi, bu etkinliklere üniversite akademisyenlerinin de katılımı sağlanarak onların desteklerinin alınması gerekmektedir. Ayrıca Endüstri 4.0 ve bileşenlerini iyi kullanan firmalara ziyaretler düzenlenmesi de faydalı olacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi Endüstri 4.0 konusunda kuruluş içi eğitimlerin özellikle kurumsal gelişim eğitimlerinin verilmesi firmaların öz yeterliklerini arttırması açısından önemlidir. Kısacası İzmir ve Manisa Organize Sanayi Bölgelerindeki firmalarda farkındalık gelişimi, eğitim, firmaların kurumsal alt yapılarının güçlendirilmesi, finansman desteğinin sağlanması ve Veri Odaklı Hizmete yönelik firmaların nitelikli işgücüne sahip olmaları Endüstri 4.0 yatırımlarının arttırılması için oldukça önem arz etmektedir.

6 Conclusions

The aim of this study is to determine the Industry 4.0 readiness levels in order to measure the competencies of medium and large-scale firms operating in Manisa and İzmir Organized Industrial Zones in the transformation process and to examine the factors affecting the firms' readiness levels with the Ordered Logit model, for the first time as far as we know.

As stated in İlhan [42], new business lines and professions will emerge with Industry 4.0 and the demand for labor, especially information technologies, will increase in the long run. Therefore, it is of great importance to support qualified personnel with a high level of education in these areas. According to the findings obtained from the study, the firms located in İzmir and Manisa Organized Industrial Zones state that the skill sets of their personnel and their education levels are sufficient in areas such as informatics, automation, data analysis, data security and software in the transformation process. Despite the qualified human power in the field of informatics, low readiness value of *Data-Oriented Service* indicates that the investments in these areas are not yet at the desired level. Another dimension with low scores on both scales is *Smart Factory*. Similarly, this finding shows that there are important deficiencies in the infrastructures of the firms examined. High scores observed in other dimensions are thought to be partly due to Industry 4.0 and partly to existing technologies. This shows that firms can adapt existing technologies to Industry 4.0 with some upgrades instead of an investment from scratch.

It is also detected that a significant part of the firms participating in the research are at the 2nd and 3rd levels in the transformation process. The main reasons why the firms are at the 2nd and 3rd levels are as follows: firstly, the existing technology cannot be transformed due to the partial use of their technological knowledge in the production process; secondly they are behind schedule in new generation information technologies, which will accelerate the transformation process. Within the scope of smart production systems, our findings are compatible with the previous study, which was carried out by TÜBİTAK with 1000 companies in 2018. Firms use Industry 4.0 components partially; there is a physical investment deficit and investments for the transformation are planned for the next 3-5 years [5].

In this study, the factors affecting Industry 4.0 readiness levels were examined with the ordered logit model. In the literature, there are studies on Industry 4.0 in which two-state logit or ordered logit models are used [43]-[45] for different purposes. According to the results of the ordered logit model, it has been revealed that the most important factor affecting the Industry 4.0 readiness level is Intention for Industry 4.0 technology. This shows that firms tend to follow Industry 4.0 technology closely and use Industry 4.0 technology when necessary conditions are met. Another factor affecting the Industry 4.0 readiness level is Behavior. It is important to investigate the factors affecting Industry 4.0 usage intention and behavior in detail in order to make improvements accordingly. In addition, to increase the Industry 4.0 readiness of the companies, the companies should feel that they are sufficient in terms of Industry 4.0 knowledge level. Organizing in-company trainings related to Industry 4.0 will increase Perceived Self Efficacy. In addition, it is important to provide financial support to companies by public or private institutions and organizations to strengthen the transformation process. It is expected that companies that feel financially comfortable will have a higher readiness level regarding Industry 4.0.

In this context, it would be valuable to conduct an awareness study on what the concept of Industry 4.0 means and how it may contribute to medium and large-scale companies located in İzmir and Manisa Organized Industrial Zone. In order to raise awareness related to the concept of Industry 4.0 and its applications, events such as panels, conferences and symposiums, can be organized at certain times in relevant regions. It is also necessary to enhance University - Industry cooperation especially in the regions where the companies are located, and to obtain the support of university academics by encouraging their participation in these activities. It will also be beneficial to organize visits to companies that use Industry 4.0 and its components effectively in order to facilitate the knowledge transfer. As mentioned before, in-house training on Industry 4.0, especially corporate development training, is important in terms of increasing the self-efficacy of companies. In short, awareness development, training, strengthening the corporate infrastructure of companies, providing financial support and having qualified workforce for Data-Oriented Service are very important for increasing Industry 4.0 readiness of companies in İzmir and Manisa Organized Industrial Zones.

7 Teşekkür

Bu çalışma, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından BAP 2019-120 No.lu proje ile desteklenmiştir. Çalışmaya sağladıkları maddi katkı ve tüm desteklerinden dolayı öncelikle Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine ve diğer emeği geçen kişilere teşekkür ederiz.

8 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Sibel SELİM, fikrin oluşması, tasarımın yapılması, analizlerin gerçekleştirilmesi, literatür araştırması, yazım denetimi, makalenin kontrolü ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi başlıklarında; Rana ŞEN DOĞAN, literatür araştırması, analizlerin gerçekleştirilmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi başlıklarında; Murat DOĞAN, analizlerde kullanılan verilerin kontrolü ve işlenmesi, analizlerin gerçekleştirilmesi, çalışmanın içerik açısından düzenlenmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

9 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmıştır. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

10 Kaynaklar

- [1] Yıldız A. "Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar". *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 546-556, 2018.
- [2] Kagermann H, Wahlster W, Helbig J. "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0". National Academy of Science and Engineering, Forschungsunion: Berlin, Germany, Scientific Report, 82, 2013.
- [3] Kılıç S, Alkan RM. "Dördüncü sanayi devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri". *Girişimcilik, İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49, 2018.
- [4] Doğru BN, Meçik O. "Türkiye'de Endüstri 4.0'in işgücü piyasasına etkileri: firma beklentileri". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 1581-1606, 2018.
- [5] Türkiye Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. "Türkiye'nin Sanayi Devrimi: Dijital Türkiye Yol Haritası". <https://www.sanayi.gov.tr/tsdtyh.pdf>, (11.07.2020).
- [6] Hermann M, Pentek T, Otto B. "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios". *49th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 5-8 January, 2016.
- [7] Baysal İ. "Endüstri 4.0, Dijital Dönüşümü Anlamak". <https://www.okul.pwc.com.tr/images/uploadfile/content/635863141496551266.pdf>, (23.07.2019).
- [8] Selek A. "Endüstri Tarihinde Kısa Bir Yolculuk". <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> (01.01.2021).
- [9] Soylu A. "Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar". *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57, 2018.
- [10] TÜSİAD, Samsung, Deloitte, GfK. "Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı". <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-telecommunications/turkiyedeki-dijital-degisime-CEO-bakisi.pdf> (18.03.2020).
- [11] Backlund F, Chronéer D, Sundqvist E. "Project management maturity models-a critical review". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 837-846, 2014.
- [12] Canetta L, Barni A, Montini E. "Development of a digitalization maturity model for the manufacturing sector". *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation*, Stuttgart, Germany, 17-20 June 2018.
- [13] De Carolis A, Macchi M, Negri E, Terzi S. "A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies". *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 513, 13-20, 2017.
- [14] Duffy J. "Maturity models". *Strategy & Leadership*, 29(6), 19-26, 2001.
- [15] Leyh C, Schäffer T, Bley K, Forstenhäusler S. *Assessing the IT and Software Landscapes of Industry 4.0-enterprises: the maturity model SIMMI 4.0*. Editor: Ewa Ziemia. Information Technology for Management: New Ideas and Real Solutions, Springer International Publishing, 2017.
- [16] Lichtblau K, Stich V, Bertenrath R, Blum M, Bleider M, Millack A, Schröter M. "IMPULS-Industrie 4.0-Readiness". VDMA's IMPULS Foundation Report, Germany, Aachen-Köln, 78, 2015.
- [17] Mettler T. "Maturity assessment models: a design science research approach". *International Journal of Society Systems Science*, 3(1/2), 81-98, 2011.
- [18] Nikkhou S, Taghizadeh K, Hajiyakhchali S. "Designing a portfolio management maturity model (Elena)". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 226, 318-325, 2016.
- [19] Proença D, Borbinha J. "Maturity models for information systems- a state of the art". *Procedia Computer Science*, 100, 1042-1049, 2016.
- [20] Schumacher A, Erol S, Sihn W. "A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises". *Procedia CIRP*, 52, 161-166, 2016.
- [21] Tarhan A, Turetken O, Reijers HA. "Business process maturity models: a systematic literature review". *Information and Software Technology*, 75, 122-134, 2016.
- [22] Gill M, VanBoskirk S. "The Digital Maturity Model 4.0. Benchmarks: Digital Transformation Playbook". Cambridge, USA, Scientific Report, 17, 2016.
- [23] Geissbauer R, Vedso J, Schrauf S. "Industry 4.0: Building the Digital Enterprise, Industrial Manufacturing Key Findings". <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4-0/landing-page/industry-4-0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>, (18.01.2019).
- [24] Akdil KY, Üstündağ A, Cevikcan E. *Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy*. Editors: Ustundag A, Cevikcan E. Industry 4.0: Managing the Digital Transformation, 61-94, Switzerland, Springer International Publishing, 2018.
- [25] Colli M, Madsen O, Berger U, Møller C, Wæhrens BV, Bockholt M. "Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0". *IFAC-Papers Online*, 51(11), 1347-1352, 2018.
- [26] Basl J, Doucek P. "A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of Industry 4.0". *Information*, 10(3), 89-102, 2019.
- [27] Felch V, Asdecker B, Sucky E. "Maturity models in the age of Industry 4.0 - Do the available models correspond to the needs of business practice?". *52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 8-11 January, 2019.
- [28] Kiraz A, Canpolat O, Erkan EF, Uygun Ö. "IMPULS kriterleri ile Endüstri 4.0 eğiliminin değerlendirilmesi: bir bulanık bilişsel harita uygulaması". *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 14-23, 2019.
- [29] Hatipoğlu C, Tunacan T. "Bilecik Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan işletmelerin Endüstri 4.0 açısından durum değerlendirmesi". *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(4), 3689-3701, 2020.
- [30] Mckelvey RD, Zavoina W. "A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables". *Journal of Mathematical Sociology*, 4, 103-20, 1975.

- [31] Long JS. *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. 2nd ed. Thousand Oaks, CA, Sage Publications, 1997.
- [32] Borooah VK. "How much happiness is there in the world? a cross-country study". *Applied Economics Letters*, 13, 483-88, 2006.
- [33] Liao TF. *Interpreting Probability Models: Logit, Probit, and Other Generalized Linear Models*. 1st ed. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, Sage, 1994.
- [34] Fu V. "Estimating generalized ordered logit models". *Stata Technical Bulletin*, 8(44), 160-164, 1998.
- [35] Arı E, Yıldız Z. "Bireylerin yaşam memnuniyetini etkileyen faktörlerin sıralı lojistik regresyon analizi ile incelenmesi". *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(42), 1362-1374, 2016.
- [36] Fullerton AS, Xu J. "The proportional odds with partial proportionality constraints model for ordinal response variables". *Social Science Research*, 41(1), 182-198, 2012.
- [37] Maddala GS. *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics* 1st ed. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1983.
- [38] Williams R. "Generalized ordered logit/partial proportional odds models for ordinal dependent variables". *Stata Journal*, 6(1), 58-82, 2006.
- [39] Pacchini APT, Lucato WC, Facchini F, Mummolo G. "The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0". *Computers in Industry*, 113, 1-8, 2019.
- [40] Top S. *Girişimcilik Niyeti*. 1. Baskı. İstanbul, Türkiye, Beta, 2017.
- [41] Miranda FJ, Chamero-Mera A, Rubio S. "Academic entrepreneurship in spanish universities: an analysis of the determinants of entrepreneurial intention". *European Resarch on Business Economics*, (23), 113-122, 2017.
- [42] İlhan İ. "Tekstil üretim süreçleri açısından Endüstri 4.0 kavramı". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 810-823, 2019.
- [43] Yu F, Schweisfurth T. "Industry 4.0 technology implementation in smes-a survey in the Danish-German border region". *International Journal of Innovation Studies*, 4(3), 76-84, 2020.
- [44] Kuan KKY, Chau PYK. "A perception-based model for ADI adoption in small businesses using a technology-organization-environment framework". *Information & Management*, 38(8), 507-521, 2001.
- [45] Stentoft J, Rajkumar C. "The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home, *International Journal of Production Research*, 58(10), 2953-2973, 2020.