



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)



Endüstri 4.0'ın proje yönetim etmenlerine etkisi

Effect of industry 4.0 on project management factors

Yazar(lar) (Author(s)): Zafer Tarık TANER¹, Z. Özlem PARLAK BIÇER²

ORCID¹: 0000-0001-6898-5019

ORCID²: 0000-0002-9700-2226

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Taner Z. T., ve Parlak Biçer Z. Ö., “Endüstri 4.0’ın proje yönetim etmenlerine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 24(4):1461-1472,(2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.741566

Endüstri 4.0'ın Proje Yönetim Etmenlerine Etkisi

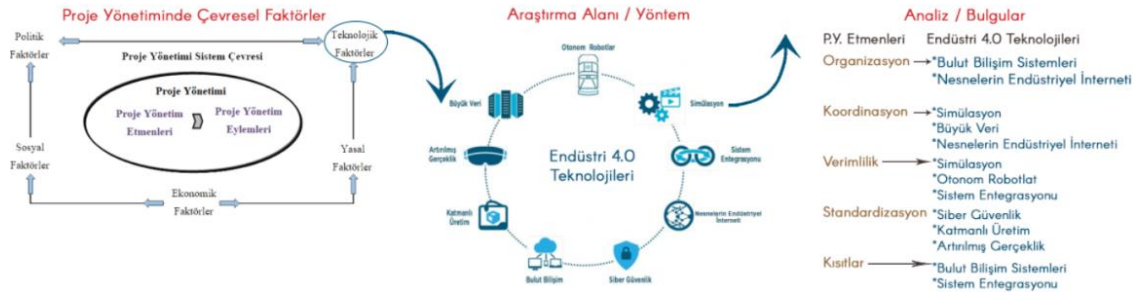
Effect of Industry 4.0 on Project Management Factors

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Endüstri 4.0 (Industry 4.0)
- ❖ Proje Yönetimi (Project Management)
- ❖ Proje Yönetim Etmenleri (Project Management Factors)

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Proje yönetimini etkileyen çevresel faktörler içerisinde yer alan teknolojik gelişmeler Endüstri 4.0 üzerinden incelenmiştir. Teknolojinin proje yönetim etmenleri üzerinde etkisinin ortaya koyulması için analiz gerçekleştirilmiştir / Technological developments, which are among the environmental factors affecting project management, have been examined through Industry 4.0. Analysis was carried out to reveal the impact of technology on project management factors.



Şekil. Çalışmanın Grafiksiz Özet / Figure. Graphical Summary of the Study

Amaç (Aim)

Endüstri 4.0'ın proje yönetim etmenlerine etkisinin proje paydaşlarına yol gösterici olması ve alana katkı sağlaması amaçlanmıştır. / The impact of Industry 4.0 on project management factors is intended to guide project stakeholders and contribute to the field.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çalışmada Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği teknolojiler hakkında ve proje yönetim etmenleri hakkında literatür araştırması ve analiz gerçekleştirilmiştir. / In the study, literature research and analysis were carried out about the technologies brought by Industry 4.0 and project management factors.

Özgünlük (Originality)

Literatürde endüstri 4.0'ın proje yönetimine farklı açılardan etkisi inceleyen çalışma bulunmamasından dolayı çalışma özgündür. / The study is unique, since there is no study in the literature examining the impact of industry 4.0 on project management from different perspectives.

Bulgular (Findings)

Teknolojik gelişmelerin, proje yönetim etmenleri üzerindeki etkisine yönelik bulgular elde edilmiştir. / Findings regarding the effect of technological developments on project management factors were obtained.

Sonuç (Conclusion)

Endüstri 4.0 teknolojilerinin proje yönetim etmenlerinde kullanılması ile sorunlara gerçek zamanlı çözüm önerileri getirerek başarılı proje yönetiminin sağlanacağı öngörülmüştür. / It is anticipated that using Industry 4.0 technologies in project management factors will bring real-time solution suggestions to problems and ensure successful project management.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission. (1).

Endüstri 4.0'ın Proje Yönetim Etmenlerine Etkisi

Araştırma Makalesi / Research Article

Zafer Tarık TANER^{1*}, Z. Özlem PARLAK BİÇER²

¹Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Erciyes Üniversitesi, Türkiye

²Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 22.05.2020 ; Kabul/Accepted : 06.07.2020 ; Erken Görünüm/Early View : 12.07.2020)

ÖZ

Yönetim, modern bilimsel anlayışına ulaşana kadar pek çok aşamadan geçmiş ve her zaman pratikte var olmuştur. Dünya nüfusunun artması ve kentleşmeye bağlı olarak çevresel, sosyal ve ekonomik faaliyetler için endüstrileşmeye duyulan ihtiyaçlar artmıştır. Gelişen teknoloji sayesinde endüstriyel ürünlerin daha hızlı ve esnek üretilebilmesi yönündeki beklentilerin iyi bir yönetimle karşılanması; çevresel, sosyal ve ekonomik sorunların azalması için elzemdir. Yapı endüstrisindeki her projenin kendi özgün olmasından dolayı proje yönetiminin önemi gün geçtikçe artmıştır. Bu doğrultuda günümüzde birçok alanda çığır açan teknolojik uygulamalarla dolu bir çağı yansıtan Endüstri 4.0'ın proje yönetimine etkisi önemli bir araştırma konusudur. Bu çalışmada öncelikle Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği dönüşümler hakkında literatür araştırması yapılmıştır. Sonrasında bu dönüşümlerin proje yönetim etmenleri üzerinde etkisinin ortaya koyulması için yönetim etmenleri açıklanmış ve endüstri 4.0'ın getirileri üzerine analiz gerçekleştirilmiştir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin proje yönetim etmenlerinde kullanılması ile sorunlara gerçek zamanlı çözüm önerileri getirerek başarılı proje yönetiminin sağlanacağı öngörülmüştür. Elde edilen verilerin proje paydaşlarına yol gösterici olması ve alana katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Proje yönetimi, endüstri 4.0, proje yönetim etmenleri.

Effect of Industry 4.0 on Project Management Factors

ABSTRACT

Management has gone through many stages and has always existed in practice until it reached its modern scientific understanding. The need for industrialization has increased for environmental, social and economic activities due to the increase in the world population and urbanization. Thanks to the developing technology, meeting the expectations for faster and flexible production of industrial products with a good management; It is essential for the reduction of environmental, social and economic problems. The importance of project management has been increasing day by day because each project in the building industry is unique. In this regard, the impact of Industry 4.0, which reflects an era filled with technological applications that break new ground in many fields, is an important research subject. In this study, firstly, literature research was conducted on the transformations that Industry 4.0 brought with it. Then, in order to reveal the effect of these transformations on project management factors, management factors were explained and an analysis was performed on the returns of industry 4.0. It is predicted that using Industry 4.0 technologies in project management factors will bring real-time solution suggestions to problems and ensure successful project management. The data obtained is intended to guide the project stakeholders and contribute to the field.

Keywords: Project Management, industry 4.0, project management factors.

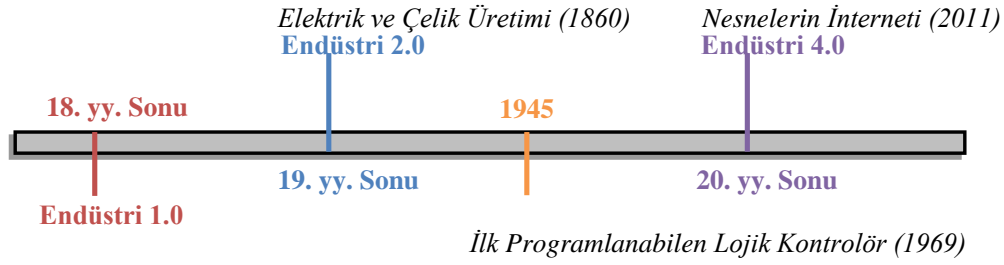
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ekonomi tarihinde dünya çapında gelişimi ve büyüme için tarım ve sanayi devriminin sağladığından bahsedilmektedir. Sanayi devrimi, gelişimi, toplumların yaşayışını köklü değişikliklere uğratarak ve ekonomik standardını artırarak gelişimi sağlamıştır (Şekil 1). 1700'lü yılların ikinci yarısında İngiltere'de başlayan sanayi devriminin getirdiği dönüşümlerle fen, sağlık ve sosyal bilimlerde devrimlere zemin hazırlamıştır. 1860'lı yıllarda ucuz çelik üretiminin yaygınlaşmasıyla başlayan İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0) süreci II. Dünya Savaşı'na kadar sürmüştür ve bu süreçte elektrik kullanımı ve ulaşım ağları yaygınlaşmıştır. II. Dünya Savaşı'nın sona ermesi ile başlayan Üçüncü Sanayi Devrimi'nde (Endüstri 3.0) dijital üretim sistemleri gelişmiştir [1, 2]. Dünya nüfusunun artması ile kentleşmeye bağlı olarak endüstrileşmeye duyulan ihtiyacın artması ile üretim

süreçleri karmaşıklaşmaya başlamıştır [1]. 21.yy başlarında internet ağı ve otomasyon sistemlerinin gelişmesiyle sektörlerdeki karmaşıklıkların giderilmesi öngörülmüş ve Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) başlamıştır [1]. Bu sebeple sektörlerin üretim süreçlerindeki karmaşıklığı giderebilmesi ve rekabet ortamında sürdürülebilir olabilmesi için üretimlerini günümüz teknolojik şartlarına göre yönetmeleri elzem olmuştur.

Yapı sektörü; endüstriye dayanması, başta imalat sanayi olmak üzere diğer sektörlerle etkileşim halinde olması, istihdam gücünün yüksek olması, kamu yatırımlarındaki öneminden dolayı, Türkiye ekonomisinin lokomotif sektörü konumuna gelmiştir [3]. 2019 yılında Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası'nın (İNTES) hazırladığı inşaat sektörü raporunda ülkemiz ekonomisinde yer alan sektörler içerisinde yapı sektörünün doğrudan payı %8, yapı sektörüne bağlı diğer sektörler hesaba katıldığında ise dolaylı payı %30'dur [4]. Bu veriler doğrultusunda yapı sektörünün ülke

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : zafertarikaner@gmail.com



Şekil 1. Endüstri devrimleri (Industry revolutions)

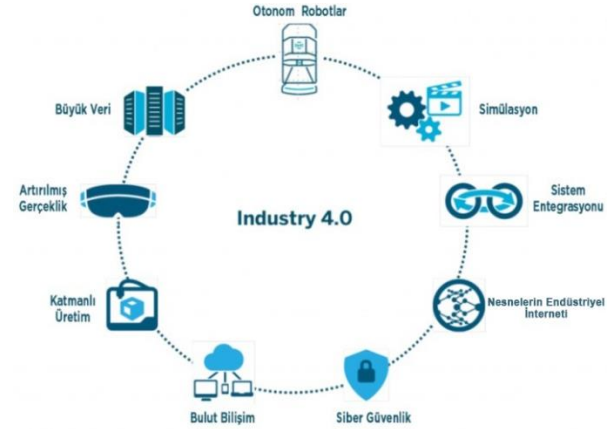
ekonomimizde önemli bir rol üstlendiği görülmektedir. Yapı sektöründe üretilen projelerin istenen süre, kalite ve maliyet içinde kalarak tamamlanması proje yönetimi ile mümkündür. Proje yönetimi belirli bir projeyi zamanında ve istenen maliyetle tamamlamak için insanları, ekipmanı, malzemeleri, parayı ve programları eşgüdümleme sanatı ve bilimidir [5]. Proje yönetiminde yer alan eylem ve etmenler birbirleriyle, yapı üretimi, yapı bileşenleri, yapı ve yapı kullanım süreçleri ile ilişkilidir [6]. Bu nedenle proje yönetim etmenlerinin Endüstri 4.0'ın getirdiği dönüşümlere ayak uydurmasının ciddi ekonomik sorunları ortaya çıkaracağı düşünülmektedir. Bu durumdan hareketle, bu çalışmada yapı sektörünün optimizasyonunda önemli rol oynayan proje yönetimi etmenlerine Endüstri 4.0'ın etkisi incelenmiştir.

2. ENDÜSTRİ 4.0 (Industry 4.0)

Yeni sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0, ilk kez dünyanın en büyük endüstri fuarı olarak anılan Hannover Fair 2011'de dile getirilmiş ve bu terim tüm dünyadaki akademisyenler, politikacılar ve üreticilerden büyük ilgi görmüştür [7]. Hannover fuarındaki uzmanlar Endüstri 4.0'ın bilişim çağının üretim süreçlerine yeni bir boyut getirdiğini söylemişlerdir [8]. Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum) kurucusu ve başkanı Klaus Schwab Endüstri 4.0'ın hız, sistem etkisi ve genişlik ve derinlik olmak üzere üç ayrı ayırt edici özellik ile Endüstri 3.0'ın bir devamı olmadığını dile getirmiştir [9]. Kagermann vd. (2013) üretim teknolojilerinde yer alan otomasyon ve veri alışverişine yönelik mevcut gelişim ve eğilimin Endüstri 4.0 olduğunu dile getirmiştir [10]. Evans ve Annunziata (2012) ise Endüstri 4.0'ı makinelerin, bilgisayarların, insanların ve nesnelerin interneti olarak tanımlamıştır [11]. Endüstri 4.0 insan gücünün yerini makine gücünün alması ve makinelerin üretim süreçlerini yönetebilir hale gelmesi olarak tanımlanabilir.

Herter ve Ovtcharova (2016) Endüstri 4.0'ın herhangi bir ürünün üretim sürecinde yer alan disiplinler arasında sürekli iletişimi ve işbirliğini teşvik edeceğini bildirmektedirler [12]. Endüstri 4.0 bir ürünün üretim, lojistik, mühendislik ve planlama süreçlerine standartlaştırılmış ara yüzler ve uyumlu iş süreçleri getirerek ürünlerin kalitesini, esnekliğini ve sağlamlığını geliştirecektir [10]. Endüstri 4.0 üretim süreçlerine ait

verileri gerçek zamanlı olarak toplayıp ve analiz etmek için dijital teknolojik kavramları kullanarak üretim sistemine faydalı bilgiler sağlamaktadır [13]. Lasi vd. (2014) Endüstri 4.0'ın bir disipline ilişkin sınıflandırması ve kesin ayrımı mümkün olmayan bir çok kavramı içerisinde barındırdığını ifade etmiştir [14]. Endüstri 4.0'ın içerisinde "Büyük Veri, Otonom Robotlar, Simülasyon, Sistem Entegrasyonu (Yatay Ve Dikey Sistem Entegrasyonu), Nesnelerin Endüstriyel İnterneti, Siber Güvenlik, Bulut Bilişim, Katmanlı Üretim ve Artırılmış Gerçeklik" olmak üzere dokuz yeni teknoloji yer almaktadır. Bu teknolojik kavramlar izole edilmiş ve optimize edilmiş endüstriyel üretimini tamamen bütünleşmiş, otomatik ve optimize edilmiş bir üretim akışına dönüştürmektedir (Şekil 2) [15,16]. Bu başlıkların kısa tanımları verilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2. Endüstri 4.0'ın Yapısı (Structure of Industry 4.0) [16]

1) Büyük Veri; Büyük veri depolama, dağıtım, yönetim ve bilgi analizini sağlamak için büyük hacimli, yüksek hızlı, karmaşık ve değişken veriler, ileri teknikler ve teknoloji içeren sistemdir [15]. Büyük veri, geleneksel veri işlemlerinden farklı olarak hacim, hız ve çeşitlilik açısından yenilikler sunmaktadır [17]. Witkowski (2017) büyük verilerin "veri hacmi, veri çeşitliliği, yeni veri oluşturma hızı ve analiz, veri değeri" olmak üzere dört boyutu olduğunu dile getirmiştir [18]. Büyük veri sisteminde yer alan boyutlar; daha önce kaydedilmiş verilerin analizinin sağlanması, daha önce farklı üretim süreçlerinde meydana gelen tehditlerin bulunması, ortaya çıkan yeni sorunların tespit edilmesi ve sorunların tekrar meydana gelmesinin önlenmesi için çeşitli çözümler

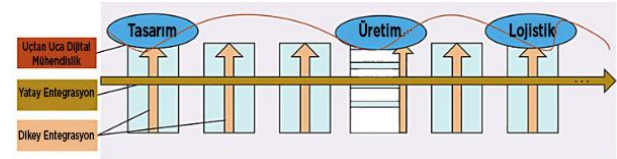
üretmektedir [19]. Endüstri 4.0 içerisinde büyük veri sisteminin kullanılması ile birçok farklı kaynak ve sistemlerinin yanı sıra yönetim sistemlerinden elde edilen verilerin toplanması ve kapsamlı değerlendirilmesi sağlanarak gerçek zamanlı karar vermek standart hale gelecektir [20]. Büyük veri sisteminin yapı sektöründe kullanılması ile yapı üretiminin farklı evrelerindeki farklı disiplinlere ait verilerin bir araya getirilmesi ile ortaya çıkan sorunlara gerçek zamanlı ve hızlı çözümler üretileceği düşünülmektedir. Böylelikle yapı üretimindeki kalite, süre ve maliyet kayıplarının önüne geçilmiş olacaktır.

2) Otonom Robotlar; Endüstriyel sistemdeki birçok üretici, karmaşık görevlerle başa çıkmak için uzun zamandır robotları kullanmaktadır. Endüstri 4.0'ın başlamasıyla robotların sisteme daha fazla katkı sağlayabilmesi için otonom robotlar geliştirilmiştir. Otonom robot, üretim yönteminin daha hassas bir şekilde gerçekleştirilmesi gereken yerlerde ve insan gücünün kullanılmayacağı yerlerde kullanılmaktadır [21]. Otonom robotlar, güvenlik, esneklik, çok yönlülük ve işbirliğine odaklanarak verilen görevi belirli bir süre içinde kesin ve akıllı bir şekilde tamamlayabilmektedir [21]. Endüstri 4.0 içerisinde otonom robotların kullanılması ile imalat sistemlerindeki ürün geliştirme, üretim ve montaj aşamaları süreçleri esnek ve hızlı hale gelecektir [22]. Aynı zamanda birçok sektörde yer alan tehlikeli ve insan sağlığını ve güvenliğini olumsuz etkileyen endüstriyel uygulamalar, otonom robotlar aracılığıyla yapılabilmesi öngörülmektedir. Hassan vd. (2017) çalışmasında, kum püskürtme ve püskürtme boyası yapan farklı yeteneklere sahip otonom robotlar geliştirerek hem robotlar arası işbirliğini sağlamış hem de üretim maliyetini düşürmüştür [23]. Otonom robotların binaların yapım evresinde kullanılması ile çok tehlikeli işlerde oluşan can ve mal kayıplarının azalmasına ve gerçek zamanlı iş takibinin yapılabilmesine imkân vereceği düşünülmektedir. Ayrıca yapı sektöründe kullanılan malzemelerin üretim sürecinde kullanılması ile hem malzeme şirketleri hem de şantiyeleri süre, maliyet ve kalite açısından olumlu yönde etkileyeceği öngörülmektedir.

3) Simülasyon; Ürün, malzeme ve üretim süreçlerinin simülasyonları dijital üretimin başarılı bir şekilde uygulanması için vazgeçilmez ve güçlü bir araçtır [24]. Simülasyon sistemi davranışsal analizi yoluyla modellenen sistemleri ve üretim sürecini daha iyi tahmin etmeye ve anlamaya yardımcı olmaktadır [25]. Gelişen teknoloji doğrultusunda simülasyonlar, makine, ürün ve insanları içerebilen sanal bir modelde fiziksel dünyayı yansıtmak için gerçek zamanlı verilerden faydalanarak üretim sürecinde daha yaygın olarak kullanılacaktır [20]. Endüstri 4.0 içerisinde gerçek zamanlı simülasyonların kullanılması ile simülasyonlar kullanıcının ve sistemin davranışını milisaniye içinde analiz edebilmekte ve üreticinin hizmeti için "sanal" bir prototip geliştirmesine ve üretmesine imkan tanımaktadır [24]. Farklı üretim süreçlerinde simülasyonun kullanılmasıyla sistem hakkında bilgiye sahip olunarak gelecekteki sorunlar ve

fırsatlar tahmin edilebilmektedir [25]. Giderek daha rekabetçi hale gelen yapı sektöründe simülasyonun kullanılmasıyla farklı evrelerdeki sorunlar ve fırsatlar önceden tespit edilerek üretim sürecinin başarıyla tamamlanmasının sağlanabileceği düşünülmektedir.

4) Sistem Entegrasyonu (Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu): Sistem entegrasyonunu birden fazla sistemin tek bir sistem gibi çalışabilmesini sağlayan koordinasyondur [27]. Endüstri 4.0 organizasyon sisteminde entegrasyon ve kendi kendine optimizasyon olmak üzere iki ayrı mekanizma kullanılmaktadır [28]. Entegrasyon mekanizmasında; tüm değer yaratma ağı boyunca yatay entegrasyon, dikey entegrasyon ve ağa bağlı üretim sistemleri ile tüm ürün yaşam döngüsü boyunca uçtan uca dijital entegrasyon olmak üzere üç ayrı boyut yer almaktadır (Şekil 3) [29]. Yatay entegrasyon; şirketler arası entegrasyondur ve birçok şirket arasında yakın ve yüksek seviyeli bir işbirliğinin temelini oluşturmaktadır [22]. Dikey entegrasyon ağa bağlı bir üretim sistemi ile şirket içi entegrasyon, kurumsal planlama, üretim öncesi zamanlama veya yönetim gibi hiyerarşinin farklı seviyeleri arasında bilgi alışverişinin ve işbirliğinin temelini oluşturur [30]. Uçtan uca dijital entegrasyonun kapsamı ise ürün tasarımı, üretim, lojistik ve müşteri arasındaki boşlukları kapatarak kalıcı ve etkileşimli bir dijital modelin akışını sağlamaktadır [31].



Şekil 3. Üretim Sistemindeki Entegrasyon Türleri (Types Of Integrations in The Manufacturing System) [22] (Salkin vd. (2018)'den uyarlanmıştır.)

Endüstri 4.0 içerisinde entegrasyon sistemlerinin kullanılması ile üretim sistemlerinde her fiziksel nesne akıllı ağlar aracılığıyla birbirine bağlanarak kendi kendini organize bir yapı haline gelmektedir [31]. Wang vd., (2016) entegrasyon ve bulut bilişim sistemlerinin bir arada kullanılabilmesi ile ürün ve süreç akışlarının görselleştirilebileceğini ve ilgili uzmanlar tarafından izlenebileceğini dile getirmiştir [32]. Yapı sektöründe entegrasyonu sağlayan koordinasyon etmeninin Endüstri 4.0 doğrultusunda geliştirilmesi ile yapı üretiminde yer alan disiplinler arası iletişimin gerçek zamanlı veriler ile sağlanabileceği öngörülmektedir.

5) Nesnelerin Endüstriyel İnterneti; Nesnelerin endüstriyel interneti, standart protokoller aracılığıyla iletişim kuran dünya çapında birbirine bağlı ve tekdüze adreslenmiş nesnelere ağı anlamına gelmektedir [33]. Nesnelerin endüstriyel internetinin ana görevi fiziksel nesnelere veri toplayarak internete bağlamaktır [34]. Endüstri 4.0'da nesnelerin interneti teknolojisi diğer teknolojilerle ilişkili olarak bir nesnenin konum, fiziksel veya atmosferik koşulları hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlamaktadır [35]. Nesnelerin İnterneti (IoT), Hizmet

İnternet (IoS), Üretim Hizmetlerinin İnterneti (IoM), İnsanların İnterneti (IoP), İletişim Entegrasyonu ve Komünikasyon teknolojisinin (IICT) bir araya gelmesi ile Her Şeyin İnterneti (IoE) oluşmaktadır [21]. Nesnelerin endüstriyel internetinin kullanımı ile endüstriyel faaliyetler daha kompleks ve entegre hale gelmekte, aynı zamanda kullanılan firmaya rekabet avantajı sağlamaktadır [36]. Yapı sektörünün üretim sürecinde kullanılan nesnelerin internet ile bağlantılı hale getirilmesi ile entegrasyonun kolaylıkla sağlanabileceği ve süre hedefinin kolaylıkla yakalanabileceği düşünülmektedir.

6) Siber Güvenlik; Nesnelerin endüstriyel interneti, uzaktan erişim ve bulut bilişim sistemlerinde depolanan veriler internet aracılığıyla küresel ağa bağlanmaktadır. Yakın bir gelecekte, ana veri kaynağının tamamen cansız nesnelere olacağı düşünülmektedir. İnternet ortamında yer alan bu bilgilerin güvenliğinin sağlanabilmesi için Endüstri 4.0 kapsamında siber güvenlik sistemi geliştirilmiştir [26]. Siber güvenlik sistemi internet üzerinden gelebilecek saldırıları korumak, tespit etmek ve bunlara müdahale etmek üzerine kurulu bir teknolojidir [37]. Jansen vd. (2019) çalışmasında uluslararası standartlara uygun olarak sistem, ağ ve tesis güvenlikleri olmak üzere üç katmanlı ve insan merkezli derinleme savunma kavramı geliştirmiştir (Şekil 4) [38].



Şekil 4. Derinlemesine Savunma Sistemi (Defense-in-dept) [38] (Jansen vd. (2018)'den uyarlanmıştır.)

Endüstri 4.0 içerisinde siber güvenlik teknolojisinin kullanılması ile üretim sistemlerinin hesaplama, iletişim ve kontrol süreçlerinin siber alan sayesinde sıkı bir şekilde entegre olmaktadır [19]. Yapı sektöründe kamu ve özel sektör tarafından yaptırılan projelere ait bilgilerin ele geçirilmesi halinde sabotaj, hırsızlık gibi binanın kullanım güvenliğini etkileyen durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bundan dolayı projelere ait bilgilerin güvenli bir şekilde saklanabilmesi için siber güvenlik sistemlerinin kullanılması gerekmektedir.

7) Bulut Bilişim; Bulut bilişim, kaynakları ve hizmetleri sanallaştırmanın ve sunucu tabanlı sistemi birleştirmenin yoludur. Birden fazla kullanıcıya hizmet vererek sanal sistemde depolama ve işleme özellikleri sunan enformasyon teknolojilerine ait kaynak havuzlarını içermektedir. Bulut bilişim sistemlerine ait hizmetler yazılım, platform ve altyapı hizmeti olmak üzere üçe ayrılmaktadır [31]. Bulut bilişim sistemlerine erişim ise kamusal, özel, çoklu kuruluşlara ait bulutlar üzerinden gerçekleştirilebilmektedir [39]. Endüstri 4.0 içerisinde

bulut bilişim sistemlerinin kullanılması bilgi ve iletişim teknolojileri paradigmasına ve servis kontrol mekanizmasının otomatikleştirilmesine ve entegre olmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda firmaların üretim yönetiminin esnekliğini olumlu yönde etkilemektedir [39]. Bulut bilişim sistemlerinin taşınabilir cihazlar ile sağlanabilmesinden dolayı firmaların enformasyon teknoloji altyapısı için harcadığı maliyetleri azaltmıştır [31]. Yapı sektöründe bulut bilişim sistemlerinin kullanılması ile yapı üretiminde gerçek zamanlı bilginin sanal sistemden sunulması ve depolanması sağlanmış olacaktır. Bu sayede yapı üretim sürecinde şantiyeler, mimari bürolar ve kamu kurumları arasında yaşanan iletişim kopuklukları giderilecektir.

8) Katmanlı Üretim; 3B baskı olarak da tanımlanan katmanlı üretim, müşterilerin gereksinimleri için özelleştirilmiş ürünler üretmeyi ifade etmektedir [40]. Bilgisayar ortamında yer alan üç boyutlu model verilerinden parça yapma süreci olarak kabul edilmektedir [26]. Katmanlı üretim ile geleneksel üretim sistemi yerini teknolojik üretim sistemine bırakacaktır [40]. Günümüzde müşteri ihtiyaçlarının sürekli değişimi ve ürünlerin kişiselleştirilmesi ile firmaların pazara çıkış süresini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sorunun çözümü için geliştirilen katmanlı üretim sistemi ile ürünlerin daha hızlı ve ucuz üretilebilmesine imkân tanımıştır [41]. Katmanlı üretim sistemi ile firmaların depolarında daha az stok bulundurması ile üretim avantajı elde etmesini, tedarik sürelerinin ve üretim hacminin azaltılmasını sağlamaktadır [31]. Yapı sektöründe katmanlı üretim sisteminin malzeme üretim fabrikalarında kullanılması hem üretici firmayı hem de şantiye sürecini süre, kalite ve maliyet yönünden olumlu etkileyeceği düşünülmektedir. Ayrıca gelecekte yapıların katmanlı üretim sistemi sayesinde üç boyutlu baskı makineleri ile inşa edilebileceği öngörülmektedir.

9) Artırılmış Gerçeklik; Artırılmış gerçeklik, sanal dünya ve kullanıcıları arasında uyum sağlayan etkileşimli teknoloji olarak tanımlanmaktadır [31]. Artırılmış gerçekliğin çalışma prensibi dijital olarak işlenmiş gerçeklik ve iki boyutlu ve/veya üç boyutlu objelerin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır [42]. Artırılmış gerçeklik dijital bilgiyi aynı anda yeniden üretme ve yeniden kullanma becerisine sahip olması nedeniyle ürün geliştirme ve üretim operasyonu arasındaki bazı boşlukların kapatılmasına yardımcı olmaktadır [43]. Aynı zamanda üretim sürecinde yer alan çalışanların karar verebilmesi ve çalışma prosedürlerini iyileştirmesini sağlamaktadır [44]. Bu teknoloji, insan makine etkileşimini geliştirmekte ve üretimin her aşamasında önemli görevlerde yer almaktadır (Şekil 5) [26].

Artırılmış gerçeklik, bilgisayarda üretilen grafikleri ve fiziksel nesnelere birleştirerek birçok sektörde kullanılabilir [44]. Yapı sektörü ile elde edilen binaların ön tasarım, tasarım, ihale, yapım, kullanım, bakım ve onarım evrelerinde artırılmış gerçekliğin kullanılması ile yapı üretimindeki evreler, kişi ve kuruluşlar, disiplinler ve makineler arasındaki uyum



Şekil 5. Artırılmış Gerçekliğin Endüstriyel Üretim Sürecindeki Görevleri (Duties of Augmented Reality in the Industrial Production Process) [26] (Alcácer (2019)'den uyarlanmıştır.)

sorunun çözülmesi öngörülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde literatür araştırması yapılarak Endüstri 4.0'ın içerisinde yer alan dokuz yeni teknolojinin getirmiş olduğu değişimlerin yapı sektörüne getirebilecekleri hakkında öngörülebilir bulunulmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda bu değişimlerin yapı sektöründeki üretim sürecinin başarıya ulaşmasını sağlayan proje yönetimi etmenlerine olan etkisi incelenmiştir.

3. PROJE YÖNETİM ETMENLERİNE ENDÜSTRİ 4.0'IN ETKİSİ (INDUSTRY 4.0 IMPACT ON PROJECT MANAGEMENT FACTORS)

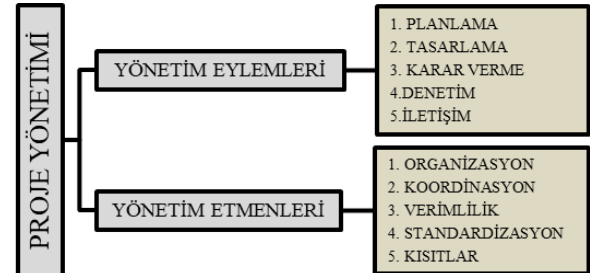
Proje yönetimi, projeye ait evrelerin gerçekleşmesi için gerekli tüm bilgi, beceri, araç ve yöntemlerin bir arada kullanılmasıdır [45]. Proje yönetimi projenin tüm evrelerini kapsayarak, yatırımcının organizasyonunu proje yönetim ekibi ile düzenlenmesi ve takip edilmesini sağlamaktadır [46]. Amerikan Yapım Yönetim Birliği (Construction Management Association of America-CMMA) proje yönetimini bir projenin tüm evrelerinde profesyonel yönetim metotlarını uygulayarak zaman, maliyet, kar ve kaliteyi denetlemek olarak tanımlamıştır [47]. Heldman vd. (2001), proje yönetimini bir iş için gerekli kaynakların planlanması, yürütülmesi ve denetlenmesiyle istenilen amaca ulaşmak için yapılan sistem bütünü olarak tanımlanmıştır [48]. Oberlender (2000) proje yönetimini; kapsam, bütçe ve planlama arasındaki denge yönetimi olarak tanımlamış ve kalitenin bu denge içerisindeki vazgeçilmez unsur olduğunu belirtmiştir [5]. Proje yönetiminde kapsam işin miktarı ve kalite düzeyi, bütçe ölçülebilir maliyet, program ise işin mantıksal sıralaması ve zamanlaması anlamına gelmektedir [5].

Günümüzde projelerde farklı disiplinlerin bir arada olması, projelerin özgün hale gelmesi ve proje hacimlerinin büyümesinden dolayı proje yönetiminin önemi artarak şirketler arası rekabet unsuru olmuştur. Günümüz teknolojik ve ekonomik şartlarında projeleri süre ve maliyet açısından değerlendirmek önem kazanmış, en uygun süre ve maliyette en kaliteli işi ortaya koymak en önemli amaç haline gelmiştir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için proje yönetimindeki optimizasyonu sağlayan etmenlerin Endüstri 4.0'ın getirdiği dönüşümlere ve teknolojilere uygun hale

gelmesi gerekmektedir. Bu durumdan hareketle, bu çalışmada; yapı sektöründe yer alan proje yönetimi etmenlerine Endüstri 4.0'ın etkisi incelenmiştir.

3.1. Proje Yönetim Etmenleri (Project Management Factors)

Proje yönetimi; birey ve organizasyonların tüm bilgi, beceri, araç ve tekniklerini süreç boyunca kullanması ile belirlenen amaca ulaşmayı ifade etmektedir [49]. Yönetim süreci öncelikle yatırımcının organizasyonunu kurgulayarak başlar ve projenin ön tasarım, tasarım, ihale, yapım ve kullanım evrelerinde devam eder. Organizasyonun kurulması ile oluşan proje yönetim ekibi, süreç boyunca amaçlar doğrultusunda çalışmaktadır [46]. Proje yöneticisi yönetim sürecindeki disiplinler arası ilişkileri organize ederek projenin süre, kalite ve maliyet hedeflerine ulaşmasını sağlamaktadır. Proje yönetim süreci 5 ayrı eylem ve 5 ayrı etmenlerden oluşmaktadır (Şekil 6). Proje yönetim evreleri boyunca eylem ve etmenler birbirleriyle, yapı bileşenleriyle, yapı tasarım, üretim ve kullanım süreciyle ilişki halindedir [6]. Bundan dolayı yapı üretim sistemi içerisinde etmenlerin önemli bir rolü bulunmaktadır.



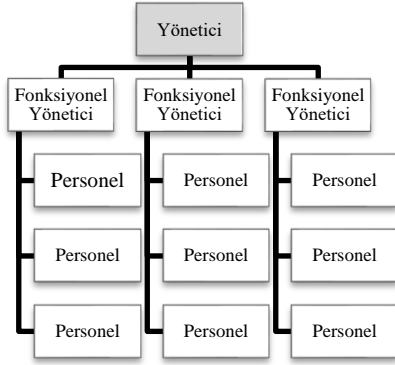
Şekil 6. Proje Yönetim Sürecinde Eylemler ve Etmenler (Actions and Factors in the Project Management Process) [6] (Gültekin (2007)'den uyarlanmıştır.)

Yasal faktörler, politik faktörler, ekonomik faktörler, teknolojik faaliyetler ve sosyal faaliyetlerden oluşan faktörler, yapı üretim sürecini etkilemektedir. Yapı üretim sisteminin değişimine sebep olan çevresel faktörlerin etkisinin en aza indirilmesi veya etkiye uygun hareket edilmesi gerekmektedir [3]. Günümüzde yapı üretiminin başarıya ulaşması için faktörlere karşı adaptasyon sağlanmalıdır. Faktörler içerisinde yer alan teknolojinin üretime etkisi gün geçtikçe artmaktadır. Teknolojinin getirdiği dönüşümlerin üretim sürecine

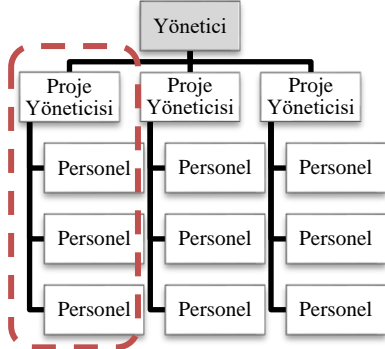
etkisi ve sürecin etkiye karşı nasıl adapte olabileceği önemli bir araştırma konusudur. Bu doğrultuda bu çalışmada; Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu dokuz teknolojik kavramın proje yönetim etmenlerine (organizasyon, koordinasyon, verimlilik, standardizasyon, kısıtlar) etkisi ve etkiye karşı geliştirilebilecek adaptasyon incelenmiştir.

3.2. Proje Yönetim Etmenlerine Endüstri 4.0'ın Etkisinin İncelenmesi (Investigation of the Project Management Industry 4.0 Impact Factors)

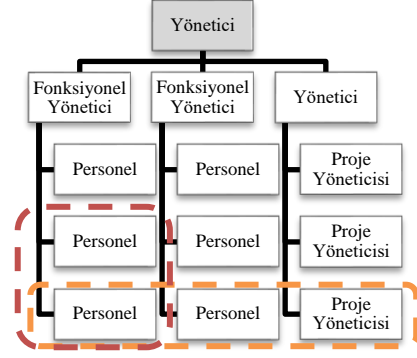
1) Organizasyon; proje içerisinde yer alan faaliyetleri koordinasyonun sağlanması ve güçler sisteminin oluşturulmasıdır [50]. Organize etme, örgütlenme veya teşkilatlanma olarak da ifade edilen organizasyon; proje planlamasının ve amaçların incelenmesini, yapılacak faaliyetlerin belirlenmesini ve gruplandırılmasını, faaliyetlerde görev alacak ekiplerin ve ekipler arası ilişkilerin belirlenmesini ve faaliyetlerde kullanılacak araç ve yöntemlerin hazırlanmasını içermektedir [51]. Projelerin niteliğine, içerdiği disiplinlere ve disiplinler arası iletişime bağlı olarak dört ayrı organizasyon çeşidi bulunmaktadır [52]. Klasik-Fonksiyonel organizasyon çeşidinde, proje içerisinde yer alan personeller uzmanlıklarına göre gruplandırılarak fonksiyonel birimlere bölünmektedir (Şekil 7) [53]. Proje tabanlı organizasyon çeşidinde ekip üyeleri birlikte konumlandırılmaktadır (Şekil 8) [53]. Karma organizasyon yapısında projenin niteliğine göre farklı formlar bir arada kullanarak, şirketler kendi işletim prosedürlerini geliştirebilmektedir (Şekil 9) [53].



Şekil 7. Klasik- Fonksiyonel Organizasyon Sistemi (Classic-Functional Organization System) [53]

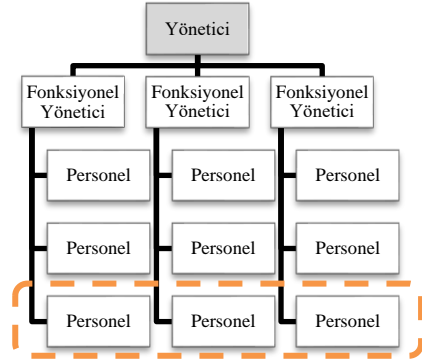


Şekil 8. Proje Tabanlı Organizasyon Sistemi (Project Based Organization System) [53]

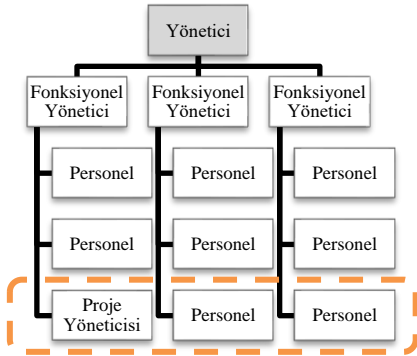


Şekil 9. Karma Organizasyon Sistemi (Mixed Organization System) [53]

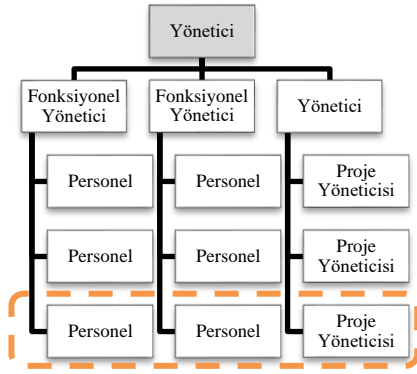
Matris organizasyon çeşidinde, işlevsel ve proje yöneticileri arasındaki göreceli güç ve etki düzeyine bağlı olarak zayıf, dengeli veya güçlü olarak sınıflandırılmaktadır. Zayıf matris organizasyonları fonksiyonel organizasyonun özelliklerinin çoğunu korur ve proje yöneticisi koordinatörlük görevini yerine getirerek yöneticiye rapor vermesi gerekmektedir (Şekil 10). Dengeli matris organizasyonu proje yöneticisine proje ve proje finansmanı konusunda tam yetki sağlamamaktadır (Şekil 11). Güçlü matris organizasyonunda, proje konularının karar yetkisine ve tam zamanlı personele sahip proje yöneticileri bulunmaktadır (Şekil 12) [53].



Şekil 10. Zayıf Organizasyon Matrisi (Weak Organization Matrix) [53]



Şekil 11. Dengeli Organizasyon Matrisi (Balanced Organization Matrix) [53]



Şekil 12. Güçlü Organizasyon Matrisi (Strong Organization Matrix) [53]

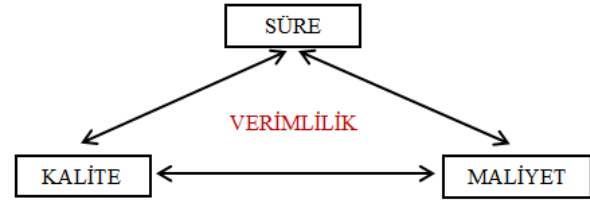
Alışılmalı organizasyon çeşitlerinin yanı sıra teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanların hayatında yer alan internet ve teknolojik araçlar iletişim şekillerinin değişmesine sebep olmuştur. Bu durum sanal organizasyon kavramını ortaya çıkarmıştır. Sanal organizasyon; projede yer alan farklı disiplinlerin bulut bilişim sistemleri ile belirli bir yerde toplanmadan, sürekli haberleştiği organizasyon çeşididir [51]. Güncel teknolojinin yapı endüstrisindeki organizasyon sistemlerini etkilemesiyle ortaya çıkan sanal organizasyonunun kullanılması ile iletişim sorunlarının önüne geçilmiştir. Bunların yanı sıra Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu katmanlı üretiminin yapı sektöründe kullanımının artması ile organizasyon matrislerinin güncel üretim sistemine ve sistem entegrasyonuna uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Böylelikle günümüz üretim sisteminde ortaya çıkan tedarik ve depolama gibi sorunların önüne geçilerek, verimliliğin ve etkili organizasyonun sağlanabileceği düşünülmektedir.

2) Koordinasyon; Proje yönetimi, önceden bir arada çalışmayan personellerin tek seferlik çalışmalarının koordinasyonunu içermektedir. Bundan dolayı projenin başarıyla yönetilebilmesi için insanların ve bilginin koordinasyonu sağlanmalıdır [5]. Koordinasyon; proje niteliğine ve disiplin kurgusuna uygun olarak oluşturulan organizasyon şekli sonrasında organizasyon içerisinde yer alan proje yöneticileri, personeller ve birimler arası iletişim yönetimidir [6]. Hossain (2009) çalışmasında koordinasyonun proje kaynaklarını yönetme süreci olarak görülmesi ile yüksek derecede işletme verimliliği elde edilebileceğini söylemiştir [54].

Projede kapsamlı eğitim ve iş rotasyonu yoluyla geliştirilen tecrübe sahibi mimar ve mühendislerin yer alması, günümüz teknolojilerinde yer alan simülasyonlar ve bilgisayar tabanlı araçların kullanılması, ürün ve proje hakkında bilgiler içeren bulut bilişim tabanlarının kullanılması ve yetkiye sahip proje yöneticileri ile proje koordinasyonu verimli ve etkili olabilmektedir [55]. Bu doğrultuda Endüstri 4.0'ın geliştirmiş olduğu nesnelerin interneti ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanılması ile üretim sürecine ve personellere ait verilerin büyük veri sisteminde bir araya getirilmesiyle koordinasyon sürecinin daha etkin olacağı

düşünülmektedir. Üretim süreci boyunca proje paydaşlarının bulut bilişim sistemlerinin kullanılmasıyla iletişimi gerçek zamanlı sağlayabileceği öngörülmektedir.

3) Verimlilik; Endüstriyel üretimde en önemli etmenlerden biri olan verimlilik kavramı, ürünün üretim sürecinde kullanılan girdilere veya kaynaklara oranı olarak tanımlanmaktadır [56]. Avustralya Verimlilik Komisyonu'nun (Australian Government Productivity Commission) tanımına göre verimlilik; bir üreticinin bir girdi biriminden ne kadar ürün (çıkıtı) elde ettiğinin bir ölçüsü ve dolayısıyla üretken verimliliğin bir ölçüsüdür [57]. Üreticiler, ürüne ait bir birim veya ürünü üretmek için daha az miktarda kaynak kullandıklarında verimlilik artmaktadır [57]. Bu doğrultuda elde edilen ürün, kaliteli ürün olarak adlandırılmaktadır [6]. Kaliteli ürün üretme sürecinde harcanan süre ve sermaye, işgücü, enerji, malzeme ve hizmetler olmak üzere beş ayrı kavramdan oluşan ekonomik girdilerin şartlara uygun olması ile verimlilik sağlanmaktadır (Şekil 13) [6, 58].



Şekil 2. Verimlilik Üçgeni (Productivity Triangle) [5]

Kuroğlu ve Sümer (2003) çalışmasında, yapı endüstrisinin diğer endüstriden farklı yönere sahip olmasından dolayı verimlilik girdilerini; "malzeme, emek, yönetim, mühendislik, yapım teknikleri, ekipmanlar, sözleşme, bilgisayardan faydalanma" olmak üzere sekiz ayrı kavramdan oluştuğunu dile getirmiştir [59]. Endüstriyel üretimde verimlilik ölçümü, toplam faktör verimliliği, toplam verimlilik ve emek verimliliği olmak üzere üçe ayrılmaktadır [59]. Ürün için harcanan tüm girdilerin maddi değeri ile ürünün maddi değerinin ilişkisi toplam faktör verimliliği olarak ifade edilmektedir [58]. Toplam verimlilik ölçümü ise üretim ile elde edilen ürünlerin maddi değerlerle tanımlanan emek, ekipman, malzeme ve yönetim kaynaklarına oranı olarak tanımlanmaktadır [60]. Üretim ile elde edilen ürünün, girdilerden herhangi birine oranı ise kısmi verimlilik olarak ifade edilmektedir [59].

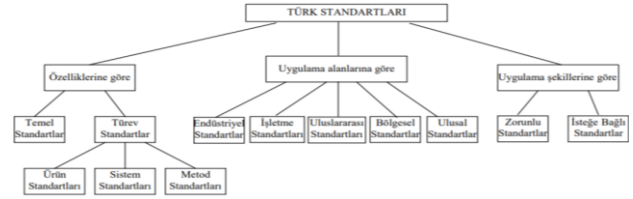
Literatür taramasında yapı endüstrisinde kısa vadede makine, malzeme vb. kavramlara ait verimliliğinin değiştirilememesinden dolayı kısmi verimlilik ölçümü doğrultusunda işgücü verimliliğine daha çok önem verildiği tespit edilmiştir [56, 57, 59]. İşgücü verimliliği "çalışılan saat cinsinden" birim işgücü girdisi başına çıktı olarak ölçülmektedir [61]. Kuroğlu ve Sümer (2003) ekipman, malzeme, yapım teknikleri ve yönetimi kapsayan toplam verimlilik ölçümü, yapı endüstrisinde daha doğru sonuçlar verdiğini dile getirmiştir [59].

Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası'nın hazırlamış olduğu 2020 yılı inşaat sektörü raporunda

sektörün 2018’de gayri safi yurt içi hâsılada ki değeri % 0,4 artmışken, 2019’da % 13,2 azaldığı tespit edilmiştir [62]. Sektörün ekonomik değerinin azalmasından dolayı sektörün verimliliği önem kazanmıştır. Avustralya Verimlilik Komisyonu (Australian Government Productivity Commission) (2013), ileri teknoloji kullanımının ve yönetim uygulamalarındaki değişikliğin verimliliği artırabileceğini öne sürmüştür [57]. Gormu (2020), yapı endüstrisinde malzeme izleme teknolojisinin kullanılması, verimlilik artışının elde edilebileceği potansiyel alanlardan biri olarak vurgulanmıştır. Bu teknoloji ile büyük hacimli projelerin inşaat süreçlerinde işçilerin şantiye alanı ve bina içerisinde malzeme arama için harcadıkları zaman azaltılmaktadır [63]. Endüstri 4.0’ın getirmiş olduğu teknolojiler içerisinde yer alan otonom robotların kullanılması ile makine ve işgücünde yaşanan sorunların, simülasyon ve bilgisayar tabanlı araçların kullanılması ile mühendislik ve yapım teknikleri ile ilgili sorunların, sistem entegrasyonu ve bulut bilişim sistemlerinin kullanılması ile iletişim sorunlarının önüne geçilerek verimliliğin ve ürün kalitesinin artabileceği düşünülmektedir.

4) Standardizasyon; Endüstriyel ürün kalitesini etkileyen kavramlardan biri olan standardizasyon kavramı, standart kavramından türemiştir. Uluslararası Standardizasyon Birliği’nin (ISO- International Organization for Standardization) tanımına göre standart; “Üretimde, anlayışta, ölçme ve deneyde bir örneklik” [64]. Standart; mevcut şartlar altında en uygun düzenin kurulmasını amaçlayan, ortak ve tekrar eden kullanımlar için, faaliyetlerle ilgili kurallar, kılavuzlar veya karakteristikler içeren ve ilgili kurumlarca onaylanmış dokümanlar bütünüdür [65].

20.yüzyılın son çeyreğinden sonra gelişmiş bir üretim biçimi olarak kabul edilen endüstrileşmenin beraberinde getirdiği çevresel, sosyal ve ekonomik sorunların standardizasyonlar ile azaltılıp verimliliğin maksimize edilmesi amaçlanmıştır [6]. Bu doğrultuda geliştirilen standardizasyon kavramı, uluslararası bir nitelik kazanmıştır. Uluslararası Standardizasyon Birliği’nin tanımına göre standardizasyon; “Belirli bir faaliyetle ilgili olarak ekonomik fayda sağlamak üzere bütün ilgili tarafların yardım ve işbirliği ile belirli kuralları koyma ve bu kuralları uygulama işlemidir” [58]. Standardizasyon, üretim süreci sonrasında elde edilen ürünün kalitesinin alt sınırını belirleyerek, kalite güvenilirliğini sağlayan endüstriyel kavramdır [66]. İhracatta ve ithalatta üstünlük sağlama, rekabetin gelişmesi, arz ve talep dengelenmesine yardımcı olması, emek, zaman ve hammadde israfını ortadan kaldırması standardizasyonun sağladığı faydalardır [67,68]. Gültekin (2007), standardizasyonun ana faydasının kaynak verimliliği olduğunu vurgulayarak, faydalarını üreticiye ve tüketiciye olmak üzere ikiye ayırmıştır [6]. Temel standartlar özelliklerine, uygulama alanına ve şekline göre olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Şekil 14) [68,69].



Şekil 14. Standardizasyon Çeşitleri (Types of Standardization) [69]

Standartların değişen şartlara ve gelişen teknolojiye ayak uydurabilme kabiliyetine uygun olması oldukça önemlidir. Teknolojiye uygun olması ile üretim sürecinde ortaya çıkan sorunlar doğrultusunda standartlar güncelleştirilebilmektedir. Enformasyon ve üretim teknolojilerindeki gelişme ile birlikte hızlı bir küreselleşme sürecinin yaşandığı günümüzde standartlar uluslararası ticaretin ortak dili haline gelmiştir. Uluslararası pazarlarda rekabet edebilmenin yolu standartlara uygun ürün üretiminden geçmektedir [69]. Bu doğrultuda yapım sistemlerini, malzemeyi, ekipmanları ve yönetim standartlarında günümüz teknolojilerinin kullanılması ile güncel hale getirilmesi gerekmektedir. Simülasyon ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanılması ile standartların oluşturulması, bulut bilişim sistemlerinin kullanılması ile projeye ilgili standartlara ait bilgilerin bir araya getirilmesi ve siber güvenlik sistemiyle bilgilerin korunmasıyla etkili bir standardizasyon sağlanabilecektir.

5) Kısıtlar; Proje yönetimi amaçlarından biri üretim sürecindeki zaman, bütçe ve kapsam kısıtlamalarına rağmen kaliteli bir çıktı elde edilebilmektir [5]. Gültekin (2007), yapı endüstrisi üretim sürecinde maliyet, zaman, teknoloji ve yasal mevzuatları kısıtlar olarak ifade etmiştir [6]. Oberlender (2000) üretim sürecinin kısıtlardan olumsuz etkilenmemesi için etkili bir etkileşim ile iyi koordinasyonun önemli olduğunu vurgulamıştır [5]. Bu durum etmenlerin birbirleriyle doğrudan ilişki halinde olduğunu göstermektedir. Vanhoucke (2006) üretim sürecine kısıtların olumsuz etkisinin azaltılması için projede çalışan işçilerin ve yönetim ekibinin iş sürekliliğinin sağlanması ile proje süresinin kısılacağı ve buna karşılık gelen dolaylı maliyetlerin de azalacağını söylemiştir [70]. Gültekin (2007), proje yönetiminde kısıtlar doğrultusunda olumsuz etkilenen zaman planlaması, süre takibi ve kaynak dağılımı ve dengelemesinin algoritmik yöntemlerle sağlanabileceğini dile getirmiştir [6]. Bu yöntemler ile süre/kaynak yönetimi, malzeme yönetimi, maliyet planlama ve izleme, süre/maliyet dengelemesi, bütünlük projeye planlama uygulamalarının yapılması gerekmektedir [6].

Günümüzde bakanlıklar ve belediyeler sıklıkla yasal mevzuatları değiştirmektedir. Bundan dolayı proje yönetim etmenleri içerisinde yer alan teknoloji ve yasal mevzuat kısıtları, proje yönetim ekibinin kontrolünde değildir. Proje yönetim ekibinin teknolojik gelişmeler ile ortaya çıkan sistem entegrasyonu, bulut bilişim

sistemlerini ve katmanlı üretim sistemini yönetim sürecine dâhil etmelidir. Böylece yönetim sürecinde dış etkenlerden en az şekilde etkilenerek süre ve maliyet sorunlarının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Endüstrileşmenin ve teknolojinin gelişmesi ile yapı sektöründe de giderek karmaşıklaşan projeler ve her

olduğu teknolojiler incelenmiştir. Sonrasında günümüz yapı sektöründe kullanılan proje yönetimine ait etmenlere ait bilgiler literatürde araştırılmıştır. Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu dokuz ayrı teknolojinin proje yönetim sistemine kökten değişiklik getireceği düşünülerek, bu değişikliklerin proje yönetim etmenlerine olan etkisine dair araştırmalar yapılmış ve elde edilen veriler doğrultusunda öngörülerde bulunulmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Proje Yönetim Etmenlerinde Kullanılmasına Yönelik Bulgular
(Findings for Using Industry 4.0 Technologies in Project Management Factors)

| Etmenler | Etmenler içerisinde Yer Alması Gereken Sorumluluklar | Geleneksel Proje Yönetimi | Çağdaş Proje Yönetimi (Endüstri 4.0) |
|-----------------|---|---------------------------|--------------------------------------|
| Organizasyon | Proje yönetim ekip üyelerinin gerçek zamanlı rapor hazırlayabilmesi | - | √ |
| | Farklı disiplinlerin bulut bilişim sistemleri ile sürekli haberleşebilmesi | - | √ |
| | Yönetim ekibinin internet ve teknolojik araçlar aracılığıyla iletişim kurulması | - | √ |
| | Sorunları gerçek zamanlı olarak tanımlanması ve çözülmesi | - | √ |
| | Son derece karmaşık, teknik projelerin yönetebilmesi | - | √ |
| Kordinasyon | Simülasyonlar ile etkin iletişimin sağlanması | - | √ |
| | Nesnelerin endüstriyel internetinin kullanılması ile yapı bileşenleri ve işçilere ait gerçek zamanlı verilerin elde edilmesi | - | √ |
| | Proje paydaşlarının büyük veri ve bulut bilişim sistemlerinin kullanılması ile iletişimi gerçek zamanlı kordinasyonun sağlanması | - | √ |
| Verimlilik | Yapı üretim sürecinde yapı bileşenlerinin nesnelerin endüstriyel interneti teknolojisinin kullanılması ile izlenmesi | - | √ |
| | Yapı üretim sürecinde otonom robotların kullanılması ile makine ve işgücünde yaşanan sorunların önüne geçilmesi | - | √ |
| | Simülasyon ve bilgisayar tabanlı araçların kullanılması ile mühendislik ve yapım teknikleri ile ilgili sorunların tespit edilmesi | - | √ |
| | Sistem entegrasyonu ve bulut bilişim sistemlerinin kullanılması ile verimli iletişimin sağlanması | - | √ |
| Standardizasyon | Proje ve malzeme standartları hakkında bilgiler içeren büyük veri ve bulut bilişim sistemlerinin kullanılması | - | √ |
| | Siber güvenlik sistemleri ile ürün standartlarına ilişkin bilgilerin korunması | - | √ |
| | Simülasyon, katmanlı üretim sistemi ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanılması ile üretim standartlarının tespit edilmesi | - | √ |
| Kısıtlar | Sistem entegrasyonu, bulut bilişim sistemlerini ve katmanlı üretim sistemlerinin kullanılması ile yönetim sürecinin dış etkenlerden minimum düzeyde etkilenmesi | - | √ |

projenin kendine özgü olması proje yönetimine olan önemi artırmaktadır. Proje yönetiminde yapı üretim sürecine ait süre, maliyet ve kalite parametrelerinin optimizasyonu, çağdaş proje yönetiminin vazgeçilmez misyonudur. Yapı üretim sisteminin çevresini oluşturan faktörlerin parametreler üzerindeki olumsuz etkisi, proje yönetim süreci ve proje paydaşları için önemli bir problemdir. Çevresel faktörler içerisinde olan teknolojik faktörlerin, üretim sistemine etkisi gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde yapı üretiminin çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlayarak başarıya ulaşması için faktörlere karşı adaptasyon sağlanmalıdır. Adaptasyonun sağlanması için öncelikle yapı üretiminin tüm evrelerini kapsayan ve proje yönetim kavramını oluşturan etmenlerin incelenmesi gerekliliğine ulaşılmaktadır. Bu doğrultuda araştırma kapsamında öncelikle endüstri devrimleri ve Endüstri 4.0'ın getirmiş

Geleneksel proje yönetimi sürecinde ortaya çıkan ve çözülemeyen sorunlar süreci kalite, süre ve maliyet yönünden olumsuz etkilemektedir. Ulaşılan veriler incelendiğinde geleneksel proje yönetimi içerisindeki sorunlara Endüstri 4.0 teknolojilerinin gerçek zamanlı çözüm önerileri getireceği öngörülmüştür. Bu doğrultuda Endüstri 4.0 teknolojilerinin proje yönetim içerisinde yer alan tüm kavramları kapsayacak duruma gelmesi elzemdir. Bu teknolojilerin proje yönetim sisteminde kullanılması ile ulusal ölçekteki yapı endüstrisinde; malzeme kaynakların doğru şekilde uzun yıllar değerlendirilmesi, iş gücünün ve makinenin verimli kullanılması ile başarılı proje yönetimi sağlanacaktır. Bunun paralelinde proje yönetimine ait süreçte maliyet, kalite ve süre parametreleri optimum düzeyde kullanılacaktır. Bu çalışmanın gelecekte bu alanda yapılacak akademik çalışmalara katkıda bulunması, proje

paydaşlarının gelişimine katkı koymasını beklenmektedir. Gelecekte yapı sektöründe oluşacak gelişmeler için bir temel oluşturulmaya çalışılmıştır. İlerleyen süreçte Endüstri 5.0 üzerinden konunun tekrar tarafımızca ele alınması için bu çalışma bir başlangıç olarak görülmektedir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Zafer Tarık TANER: Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Z. Özlem PARLAK BİÇER: Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Özsoyulu A. F., "Endüstri 4.0", *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21: 41-64, (2017).
- [2] Yıldız A., "Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22: 546-556. (2018).
- [3] Taner Z. T., "Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Yapım Yönetiminin Çukurova Bölgesinde İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2019).
- [4] https://intes.org.tr/wp-content/uploads/2019/11/insaat_raporu-kasim-1.pdf, "Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası, İnşaat Sektörü Raporu Kasım 2019", (28 Mart 2020).
- [5] Oberlender D. G., "Project Management For Engineering And Construction", *The McGraw-Hill Companies*, 2, Singapur, (2000).
- [6] Gültekin T., "Proje Yönetimi Yapım Öncesi Süreci", *Palme Yayınevi*, Ankara, (2007).
- [7] Sung T. K., "Industry 4.0: a Korea perspective", *Technological forecasting and social change*, 132: 40-45, (2018).
- [8] http://www.ebso.org.tr/ebso-media/documents/sanayi-40_88510761.pdf, "Ege Bölgesi Sanayi Odası, Sanayi 4.0", (28 Mart 2020).
- [9] Schwab K., "Dördüncü Sanayi Devrimi", 1, Zülfi Dicleli, *Optimist Yayıncılık*, İstanbul, (2016).
- [10] <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e81659931fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>, "Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi (ACATECH), Endüstri 4.0 Çalışma Grubu Raporu", (28 Mart 2020).
- [11] https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf, "General Elektrik Ticaret ve Servis A.Ş., Endüstriyel İnternet: Zihin ve Makinelerin Sınırlarını Zorlamak", (1 Nisan 2020).
- [12] Herter J., Ovtcharova J., "A model based visualization framework for cross discipline collaboration in industry 4.0 scenarios", *Procedia CIRP*, 57: 398-403, (2016).
- [13] Lee J., Bagheri B., Kao H. A., "A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems", *Manufacturing Letters*, 3: 18-23, (2015).
- [14] Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M., "Industry 4.0", *Business & Information Systems Engineering*, 6: 239-242, (2014).
- [15] Cemernek D., Gursch H., Kern R., "Big Data as a promoter of industry 4.0: Lessons of the semiconductor industry", *IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics*, Emden, Germany, 239-244, (2017).
- [16] <https://www.smaris.com/features-2/> "Smaris, Endüstri 4.0", (28 Mart 2020).
- [17] Sezer O. B., Dođdu E., Özbayođlu A. M., "Context-Aware Computing Learning and Big Data in Internet of Things: A Survey", *IEEE Internet Things Journal*, 5: 1-27, (2018).
- [18] Witkowski K., "Internet of Things, Big Data, Industry 4.0- Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management", *7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, Procedia Engineering*, Bialystok, Poland, 763-769, (2016).
- [19] Bagheri B., Yang S., Kao H.A., Lee J., "Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment", *IFAC Conference*, Sydney, Australia, 1622-1627, (2015).
- [20] Rübmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnisch M., "Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries" *Boston Consulting Group*, 9: 54-89, (2015).
- [21] Bahrin M. A. K., Othman M. F., Azli N. N., Talib, M. F., "Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic", *Jurnal Teknologi*, 6: 137-143, (2016).
- [22] Salkin C., Öner M., Üstündađ A., Çevikcan, E., "A conceptual framework for Industry 4.0", In Industry 4.0: Managing The Digital Transformation, *Springer*, İsviçre, (2018).
- [23] Hassan M., Liu D., "Simultaneous area partitioning and allocation for complete coverage by multiple autonomous industrial robots", *Autonomous Robots*, 41: 1609-1628, (2017).
- [24] Mourtzis D., Doukas M., Bernidaki D., "Simulation in Manufacturing: Review and Challenges", *Procedia CIRP* 25: 213-229, (2014).
- [25] Weyer S., Meyer T., Ohmer M., Gorecky D., Zühlke D., "Future modeling and simulation of CPS-based factories:

- an example from the automotive industry”, *IFAC-PapersOnLine*, 49: 97-102, (2016).
- [26] Alcácer V., Cruz-Machado V., “Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems”, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22: 899,919, (2019).
- [27] Bulut E., Akçacı T., “Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında türkiye analizi”, *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4,7: 55-77, (2017).
- [28] Schuh G., Potente T., Wesch-Potente C., Weber A.R., “Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0” *Procedia Cirp*, 19: 51 – 56, (2014).
- [29] Stock T., Seliger G., “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0”, *Procedia Cirp*, 40: 536-541, (2016).
- [30] Suri A., Cuccuru J., Cadavid S., Gérard W., Gaaloul S., Tata, S., “Model-based development of modular complex systems for accomplishing system integration for industry 4.0”, *5th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, Porto, Portugal, 487-495, (2017).
- [31] Erboz G. “How to define industry 4.0: main pillars of industry 4.0”. *Szent Istvan University*, 1-9, (2017).
- [32] Wang S., Wan J., Zhang D., Li D., Zhang, C., “Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination”, *Computer Networks*, 101: 158-168, (2016).
- [33] Wang S., Wan J., Li D., Zhang C., “Implementing smart factory of industrie 4.0: an Outlook”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12: 1,10 (2016).
- [34] Rahman H., Rahmani R., “Enabling distributed intelligence assisted future internet of things controller (fitc)”, *Applied computing and informatics*, 14: 73-87, (2018).
- [35] Hozdić E., “Smart factory for industry 4.0: A review”, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7: 28-35, (2015).
- [36] Akhtar P., Khan Z., Tarba S., Jayawickrama U., “The Internet of Things, dynamic data and information processing capabilities, and operational agility”, *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 307-316, (2018).
- [37] Piedrahita A. F. M., Gaur V., Giraldo J., Cardenas A. A., Rueda S. J., “Virtual incident response functions in control systems”, *Computer Networks*, 135: 147-159, (2018).
- [38] Jansen C., Jeschke S., “Mitigating risks of digitalization through managed industrial security services”, *AI & SOCIETY*, 33: 163-173, (2018).
- [39] Xu X., “From cloud computing to cloud manufacturing”, *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 28: 75-86, (2012).
- [40] Kim H., Lin Y., Tseng T. L. B., “A review on quality control in additive manufacturing”, *Rapid Prototyping Journal*, 24: 645-669, (2018).
- [41] Rennung F., Luminosu C. T., Draghici A., “Service provision in the framework of Industry 4.0”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 221: 372-377, (2016).
- [42] Hořejší, P., “Augmented reality system for virtual training of parts assembly”, *Procedia Engineering*, 100: 699-706, (2015).
- [43] Rentzos L., Papanastasiou S., Papakostas N., Chryssoulouris G., “Augmented reality for human-based assembly: using product and process semantics”, *IFAC Proceedings*, 46: 98-101, (2013).
- [44] Vaidya S., Ambad P., Bhosle S., “Industry 4.0—a glimpse”, *Procedia Manufacturing*, 20: 233-238, (2018).
- [45] Mert H., Kucukkoglu N., “PMI Methodology in project management and applicability in Turkey”, *PressAcademia Procedia*, 2: 564-569, (2016).
- [46] Sorguç D., “İnşaat Uygulama ve Yönetim Mühendisliği Kapsamında Proje Yönetiminin Temel Ögesi: İnsan (Niteliği)”, *3. Yapı İşletmesi Kongresi Bildiriler Kitabı*, İzmir, 54-68, (2005).
- [47] Gökuç, Y. T., “Yönetimsel Modaların Yapım Yönetimi Alanında Bibliyografik Yöntemle İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- [48] Heldman K., “PMP: project management professional exam study guide”, *John Wiley & Sons*, 9, İndiana, (2018).
- [49] Özkürkçü Ö., “Yapı Üretimi Kapsamında Proje Yönetimi ve Proje Yönetiminde Bilgisayar Kullanımı”, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (1996).
- [50] Kerzner, H., “Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling”, *John Wiley & Sons*, 7, New Jersey, (2009).
- [51] <http://birecik.harran.edu.tr/assets/uploads/sites/21/files/yonetimveorganizasyon24032019-23032019.pdf>, “Harran Üniversitesi, Yönetim ve Organizasyon”, (5 Nisan 2020).
- [52] Parlak Biçer Z. Ö., Taner Z.T., Sarı M., Bayram S., “Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi Morfoloji Binası Yapımının Organizasyon Ve Standardizasyonu”, Geleceğin Dünyasında Bilimsel Ve Mesleki Çalışmalar 2020 Mühendislik Bilimleri, *Ekin Basım Yayın*, Bursa, (2020).
- [53] Institute P. M., “A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK (R) Guide”, *Project Management Institute*, Pensilvanya, (2013).
- [54] Hossain L., “Communications and coordination in construction projects”, *Construction Management And Economics*, 27: 25-39, (2009).
- [55] Bailetti A. J., Callahan J. R., DiPietro P., “A coordination structure approach to the management of projects”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 41: 394-403, (1994).

- [56] Heap A., “Improving Site Productivity In The Consturction Industry”, *International Labour Office*, Geneva, (1987).
- [57] <https://www.pc.gov.au/research/ongoing/productivity-insights/2013/2013-pc-productivity-update2.pdf>, “Avustralya Verimlilik Komisyonu, Verimlilik Güncellemesi 2013”, (6 Nisan 2020).
- [58] <https://www.undp.org/content/dam/turkey/white-book/Beyaz%20Kitap%20TR%20FINAL.pdf> , “T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Beyaz Kitap”, (6 Nisan 2020).
- [59] Kuruoğlu M., Sümer L. “Verimlilik Kavramı Ve İnşaat Sektöründe Yönetmelik Verimliliğinin Geliştirilmesi”. *Dünya İnşaat* , 6: 76-79, (2003).
- [60] http://kisi.deu.edu.tr/uzeyme.dogan/dosyalar/Uretim_Islemler_Yonetimi_02.pdf, “Dokuz Eylül Üniversitesi, Üretim İşlemler Yöntemi”, (6 Nisan 2020).
- [61] El-Gohary K. M., Aziz R. F., “Factors influencing construction labor productivity in Egypt”, *Journal Of Management İn Engineering*, 30: 1-9, (2014).
- [62] https://intes.org.tr/wp-content/uploads/2020/03/insaat_raporu-%C5%9Fubat.pdf , “Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası, İnşaat Sektörü Raporu”, (6 Nisan 2020).
- [63] Gurmu A. T., “Construction materials management practices enhancing labour productivity in multi-storey building projects”, *International Journal of Construction Management*, 20: 77-86, (2020).
- [64] <https://www.iso.org/home.html>, “Uluslararası Standartlar Teşkilatı”, (6 Nisan 2020).
- [65] www.ksu.edu.tr, “Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı, 2019. Kalite Güvence ve Standartları”, (8 Nisan 2020).
- [66] Ertuğ, A., “Standart ve Standardizasyon”, *Ankara Ticaret Borsası*, Ankara, (2015).
- [67] <http://web.bilecik.edu.tr/bulent-turan/files/2014/11/std.pdf>, “Bilecik Üniversitesi, Standart ve Standardizasyon”, (15 Nisan 2020).
- [68] <https://www.tse.org.tr/>, “Türk Standartları Enstitüsü”, (11 Nisan 2020).
- [69] https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/03/201703_03-4-1.pdf, “TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ulusal Standardizasyon Strateji Belgesi ve Eylem Planı”, (15 Nisan 2020)
- [70] Vanhoucke M., “Work continuity constraints in project scheduling”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 132: 14-25, (2006).