

Endüstri 4.0: Üretimde Kavram ve Algı Devrimi

Orhan Dengiz

Yrd. Doç. Dr.

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri
orhan.dengiz@gmail.com
+90 543 514 64 65

Geleceğin üretim modellerini geliştireceği söylenen ve hızlıca içine girmekte olduğumuz yeni bir sanayi devrimi, “Endüstri 4.0” veya “4. Endüstri devrimi” olarak adlandırılıyor. Endüstri 4.0’ı oluşturacak akıllı sistemler, yenilikçi yaklaşımların, yeni teknolojilerin, ileri teknolojilere sahip bilgisayarların, yeni yazılımların ve nitelikli insan kaynağının etkileşimli çalışması ile sağlanabilmektedir. Bu süreç geleceğin endüstrisini nasıl şekillendirecek? “Nesnelerin İnterneti,” “Bulut Bilişim,” “Üretim Bulutu,” “Artırılmış Gerçeklik” gibi kavramlar bu süreçte Endüstri 4.0 devriminin neresinde olacak? gibi sorular bu yazıda ele alınacak ve açıklanmaya çalışılacaktır. Yakın gelecekte tasarım ve üretim ortamlarının nasıl şekilleneceği ve bu döneme nasıl hazır girilebileceği konuları tartışılacaktır. Bir inceleme ve öngörü yazısı olan bu makalede bu sorulara cevap aranırken, saha tecrübelerinden edinilen gerçek uygulamaların bilişim sistemleri tarafındaki temel adımları tarif edilerek bir başlangıç yol haritası önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, 4. Sanayi Devrimi, Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti

GİRİŞ

21. Yüzyılın neredeyse otuzuncu yılına girerken endüstriyel dünyanın; giderek hayatın her alanında artan dijitalleşme hareketinden kaynaklı büyük bir değişim dalgası içinde olduğunu gözlemliyoruz. İş ve sanayi dünyasındaki karşılığı “Dördüncü Sanayi Devrimi” veya “Endüstri 4.0” olarak adlandırılan bu değişim dalgası, modern endüstriyel süreçlerin devrim niteliğinde değişimlere uğraması ve imalat, lojistik, sağlık, turizm, perakende vb. birçok sektörde işin yeniden tanımlanması, bugün var olmayan birçok mesleğin yaklaşık 10 yıl içinde doğması anlamına gelecektir.

İmalat sektöründe ileri teknolojilerin kullanılmasıyla değişime uğrayan geleneksel sanayi artık akıllı sistemlerin yer aldığı bir süreç olarak anılmaktadır. Bilindiği gibi Almanya’nın bir yüksek teknoloji stratejisi 2020 aksiyon planı projesi olarak ortaya çıkan bu yaklaşım aslında günümüz teknolojisindeki hızlı gelişmelerin getirdiği yenilikçi yaklaşımların doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve hem araştırmacıların hem de sektörün büyük ilgisini çekmiştir [7,8]. Bu değişimin önümüzdeki yıllarda her sektörü hızla etkisi altına alacağı açıktır ve bu dönüşüme ayak uyduramayan kuruluşlar çok

uzak olmayan bir gelecekte mevcut şekli ile operasyonlarını sürdüremeyecekleri gerçeği ile karşılaşacaklardır.

İnsanlık tarihinin en önemli dönüm noktası olan tarım ve insan gücüne dayalı ekonomiden makine ve seri üretimin öne çıktığı ekonomiye geçişi içeren “Birinci Sanayi Devrimi” İngiltere’den başlayarak bütün Avrupa’ya, oradan da Dünya’ya yayılmıştır. Birinci Sanayi Devrimi enerjisini fosil yakıtlardan temin ederek yeni bir enerji türü olan buhar gücü ile çalışan makinelerin üretimde kullanılmasıyla gelişmiştir. “İkinci Sanayi Devrimi” döneminde ise endüstri elektrik enerjisine dayalı olarak gelişmiştir. Henry Ford’un seri üretim otomobili bu dönemde üretilmiştir. Endüstri mühendisliğine giriş derslerinde verilen en tipik örneklerden biri olan Henry Ford montaj hattında Taylor’un ilkeleri ve hareketli montaj hattı uygulanarak düşük maliyetli seri üretime geçilmiştir. “Üçüncü Sanayi Devrimi” elektronik ve bilişim teknolojilerinin kullanımı ile ortaya çıkmış ve böylece bilgisayar destekli tasarım ve üretim kavramı endüstriye büyük bir hızla girmiştir. “Dijital Devrim” olarak anılan bu devrim sürecinde bilgisayar ve iletişim teknolojisi hızlı gelişerek beraberinde

bilgisayar destekli tasarımı, kontrol sistemleri ve üretim sistemlerinde otomasyonu getirmiştir. Bu dönem “*Bilişim Teknolojisi Dönemi*” olarak da anılmaktadır. Amerika’da 1960’lı, Türkiye’de 1990’lı yıllarda yaşamımızın her alanına giren internet sosyal ve teknik alanda bilgiye erişimi hızlandırarak büyük bir toplumsal değişime yol açmıştır.

Endüstri 4.0 veya Dördüncü Sanayi Devrimi bir transformasyon anlayışı veya zihniyeti ile beslenen sürekli bir gelişim hareketidir. Bu anlayışın nihai hedefi; dijital gelişmelerin getirdiği imkân ve yenilikler ile birlikte üretimde daha verimli ve efektif yani daha rekabetçi hale gelmektir.

Endüstri 4.0 anlayışını yaratan ve onu sürekli motive eden temel lokomotif; bilgi teknolojileri, sensör teknolojileri ve telekomünikasyon alanında gerçekleşen gelişme-yaygınlaşma ve ucuzlamadır. Nesnelerin interneti olarak adlandırılan; temelde bilgisayar olmayan nesnelerin internet protokolü ile veri alabilen ve gönderebilen hale gelmeleri bu teknolojik gelişmeler ile birlikte mümkün olmuştur. Yeterince küçültülebilen mikroişlemciler, küçülmekle birlikte kat kat artan hafıza ve veri depolama aygıtları, gelişen telekomünikasyon sistemleri ile birlikte kablolu geniş alan ağlarının getirdiği hareket serbestliği gibi imkanlar nesnelerin internetini doğurmuştur. Buna paralel olarak özellikle bulut bilişim teknolojisi ile elde ettiğimiz yüksek işlemci ve veri depolama kapasiteleri çok noktadan sürekli toplanan veri veya daha yaygın ismi “*Büyük Veri*” ile çalışmayı mümkün kılmıştır [6]. Nesnelerin interneti, Endüstri 4.0 kavramlarının hayata geçirilmesi için en önemli bileşen kabul edilebilir [15].

Nesnelerin interneti McKinsey&Company tarafından şöyle tanımlanmıştır: “Bilgisayar sistemlerine bir ağ ile bağlanabilen sensörler ve aktüatörler (çalıştırıcılar). Bu sistemler üzerinde buldukları nesnelerin fiziksel şartlarını ölçebilir, sağlık durumlarını algılayabilir ve işlemlerini yönetebilirler. Benzer nesnelere doğal yaşam, insan veya diğer canlılarla ilgili de algılama amaçlı uygulamalarda kullanılabilir.” [1]

Sensör ve nesnelerin interneti teknolojisinin gelişmesi akıllı sistemleri günlük yaşamımıza içine hızla sokmaktadır. Günümüzde akıllı sistemler kullandıkları ileri teknolojiyle çok farklı alanlarda uygulama bulmaktadır. Akıllı iletişim, akıllı şehirler, akıllı binalar, akıllı evler, akıllı televizyon, akıllı üretim, akıllı tarım sistemleri gibi daha birçok alanda benzeri tabirler sıkça duyulmaktadır. İçinde “*akıllı*” geçen tüm kavramlar da nesnelerin interneti ile bu özelliğe sahiptirler [3].

Doğal fiziksel dünyamızdaki algılamaların sensörler vasıtası ile bir elektronik sinyale, sonrasında da iletim, işlem ve depolama amacı ile dijital veriye dönüştürülmesi dijitalleşmenin en temel adımıdır. Tüm bu işlemlerin yapılabilmesini sağlayan teknolojilerin tamamı da dijital teknoloji olarak adlandırılabilir. Endüstri 4.0 kavramı ile birlikte sıklıkla geçen başka bir kavram ise “*Dijitalleşme*” veya “*Dijital Dönüşüm*” dür. Dijitalleşme de dijital teknolojiler kullanılarak iş modellerini değiştirmek ve yeni gelir kaynakları sağlayacak veya değer üretecek fırsatlar yaratmak olarak tanımlanmaktadır [5].

Fiziksel dünyanın dijital veriler ile algılanması ve komuta edilebilmesi “*Siber Fiziksel Sistem*” olarak ifade edilen kavramı da doğurmuştur [13]. Siber fiziksel sistemler entegre edilmiş iletişim, bilgi işlem, kontrol ve sensör sistemleri olarak tanımlanabilir [2]. Siber fiziksel sistemler gerçek/fiziksel ve sanal/dijital dünyayı bir araya getiren sistemlerdir [8]. Yukarıda bahsedilen Nesnelerin İnterneti, İletişim ve Bulut Bilişim Sistemleri gibi tüm teknolojilerin entegrasyonu ile bir sonraki adım olan siber fiziksel sistemler mümkün hale gelmiştir. Fiziksel dünya ile dijital dünyanın bu birleşimi yine sanayide çokça duyulmaya başlayan; fiziksel nesne veya sistemlerin bire bir dijital karşılıklarını ifade eden “*Dijital İkiz*” kavramını yaratmıştır.

Tüm bu yeni türetilen isimlendirmeler ve kavramlar aslında vizyonerlerin hayal ettikleri bu ileri düzey sanayi ortamının bileşenlerinin ifade edilmesi amacı ile oluşmakta ve araştırmacıların üzerinde yoğunlaştıkları alanları belirtmektedir. Hedeflenen nokta, teknolojinin tüm olanaklarının ortak bir platformda birleştirilmesi ve insanlığın geleceğindeki sanayi ortamının tamamen bilgiye dayalı, gerçek ve güvenilir veri kullanılarak analitik çözümler ile yönetilen, akıllı robotik ve otomasyon sistemlerinin ağırlıklı olarak kullanıldığı bir şekle sokulmasıdır.

Bugün Endüstri 4.0’ın dünyada ve ülkemizdeki uygulamalarına baktığımızda bazı alanlarda uygulamaların öncelik kazandığını söyleyebiliriz. İmalat sanayi alanındaki önemli konulardan biri olan ürün tasarımından ürünün pazara, oradan da müşteriye ulaştırılmasına kadar olan ve “*Tedarik Zinciri Yönetimi*” (Supply Chain Management) olarak isimlendirilen lojistik sürecin izlenmesi ve daha verimli yönetimi, akıllı sistemlerin kullanılması ile kolaylaşarak yaygınlaşacaktır. Başta imalat sanayi olmak üzere tüm sektörlerde “Enerji Verimliliği” konusunda Endüstri 4.0 teknolojileri ile canlı izleme ve analiz sistemleri yaygınlaşmaktadır. Kaynakları kısıtlı veya çok maliyetli olan operasyonların gerçek zamanlı veri ile optimize

edilmesi önemli kazanımlar yaratmaktadır. Bu da teknolojik yatırım kararlarının kısa süreli geri dönüşler sayesinde kolay verilmesini sağlamaktadır. İmalat sanayinin yanı sıra Lojistik, Enerji Verimliliği, Sağlık Hizmetleri, Hizmet Sektörü vb. alanlar da Endüstri 4.0 teknolojilerinin önemli uygulama alanlarıdır.

ENDÜSTRİ 4.0 HAYATIMIZI NASIL ETKİLEYECEK?

Endüstri 4.0 devrimi ile fabrikadaki makineler ve sistemler ile dijital iletişim sağlanarak verimlilik artışı nasıl sağlanacak? Giderek robotlara devredilen imalat işleri sonucunda daha az sayıda insan kaynağı mı gerekecek? Bu ve benzeri soruların artması kaçınılmazdır. Diğer yandan bu gelişimin işsizliği tetikleyeceği kaygısı da beraberinde düşünülmesi gereken bir olgu olarak karşımızdadır. Bundan önceki sanayi devrimlerinin de benzer sorgulamalara maruz kaldığını düşünecek olursak, her defasında aslında ekonomilerin büyüdüğünü, refahın arttığını ve daha fazla iş imkânı yaratılmış olduğunu biliyoruz. 4. Sanayi devrimi de benzer bir etki yaratacaktır. Bütün bu teknolojik yatırımların gerçekleştirilebilmesi için elbette zaman ve daha da önemlisi niteliksiz insan gücü yerine yetiştirilmiş nitelikli insan gücü gereksinimi artacaktır.

Bu projeleri gerçekleştirecek olan nesiller bugün dünyada ilkokul çağlarından itibaren yaşlarına uygun seviyede kodlama dersleri almakta, ortaokul ve lise çağlarında 3 boyutlu tasarım programları ile ekip olarak tasarladıkları robotları 3 boyutlu yazıcılar ile üretip, gömülü yazılımlarını geliştirdikleri mikro işlemciler ile kontrol ederek yarıştırmaktadırlar. Endüstri 4.0 kavramı hayatın her alanında bugün bilinmeyen meslekler yaratacak ve yeni nesillere yepyeni iş imkanları yaratacaktır.

ENDÜSTRİ 4.0 SAHA UYGULAMALARI

Bu bölümde, giriş bölümünde Endüstri 4.0 ile birlikte sözü edilen “*Siber Fiziksel Sistemler*,” “*Dijital Teknolojiler*,” ve belki en önemlilerinden “*Nesnelerin İnterneti*” teknolojilerinin geçecek bir uygulama için nasıl bir araya getirilerek nihayetinde bir sanayi uygulaması yaratıldığı anlatılmaktadır.

Uçtan uca bir nesnelerin interneti uygulaması dört fazdan meydana gelir: 1- Makinelerin, cihazların veya sistemlerin gerekiyorsa modernize edilerek bir ağa bağlı hale getirilmesi. 2- Bağlı hale getirilen sistemden toplanan veriler için bir veri tabanı sistemi oluşturulması ve bu verileri kullanacak tüm uygulamalar için erişilebilir olması 3- Nesnelerin interneti uygulamalarının geliştirileceği, başka bir deyişle iş zekasının programlanacağı ortamın oluşturulması 4- Son kullanıcı uygulamalarının grafik ara yüz sistemlerinin barındırılacağı ortamların

oluşturulması ve uygulamanın hayata geçirilmesi [14]. Bu dört ana faz aşağıda detaylı olarak incelenecektir.

1. Makine ve sistemlerin bağlı hale getirilmesi

Makine, cihaz ve sistemlerin bağlı hale getirilmesi herhangi bir nesnelerin interneti uygulaması için en temel adım olmaktadır. Eğer sistemler üretici tarafından bağlı ve veri iletişimine hazır imal edilmemişler ise bir modernizasyon yapılarak bağlı hale getirilebilir. Bu modernizasyon genellikle makineye ilave edilen sensörler (algılama), aktüatörler (kontrol) ve bağlantıyı sağlamak üzere kurulacak olan bir ağ geçit cihazı (iletişim) ile yapılır. İnternete bağlı hale getirilen makineler, nesnelerin interneti teknolojisi kullanılarak bir “*Cihaz Bulutu*” platformu üzerinden kontrol edilebilir duruma gelmiştir. Makinelerin anlık durumları, performans ölçümleri, alarmları ve bakım kayıtları gibi veriler cihaz bulutu üzerinden canlı olarak erişilebilir hale gelmiş, operasyon esnasında makinelerin gönderdiği veriler periyodik olarak kayıt altına alınır hale gelmiş ve gerektiğinde yüzlerce veya binlerce makine tek bir merkezden kısa sürede talimat alabilen veya yazılımı güncellenebilen büyük bir sistem haline getirilmiş olur.

2. Bağlı sistemler için bir veri tabanı oluşturulması

Endüstri 4.0 kavramı olarak tamamen veriye dayalı bir sistemi tanımlar. Herhangi bir operasyon için alınan tüm kararlar, analitik işlemler, çizelgeleme, rotalama, sıralama gibi tüm optimizasyon işlemleri gerçek veri ile; çoğu zaman gerçek zamanlı veri ile yapılmalıdır. Sensör verileri başta olmak üzere makineler ve üretim sistemleri tarafından üretilen tüm veriler gerektiğinde yazılım uygulamalarının erişimine açık olacak şekilde saklanmalı ve yüksek performansla kullanılabilir. Bu verilerin kullanılabilmesidir.

Endüstri 4.0 veya nesnelerin interneti uygulamalarında uzun zamandır geliştirilmekte olan ilişkisel veri tabanlarının yanında “*NoSQL*,” “*Çizge*,” ve “*Zaman Serisi*” veri tabanları gibi yeni nesil veri tabanı sistemleri kullanılmaktadır. Bir Endüstri 4.0 uygulaması için kullanılan veri tabanı sistemleri birçok farklı noktadan gelen verileri kayıt etmesi beklenen ve birçok farklı noktadan erişim ve sorgu için emre amade olması beklenen sistemlerdir. Bu sebeple Endüstri 4.0 veya nesnelerin interneti uygulamaları için kullanılacak olan veri tabanı sistemlerinin bulut tabanlı olması gereklidir. Bu gereklilik aynı zamanda hem performans hem de depolama kapasitesi açısından ölçeklenebilir olma avantajını getirecektir.

Günümüzde bulut bilişim hizmeti sağlayan kuruluşlar farklı tiplerde veri tabanlarını kullanıcıların hizmetine kısa sürede verebilmekte, depolama alanı ve işlem gücü açısından ölçeklenebilir çözümler sunmakta ve yine bulut teknolojisinin yardımı ile paralel yedekleme yaparak veri güvenliği konusunda da önemli servisleri sağlamaktadırlar. Endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti uygulamaları için bu tip sistemler kesintisiz servis sağlanması yönünden de tercih edilmektedir.

3. İş zekasının geliştirileceği ortamın oluşturulması

Makalenin giriş bölümünde tarif edilen siber fiziksel sistemler bu fazda geliştirilen uygulamalar ve bunların fiziksel sistemlerle entegrasyonu ile sağlanır. Bir Endüstri 4.0 uygulaması veya nesnelerin interneti uygulaması doğası itibarı ile internet veya lokal ağ üzerinden erişilebilen bir uygulama olmalıdır. Sistemler arası entegrasyon sağlanması gerekliliği, cihaz bulutları ile yönetilen makinelere bağlanma gerekliliği, bulut üzerinde var olan veri tabanı sistemlerine bağlanma gerekliliği gibi sebepler iş zekâsı katmanının da erişilebilir bir ağ üzerinde olmasını şart koşmaktadır.

Gerçek bir Endüstri 4.0 uygulamasında sahada var olan birçok sistemin üretici kaynaklı bir yazılım sistemi olacaktır. Her biri farklı bir markanın ürünü olabilir ve sistemler, bu yazılımlar vasıtası ile farklı iletişim protokolleri ile dış dünya ile haberleşiyor olabilir. Tüm bu farklı sistemleri ortak bir platformda bir araya getirmek, veri analizlerini gerçekleştirmek, optimizasyon işlemlerini gerçekleştirmek ve siber fiziksel sistemin beyni olmak bu iş zekâsı geliştirme ortamının görevidir.

İş zekâsı ortamı her türlü dış sistem ile entegre olabilecek bir yapıya sahip olmalıdır. Uygulamanın gerektirdiği değişik veri tabanlarına bağlanabilmeli ve bu veriler ile kendi üzerinde geliştirilecek olan algoritmaları koşturabilmelidir. İş zekâsı ortamı olay güdümlü programlamayı desteklemelidir. Gerçek zamanlı veri akışı ile tespit edilen bazı özel durumlarda alarm oluşturmak, belirli kuralları uygulamak, sistemlere komut göndermek, yetkililere uyarı mesajları atmak vb. konuları olay güdümlü mekanizmalar ile gerçekleştirmelidir.

Dış sistemlere tam entegre olabilme yeteneği, iş zekâsı ortamının üzerinde geliştirilen tüm fonksiyonların, algoritmaların ve işleyişin de dış sistemler tarafından kullanılabilir olması demektir. Veri tabanı sistemlerine benzer şekilde; iş zekâsı ortamları için de bulut çözümleri ideal platformlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir uygulama altyapısı geliştirilirken halihazırda var olan birtakım özel

algoritmalarından faydalanmak, ölçeklenebilir kapasitelerden ve yedekleme sistemlerinden yararlanmak büyük avantajlar doğurmakta ve sistemlerin kısa sürede kurularak hizmet vermesini sağlamaktadır [13].

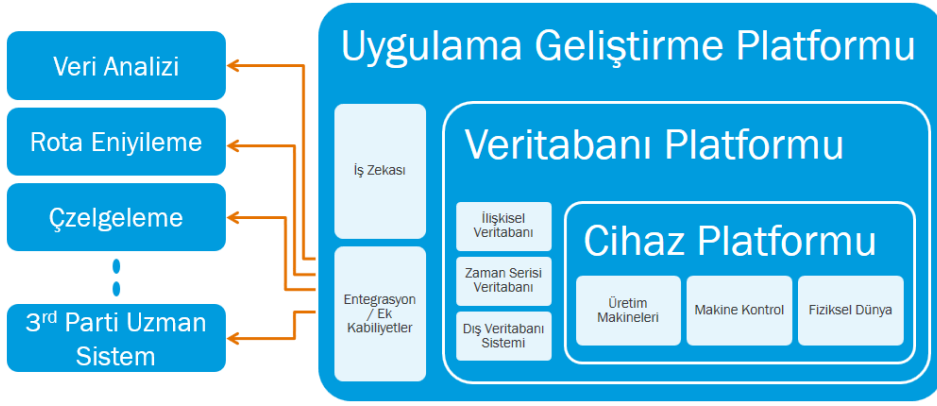
4. Son kullanıcı ara yüzlerinin geliştirilmesi

Endüstri 4.0 uygulamaları, nihayetinde bir sistem işleten insanların faydalanacağı uygulamalardır. Son kullanıcı bir şirketin CEO'su olabileceği gibi daha alt kademe yöneticiler, mühendisler, şefler ve saha operatörleri olabilir. Uygulama ara yüzleri kullanıcı grubuna ve yetkilerine göre dinamik olarak ilgili içeriği sunacak şekilde geliştirilmelidir. Kullanıcının görmesi gerektiği kadar bilgiyi ve yetkileri dahilinde sistem kontrol mekanizmalarını sunması gerekir.

Endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti son kullanıcı uygulamalarının da ortak özelliği ağ üzerinden erişilebilir uygulamalar olmasıdır. Dolayısı ile son kullanıcı ara yüzleri web tarayıcılar üzerinde çalışan web uygulamaları olmaktadır. Bu katmanın geliştirilmesinde modern web teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Son kullanıcı ara yüzü iş zekâsı katmanı ile direkt entegre olmuş ve onun üzerinden siber fiziksel sistem ile son kullanıcının etkileşimini sağlamıştır. Arka plandaki sistemlerin farklılıkları, iletişim protokolleri veri kaynaklarındaki farklılıklar son kullanıcı için tek bir ortamda toplanarak efektif bir şekilde amaca hizmet eden bir uygulama olarak sunulmuştur.

ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMA PLATFORMLARI

Endüstri 4.0 uygulamaları, çok farklı sistemleri bir araya getiren uygulamalar olmaları dolayısı ile sistematik geliştirmeye imkân tanıyan yazılım geliştirme platformları ortaya çıkmıştır. Bugün dünya üzerinde ulusal ve uluslararası arenada onlarca nesnelerin interneti veya Endüstri 4.0 uygulama platformu sunulmaktadır. Her biri farklı özelliklere sahip olan bu platformlardan bazıları ağırlıklı olarak cihaz bulutu yönetimi sağlarken bazıları da yalnızca web tabanlı uygulama geliştirme konusunda yeteneklidir. Genel bir tanımlama ile nesnelerin interneti platformları bir yazılım geliştirmek için kullanıcının farklı yazılım modüllerinin maliyet ve karmaşıklıklarından koruyan, farklı makine ve yazılım sistemleri ile kolay entegre olabilen, gerektiğinde kullanılabilmek üzere internet üzerindeki paylaşımlı ağlara, sunuculara, uygulamalara ve servislerle kolaylıkla açılan, seri biçimde provizyon ve ölçeklenebilme yeteneği olan sistemlerdir [14]. Uçtan uca bir Endüstri 4.0 uygulaması geliştirmek için gereken platform aşağıdaki özellikleri barındırmalıdır:



Şekil 1. Endüstri 4.0 Uygulama Geliştirme Platformu Katmanları

- 1- Cihaz bulutu yönetimini sağlamalı
- 2- Farklı tiplerde veri tabanı yönetimini sağlamalı
- 3- Olay güdümlü mimariye sahip olmalı
- 4- İçinde iş zekası geliştirilebilmeli
- 5- İnternet üzerindeki her türlü 3. Parti sistemin servislerini kullanabilmeli
- 6- Tüm özellikleri uygulama programlama ara yüzü (API) ile dışarıya açılabilmesi
- 7- Son kullanıcı ara yüzü geliştirme mekanizmaları olmalı
- 8- Çok kullanıcı, farklı yetkilere sahip farklı kullanıcı gruplarına hizmet verebilmeli
- 9- Modern siber güvenlik mekanizmalarına sahip olmalı

Şekil 1, yukarıda tarif edilen uygulama geliştirme platformunun genel yapısını ve entegre katmanlarını göstermektedir. Sanayide farklı Endüstri 4.0 projeleri hayata geçirilmeye devam edildikçe bu tip platformların yetenekleri de gelişecektir. Farklı siber fiziksel sistemleri ortak bir dilde buluşturmak ve sistemler arası veri akışını daha büyük faydalar sağlamak amacı ile gerçekleştirmek için bu platformların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir.

ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARINDA API'LERİN ÖNEMİ

“Uygulama Programlama Ara yüzü” veya daha sık karşımıza İngilizce’deki karşılığının kısaltması (Application Programming Interface) olarak çıkan API, yazılım dünyasında uzun zamandır var olan bir kavramdır. Geçmişteki yaygın kullanımı itibarı ile API; bir bilgisayar programının işlevinin farklı programlar tarafından kullanılmasını sağlamak üzere yazılımcılar tarafından geliştirilen ve diğer yazılımcıların kullanımına sunulan bağlantı modülleri idi. Bir yazılıma eklentiler veya 3. Parti yazılımlara

entegrasyonlar geliştirmek için bu yazılımın API bilgilerine ve erişimine sahip olmak gerekir.

Bulut bilişim teknolojilerinin gelişimi ve internet üzerinden bir bulut servisi olarak hizmet vermeye başlayan yazılımlara dönüşüm, beraberinde “Bulut API” (Cloud API) gibi yepyeni bir kavramı getirmiştir. Bulut API kavramı sayesinde bugün milyarlarca dolar ciro yapan bulut platformları oluşmuştur. Yazılım teknolojisinin geldiği bugünkü noktada artık API ekonomilerinden söz edilmektedir [9].

Bulut API’leri sayesinde internet üzerinde herhangi bir sunucuda hizmet vermekte olan yazılım platformları veya daha ufak ölçekli servisler (mikroservis) dünyanın herhangi bir yerinden gelen taleplere anında yanıt verebilmektedir. Örneğin, bulut üzerinde yüksek kapasiteli çizelgeleme eniyilemesi yapan bir servis, ihtiyacı olan işletmelere API’lerini açarak internet üzerinden gönderilen bir çizelgeleme problem verisinin çözümünü aynı API üzerinden istemciye gönderir. Problem başına belirli bir ücret karşılığı verilen bu hizmet sayesinde problem sahibi işletmenin bu yazılımı satın almasına ve üzerinde koşturacağı bir donanım sistemi yatırımına katlanmasına gerek kalmaz. Bulut üzerinden aynı hizmeti binlerce müşterisine veren algoritma sahibi ise kurmuş olduğu API ekonomisi ile ticari faaliyetlerini sürdürebilir ve hizmetini sürekli olarak geliştirebilir.

Bugün internet ve bulut bilişim sistemlerinin bu denli başarılı hizmetler üretmesi tamamen gelişen API teknolojisi sayesinde mümkün olmuştur. Farklı platformların birbirleri ile ortak çalışabilmesi de API’ler sayesinde mümkün olmaktadır [11]. API’lerin önemli bir özelliği ortak bir iletişim protokolü olmayan yazılım ve donanım sistemlerinin kolayca birbiri ile entegre olmasını sağlamaktır.

Günümüzde API'ler sadece yazılım sistemlerinin iletişim ucu olmanın yanında artık makinelerin ve donanım ürünlerinin de dış sistemler ile haberleşme birimidir. Makinelerin sensör bilgilerini almak veya makinelere komut göndermek için makine API'leri kullanılır.

İnternet protokolü bazlı API'ler ile nesnelerin interneti teknolojileri hız kazanmış ve Endüstri 4.0'ın tarif ettiği Siber Fiziksel Sistemler bu API'ler vasıtası ile kurulmaya başlanmıştır [10]. Nesnelerin interneti ve Endüstri 4.0 uygulamalarında bahsi geçen tüm katmanlar birbirleri ile API'ler üzerinden haberleşir [11,12]. Veri tabanı sistemlerinin veri girişi için, sorgulamalar için belirli API'leri bulunur. Benzer şekilde iş zekâsı katmanı uygulamalardan gelen hesaplama ve benzeri işlem taleplerini kendi API'si üzerinden alır. Makineler ile yapılan tüm haberleşme de ilgili makine API'leri üzerinden gerçekleştirilir.

ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARI VE PLATFORMLARDA GELİR MODELLERİ

“ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMA PLATFORMLARI” bölümünde özellikleri tarif edilen Endüstri 4.0 uygulama platformu tüm bu dış sistem API'leri ile entegre olarak uçtan uca fayda sağlayacak olan uygulamanın geliştirilmesini ve hizmet vermesini sağlar. API ekonomisi olarak tarif ettiğimiz ve “ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARINDA API'LERİN ÖNEMİ” bölümünde örneği verilen uygulama gibi bulut üzerinde hizmet vermek üzere geliştirilen platformlar tekrarlayan lisanslama modeli ile kullanıcı sunulmaktadır.

Yazılım lisanslama modellerinde, neredeyse tüm yazılım ürünlerinde bulut sistemleri ile birlikte periyodik (çoğunlukla yıllık) lisanslama modellerinin sunulduğunu görmekteyiz. Bununla birlikte özellikle API vasıtası ile yararlanılan hizmetler “kullandığın kadar öde” mantığı ile sunulmaya başlanmıştır. Bunun yine İngilizce'deki karşılığı kısaltması “SAAS” (software as a service) veya “PAAS” (platform as a service) yazılımın son kullanıcıya lisanslanmak yerine bir servis veya hizmet olarak sunulması anlamına gelmektedir. Yazılım firmaları artık ürünlerini son kullanıcıya satmamakta bunun yerine onlara kullandıkları oranda hizmet satmaktadır. Bu aslında bulut bilişim sistemlerinin yazılım dünyasında platform ekonomilerini nasıl yarattığının ve geliştirdiğinin bir göstergesidir.

ÜRETİM BULUTU

Endüstri 4.0 ile gözlemlenmekte olduğumuz bir diğer gelişme ise benzer gelir modellerinin makineler için de denenmekte olduğudur. Bugün makine üreticileri müşterilerine makineleri satmak yerine

kullandıkları kadar ödeyecekleri sistemler sunmaya başlamışlardır. İngilizce karşılığı ile “MAAS” (machine as a service) nesnelerin interneti teknolojileri ile sürekli performansı ve operasyonları takip edilen makinelerin müşteri işletmelerinde hizmete verilmesini ifade eder. Bu makinelerin kullanım verilerine göre faturalandırılması ile gelir elde edilen modeller sıkça görülmeye başlanmıştır. Makinenin üreticinin sahipliğinde kalması, bakımlarının aksatılmaması, gerekli zamanda gerekli parçalarına bakım yapılarak maliyetlerin azaltılması, makineden sürekli alınan veriler ile önleyici bakım faaliyetlerinin planlanması ve kullanım oranlarının yüksek tutulması gibi faydalar sağlanmaktadır [6]. Bu şekilde makine üreticileri sürekli bir gelir modeline kavuşurken müşteriler de operasyonlarında ekonomi sağlamakta, tüm taraflar kazanmaktadır. Bulut bilişim kavramının makinelerle uyarlanması ile “Üretim Bulutu” kavramı doğmuştur [16]. Üretim bulutu yalnızca API'ler ile kontrol edilen bir makine grubunu ifade eder ve bu makineler tamamen dijital otomasyon ile yönetilerek kendilerine gönderilen üretim emirlerini yerine getirir. Gerekli zaman gerektiği sayıda makine üretim projelerine atanarak makine kaynağının verimli kullanımı ve dinamik kapasite seviyeleri hedeflenen bu kavram, Endüstri 4.0 ile ulaşılabilecek son derece ileri seviye bir kurguyu tanımlamaktadır.

ÇEVİK ÜRETİM

Endüstri 4.0 ile birlikte dönüşüme uğrayan üretim sistemlerinin yanında üretimden çıkan akıllı ürünlerin de fabrikadan ayrıldıktan sonra başlayan hayatlarında nesnelerin interneti teknolojileri ile bağlı kalmaya devam edeceği ve hayat döngüsünü tamamlayana kadar üreticisine veri sağlayacağı bir dönem başlıyor. Bu da ürün tasarımında sürekli iyileştirme ve üretimde atık veya çevik olmak demek. Fabrikadan ayrılan bir ürünün ne tip ortamlara maruz kaldığı, hangi şartlar altında nasıl davranış gösterdiği, son kullanıcıdan ne tip geri bildirimler aldığı gibi veriler üreticiye anında ulaşacaktır. Bir tasarım, üretim halinde iken bile değişikliğe uğrayabilecek ve yeni versiyon ürün olarak hattan çıkabilecek [4].

SONUÇLAR

Endüstri 4.0 üretimde büyük değişimlere yol açacak teknolojileri geliştirmeyi ve uygulamayı öngören bir anlayış. Bu anlayış üzerine geliştirilen kavramlar gelecekte sanayinin nasıl bir üretim ortamına sahip olacağı konusunda yol göstericilik yapmaktadır. Bugün gelinen noktada tamamı internete bağlı makine ve sistemlerden oluşan ve sanal ortamda bir “Dijital İkizi” olan fabrikalardan söz edilmektedir. Çevik üretim teknikleri ile sürekli iyileştirilen ürün tasarımları, sürekli veri analizi ile

anormallikleri tespit ederek önleyici bakım faaliyetlerini yönetmek, artırılmış gerçeklik (AR) ile operatörlerin algılarını ve becerilerini artırmak, bu sayede operatörlerden kaynaklı varyasyonları minimize etmek mümkün olacaktır. Robotik üretim hatlarında sürekli ölçüm teknolojileri ile robotların tekrarlayan pozisyon veya boyutsal kaymalara yol açan kalibrasyon hataları insansız ve anında düzeltilenecektir. Endüstri 4.0, tam otomatik imalat sistemlerinin tasarlanması, yönetilmesi ve işletilmesi ile ilgili yeniliklerle fabrikaya, dolayısıyla mühendis ve operatörlerin iş hayatına girmiş olacaktır.

Endüstri 4.0 arayışları arasında bulut bilişim gelişmeleri ile birlikte bulut üretim kavramı da ortaya atılmıştır. Kavram olarak her yerde tasarla her yerde üret (Design Anywhere Manufacture Anywhere – DAMA) fikrini bulut teknolojileri ile hayata geçirmek mümkün olabilecektir. Özellikle 3 Boyutlu üretim teknolojilerin gelişmesi ile birlikte üretim bulutu ile tamamen uzaktan yönetilebilen makine gruplarına MAAS servisleri ile üretim yaptırmak mümkün olacaktır. Bu sayede tıpkı bulut bilişim sistemlerinde olduğu gibi kapasite artışları dijital olarak kontrol edilebilecek ve makine kaynakları dinamik olarak farklı müşteriler tarafından kullanılabilir.

Şu bir gerçek ki yeni sanayi devrimi, gelişen teknoloji ve know-how ile birlikte adım adım yaşanan bir değişim olacaktır. Bu yüzden Endüstri 4.0 aslında bir kavram veya bir anlayıştır. Bu anlayış ile sürekli geliştirilmeyen işletmeler piyasada rekabet güçlerini yavaş yavaş yitireceklerdir. Doğru yerde kullanılan teknolojiler üretim maliyetlerini düşürecek, kapasiteleri ve kaliteyi artıracak sonuçları doğuracaktır. Kısacası dünyanın kısıtlı kaynakları üretimi ve sanayinin diğer alanlarında Endüstri 4.0 ile birlikte çok daha verimli kullanılabilir hale gelecektir. Almanya'dan başlayan bu kavramsal hareketin Türkiye'de de karşılık bulması önemlidir ve büyük bir fırsattır. Ülkemizde oluşturulan kamu veya özel Endüstri 4.0 platformları, bilinç oluşturulması ve bu teknoloji değişiminin bir kültür olarak yerleşmesi için önemli adımlardır. Bununla birlikte Endüstri 4.0 içine giren tüm teknolojik konularda Ar-Ge ve alt yapı desteklerinin artırılması ve sanayinin bu konuda sürekli teşvik edilmesi çok önemlidir. En az bunun kadar önemli olan; orta okul seviyelerinde geleceğin mühendis ve teknik elemanına bu kavramları öğretmek için atılması gereken eğitim adımlarıdır.

Özel sektör firmalarının da kendi alanlarına uygun bir Endüstri 4.0 hedef planı doğrultusunda gelecek yıllarını planlamaları, bu yatırımlara mutlaka bütçe ve kaynak ayırmaları gerekmektedir. Bu teknolojileri geliştiren ve kullanabilen ülke ve kuruluşlar rekabette önde olacaklardır.

Industry 4.0: A Revolution of Concepts and Perceptions

The new industrial revolution that we are diving into; named as “Industry 4.0” or “4th Industrial Revolution” is expected to redefine the production models of the future. Industry 4.0 will be structured by interactive coordination of smart systems, innovative technologies, advanced software and qualified human resources. How is this process going to reform the future of the industry? Where and how concepts like “Internet of Things,” “Cloud Computing,” “Cloud Manufacturing,” “Augmented Reality” will fit in? Questions like this are discussed in this paper along with suggestions on how the industry can prepare for the change in the near future. Initial steps on the information technology layer for implementation of Industry 4.0 projects will be discussed as a suggested road map based on real life field experiences.

Keywords: Industry 4.0, 4th Industrial Revolution, Cyber Physical Systems, Internet of Things

Kaynakça

1. McKinsey Global Institute, The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype, June 2015.
2. Jirkovský V., Obitko M. and Mařík V., Understanding Data Heterogeneity in the Context of Cyber-Physical Systems Integration, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 13, (April 2017) no. 2, pp. 660-667.
3. Milinković A., Milinković S., and Lazić L., Some experiences in building IoT platform, *22nd Telecommunications forum TELFOR*, 1138-1141, Serbia, Belgrade, Nov 25-27, 2014.
4. Scheuermann C., Verclas S and Bruegge B., Agile Factory - An Example of an Industry 4.0 Manufacturing Process, *2015 IEEE 3rd International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications*, 43-47, Hong Kong, 2015.
5. Gartner IT Glossary,
6. <https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/>
7. Lee J., Lapira E., Bagheri B., Kao H., Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment, *Manufacturing Letters*, Volume 1, Issue 1, (2013), 38-41.
8. Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J., *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Final Report, Acatech National Academy of Science and Engineering, April 2013.

9. MacDougall, W. *Industrie 4.0 Smart Manufacturing for the Future*, Germany Trade and Invest, July 2014
10. Murphy, M., *The Rise of The APIs*, Tech Crunch, Online Resource, May 21, 2016.
11. Grønbaek I., Architecture for the Internet of Things (IoT): API and Interconnect, *2008 Second International Conference on Sensor Technologies and Applications (sensorcomm 2008)*, 802-807, Cap Esterel, 2008.
12. Bröring A. et al., *Enabling IoT Ecosystems through Platform Interoperability*, Focus: Software Engineering for the Internet of Things, Published by the IEEE Computer Society, Jan-Feb 2017.
13. Zezulka F., Marcon P., Vesely I., Sajdl O., Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon, *International Federation of Automatic Control, IFAC-PapersOnLine*, 49-25, 008–012, 2016.
14. Saldivar A. A. F., Li Y., Chen W. n., Zhan Z. h., Zhang J. and Chen L. Y., Industry 4.0 with cyber-physical integration: A design and manufacture perspective, *2015 21st International Conference on Automation and Computing (ICAC)*, 1-6, Glasgow, 2015.
15. Ray P.P., A survey of IoT cloud platforms, *Future Computing and Informatics Journal*, Volume 1, , (2016) Issues 1–2, Pages 35-46.
16. D Amy J.C. Trappey, Charles V. Trappey, Usharani Hareesh Govindarajan, Allen C. Chuang, John J. Sun, A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0, *Advanced Engineering Informatics*, (2017), Volume 33, 208-229.
17. Xun Xu, From cloud computing to cloud manufacturing, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 28, (2012) Issue 1, 75-86.