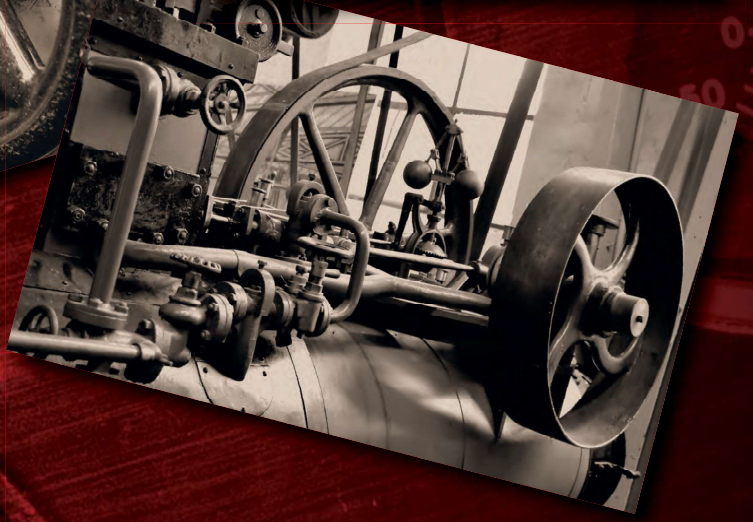
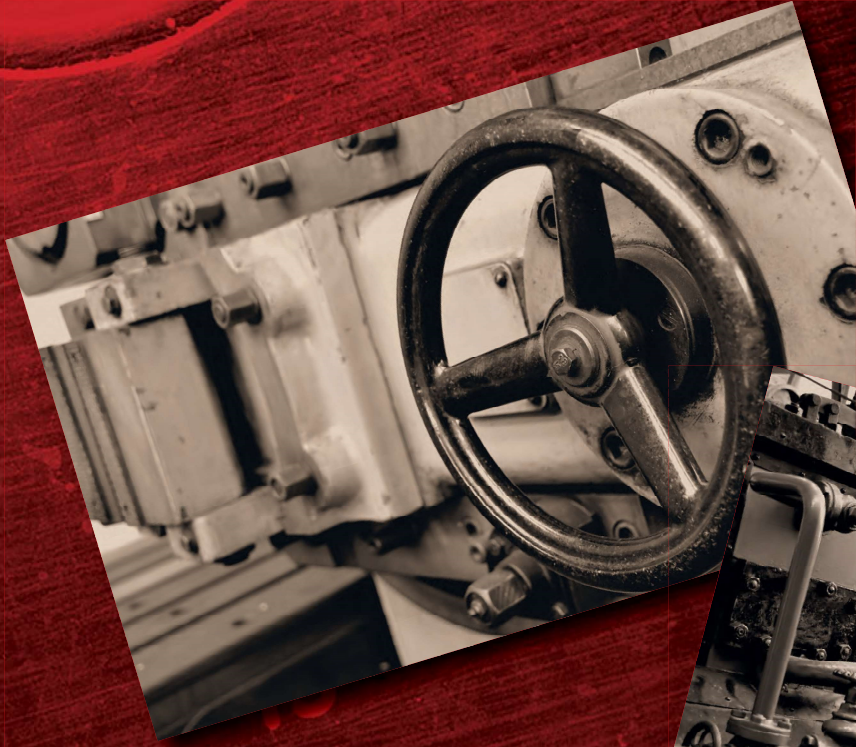


Ülkemizde 4. Sanayi Devrimi ve Havacılık Uygulamaları

Prof. Dr. Fahrettin Öztürk [Strateji ve Teknoloji Yönetimi Başkanı, TUSAŞ - Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

**Baş döndürücü bir aşama
olarak değerlendirilen 4. Sanayi Devrimi'ni
(Endüstri 4.0) anlamaya yönelik
çabalar sürüyor.**



Etkisinin ne olacağı, ne tür farklılıklar yaratacağı, sanayimizin bu değişime hazır olup olmadığı gibi soruların detaylı olarak ele alınması gerekiyor. Dijital dönüşümler ve bu dönüşümlerin üretim sektöründeki etkilerinin neler olacağı önemli. Birçok sektörde hızla akıllı sistemlere, nesnelerle insanların haberleşmesine ve çok ileri seviye otomasyona geçiliyor. Bu yazıda ülkemizin mevcut durumu ve havacılık sektöründeki uygulamalar hakkında bilgi verecek, havacılık sanayisinde diğer sektörlerle nazaran yavaş bir ilerleme kaydedilmesine rağmen dönüşüm sürecinin başladığını gösteren örnekleri ele alacağız. Milli politikalar oluşturarak Endüstri 4.0 altyapısı için yatırım yapılması ve okullardaki eğitim ve öğretim programlarının bu konuları içerecek şekilde güncellenmesi çok önemli ve ülkemizde de bu yönde adımlar atılması gerekiyor.

Buhar makinelerinin kullanılmasıyla başlayan 1. Sanayi Devrimi'ni elektrik enerjisinin kullanıldığı makinelerin üretilmeye başlandığı 2. Sanayi Devrimi izledi. 3. Sanayi Devrimi'nde ise elektronik ve bilgi teknolojilerindeki gelişime bağlı olarak otomasyon hız kazandı. Bu durum dijital devrim olarak da tanımlandı. Bu dönemde bilgisayar teknolojileri ve yazılım sektöründe çok büyük gelişmeler oldu. Makineler ve sistemler programlanarak birçok sektörde otomasyon ve robotlar yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Özellikle otomotiv sektörü bu alanda en hızlı gelişen endüstri kolu oldu. Sistem otonom hale getirildi.

Makineler programlanarak uzaktan kontrol yaygınlaşmaya başladı. Buna paralel olarak haberleşme ve iletişim alanında da mobil teknolojilerle bağlantı hız kazandı.

Gelişmiş ülkeler ile kıyasladığımızda ülkemizin 2. ve 3. Sanayi Devrimi arasında bir yerde olduğu görülüyor. Bazı sektörler yapılarına göre 3. Sanayi Devrimi'ni tamamlamış bazıları ise yatırım maliyetleri ve üretim adedi kriterine bağlı olarak kaynak yetersizliğinden dolayı süreci tamamlayamamış, dolayısıyla da 2. seviyede. Ülkemizin teknik altyapısı ve bilgi birikimi yeterli olmasına rağmen otomasyona tam olarak geçilememiş, emeğe dayalı üretime devam ediliyor.

4. Sanayi Devrimi yani Endüstri 4.0 terimi ilk defa 2011'de Hannover Fuarı'nda kullanılmış ve "Alman Hükümetinin üretim süreçlerini bilgisayarlaşma yönünde teşvik etme ve yüksek teknolojiyle donatması projesi olarak da kabul edilmektedir" şeklinde açıklanmış. Endüstri 4.0 nesnelerin interneti, internet hizmetleri ve siber-fiziksel sistemlerden oluşan bir değerler bütünü. Almanya, ABD ve Japonya bu alanda diğer ülkelere göre daha hızlı adımlar atıyor. Özellikle Siemens bu doğrultuda çalışmalarına hız veriyor. Endüstri 4.0 ile birlikte alışık olduğumuz birçok şey tamamıyla değişecek, birçok sektör işlevini yitirirken farklı iş-



ler ve iş kolları ortaya çıkacak, birbiri ile haberleşen akıllı makineler hayatımızda çok önemli bir yer tutacak. Devrimin ileri aşamalarında robotların üretim ekosisteminin kritik noktalarını devralması, üç boyutlu yazıcılarla üretimin fabrikalardan evlere taşınması, birçok imalat sürecinin yok olması, büyük verilerin çok hızlı işlenmesi ile nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişime geçmesi mümkün olabilecek. Mağazalar, restoranlar insansız çalışabilecek. Birçok işlem internet ortamında gerçekleştirilecek ve hizmetler makineler veya robotlar yardımıyla sağlanacak.



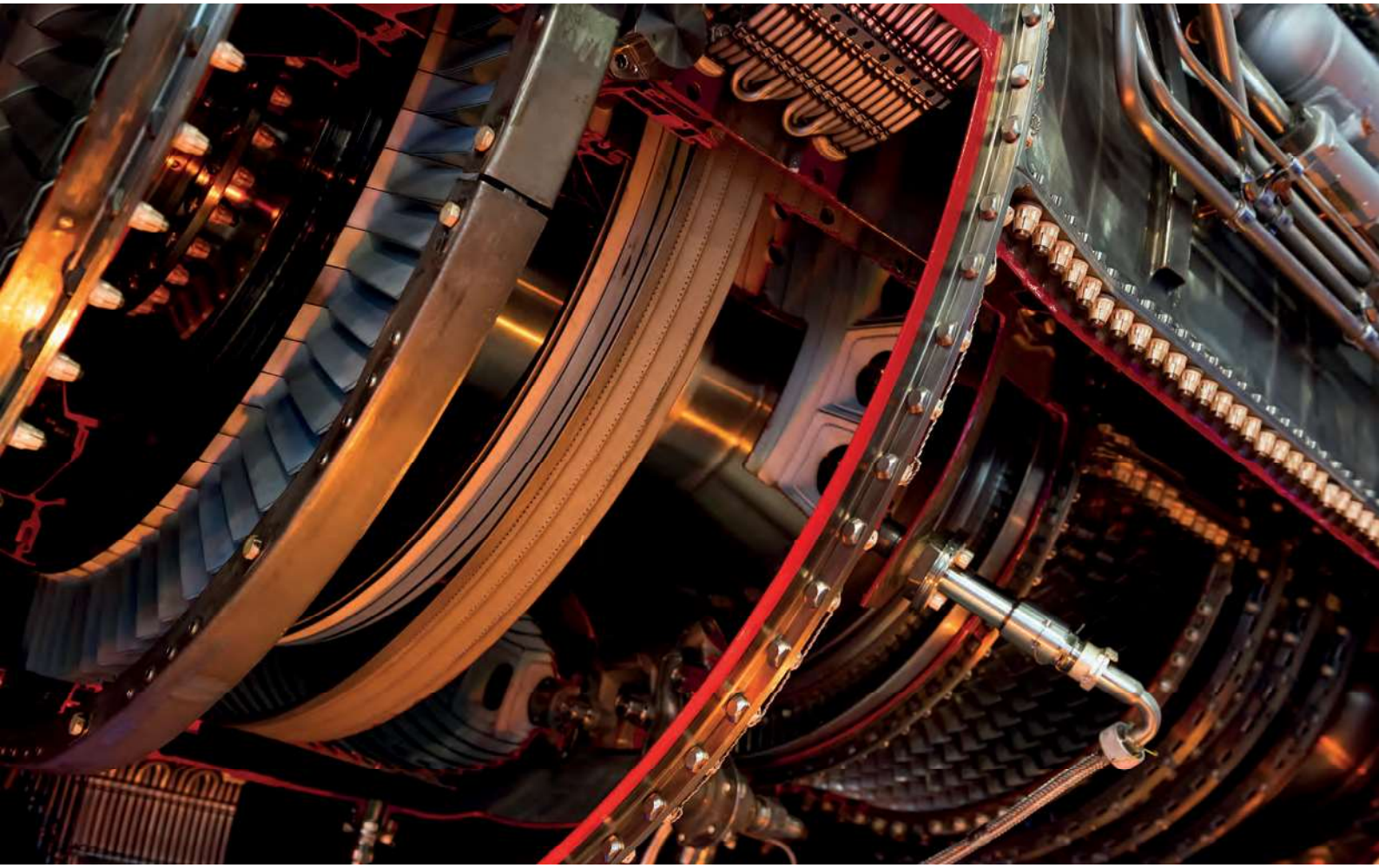
Farklı Yaşam Tarzları mı Ortaya Çıkacak?

Hızla gelişen algılayıcı ve haberleşme teknolojileriyle sağlığın ve güvenliğin anlık takibi mümkün olacak. Bu gelişmeler sonucunda farklı işler ve meslekler, farklı hobiler, farklı yaşam tarzları ortaya çıkacak. Hayat tarzları toplumsal anlamda da değişeceğinden farklı algılar ortaya çıkacak. Sürücüsüz araçlar trafik kurallarına uygun olarak taşımacılıkta kullanılabilir, hızlı ve güvenli seyahat etmek mümkün olacak. Giderek robotlar hayatımızın bir parçası olacak, birçok işimizi robotlar yapacak, sanki canlymış gibi davranacaklar. Bu ilerleme şeklinin ne tür değişikliklere yol açacağının zamanla daha iyi anlaşılması mümkün, ancak bunun durdurulamaz bir süreç olduğu giderek belirginleşiyor. Dünyadaki inanılmaz rekabet, ülkeler arasındaki yarış bu sistemin hızla hayata geçmesini sağlayacak, işçilik minimuma

indirilerek kalite maksimuma yükseltilecek. Robotların çalışacağı fabrikalarda çok az insan olacak ve işlemler her yerden kontrol edilebilecek.

Akıllı fabrikaların yanı sıra üç boyutlu yazıcıların devreye girmeyle bugüne kadar kullanılan birçok imalat yöntemini ortadan kalkacak. Eklemeli imalat yöntemi kullanılarak sadece bir yazıcı cihaz ile motorlar, robotlar, binalar üretililecek. Belki de bu hızlı gelişim, ülkeler arasındaki gelişmişlik seviyesi farkını en aza indirecek. Sağlık konusundaki gelişmeler daha farklı olacak, organ üretimi konusunda yeni bir çağ açılacak. Teknolojinin tam olarak hayata geçirilmesiyle sağlıklı ve uzun yaşam mümkün olacak, anlık ve sürekli takip sistemleri sayesinde insanlar daha hasta olmadan, kritik bir hastalık henüz başlangıç aşamasındayken fark edilerek önlemler alınabilecek.





Bu Yeni Dünyada Neler Olacak?

Bu kapsamda önemli bir diğer teknoloji olan artırılmış gerçeklik, yapay bilgi ve öğelerin gerçek dünya ile etkileşime girmesi olarak tanımlanabilir. Örneğin makine parçaları, bu alandaki teknik altyapı ve araçlar kullanılarak ve sistemin sunduğu yönergeler izlenerek kolayca monte edilerek makine hazır hale getirilebilecek. Endüstri 4.0 öncesi teknolojik imkânlar dâhilinde ancak çok deneyimli kişilerin yapabileceği ve normal şartlarda çok uzun sürecek bir montaj işleminin bu sistem sayesinde çok kısa sürede tamamlanması mümkün olacak.

Bulut bilişim sistemleri de bu yeni dünyanın önemli alanlarından biri. Bilgi paylaşımı bu sistemler sa-

yesinde yapılıyor ve dijital iletişim sağlanıyor. Bilgiye ulaşım çok hızlı olacak ve çok gelişmiş bir e-devlet sistemi kullanılacak. Sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla onarım teknolojileri de çok değişecek. Christopher ve arkadaşları sanal gerçeklik ve DES'in (*Discreate Event Simulation*, Bağımsız Durumların Simülasyonu) endüstrideki yerini inceledi ve sanal gerçeklik ve DES uygulamalarının karar verme mekanizmalarındaki üstünlüklerini ve kısıtlamalarını gösterdi.

Bu yeni dünya düzeninde tarım sektöründe robotlar görev alacak, birbirleriyle küresel ölçekte haberleşen bu makineler istenen ürünün gereken miktarda üretilmesini sağlayacak. Madenlerde robotlar çalıştırılacak

ve insan yaşamı riske atılmayacak. Savunma sanayisi de doğal olarak bu teknolojik gelişmelerle şekillenecek. Muharebe alanlarında insan bulunmayacak, tamamen teknoloji ağırlıklı savaş dönemi başlayacak. Savaşın etki alanı ve saldırı şekilleri çok farklı olacak. Siber saldırılar kurulu sistemleri yıkacak, bilgi kolayca çalınacak, hayatımız her an takip altında olacak. Kişi mahremiyeti tamamen ortadan kalkacak.



Devrimin ileri
aşamalarında robotların
üretim ekosisteminin
kritik noktalarını devralması,
üç boyutlu yazıcılarla
üretimin fabrikalardan
evlere taşınması,
birçok imalat sürecinin
yok olması, büyük verilerin
çok hızlı işlenmesi ile
nesnelerin birbirleriyle ve
insanlarla iletişime geçmesi
mümkün olabilecek.



Ülkemizde Endüstri 4.0

Ülkemiz dünyanın önemli ekonomik güçleri arasında yer almak istiyor. Cumhuriyetimizin kuruluşunun 100. yılında ekonomik açıdan en gelişmiş 10 ülke arasına girmeyi hedefledik. Ancak ülkemizde 3. Sani Devrimi tam anlamıyla uygulanmış değil. Bunun için yapılması gereken birçok çalışma var. Türkiye dünyanın önde gelen üretim merkezlerinden biri olsa bile, gelecekte otonom sistemlerin üretimi devralmasıyla insan gücüne ihtiyaç çok büyük oranda azalacak. Dolayısıyla işçilik maliyetleri düşük olduğu için ülkemize yatırım yapan yabancı şirketlerin yatırımlarını kendi ülkelerine kaydırması sosyo-ekonomik açıdan daha cazip hale gelebilir.

Bu nedenle ülkemiz Endüstri 4.0 konusunda gelişmeli ve inovasyona hız vermeli. 10-15 yıl içinde tamamen Endüstri 4.0'a gireceği düşünülürse, ülkemizdeki tüm sektörlerin gelişen teknolojiyi yakalayıp rekabet edebilecek konuma gelmesini sağlamak hayli önemli. Bu sebeple diğer ülkelerden çok daha fazla çalışmamız gerekiyor.

Nesnelerin haberleşmesi söz konusu olduğunda ise siber güvenlik çok önemli. Konuyla ilgili olarak yeni farkındalıklar kazanılıyor. İnternet, tüm veri erişim ve veri işleme hizmetleri siber-fiziksel sistemlerin etkileşimini artırdı ve kullanılabilir hale getirdi. Bu kavram ilk defa 2006'da kullanılmış. Bu tür bir sistem birbirine çok sıkı bağlı iletişim, hesaplama ve fiziksel elemanlardan oluşuyor.

Burada önemli olan veri trafiğinin güvenli bir şekilde yönetilmesi ve siber saldırılara karşı en yüksek koruma sağlayacak yöntemin bulunması.

Müşterinin ne istediğini en etkin biçimde belirlemenin yolu da veri analizi. İnternetin hayatımıza girmesiyle oluşan devasa bilgi yığınına analiz edip en iyi şekilde yorumlayanlar gelecekte kazançlı çıkacak. Sonuç olarak hedefimiz kullanıcı değil geliştirici olmak. İnsan kaynağımızın teknolojik yetkinlik ve bilgi eksikliği var. Bu doğrultuda teknolojik yatırım yapılması ve eğitim sisteminin gereksinimlere en uygun şekilde yapılandırılması çok önemli. Ancak bu alanlara yatırım yaparak ve eğitimle başka ülkelerle rekabet edebilir seviyeye gelebiliriz.

Ülkemiz Havacılık Sanayisinde Endüstri 4.0 Uygulamaları

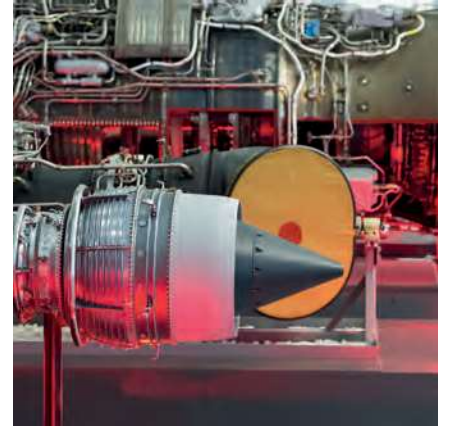
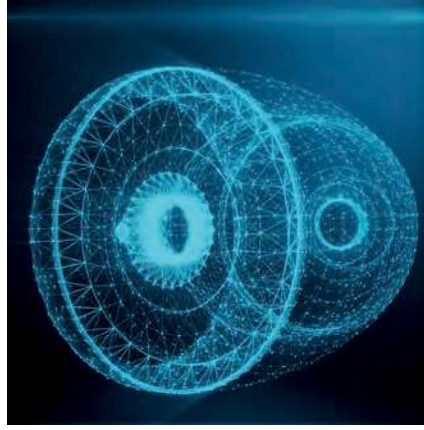


Havacılık sanayisi ileri imalat ve montaj sistemlerinin kullanıldığı, kalite ve güvenlik gereksinimlerinin en üst seviyede olduğu sektörlerin başında geliyor. Havacılık sektörü, üretim adetleri düşük ancak çeşitlilik fazla olduğundan emek yoğun bir nitelik taşıyor. Günümüzde otomasyona geçiş için hızlı adımlar atılıyor, özellikle montaj ve birleştirme yöntemlerinde önemli gelişmeler oluyor. Elle perçin çakma yerine bu işlem CNC (nümerik kontrollü) makinelerde yapılıyor ve sonuçta kişiye bağlı hatalar ortadan kaldırılırken işlem süreleri olabildiğince kısalıyor. Takım ve kalıplar daha otomatik hale getirilmiş yöntemlerle imal ediliyor ve montaj işlemlerinde de makineler kullanılmaya başlanıyor. Kullanılan malzeme tipleri açısından büyük değişimler yaşanıyor, metal parçalar yerlerini kompozit parçalara devrediyor. Kompozit yapılarda da otomatik üretim teknolojilerine doğru hızlı bir değişim görülüyor. Otomatik fiber veya şerit serme makineleri üretimde hızı ve kaliteyi artırıyor. Havacılıktaki teknolojik gelişmeler kapsamında kompozit yapıları destekleyen alüminyum ve titanyum altyapıların giderek daha çok kullanılacağı, bu nedenle bu gibi hibrit yapıların üretiminin endüstrileşmesinde inovatif yöntemlerin ve teknolojilerin öne çıkacağı düşünülüyor.



Türkiye'nin Havacılık Merkezi olan TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TAI) 1973'te 1784 sayılı Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı Kanunu ile kuruldu. Hava platformlarının tasarımı, geliştirilmesi, imalatı, entegrasyonu, modernizasyonu ve satış sonrası hizmetleri alanlarında ülkemizin teknoloji merkezi durumunda. Şirketin yüksek teknoloji ürünü makine ve teçhizatla donatılmış Akıncı'daki (Ankara) üretim tesisleri, metal ve kompozit parça imalatından nitelikli kaplamaya, alt sistem ve komponent montajına, uçuş testlerine ve son ürün olarak uydu, uçak ve helikopter teslimine kadar son derece geniş bir kabiliyet yelpazesi var. TUSAŞ'ın vizyonu "öz-

gün ürünlere sahip, küresel rekabet gücüne ulaşmış dünya markası bir havacılık ve uzay şirketi" olmak. Bu doğrultuda faaliyet göstermek ve dünya devleriyle rekabet edebilmek için şirketin 4. Sanayi Devrimi'ne çok hızlı bir şekilde uyum sağlaması, hatta öncü olması gerekiyor. Aksi halde bu alandaki rakiplerle mücadele etmek gittikçe daha da zorlaşacak. Mevcut yapı incelendiğinde henüz 3. Sanayi Devrimi süreçlerinin tamamlanmamış olduğu görülüyor. Her ne kadar otomasyon çalışmalarına hız verilmiş olsa da üretimde hâlâ emek yoğun işçilik hâkim. TUSAŞ'ta Endüstri 4.0 denildiğinde genel anlamda akıllı üretim/montaj sistemleri ve eklemeli imalat ön plana çıkıyor.



Şirketin eklemeli imalat konusundaki tecrübesi, üç boyutlu yazıcılarla birlikte 2013'te başladı. Prototip atölyesinde bu türden yazıcılarla parçalar üretilmeye başlandı. Bu yöntemde klasik talaşlı imalat yöntemlerinin aksine toz veya tel şeklindeki malzeme lokal ergitme ile katman katman eklenerek tek bir parça halinde ve birçok parçadan oluşan bir komponent tek parça halinde üretilabiliyor. Bu yöntemde bir parça geleneksel üretim yöntemlerinin tündengeçim yaklaşımına karşılık tümevarım yaklaşımıyla ortaya çıkıyor. Günümüzde bu yöntem çoğunlukla hızlı prototip parça üretmek ve karmaşık şekilli parçalar elde etmek amacıyla kullanılıyor. İlk aşamada parça bil-

gisayar destekli yazılım ortamında modelleniyor, ardından uygun bir yazılımla katmanlara ayrılıyor ve üç boyutlu yazıcılar sayesinde her bir katman geometrisine göre erimiş malzeme ile doldurularak asıl parça üretiliyor. Üretilen parçada veya sistemde fonksiyonel testler yapılırken ergonomi ve görsel özellikler de hızlı bir şekilde değerlendirilebiliyor. Bugün hızlı prototipleme tüm dünyada binlerce sistem kurulumuyla milyar dolarlar mertebesinde bir endüstri haline geldi. Son yıllarda eklemeli imalatla nihai parça üretimine doğru yol alınıyor. Bu gerçekleştiğinde yeni bir döneme adım atılmış olacak. Birçok klasik imalat yöntemi ve işlem ortadan kalkacak.

Eklemeli imalatın bu avantajları malzeme özellikleri, maliyet, toz teknolojisi, imalat hızı gibi alanlarda gelişme görüldükçe daha da artacak. Çünkü henüz elde edilen parçalarda mukavemet, sertlik, süneklik, tokluk, elektriksel ve optik özellikler açısından istenen düzeye gelinemedi. Bu hususlarla ilgili olarak yoğun Ar-Ge çalışmaları yapılması, metalik parçalar için toz metalürjisine yönelik araştırmaların ve yatırımların ön planda tutulması gerekiyor. Ham madde de önemli bir konu ve mümkün olduğunca iç kaynaklardan temin edilmeli. Özellikle TAI bünyesinde mevcut eklemeli imalat teknolojilerine ek olarak kompozit eklemeli imalat teknolojilerine de ilgi duyuluyor.



Bu alanda projeler geliştirilmeye ve dünyadaki gelişmeler takip edilmeye çalışılıyor. Bu gelişmeleri çok yakından takip etmek, projeler geliştirmek, geleceğin teknolojilerinde etkin olmak için TUSAŞ bünyesinde Strateji ve Teknoloji Yönetimi Başkanlığı'na bağlı İnovasyon Müdürlüğü kuruldu ve şirketin cirosunda bu müdürlükte Ar-Ge projeleri yapmak ve yaptırmak için kaynak ayrıldı. Başkanlığa bağlı bu teknoloji merkezlerinde lisans, yüksek lisans ve doktora seviyelerinde çalışmalar yapılıyor.



Modüler Robotik Sistemlere Yatırım

Endüstri 4.0 kapsamında önde gelen konulardan olan artırılmış gerçeklik konusunda da şirketimizde çalışmalar başlatıldı. Teknisyenlerin özel gözlükler kullanılarak montaj işlemlerini belirlenen sırayla ve hatasız yapmasını sağlamaya yönelik projeler gerçekleştiriliyor. Özellikle modüler robotik sistemlere yatırım yapılıyor. Bu kapsamda bazı projeler pilot uygulamalar için seçildi. Yakın gelecekte sanal gerçeklik konusunda çalışmalar yapılması da düşünülüyor, bu çalışmaların ilk aşamasında bu yöntemle eğitimler planlanıyor. Bu çalışmalarda esas sorun maliyetin yüksek olması. Mevcut iş hacmi dikkate alındığında yatırım maliyetinin karşılığını bulması seri imalat yapan sektörlerle kıyasla çok daha uzun sürüyor. Buna ilave olarak henüz farkındalık ve tekno-



lojinin kullanımı açısından yeterli bilgi ve yetkinlik düzeyinde olunmadığı düşünülüyor. Endüstri 4.0'ın en ideal hali olan nesnelerin haberleşmesi, insan-makine iletişimi, tam otomasyon, fabrikaların bir yazılımla kontrolü, verilerin korunması ve işlenmesi, bulut sisteminin oluşturulması konularında daha çok yol almak gerekiyor. Şirkette farkındalığı artırmak için Endüstri 4.0 konusunda seminerler düzenleniyor ve personel eğitim alıyor. Firmalarla da proje görüşmeleri sürdürülüyor. Küçük çapta akademik tezler ve proje çalışmaları da yapılmaya başlandı. Bu konu şirketin Teknoloji Yol Haritası'nda da yerini aldı.

Endüstri 4.0 alanındaki çalışmalarda hem genel anlamda hem de havacılık sektörü özelinde ilerleme kaydetmemiz gerekiyor. Dünyada hızla gerçekleşen bu dönüşüme zamanında uyum sağlayabilmek amacıyla bu konu ülkemizin teknolojik öncelikleri arasında yerini aldı. Gerekli yatırımlar en kısa sürede yapılmalı, eğitim sisteminde düzenlemelere gidilmeli, geleceğin insan kaynağının yetiştirilmesine ve yeni uzmanlık alanlarının oluşturulmasına en kısa sürede başlanmalı. Havacılıkta gerçekleştirilecek başarılı uygulamalar ile ülkemizin alanında lider konuma gelmesi sağlanacak.

Ayrıca ileri teknolojilerin kullanıldığı hava araçlarının geliştirilmesi ve üretimine imkân sağlanabilir. ■

Kaynaklar

<http://www.endustri40.com>

<http://ankaenstitusu.com/4-endustri-devrimi/>

Turner, C. J., Hutabarat, W., Oyekan, J., Tiwari, A., "Discrete Event Simulation and Virtual Reality Use in Industry: New Opportunities and Future Trends", *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Cilt 46, Sayı 6, 2016.

Justin, M., Bradley, J. M., Atkins, E. M., "Optimization and Control of Cyber-Physical Vehicle Systems", *Sensors*, Sayı 15, s. 23020-23049, 2015.

Kara, N., "Havacılıkta Katmanlı İmalat Teknolojisinin Kullanımı", *Mühendis ve Makina*, Cilt 54, Sayı 636, s. 70-75, 2013.

