

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

21. yüzyılın önemli gelişmelerinden olan Endüstri 4.0 ve dijitalleşme sayesinde bulut bilişim, nesnelerin interneti, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerin üretim süreçlerine entegre edilmesi sayesinde şirketlerin ürünlerini üretme, geliştirme ve dağıtma biçimlerinde önemli yenilikler yaşanmaktadır .

Sensörler, yazılımlar, robotikler gibi teknolojiler sayesinde üretim sürecine dair elde edilen veriler; tedarik zinciri, kurumsal kaynak planlaması, müşteri hizmetleri gibi kurumsal sistemlerden gelen operasyonel veriler ile birleştirilerek firmalar için daha yüksek değer içeren veriler oluşturmaktadır. Bahsedilen bu kavram ve teknolojiler, nitelikli verinin elde edilmesinin yanı sıra firmalarda otomasyonun artması, insan gücü yerine makine gücü kullanımının artmasıyla personel hatalarının en aza indirilmesi, yüksek hızlı ve güvenli üretim elde edilmesi, üretim takibi, anlık hata saptanması gibi faydalar sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm kavramları ve teknolojileri, pek çok sektörde kullanıldığı gibi inşaat sektöründe de uygulama alanı bulmaktadır. İnsan yaşamında temel ihtiyaçları karşılayan inşaat sektörü içinde oluşacak yenilikler doğrudan insan hayatını kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda bina, köprü, havaalanı, baraj gibi yapıların üretimini içeren inşaat sektörü teknolojik gelişmelerden etkilenmekte ve bu nedenle yapım ve yönetim süreçlerinde verim elde etmek için sektörün bu teknolojik değişimlere uyum sağlama ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Endüstri 4.0 ve dijital dönüşümün inşaat sektörüne adaptasyonu üretimde zaman ve maliyet tasarrufu, kalite ve hizmetin standartların artması ile inşaat projelerinde başarı üçgeni olarak tanımlanan maliyet, zaman ve kalite unsurlarının bir arada optimum şekilde kullanılmasını sağlar. Ayrıca inşaat sektöründeki dijital adaptasyon; üretim aşamalarının takibinin kolaylaşması, işçilerin ve projenin takibinin kolaylaşması ile verimin arttırılması, operasyonel aşamada anlık sorunlara müdahale için reaksiyon sürelerinin düşürülmesi, gelişmiş iş birliği ve iletişim, güvenliği arttırma, sürdürülebilirlik yaklaşımının geliştirilmesi gibi faydalarla da sonuçlanacaktır. Bu katkıları farkına vararak dijital adaptasyona hızlı bir şekilde ayak uyduran inşaat firmalarının rekabet düzeyi oldukça yüksek olan inşaat sektöründe rekabet avantajlarını arttırması olasıdır.

İnşaat sektörü yapısı ve dinamikleri gereği teknolojinin ilerlemesinden üst düzeyde etkilenen bir sektör olmakla birlikte inşaat sektöründe tasarım, uygulama ve işletme aşamasında teknolojik araç ve gereçlerin kullanımı olasıdır . Ancak, inşaat sektörünün diğer sektörlere göre teknolojiyi kullanmada ve bahsedilen bu dijital dönüşüme ayak uydurma noktasında, avcılık ve tarım sektöründen sonra geldiği ve bu yönüyle de dijital dönüşüme ayak uydurma noktasında diğer sektörlere oranla geride kaldığı yönünde eleştiriler almaktadır .

Küresel ölçekte inşaat sektörünün teknoloji adaptasyon düzeyi ile gerçekleştirilen araştırmalar da 2021 yılı itibariyle inşaat teknolojisinin entegrasyonu inşaat firmaları bünyesinde kısmen gerçekleşebildiği ve inşaat firmalarının teknoloji kullanımındaki uyum eksikliklerine bağlı olarak adaptasyon düzeyinin çok düşük olduğunu göstermektedir .

Covid-19 salgınının etkisiyle zayıflayan ekonomileri ayağa kaldırmak amacıyla küresel olarak inşaat sektöründe büyük altyapı yatırımlarının teşvik edilmesi, yüksek teknoloji kullanımına ihtiyaç ve buna ek olarak sektör için iş modellerinde bir değişim gerekliliği yaratmaktadır . Bu kapsamda Türk müteahhitlerin özellikle yurtdışı müteahhit hizmetlerinde sahip oldukları rekabet avantajlarını korumaları ve bu döngüden yararlanabilmeleri için dijitalleşme yarışına katılmalarını sağlayacak bir ekosisteme ivedilikle ihtiyaç bulunduğu da belirtilmektedir . Öte yandan gelişen ve küreselleşen dünyamızda inşaat firmalarının dijital dönüşüm teknolojilerini hızlıca bünyelerine uyarlayarak bu teknolojilerin getireceği süreç, proje ve operasyon yönetimindeki iyileştirmelerle yüksek müşteri memnuniyeti sağlayarak pazar payları ve rekabet avantajlarını arttırmaları olasıdır. Bu doğrultuda ise özellikle yöneticilerin iş modellerine yeni teknolojileri entegre ederek iş stratejilerini dijital gerçekliğe uyarlamaları gerekeceğinden, ihtiyaç duyulan dijital teknolojilerin sektöre adaptasyonunda karşılaşılan sorunların, zorlukların ve başarılı bir adaptasyon için ihtiyaç duyulan gerekliliklerin ortaya konulmuş olması önemlidir.

Endüstri 4.0'ın Yapı Taşları

İnşaat sektörü ile dijital dönüşüm etkileşiminin merkezinde birçok kavram ve yenilikler bulunmaktadır. Endüstri 4.0'ın yapı taşları ya da dijital dönüşüm teknolojileri olarak tariflenen bu kavramlar aşağıda belirtilmektedir:

- **Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modelling: BIM):** BIM, bir tesisin bütün yaşam döngüsü içerisinde (tasarım ve işletme aşaması dahil) yapıya ait tüm bilgileri kullanmak üzere saklayan bir veri deposu olarak işlev görmektedir. Sahip olduğu "Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability)", "Çok Boyutlu (n-D boyutlu) Modelleme", "Canlı Metraj Listeleri" gibi özellikler sayesinde inşaat projelerinin tasarım, uygulama ve bakım-onarım süreçlerinde yönetim etkinliği sağlamaktadır.

- **Lazer Tarama:** Temelde ölçme mühendisliğinde kullanılmak üzere geliştirilmiş nispeten yeni bir teknoloji olmakla birlikte 3D lazer tarayıcıların BIM ile kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Lazer tarayıcıların inşaat sektöründe kullanım alanları tarihi yapılarla deformasyon ve mevcut durum analizlerinin yapılması, yapılarla bakım-onarım ve güçlendirme faaliyetleri için risk keşifleri ve yapısal analizleri içeren BIM modellerinin oluşturulması, imalatların proje uygunluğunun izlenmesi ve kontrolü şeklinde özetlenebilir.

- **3D Yazıcılar:** İnşaat sektöründe 3D baskı teknolojisi bilgisayar ortamında hazırlanan yapı tasarımının sistematik katmanlara bölünerek tasarlanmış yapının nesnel olarak üretilmesidir. 3D baskı teknolojilerinin hızlı üretim sağlayabilmesi ve iş gücüne minimum seviyede ihtiyaç duyması, makine sistemlerinin sürekli olarak çalışabilmesi özellikle zaman sıkıntısı açısından projelerin ihtiyaçlarına büyük ölçüde karşılık verebilmektedir.

- **Radyo Frekans ile Tanımlama (RFID):** Radyo frekansı kullanarak nesnelere tekil ve otomatik olarak tanıma yöntemi olan bu sistemde, objelere eklenen RFID etiketlerin yaydığı frekanslar üzerinden okuyucular ile alınan veriler tedarik zinciri yönetimi, müşteri ilişkileri yönetimi, depo yönetim sistemleri ve kurumsal kaynak planlaması gibi süreçlerde kullanılır. RFID sistemlerinin inşaat süreçlerinde kullanımı ile ilgili örnekler incelendiğinde çelik imalatı ve inşası süreçlerinde çok faydalı olabileceği öngörülmektedir. Her çelik elemanına eklenen RFID etiketleri ile imalat süreci takibi yapılabileceği gibi problemler çeliklerin saha ekibince işaretlenmesi ile gerçek zamanlı olarak işveren dahil tüm ekip bu konu doğrultusunda bilgilendirilmiş olacaktır. Buna ek olarak hangi çeliklerin depoda, hangilerinin sahada, hangilerinin işlem yapılmakta olduğu gibi veriler de elde edilebilecektir. Bir diğer örnek kullanım senaryosu da yapıda kullanılan kapı, pencere, mekanik borular vb. yapı elemanları üzerinden verilebilir.

- **Nesnelerin İnterneti (Internet of Things: IoT):** Nesnelerin interneti fiziksel yapıların internete bağlanması ile oluşmakta olan bir yapıdır. Var olan bir nesne, üzerindeki IP tanımı ile veri alımı-aktarımı yapmakta ve bu doğrultuda nesnelere internet üzerinden kullanılabilir hale gelmektedir. Nesnelerin internetinde var olan tüm nesnelere, internete canlı bir veri akışı sistemi ile bağlıdır. Algılama teknolojileri, tanımlama ve tanıma teknolojileri, donanım, yazılım ve bulut platformları, iletişim teknolojileri ve ağları, algoritmalar, konum teknolojileri, veri işleme çözümleri, güç ve enerji depolama, güvenlik mekanizmaları gibi teknolojiler IoT araçları olarak tanımlanabilir.

İnşaat süreçlerinde IoT kullanımının en yaygın örnekleri akıllı binalarda görülmektedir. Buna ek olarak inşaat süreçlerinde RFID etiket kullanımı da IoT kullanımlarından kabul edilen uygulamalardandır. İnşaat süreçlerindeki kullanımı düşünüldüğünde strüktürel elemanların takibi, saha güvenliği, optimizasyon ve simülasyon gibi birçok alanda kullanılabilen IoT inşaat sektöründe yeni iş alanlarının oluşmasını da sağlama potansiyeline sahiptir. İnşaat sektöründe IoT kullanımının, iş süreçlerinde raporlama, izleme, sentezleme ve işleme gibi alanlarda daha verimli bir ilerleme sağlayacak olmasına ek olarak IoT-BIM entegrasyonu ile dijital ikiz üretiminin de desteklenmesi sağlanacaktır.

- **Akıllı Bina Teknolojileri: Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramına dayanan akıllı bina teknolojileri, temel olarak iç mekân fiziksel cihazların izlenmesi ve kontrolüne yardımcı olan teknolojik yapılar bütünüdür. IoT sayesinde iç mekân fiziksel cihazlarla iletişim kurularak bina yönetimi alanında uygun maliyetli ve verimli bir çözümler elde edilmektedir. Genellikle otomasyon sistemi ile birlikte yeni nesil (akıllı) sensör teknolojilerinin birlikte çalıştığı akıllı bina teknolojileri, hava sıcaklığına göre ısıtma, gün ışığına bağlı olarak aydınlatma sistemlerinin çalışma sisteminin düzenlenmesi gibi olanaklar sağlayarak binalarda enerji etkinliğini artırır.**

- **Giyilebilir Cihazlar:** Giyilebilir teknoloji kavramı teknolojinin günlük giyilen kıyafetlere veya kullanılan aksesuarlara entegre edilmesidir (akıllı saatler, akıllı kasklar, akıllı güvenlik yelekleri, akıllı iş botları, giyilebilir sensörler vb). Giyilebilir cihazların en önemli özelliklerinden biri, internete bağlanarak cihaz ile ağ arasında veri aktarımı yapabilesidir. Giyilebilir cihazların inşaat sektöründe İSG alanında işçilerin hareketlerinin izlenerek çalışanların güvenlik önlemlerine uyup uymadığının kontrolü, çalışanlar için

tehlikeleri yerinde bildirerek çalışan güvenliğini artırma , sahadaki malzeme ve ekipmanların takibi için kullanılarak proje verimliliğini artırma amaçlarıyla yaygın kullanıldığı gözlenmektedir

- **Zenginleştirilmiş Gerçeklik:** Gerçeklik kavramının yeniden oluşmasını sağlayan teknolojiler olarak isimlendirilen zenginleştirilmiş gerçeklik bünyesinde Sanal Gerçeklik (Virtual Reality: VR), Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality: AR) ve Karma Gerçeklik (Mixed Reality: MR) teknolojilerini barındırmaktadır. Fiziksel dünyaya ait görüntülerin birleştirilmesi ile oluşturulan, çevredeki değişimlere önceden belirlenmiş yazılım sınırlarına bağlı kalarak gerçek zamanlı etkileşim gösteren bir deneyim türü olan AR, dijital ortamda oluşturulmuş olan sanal verilerin reel dünya üzerinde, senkronize olarak görüntülenebilmesine imkân sağlamaktadır. AR; tasarımcılara, tasarımda işin akışını hızlandıran gerçeğe yakın bir ortamda tasarım, modelleme ve test fırsatı sunmakla birlikte sahada üretilen birebir uygulama konularında kaybedilen vakti ve üretme maliyetini azaltmaktadır. VR, gerçek bir ortamı kopyalayan veya hayali bir dünya yaratan tıpatıp gerçekteki sesleri, görüntüleri ve diğer duyumları oluşturmak için bilgisayarlar, tabletler ve sanal gerçeklik gözlükleri ile kullanılabilen bilgisayar teknolojilerini ifade etmektedir. Örneğin müşterinin inşaat projesini görmek için satış ofisine gelmeden sanal gerçeklik gözlükleri sayesinde projeyi istediği ülkeden ve istediği zamanda görmesi projelerin tanıtma ve uygulanma aşamalarında büyük fayda sağlamaktadır . AR ve VR birleşimi ile oluşan MR ise fiziksel dünya ile dijital dünyanın bir karışımıdır . Proje planlama, uygulama, iş sağlığı ve güvenliği, disiplinler arası çalışma gibi birçok alanda iş verimini ve kalitesini arttırabilecek potansiyele sahiptir.

- **Dijital İkizler (Digital Twins):** Dijital ikiz kavramı, yaşam döngüsü boyunca fiziksel bir nesnenin, öğrenme ve muhakeme için gerçek zamanlı veri kullanan sanal bir temsili olarak tariflenebilir . İnşaat sektöründe bir binanın dijital ikizi, tesis yöneticilerinin durum analizi yapmasına, nihayetinde enerji kullanımını geliştirmesine ve konut sakinlerinin konforunu iyileştirmesine izin vererek işletme ve bakım aşamalarında kullanılmaktadır .

- **Bulut Bilişim:** Bulut bilişim, bilgisayar ya da mobil cihaz kullanımı ile talep edilen anda kullanılabilen, paylaşımlı veri işleme, depolama, hesaplama gibi yüksek işlem gücüne sahip internet tabanlı ayarlanabilir bilişim teknolojilerinin genel ismidir . İnşaat sektöründe özellikle saha çalışmalarında eş zamanlı raporlamanın yapılabilmesi ve kararların alınabilmesi için işletme verilerine eş zamanlı erişimin sağlanması gerekmektedir. Bulut bilişim sistemi sayesinde ilgili ekipler kolaylıkla proje ile ilgili verilere ulaşabilirler.

- **Büyük Veri (Big Data):** Büyük veri, medya paylaşımları, ağ günlükleri, fotoğraf, video, bilgisayar ortamında üretilen üç boyutlu modeller ya da iki boyutlu çizimler gibi değişik kaynaklardan toplanan verilerin, anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmüş bütünü olarak tanımlanmaktadır. Büyük veri, inşaat varlıklarının ve ekipmanlarının takibinden başlayıp inşaat projelerinde riskin en aza indirilmesine, inşaat öncesi öngörü değerlendirilmesinden şantiye organizasyonuna, tedarik sürecinden güvenliğe kadar birçok inşaat faaliyetini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Örneğin binalar üzerindeki sensörler, bina performansını değerlendirmeye yardımcı olan yüzlerce veri toplayabilmektedir .

- **Otonom Robotlar:** İnşaat sektöründeki robotik uygulamaları, ekipman operasyonlarını optimize etmeyi, güvenliği arttırmayı, çalışma alanı algısını iyileştirmeyi ve ayrıca bina sakinleri için kaliteli bir ortam sunmayı hedeflemektedir .

- **Nanoteknoloji:** Nanoteknoloji; maddeleri nano boyutta inceleyen, var olan malzemenin istenen yönde gelişimini sağlayan ya da tamamen yeni bir malzeme üretimini gerçekleştiren teknolojidir. Yapı sektöründe nanoteknolojik yapı malzemesi kullanımı ile enerji tüketimi ve maliyetler azaltılarak, doğa dostu sürdürülebilir yapı tasarımı elde edilebilmektedir .

- **Blokzincir Teknolojisi (Blockchain) ve Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts):** Küresel olarak karmaşık tedarik zincirleri aracılığıyla üretilen inşaat ürünlerinin sayısı giderek artmaktadır. Bunun sonucu, tedarik zinciri şeffaflığını ve malzeme izlenebilirliğini desteklemek ve tedarik zincirlerindeki malzemelerin sürdürülebilirliğini güvence altına almak ihtiyacıyla Blokzincir teknolojisi kullanımı artmaktadır .

Türk İnşaat Sektörünün Dijital Dönüşüme Uyum Sağlama Gereklilikleri

Müşteri Bazlı Faktörler

- Uygun Ürün Fiyatı
- Verim Artışı
- Geliştirilmiş Bina Tasarımı

Sektörel Faktörler

- Yasal Zorunluluk, Standartlar ve Teşvikler
- Pazar Payını Koruma ve Arttırma

Proje ve Firma Bazlı Faktörler

- Etkin Şantiye Yönetimi
- Etkin Dokümantasyon Yönetimi
- Etkin Kalite Yönetimi
- Etkin Maliyet Yönetimi
- Etkin Zaman Yönetimi
- Etkin İletişim Yönetimi ve Anlaşmazlıkların Çözümü
- Etkin Süreç Yönetimi
- Verim Artışı

Türk İnşaat Sektöründe Dijital Adaptasyonun Önündeki Engeller

Sektörel Faktörler

- Yeterli Yetkin Personel Olmaması
- Standardizasyon Olmaması
- Teknoloji Adaptasyon Yetersizliği

Proje ve Firma Bazlı Faktörler

- Kültürel veya Teknik Dirençler
- Yatırım Geri Dönüşü Sebebiyle Kaynak Ayrılmaması
- Firmaların Olumsuz Deneyimleri

Türk İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşümün Başarı Faktörleri

Firmaların dijital dönüşüm uygulamalarında başarıya ulaşabilmesi için genel olarak sahip olmaları beklenen temel başarı faktörleri.

Kullanıcı Bazlı Faktörler

- Dış ve İç Bilgiden Faydalanma
 - Dijital teknolojinin tamamlayıcı ve heterojen bilgilerini edinme, entegre etme ve ticarileştirme yoluyla firmaların daha iyi hale gelmesi
 - Yeniliğe karşı direnci azaltmak için birlikte çalışma ve hareket etmeyi benimsenme

Proje ve Firma Bazlı Faktörler

- Dijital İş Stratejisi
 - Organizasyona özel bir dijital dönüşüm planının geliştirilmesi ve uygulanması
 - Organizasyon bünyesinde "Dijital Dönüşüm Birimi" oluşturulması
 - Dijital dönüşümün doğru olarak uygulanması amacıyla danışmanlık hizmeti alınması
 - Sektörde daha önce uygulanmış dijital dönüşüm uygulamalarının incelenmesi ("Kıyaslama-Benchmarking" ile "En İyi Uygulamalar-Best Practices" ile dijital adaptasyonun hangi alanlarda yapılabileceği, firmaya nasıl adapte edilebileceği hususunda yaklaşımların belirlenmesi)
 - Müşteri beklenti ve taleplerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi
- Dinamik Yetenekler
 - Organizasyonun dijital dönüşüme doğru şekilde uyum sağlayabilmesi için gelişmelerin takip edilmesi ve uygulanması
 - İş Zekâsı (Business Intelligence)
 - Bilgi sistemlerinin ve gerekli altyapı iyileştirmelerinin sağlanması
 - Süreç içerisindeki insan kaynaklarının adaptasyonunun sağlanabilmesi için eğitimlerin verilmesi
- Dijital Adaptasyon İçin Finansman
 - Organizasyonun dönüşüm adına hangi alana ve ne oranda bütçe ayıracağına doğru tespiti
 - Dijital dönüşüm için organizasyon bünyesindeki çalışanların alması gereken eğitimler, gerekli doğru teknolojilerin sağlanması ve adaptasyon giderleri gibi birçok alanda ortaya çıkacak farklı bütçelerin doğru bir şekilde planlanması gerekliliği
 - Gelecekte ortaya çıkabilecek firma büyüme olasılıklarına karşı yatırım güncellemelerinin gerçekleştirilmesi

