



ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

PLM VE İNOVASYON: PLM, İNOVASYON İÇİN BİR KOLAYLAŞTIRICI OLABİLİR Mİ?

PLM AND INNOVATION: CAN PLM BE A FACILITATOR FOR INNOVATION?

Yazarlar (Authors): Doruk Kuban^{ID}, Rüstem Barış Yeşilay^{ID}*

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Kuban D., Yeşilay R.B. "PLM ve İnovasyon: PLM, İnovasyon için Bir Kolaylaştırıcı Olabilir Mi?" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 5(1): 76-84, (2021).

DOI:10.46519/ij3dptdi.769824

Derleme Makale/ Review Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

PLM VE İNOVASYON: PLM, İNOVASYON İÇİN BİR KOLAYLAŞTIRICI OLABİLİR Mİ?

Doruk Kuban^a, Rüstem Barış Yeşilay^{b,c}

^a Volt Elektrik Motor San. Tic. A.Ş., İzmir, TÜRKİYE

^b Ege Üniversitesi, Havacılık Meslek Yüksekokulu, TÜRKİYE

^c Ege Üniversitesi, Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi Mükemmeliyet Araştırma ve Uygulama Merkezi, TÜRKİYE

* Sorumlu Yazar: rustem.baris.yesilay@ege.edu.tr

(Geliş/Received: 15.07.2020; Düzeltme/Revised: 10.10.2020; Kabul/Accepted: 12.01.2021)

ÖZ

21. yüzyılda özellikle Endüstri 4.0 ve dijitalleşmenin yaygınlaşmasıyla bütün dünyada inovasyon ve ürün geliştirme süreçleri farklı bir boyuta taşınmıştır. Özellikle otomotiv, havacılık gibi sektörler başta olmak üzere global firmaların ihtiyaçlarının artması ve bunun yanında servis sağlayıcı firmalarının arasındaki kıyasıya rekabet sonucunda Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) sistemlerinin sadece son birkaç yıl içinde, son yüzyıldan daha fazla ilerleme kat ettikleri gözlemlenmiştir. Türkiye’de ise son yıllarda tanınmaya başlayan PLM sistemlerinin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, Dünya’da ve Türkiye’de yapılmış olan akademik çalışmalar ele alınarak, PLM ve inovasyon konuları irdelenmiş ve inovasyon sürecine PLM sistemlerinin katkıları ve PLM çatısı altında simülasyon ve Dijital İkiz ile yaratılan süreç inovasyonu hakkında bilgi paylaşımı yapılarak farkındalık sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi, İnovasyon, Dijital İkiz, Ürün Geliştirme.

PLM AND INNOVATION: CAN PLM BE A FACILITATOR FOR INNOVATION?

ABSTRACT

In the 21st century, especially with the spread of Industry 4.0 and digitalization, innovation and product development processes have moved to a different dimension all over the world. As a result of the increase in the needs of global companies, especially in sectors such as automotive and aviation, as well as the fierce competition among service provider companies; it has been observed that Product Life Cycle Management (PLM) systems have made more progress in the last few years than in the last century. In Turkey, the use of PLM systems has begun to gain recognition in recent years, and the use of them are spreading every day. In this study, by considering academic studies that have been made in the world and Turkey, PLM and innovation concepts were examined and it was aimed to raise awareness by sharing information about the contributions of PLM systems to the innovation process, and the process innovation created with simulation and digital twin under the roof of PLM.

Keywords: Product Lifecycle Management, Innovation, Digital Twin, Product Development.

1. GİRİŞ

21. yüzyılda özellikle Endüstri 4.0 ve dijitalleşme ile bütün dünyada inovasyon süreçleri ve bununla birlikte ürün geliştirme süreçleri farklı bir boyuta taşınmıştır. Artan rekabet ile mücadele edebilmek için, kaliteden ödün vermeden tasarım, inovasyon ve ürün geliştirme süreçlerinin kısaltılması birçok sektörde şirketlerin önceliklerinden biri haline gelmiştir. Bu önceliği gerçekleştirebilmek için de tasarım, inovasyon ve ürün geliştirme süreçlerinin yenilenmesi ve dijitalleşmesi gereklidir. Bu çalışmada öncelikle masa başı çalışması ve literatür taraması yapılmış, Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) ve inovasyon kavramları netleştirilmeye çalışılmıştır. Ardından, inovasyon sürecine PLM sistemlerinin ve

Dijital İkiz teknolojisinin katkıları ile ilgili bilgi paylaşımı yapılarak farkındalık sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma sonuç bölümü ile tamamlanmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE: İNOVASYON VE PLM

2.1 İnovasyon (Yenilik) Tanımı

İnovasyon kavramını OECD ve diğer AB belgelerinden yola çıkarak tanımlamak gerekirse, inovasyon birkaç süreç ile açıklanabilir [1];

- Bir fikrin pazarlanabilir bir ürün ya da hizmete dönüştürülme süreci,
- Yeni ya da geliştirilmiş bir üretim ya da dağıtım yöntemine dönüştürülme süreci,
- Yeni bir toplumsal hizmet yöntemine dönüştürme süreci.

İnovasyonun finansal ve toplumsal fayda sağlayacak biçimde bilim ve teknolojinin yenilenmesi süreci olduğu ifade edilebilir. Diğer bir deyişle inovasyon ticari ustalığın yaratıcılıkla birleştirilmesidir. Geleceği oluşturmak ve sürdürülebilir kârlı büyüme sağlamakla ilgilenir. Literatürde farklı inovasyon tanımları da mevcuttur;

- Ortadaki bir engeli veya zorluğu aşmak için bir düşüncenin eyleme dökülmesi ve bu eylem sonunda şirket ve müşteriler için bir değer üretilmesidir [2].
- Yeni ya da önemli ölçüde değiştirilmiş ürün, hizmet veya sürecin; yeni bir pazarlama yönteminin, ya da iş uygulamalarında, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni bir organizasyonel yöntemin uygulanmasıdır [3].
- Buluşun pratikte uygulama bulması, ekonomik bir değere dönüştürülmesidir [2].

Literatürdeki inovasyona dair tüm tanımlarda aşağıdaki iki madde ortak olarak belirtilmiştir;

- Buluşun hayata geçmesi
- Buluşun ticarileştirilmesi

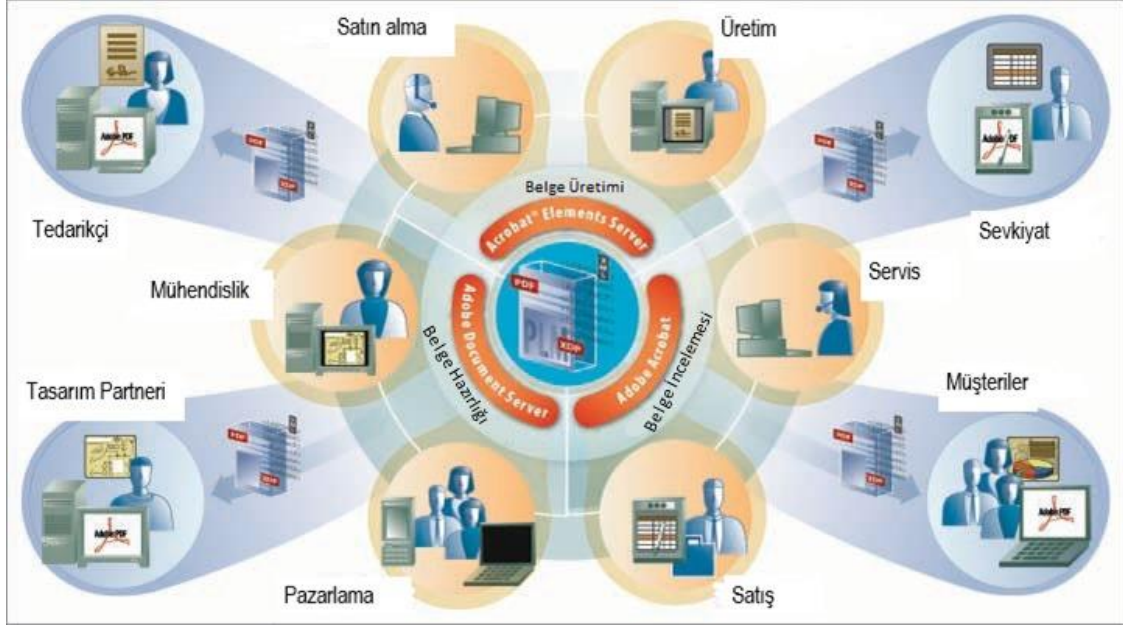
2.2 Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) Tanımı

Bilgisayar destekli çok disiplinli bir teknoloji organizasyonu olan PLM, fikir aşamasından hurdaya ayrılıncaya kadar, bir ürüne ait tüm bilgilerin ve süreçlere ait tüm verilerin, dijital ortamda kaydedilerek doğrudan ve anında bu bilgilere kolaylıkla ulaşılmasını, paylaşılmasını, seçilerek en uygun kullanımını sağlayan bir sistemdir [4], [5]. PLM belirlenen tasarım kriterlerine göre oluşturulan ürünleri yaşam döngüsü boyunca yönetmeyi amaçlayan bir sistemdir [6]. PLM etkin olarak kullanılır ise, ürünün teknik ve maddi durumu her aşamada üst yönetim tarafından anlık olarak takip edilebilir. Böylece ürün maliyeti, ürün karlılığı, ürün performansı gibi konularda belirlenmiş hedeflere ulaşılması desteklenir. Şirketlerin gelir kaynağı olan ürünlerine, müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde odaklanmaları sağlanır [4].

2.2.1 PLM amaç ve kapsamı

PLM bir ürünün fikir aşamasından başlayıp, tasarım, tedarik, üretim, satış, pazarlama, satış sonrası hizmet gibi tüm süreçleri kapsar. PLM'nin amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- ✓ Ürün portföyünün iyi bir şekilde kurgulanması ve yönetilmesi.
- ✓ Ürün portföyündeki maddi kazanımların en üst seviyeye çıkartılması.
- ✓ Ürünlerin yaşam döngüsü süresince izlenebilirliğinin sağlanması ve kontrol edilmesi.
- ✓ Ürünlerin yaşam döngüsü süresine yönetilmesi.
- ✓ Projelerin etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesi.
- ✓ Ürünler hakkında iç ve dış müşterilerden gelen geri bildirimlerin yönetilmesi.
- ✓ Tedarik zinciri ve müşteri gibi tüm paydaşlar ile ürün tasarım süreci arasında etkin bir iş birliği ortamı sağlanması.
- ✓ Ürüne ait süreçlerin uyumlu, birleştirici, etkili ve yalın bir şekilde yönetilmesi.
- ✓ Ürüne ait tüm verilerin güvenli bir şekilde yönetilmesi ve ihtiyaç duyulan yer ve zamanda ulaşılmasının sağlanması.
- ✓ Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca hem teknik hem de mali özelliklerine tam olarak hâkim olunması [7].



Şekil 1. PLM Kapsamı [8].

2.2.2. PLM'nin faydaları

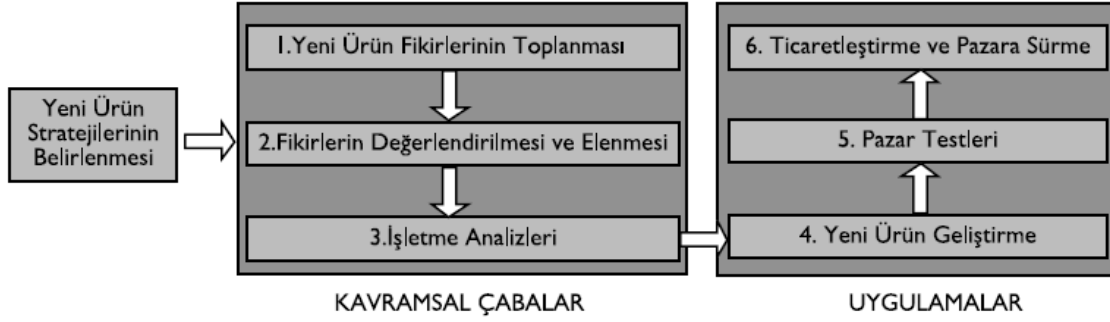
PLM sisteminin ürünün yaşam döngüsü boyunca sağladığı faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- ✓ Müşteri ihtiyaçlarını daha iyi yakalar.
- ✓ İnovatif fikirler yaratılmasına ortam hazırlar.
- ✓ Pazara giriş süresini kısaltır.
- ✓ Satış prosesini iyileştirir.
- ✓ Uyum risklerini azaltır.
- ✓ Uluslararası şirketlerde ekipler farklı konumlarda olsa bile iş birliği içerisinde ürün geliştirme ortamı sağlar.
- ✓ Tasarım geliştirme sürecinde tasarım ekibi ile tedarikçiler ve müşteriler arasında iş birliği sağlar.
- ✓ Projelerde kaynak yönetimi ve maliyet kazancı analizi konularında destek olur.
- ✓ Maliyetleri düşürür.
- ✓ Gelir artışını ivmelendirir.
- ✓ Tedarik zincirini iyileştirir. Gerekli ürünün gereken zamanda gerektiği yere teslim edilmesini sağlar [7-12].

2.3 Yeni Ürün Geliştirme Süreci ve PLM

Yeni ürün geliştirme süreci, konuyla ilgili kaynakların çoğunda, Şekil 2'de belirtildiği gibi fikir ile başlayan ve pazarlama faaliyetleriyle son bulan ardışık ve tek yönlü birtakım aşamalar zinciri olarak tanımlanmaktadır. Ancak, günümüzde artan rekabet ve pazar odaklı işletme anlayışı, dijitalleşmenin de desteğini alarak bu süreci kökten değiştirmiştir.

Bu değişimle birlikte tüketici ve pazar talepleri yeniliğin odak noktası haline gelmiştir. Bu taleplerin dinamikliğine karşılık verebilmek için her aşamanın sürekli birbiri ile etkileşim içinde olduğu yeni ürün geliştirme süreci yaygınlaşmıştır [2].



Şekil 2. Klasik yeni ürün geliştirme süreci [2].

Yeni ürün geliştirme sürecinde, pazarın ihtiyaçları, makro ve mikro çevre faktörlerindeki değişimler ve teknolojik gelişmeler hakkında bilgi toplanır ve değerlendirilmesi için ilgili tüm birimler ile paylaşılır.

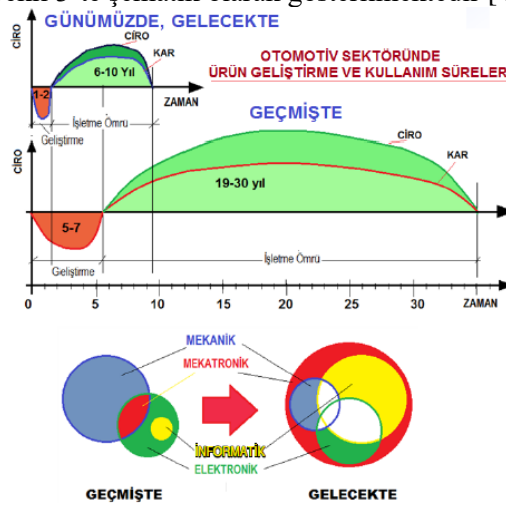
Geliştirilen yeni ürün ticarileştirme sürecine başlamadan önce pilot bir pazar testine tabi tutulur. Tüketicilerden gelen geribildirimler doğrultusunda rekabetçi ve kabul görme ihtimali yüksek bir yeni ürün oluşturabilmek için sürekli geliştirme çalışmaları yapılır. Yeni ürünün en iyi şekilde oluşturulabilmesi için bu sürecin her aşaması bir ya da birkaç önceki aşamalar ile çift yönlü iletişime sahiptir [13].

Yeni ürünlerin geliştirilip piyasaya sürülmesini kolaylaştırmak ve mevcut ürünlerin yönetimini iyileştirmek için PLM sistemleri ve bu sistemlerin sunduğu ekip içi iletişim araçları, sistem otomasyonu ve kontrolü gibi çözümlerden faydalanılabilir. Bu sayede şirketlerin risklerini düşürmesi, karlılığını artırması ve buna bağlı olarak da rekabet avantajı sağlaması mümkündür [13].

3. PLM UYGULAMALARININ İNOVASYONA ETKİSİ VE DİJİTAL İKİZ

3.1 PLM Uygulamalarının İnovasyona Etkisi

Gereğinden fazla malzeme, enerji, işçilik ve zamandan kaçınmak ve bununla birlikte katma değeri yüksek yenilik, farklılık yaratmak, başka bir deyişle inovasyon yapmak tüm mühendislik faaliyetlerinin ortak hedefidir. Bu ortak payda, endüstriyel mal ve hizmet üretiminde PLM uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Özellikle ürün geliştirme süreçlerinin sorunlardan biri, şirketlerde, AR-GE çalışmalarının önemi artarken, ürün tüketim sürelerinin kısalmasıdır. Teknolojinin gelişmesi ve dijitalleşmenin yaygınlaşması ile tüm sektörler seri üretimden kişiye özel üretime doğru dönüşmekte olduğu için ürün devreye alma hızı en önemli rekabet unsuru haline gelmektedir [**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**4]. Bu durum da şirketleri kaliteden ödün vermeden ürün geliştirme süresini kısaltmaya zorlamaktadır. Otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde ürün geliştirme ve kullanım sürelerinin geçmişten geleceğe değişimleri Şekil 3'te şematik olarak gösterilmektedir [4].

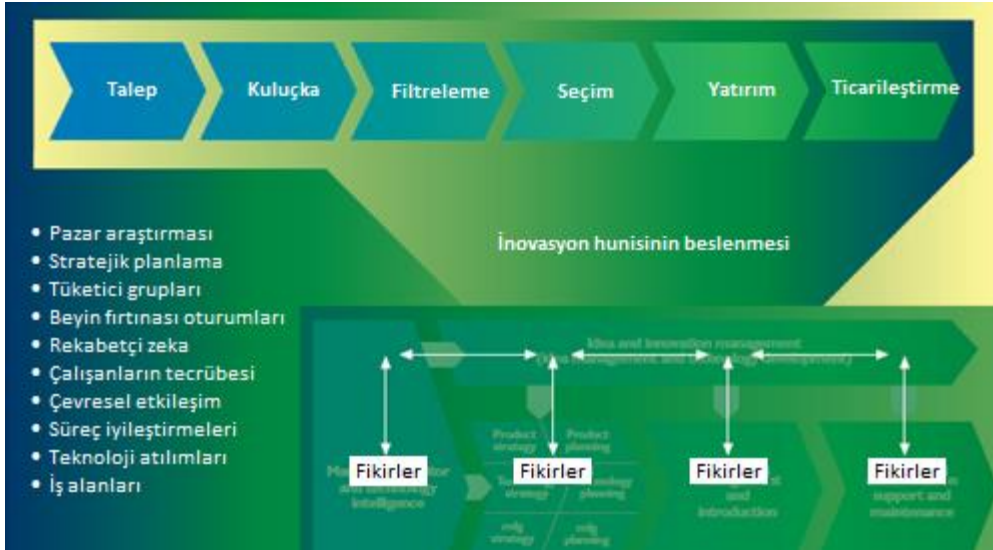


Şekil 3. Otomotiv sektöründe geçmişte, günümüzde ve gelecekteki ürün geliştirme ve kullanım süreleri [4]

İnovasyon sürelerini kısaltma ve maliyetleri düşürme konularındaki potansiyel faydaları nedeniyle, endüstride ve araştırmalarda PLM uygulamaları büyük ilgi görmüştür. Ürün yeniliği, birçok büyük şirket için birinci sıradaki temel endişe olan maliyet düşürmeyi geride bırakmaktadır. Bu şirketler için küreselleşmiş ortamın karmaşık gerçekliği, DASAMASA (Her Yerde Tasarım, Her Yerde Satış, Her Yerde Üretim, Her Yerde Destek) kısaltmasında netleşir. Günümüz dünyasında birçok şirketin ürünlerini dünyanın herhangi bir yerinde geliştirmesi, satması, üretmesi ve desteklemesi gerekmektedir.

PLM ve ürün inovasyon endüstrisi sadece son birkaç yılda, son yüzyılda olduğundan daha fazla dönüşüm geçirmektedir. Tasarım süreçlerini uyarlamayan firmalar, rakiplerinin gerisinde kalacak ve çalışma şekillerini değiştirecek olanlar, dikkate alınması gereken bir güç olacaktır [**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**4]. PLM, müşterilere, geliştiricilere, üreticilere ve tedarikçilere, tasarım ve ürün geliştirme süreci boyunca iş faaliyetlerini birlikte yönetmenin en etkili yollarını sağlar. PLM, insanları, süreçleri ve teknolojiyi entegre ederek sanal kurumsal ağlarda yaratma, inovasyon, yönetim, paylaşma ve ürün verilerini ve bilgilerini kullanma yeteneğini destekler [15].

Ürün geliştirme inovasyon süreci, operasyonel girdilerin üretime dağıtıldığında müşterilerin ihtiyaçlarını karşılayan "çıkıtlara" dönüştürülmesiyle ilgilidir. Birçok kuruluşta inovasyon yönetimi, iş çerçevesinin ayrılmaz bir parçasıdır [16]. Şekil 4'te grafiklerde inovasyon yönetiminin kritik adımları, Şekil 5'te ise bu adımların PLM ile işbirlikleri gösterilmektedir [17].



Şekil 4. İnovasyon yönetiminin kritik adımları [17].



Şekil 5. İnovasyon yönetiminin PLM ile işbirlikleri [17].

3.2 PLM'nin Endüstri 4.0, İş Birlikçi İnovasyon ve Dijital İkiz ile İlişkisi

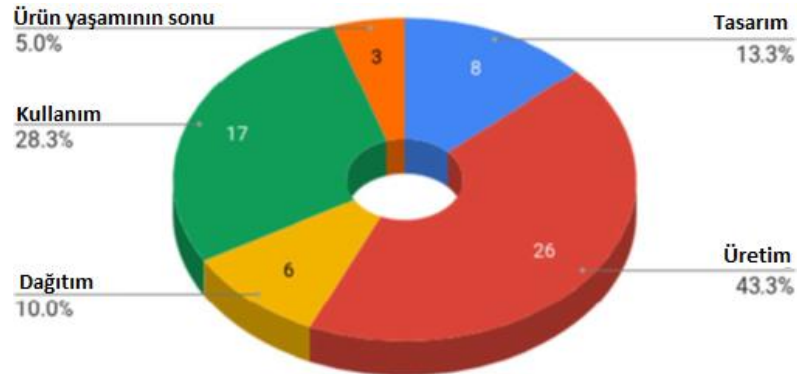
Geleneksel süreçlerde ürün yeniliği ve tedarik zinciri çalışmaları ayrı faaliyetler olarak yönetilmektedir. Bugün, işbirlikçi inovasyon yaklaşımları ikisini de entegre etmeye çalışmaktadır. Bununla birlikte, işbirlikçi inovasyon, birçok kuruluşta altyapıdaki sınırlamalar nedeniyle engellenmektedir. Teknik ve örgütsel engeller genellikle daha yüksek düzeyde iş birliğini zorlaştırmaktadır. Neyse ki, yeni yönetim

yaklaşımları ve bilgi teknolojisi çözümleri firmaların bu engelleri aşmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle, ortaya çıkan PLM sistemleri, mesafe, erişim, kurumsal bellek eksikliği ve farkındalık ile ilgili engellerin üstesinden gelmek için önemli araçlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin başarılı bir şekilde kullanılması, genellikle kurumsal değerlerde, süreçlerde ve metriklerde değişiklik yapılmasını gerektirir [18]. İşletmelerin verimliliğinin artması için üretim hatlarının ve süreçlerin dijital ortama aktarılıp hataların minimize edilmesi gerekmektedir. Bunun için işletmelerin PLM, nesnelerin interneti (IoT), kaynak planlama yönetimi (ERP) gibi sistemleri verimli ve birbirleri ile etkileşimli bir şekilde kullanması gerekmektedir [19].

Endüstri 4.0, makinelerin, iş parçalarının, sistemlerin ve proseslerin akıllı ağlar ile birbirine bağlanması ve eş zamanlı olarak birbirini kontrol etmesi olarak yorumlanmaktadır. Akıllı fabrikalar “Her şeyin İnterneti” (IoE) temeli ile insanları ve nesnelere birbirine bağlar ve bu sayede prosesleri yönetebilir [2]. Bu kapsamda simülasyon teknolojileri ile üretim süreçleri modellenebilir ve böylelikle sanal platformda üretim süreçlerinin Dijital İkizleri oluşturularak süreç optimizasyonu, test faaliyetleri ve ideal yerleşim tasarımları gibi birçok işlem etkin bir şekilde yapılabilir [2], [14], [20].

Dijital İkiz teknolojisi, özet olarak bir sistemin davranışını taklit eden sanal kopyası olarak tarif edilebilir. Bir sistemden veya bir makineden veriyi alıp yapay zekâ uygulamalarının da yardımıyla hesaplama ve tahmin ile geri bildirim vermektedir. Bu sistemde, performans tahminine olanak sağlayacak şekilde gerçek dünyadaki tüm fiziksel elementlerin sanal kopyaları yeni nesil simülasyon ortamlarında oluşturulmaktadır [2]. Özellikle verimlilik artırma, süreç iyileştirme, bakım tahmini konularında farklı senaryoları da denemesi sayesinde Dijital İkiz çok kullanışlı bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Her sektörde uygulamaları ve örnekleri mevcut olmakla birlikte özellikle otomotiv, havacılık ve uzay, enerji üretimi, petrol ve doğalgaz, sağlık ve ilaç ve denizcilik sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zheng ve ark., [21] tarafından yapılan anket çalışmasında, PLM ve Dijital İkiz süreçlerinin şirketlerdeki kullanım aşamaları ve dağılımları Şekil 6’da yer alan grafikte raporlanmıştır. Özellikle üretim süreçlerinin daha verimli ve uyarlanabilir olmasını amaçlayan birçok yeni ve inovatif çalışmalar yapılmaktadır.



Şekil 6. PLM ve Dijital İkizin şirketlerdeki kullanım alanları [21].

Çizelge 1’de görüldüğü üzere PLM sistemleri ve Dijital İkiz çalışmaları ürün yaşam döngüsünün bütün adımlarında farklı katkılar sağlamaktadır. Bu katkının artırılması ve farklı boyuta taşınması ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Aşağıda tasarım ve üretim aşamaları için bazı örnekler paylaşılmıştır:

Çizelge 1. PLM ve Dijital İkizin kullanım aşamaları ve açıklamalar [21].

Mühendislik PLM Basamakları	Açıklama
Tasarım basamağı	Entegrasyon, tanımlama, yenilik yapma, analiz etme, doğrulama
Üretim basamağı	Üretim, modelleme, optimizasyon, kişiselleştirme
Dağıtım basamağı	İş birliği, teslimat, yer izleme
Kullanım basamağı	Değerlendirme, çalıştırma, yeniden düzenleme, bakım, destek
Ürün yaşamının sonu basamağı	Yürürlükten kalkma, yeniden kazanma, geri dönüşüm, imha

3.2.1 Tasarım aşaması

Zheng ve ark., [21] çalışmalarında belirttikleri üzere minimum çevresel etki ile kullanıcı memnuniyetini sağlamak için Smart PSS ve Dijital İkiz ile kişiselleştirilmiş akıllı giyilebilir tasarıma sahiptir. Akıllı bağlı cihazlar tarafından yönlendirilen kullanıcılar, bulut bilişim yoluyla gelecekteki ürünlerin birlikte geliştirilmesine katılabilirler.

3.2.2 Üretim aşaması

PLM ve Dijital İkiz, üretim sürecini verimli, güvenilir ve uyarlanabilir hale getirmeyi amaçlar. Bu konuda çeşitli yeni ve yenilikçi çalışmalarla üretim aşamasında büyük etki sağlamaktadır. Dijital İkiz, değişen tüketici trendlerine daha iyi tepki vermek için proses modellerini dijitalleştirmek için kullanılır.

Mühendislik PLM yönü Dijital İkiz teknolojisi, esas olarak imalat sanayinde uygulandığından; mühendislik PLM yönlerinin analizi, Dijital İkiz'in tipik kullanım ömrü aşamalarında ilerlerken ürünlerin işlenmesinde etkinliği yansıtmayı amaçlamaktadır. PLM aşamaları, Dijital İkiz'in akıllı üretime yönelik yeniliği ve büyümeyi kolaylaştırmak için getirdiği belirli avantajlara bölünmüştür. Yeşil, sosyal, bireysel, akıllı, hizmet odaklı ve diğer imalat özellikleri gelecekteki imalat endüstrisinin gelişim gereksinimleri ve eğilimleri haline geldiğinden, bu mühendislik perspektifi, beşikten mezara sürecini tam ürün döngüsüne genişletmek için Dijital İkiz teknolojilerini kullanarak sürdürülebilir ürün geliştirme vizyonu ortaya koymaktadır [21]. Sürdürülebilir ürün geliştirme vizyonu kapsamında üretimin sürekliliği de oldukça önemlidir [22]. Makine ya da ekipmanlarda yaşanacak beklenmeyen arızalar, üretim kayıplarına ve yüksek maliyetli onarım giderlerine sebep olmaktadır. Üretimin sürekliliğini sağlamak ve üretim verimliliğini arttırmak için bakım teknolojilerinin gözden geçirilmesi ve en doğru yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Bu konuda kullanılacak en etkili yöntemlerden biri kestirimci bakımdır [19].

Kestirimci bakım; nesnelerin interneti (IoT) kullanılarak ekipman ve bileşenlerinin ideal çalışma koşulunda durumlarının gerçek zamanlı veri toplayan sensörler yardımıyla izlenmesi ve verilerin analitik yöntemlerle analiz edilmesiyle yaşam ömürlerinin öngörülüp arıza çıkarma ihtimallerini değerlendirerek önlem almaktır [19- 23]. Makine parkurunun Dijital İkizinin çıkartılması ve sensörler yardımıyla toplanan verilerin tahmine dayalı makine öğrenimi algoritmalarının kullanılmasıyla kestirimci bakımın etkin kullanılmasının bakım maliyetlerinde %25-%30 arası, arızalarda %70-%75, arıza sürelerinde ise %35-%45 arasında iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir [19].

4. SONUÇ

Çalışma kapsamında inovasyon ve yeni ürün geliştirme süreçleri incelenmiş ve PLM'nin bu süreçlere olan etkisi ele alınmıştır. Piyasaya sürülen yenilikçi ürünlerin yaklaşık %75'inin başarısız olduğundan hareketle [24-26] [PLM'nin ürün geliştirme süreçlerinde sağlamış olduğu faydalar daha da önem kazanmıştır. Daha yenilikçi ürün ve hizmetleri daha kısa sürede pazara sunmaya yardımcı olması [10] daha iyi bir işbirliği, işbirliğinde iletişimi kolaylaştırma sayesinde sağlanan tasarruf [21], ürün geliştirme süre ve maliyetlerini azaltmaya katkısı, daha kaliteli ürün geliştirmeye olası desteği sayesinde PLM sistemlerinin inovasyonu kolaylaştırıcı bir etkiye sahip olduğunu belirtmek mümkündür. Çalışmanın temel bulgusu, bahsi geçen avantajları ile, PLM'nin inovasyon yönetiminde önemli bir rol oynadığı, farklı konumlardaki çalışanları/ekipleri bir araya getirdiği için çok daha hızlı ve doğru ürün geliştirmeyi sağladığıdır.

PLM sistemleri, proje yönetimi, ürün geliştirme, ürün devreye alma gibi süreçleri sistematik bir şekilde kontrol altında tuttuğu için personellerin kendi işlerine daha iyi odaklanmasını sağlamaktadır. Bu durumun Ar-Ge gibi inovasyon yaratan birimlerin verimini arttırdığını gözlemlemek mümkündür. Bunun yanında özellikle son yıllarda Dijital İkiz teknolojisiyle birlikte Üretim – Proses – Satış Sonrası Hizmetler gibi ürün yaşam döngüsünün birçok aşamasında da inovasyonun çok büyük bir ivme kazandığı görülmüştür.

PLM sistemiyle birlikte simülasyon, Dijital İkiz ve kestirimci bakım uygulamalarının da tasarım ve üretim süreçleri başta olmak üzere ürün yaşam döngüsü boyunca birçok alanda katkı sağladığı görülmüştür. Özellikle tasarım aşamasında müşteriyi de işin içine katarak bir kerede doğru ürünün

tasarlanması ve üretim aşamalarında süreç modellemeleri ve kestirimci bakım uygulamaları ile elde edilen zaman ve maliyet kazanımları paylaşılmıştır. Sektörün önde gelen servis sağlayıcı firmalarının bu alanlarda yaptığı yenilikleri takip ettikçe gelecekte bu sistemlerinin çok daha yaygın ve efektif olarak kullanılabileceği gözükmektedir.

Gelecekte, teknoloji ilerledikçe, Dijital İkiz teknolojisinin blok zinciri ve sanal gerçeklik teknolojileri ile birleştirmeye yönelik yapılacak çalışmalarla Dijital İkiz'in birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılması ve inovasyon süreçlerine fayda sağlaması oldukça mümkündür. İleride yapılacak çalışmalarda büyük veri analizi ve yapay zekâ teknolojileri, PLM ve Dijital İkiz uygulamalarında etkin olarak kullanılır ise, yapılan simülasyonların doğruluk oranı oldukça artacak ve Dijital İkiz üzerinden doğru ve bilinçli karar verme sayesinde özellikle süreç inovasyonlarının çok daha efektif şekilde yapılması mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ürper, Y., "Girişimcilik", T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2008.
2. Çelen, S., "Sanayi 4.0 ve Simülasyon", International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, Cilt 1, Sayı 1, Sayfa 9-26, 2017.
3. Oslo Kılavuzu, "Yenilik verilerinin toplanması ve yorumlanması için ilkeler", https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/kilavuzlar/Oslo_3_TR.pdf May 11, 2020.
4. Özden, H., "Endüstriyel mal ve hizmet üretimlerinde PDM, PLM uygulamaları", Mühendis ve Makina, Cilt 57, Sayı 672, Sayfa 34-43, 2016.
5. Felic, A., König-Ries, B., & Klein, M., "Process-Oriented Semantic Knowledge Management in Product Lifecycle Management", Procedia Cirp, Vol 25, Pages 361-368, 2014.
6. Qureshi, A. J., Gericke, K., Blessing, L., "Stages in product lifecycle: trans-disciplinary design context", Procedia CIRP, Cilt 21, Pages 224-229, 2014.
7. Stark, J., "Product lifecycle management-21st century paradigm for product lifecycle realisation", Springer, 2015.
8. "Ürün Yaşam Döngüsü (PLM)", <https://www.endustri40.com/urun-yasam-dongusu-plm/>, Eylül 11, 2020.
9. Gecevska, V., Chiabert, P., Anisic, Z., Lombardi, F., & Cus, F., "Product lifecycle management through innovative and competitive business environment", Journal of Industrial Engineering and Management, Vol 3, Issue 2, Pages 323-336, 2010.
10. Lee, S. G., Ma, Y. S., Thimm, G. L., & Verstraeten, J., "Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul", Computers in Industry, Vol 59, Issue 2-3, Pages 296-303, 2008.
11. Saaksvuori, A., Immonen, A., "Product lifecycle management". Springer Science & Business Media, 2008.
12. Watts, F. B., "Engineering documentation control handbook: configuration management and product lifecycle management". William Andrew, 2011.
13. Gökçe, M., Ötleş, S., "Ürün yaşam döngüsü yönetimi yazılımlarının fonksiyonelliklerinin yeni gıda ürün geliştirme süreçlerine etkileri", Dünya-Gıda, Vol 4, Sayfa 91-98, 2019.
14. Apilioğulları, L., "Industry 4.0: the stages of industrial development and bringing of change", International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, Vol 2, Issue 3, Pages 93-102, 2018.
15. Gecevska, V., Cus, F., Polenakovic, R., & Chabert, P., "Process of innovation in product lifecycle management business strategy", Perspectives of Innovations, Economics & Business, Vol 9, Issue 3, Pages 53-56, 2011.

16. Popa, L. I., Popa, N. V., “PLM innovation matrix for a complex product development process”, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 371, Issue 1, Pages 862-866, 2013.
17. “Product Lifecycle Management (PLM) – Innovation Management, Siemens PLM Software”, https://www.plm.automation.siemens.com/ko_kr/Images/cpg%20innovation%20management%20wp%20%201_tcm72-21729.pdf Mayıs 15, 2020.
18. Swink, M., “Building collaborative innovation capability”, *Research-Technology Management*, Vol 49, Issue 2, Pages 37-47, 2006.
19. Gürsoya, M. Ü., Çolaka, U. C., Gökçe, M. H., Akkulaka, C., Ötleş, S., “Endüstri için kestirimci bakım”, *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, Vol 3, Issue 1, Sayfa 56-66, 2019.
20. Brown, V., “Advances in pre-production product innovation and PLM”, *Apparel*, Vol 8, Issue 23, 2017.
21. Zheng, P., Chen, C. A., “State-of-the-art survey of digital twin: techniques”, *Engineering Product Lifecycle Management and Business Innovation Perspectives*. J Intell Manuf, 2019.
22. Trotta, M. G., “Product lifecycle management: sustainability and knowledge management as keys in a complex system of product development”, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, Vol 3, Issue 2, Pages 309-322, 2010.
23. Dilibal, S, Şahin, H., “İşbirlikçi endüstriyel robotlar ve dijital endüstri”, *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, Cilt 2, Sayı 1, Sayfa 86-96, 2018.
24. Schneider, J., Hall, J., “Why most product launches fail”, *Harvard Business Review*, April 2011.
25. Eigner, M., “Managing digital models / twins using federated, light weight system lifecycle management solution”, <http://pdteurope.com/wp-content/uploads/2017/10/9-Systems-Life-Cycle-Management-as-a-Bimodal-IT-Approach-.pdf>, September 2, 2020.
26. Demirci A. E., Uz Kurt, C., “Yenilik yönetimi”, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2602 Lim, K.Y.H., 2010.