



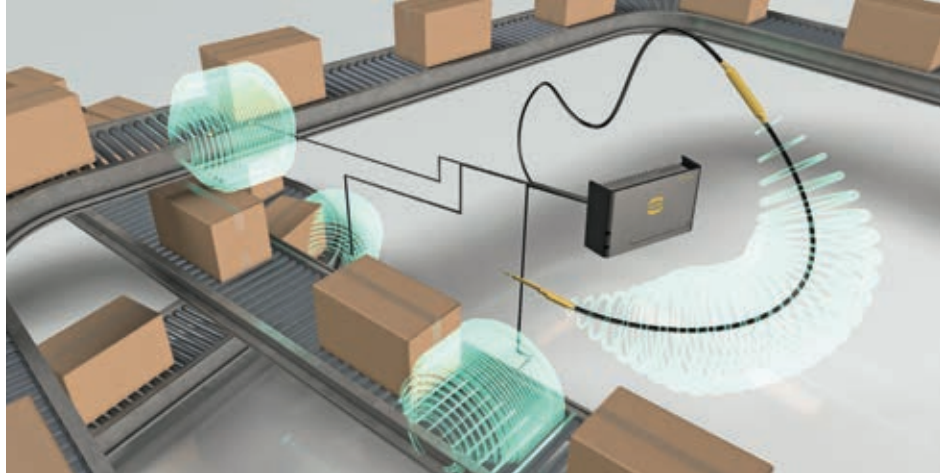
## Kapalı döngü - Ürün yaşam döngüsü yönetimi



Semih Ötleş<sup>1,2</sup>, Bilge Üçok<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi,  
Ürün Yaşam Döngüsü  
Mükemmeliyet Merkezi

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi,  
Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Ürün Yaşam Döngüsü  
Yönetimi Anabilim Dalı



### Özet

**B**u yazı, ortaya çıkan teknolojiler nedeniyle ürün bilgi akışının kapalı olduğu kapalı döngü ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM) ile ilgili araştırma konularını tanıtmaktadır. PLM, ürün ömrü bilgisini tüm ürün ömrü boyunca verimli bir şekilde yönetmek için yeni bir stratejik yaklaşımdır. Son zamanlarda ortaya çıkan teknolojilerle birlikte PLM, ürün ömrü bilgisini toplamamıza ve analiz etmemize ve mekânsal ve zamansal kısıtlamalar olmaksızın çeşitli konularda karar vermemize olanak tanır. Bununla birlikte, PLM sistemi bize rekabet edebilirlik kazanmak için yeni fırsatlar sunar. Ürün yaşam döngüsü içindeki etkisizliği kaldırmak ve kapalı döngü PLM'nin avantajını en üst düzeye çıkarmak için, zorlu yeni konulara bakmak gerekir. [1]

**Anahtar Kelimeler:** PLM, Kapalı döngü, RFID, PEID, Kapalı döngü PLM

### 1.Giriş

Günümüzde, ürün gömülü bilgi cihazı (PEID) sayesinde tüm ürün yaşam ömrü görülebilir ve kontrol edilebilir. Bu, ürün ömrü boyunca kapalı döngü bilgi akışlarına neden olur. Kapalı çevrimli PLM, bilginin ürün ömrü aşamalarına olası geri bildirimleri ile birlikte, tüm ürün yaşam döngüsü bilgilerini izlemeye ve yönetmeye odaklanır. Bununla birlikte, PLM sisteminin uygulanması yüksek düzeyde koordinasyon ve entegrasyon gerektirir. [2] Bu amaçla, öncelikle, kapalı döngü PLM, ardından kapalı döngü PLM'de vurgulanan birkaç araştırma sorunu açıklanmıştır. Her bir ürün yaşam döngüsü aşaması için, daha önceki araştırmalarının gözden geçirilmesi ile araştırma konularını sunup onları çözmeye yönelik gereksinimleri ele alınmıştır. [3]

Kapalı çevrim ürün yaşam döngüsü yönetimi (kapalı döngü PLM), bir şirketin

tüm bölümlerinin etkilenmesine neden olan bir kurumsal uygulamadır. Kurumsal uygulamayı verimli bir şekilde uygulamak için başlangıçta iyi tasarlanmış bir çerçeveye sahip olmak gerekir. Genel olarak, kurumsal düzeyde bir sistem oluşturmak için, maliyet ve zamanlama aşan riskleri azaltmak için toplam sistem entegrasyonunun erken aşamadaki ihtiyaçlarını gidermek önemlidir. Bu, bir sistem mimarisini gerektirir. [4]

Genel olarak, ürün yaşam döngüsü üç ana aşamadan oluşur: tasarım ve üretim de dâhil olmak üzere yaşamın başlangıcı (BOL); lojistik (dağıtım), kullanım, servis ve bakım da dâhil olmak üzere yaşamın ortası (MOL); (toplama), yeniden imalatı (sökme, yenileme, yeniden birleştirme, vb.), yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve elden çıkarma dâhil olmak üzere, ömrünün sonuna (EOL) göre değişir. BOL sırasında, bilgi akışının tamamlanması CAD / CAM, ürün veri yönetimi (PDM) ve bilgi yönetimi (KM) gibi çeşitli bilgi sistemleri tarafından desteklendiğinden tamamen tamamlanmıştır.

Bununla birlikte, bilgi akışı, BOL'den sonra belirsiz ya da tanımlanmamaktadır. Bu, ürün kullanım verileri ve atık koşulları gibi ürünle ilgili bilgilerin MOL ve EOL'den BOL'a geri gönderilmesini önler. Bu nedenle, MOL ve EOL aşamalarının yaşam döngüsü etkinlikleri, ürünle ilgili bilginin görünürlüğü sınırlıdır. Sonuç olarak, her bir yaşam döngüsü aşamasındaki aktörler, eksik ve hatalı bilgilere dayalı kararlar alırlar ve operasyonel olarak verimsizleşirler.

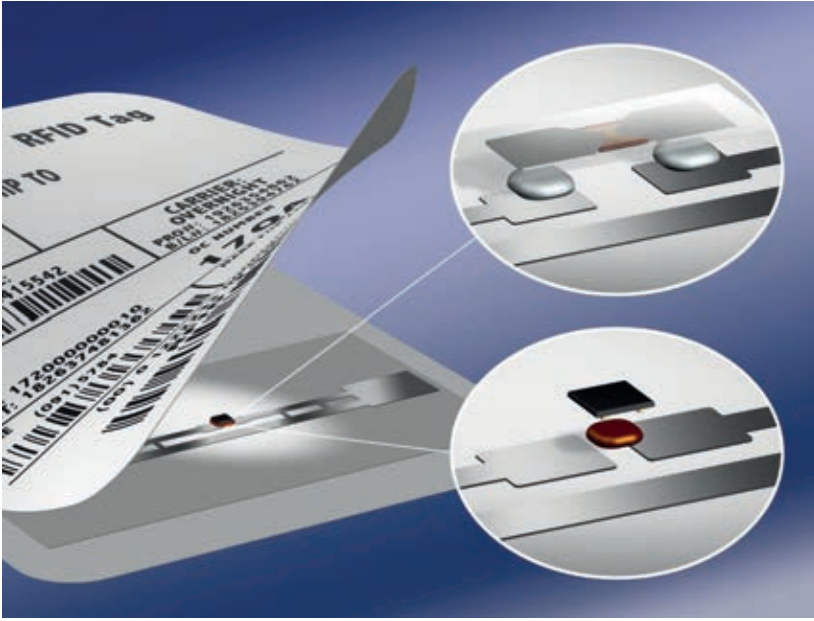
Son on yılda İnternet, kablosuz mobil telekomünikasyon teknolojileri ve çeşitli ürün tanımlama teknolojilerinin hızla gelişmesi, ürün yaşam döngüsü klışesini de-

ğiştirmiştir. Bu teknolojiler, ürünün ömrü boyunca ürün bilgilerinin görünür olmasını sağlar. Bu teknolojilerin temel unsuru, çeşitli isimlerle incelenen ürün gömülü bilgi cihazı (PEID) teknolojisidir; akıllı etiket veya akıllı ürün. "Ürün gömülmüş" terimi, ürün ömrü verilerinin bir ürüne bir bilgi cihazı yerleştirilerek ürün ömrü boyunca gerçek zamanlı olarak izlenebileceğini ifade eder. "Bilgi cihazı" terimi, PEID'in verileri toplar, işler ve kendi içine depolayabileceğini gösterir. PLM ajanları aracılığıyla ürünlerden veri toplayabilir ve uygun işlem tamamlandıktan sonra bunları kendi hafızasında saklayabilir. Toplama ve saklama, istek odaklı veya olay odaklı mekanizma ile yapılabilir. Çok çeşitli PLM uygulamaları nedeniyle, tüm ürün ömrü boyunca sadece basit RFID etiketlerini kullanmak uygun değildir. Bazı uygulamalar, gerekli verileri toplamak için belirli sensörlere ihtiyaç duyabilir. Diğerleri basit RFID etiketlerinin ve işleme ve veri depolama yeteneğine sahip bir yerleşik bilgisayarın birleşimine ihtiyaç duyabilir. Bu nedenle, basit bir RFID etiketi, sensör, bellek ve işlemci kombinasyonu olan basit bir RFID etiketi yerine PEID'yi ürün ömrü yönetimi (PLM) uygulamalarına dönüştürüyoruz. PLM uygulamalarının özelliklerine bağlı olarak, farklı PEID türleri arzu edilir olmalıdır. [5]

## 2. PLM ve Kapalı Döngü PLM

PLM, ürünle ilgili bilgileri ürün ömrü boyunca etkin bir şekilde yönetmek için yeni bir stratejik yaklaşımdır. Ürün veri yönetiminin (PDM) bir uzantısı olarak doğan firmanın amacı, tüm ürün ömrü boyunca genişleyen işletmeye daha fazla ürün ile ilgili bilgi sağlamaktır. Konsepti, 1990'ların sonunda bir ürünün mühendislik

boyutlarının ötesine geçmesi ve geniş kurumsal ortamda ürünle ilgili bilginin oluşturulması, organizasyonu ve yaygınlaştırılması için paylaşılan bir platform sağlamıştır. "Ürün yaşam döngüsü yönetimi: ihtiyaçlar, kavramlar ve bileşenler". PLM, ürün ömrü boyunca ve genişleyen işletme boyunca insanları, süreçleri, iş sistemlerini ve bilgileri entegre ederek işletme operasyonlarının yenilenmesini kolaylaştırır. Organizasyonlarda işlevsel siloların yatay olarak birleştirilmesi, bilgi paylaşımının güçlendirilmesi, etkin değişim yönetimi, geçmiş bilginin kullanılması gibi avantajları elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla PLM sistemi bir ürünün ömrü boyunca herhangi bir aşamadaki ilerlemesini izleyebilmelidir. Herhangi bir ürün yaşam döngüsü aşamasında ortaya çıkabilecek sorunları analiz etmek; problemleri çözmek için uygun kararlar vermek ve kararları uygulamak. PLM, amaçlarına rağmen, şimdiye kadar endüstride pek ilgi görmemiştir, çünkü ürün satışı sonrasında ürün ömrü verileri toplamak için etkili araçlar çok azdır. Bununla birlikte, son zamanlarda, "radyo frekansı tanımlama (RFID) gibi ürün tanımlama teknolojilerinin ortaya çıkması sayesinde Radyo Frekans Tanımlama (RFID) teknolojisi ve ticari inşaat sektöründeki uygulaması" "Yaşam sonundaki karar vermede ürün kimliğinin rolü" şimdi PLM, hedefini gerçekleştirmek için güçlü araçlara sahiptir. Ürün tanımlama teknolojileri, ürünlerin herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerdeki ürünlerin yaşam döngüsü verilerini toplamasını sağlayan, ürünlerin gömülü bilgi cihazlarına (örneğin, RFID etiketleri ve araç bilgisayarları) sahip olmasını sağlar. Böylece, ürünün tüm ömrü görünür ve kontrol edilebilir hale gelebilir. Tüm ürün ömrü döngüsünün tüm



aktörlerine ürünle ilgili bilgileri, özellikle zamanında ve mekansal kısıtlamaları olmaksızın müşterilere ürün sunumundan sonra nihai kaderine kadar olan bilgilere erişme, bunları yönetme ve kontrol etme olanağı tanır. Ürün yaşam ömrünün tamamı boyunca şimdi yalnızca ileriye doğru değil geriye dönük bilgi akışının görünürlüğüne sahip olabiliriz. Örneğin, yaşamın başlangıcı (BOL), ürün tasarımı ve üretimi ile ilgili bilgiler, yaşam ömrünün ortası (MOL) ve ömrünün sonuna (EOL) uyum sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca, MOL ve EOL bilgileri, BOL kararlarının iyileştirilmesi için tasarımcılara ve üretim mühendislerine geri dönebilir. Bilgi akışı, ürün ömrünün tamamı boyunca yatay olarak kapatıldığını gösterir. Buna ek olarak, ürün gömülü bilgi cihazları (PEID'ler) tarafından toplanan verilere dayanarak ürünle ilgili bilgiler analiz edilebilir ve ürünlerin davranışı üzerinde bazı yararlı kararlar alınabilir, bu da verilerin tekrar toplanmasını etkileyecektir. Bu, bilgi akışı da dikey olarak kapatıldığı anlamına gelir. Bu çalışmada, bu kavramı ve ilgili sistemleri kapalı çevrimli PLM ola-

rak adlandırdık. Kapalı çevrim PLM şu şekilde tanımlanabilir:

PEID'lerin ve ürün veri ve bilgi yönetimi (PDKM) sisteminin desteğiyle, ürün ömrü döngüsünün kapalı döngülerinde biriken ürün verileri / bilgilerini kullanarak ürün yaşam döngüsü etkinliklerinin etkin yönetimi için stratejik bir ticari yaklaşımdır.

Kapalı çevrim PLM'nin amacı, ürün yaşam döngüsü operasyonlarını, ürün bilgi akışının kesintisiz sürdürülmesine, yerel bir PEID kablosuz ağına ve PDKM'deki bilgi havuzlarına uzaktan internet bağlantısı aracılığıyla ürün ömrü boyunca uyarlamaktır. Yukarıdaki tanımlamada görebileceğiniz gibi, kapalı çevrim PLM'de her ürün yaşam döngüsü verilerini yönetmek için PEID'lere sahip olmalıdır. Gerekirse, durum verileri toplamak için sensörler ürünlerde oluşturulabilir ve PEID'lere bağlanabilir. Ürün yaşam döngüsü boyunca, her yaşam döngüsü aktörü PEID denetleyicileri (örneğin, RFID okuyucuları) olan PEID'lere erişebilir veya gerekli bilgileri almak için uzak bir PLM sistemine erişebilir. Dahası, kapalı

döngüsel PLM, yaşam döngüsü aktörlerine her zaman uygun tavsiye vererek karar destek sistemleri ve PDKM sistemlerine sahip olmalıdır. [6]

Son zamanlarda, bu PEID teknolojisi ile PLM dikkat çekmektedir. PLM, ürünle ilgili bilgileri tüm ürün ömrü boyunca etkin bir şekilde yönetmek için yeni bir stratejik yaklaşımdır. Konsepti, 1990'ların sonlarında, ürünün mühendislik yönlerinin ötesine geçerek ve ürünle ilgili bilginin oluşturulması, organizasyonu ve yaygın kurumsal çapta yaygınlaştırılması için paylaşılan bir platform sağlama hedefiyle ortaya çıktı. PLM aşağıdaki gibi çeşitli şekillerde tanımlanır:

Sürekli kurumsal genelinde ürün tanımlama bilgisinin işbirliğine dayalı yaratılması, yönetimi, yaygınlaştırılması ve kullanılmasının desteklenmesi için insanın, süreçlerin, iş sistemlerinin ve bilginin entegre edildiği konseptten sonuna kadar tutarlı bir dizi iş çözümü uygulayan stratejik bir işletme yaklaşımıdır.

Bir kurumun hedeflerini gerçekleştirme aşamasında biriken bilginin toplamı olan kurumsal entelektüel sermayenin etkili yönetimi ve kullanımı için stratejik bir ticari yaklaşımdır. Artık, ürün yaşam döngüsü etkinliklerini ve bilgileri PEID'lerle izleyip takip ederek, ürün yaşam döngüsü, görünür ve kontrol edilebilir hale getirilebilir. Zaman içindeki ve mekansal kısıtlamaları olmaksızın ürünle ilgili bilgileri, özellikle müşteriye bir ürün tesliminden sonra nihai kaderine kadar olan bilgileri, tüm yaşam döngüsünün tüm aktörlerine ürünle ilgili bilgileri erişirmek, yönetmek ve kontrol etmek için izin verir. Bu bilgi tasarımcılara ve üretim mühendislerine geri döner, böylece bilgi akışı bütün ürün ömrü boyunca kapatılabilir. Bu PLM ortamına kapalı döngü PLM denir. [7]

## 2.1 Kapalı döngü PLM

Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM), ürünle ilgili bilgileri, ürün ömrü boyunca etkin bir şekilde yönetmeyi amaçlar. PLM, genişletilmiş işletmeye daha fazla ürün ile ilgili bilgi sağlamak için Ürün Veri Yönetimi'nin (PDM) kapsamını genişletir. Ürün Veri Yönetimi, yeni ürünlerin tasarımı için veri yönetimini ve belgelenmiş bilgiyi iyileştirmek ve bir ürünün tasarım ve üretim aşamalarına odaklanmak için geliştirilmiştir. Ayrıca, bilgiler ürün çeşidine değil ürün kalitesiyle ilgilidir.

PLM stratejik bir yaklaşımdır ve üç temel boyuta sahiptir: (i) ürün tanımlama bilgisinin evrensel, güvenli, yönetilen erişim ve kullanımı, (ii) ürün tanımının ve ilgili bilgilerin ürünün veya tesisin ömrü boyunca sürdürülmesi ve (iii) bilgiyi oluşturmak, yönetmek, yaymak, paylaşmak ve kullanmak için kullanılan süreçleri yönetmek ve sürdürmek. Çevresel değişiklikler (kütle uyarlaması, kısa ürün geliştirme süreci, ürün işlevlerinin karmaşıklığı), işbirliğinin artırılması (kurum içi, genişletilmiş tedarik zinciri), web tabanlı paradigmalardan ve teknolojinin büyümesinin önemi gibi yeni endüstriyel zorluklarla yüzleşmek için, dijital imalat, müşteri hizmetleri ve karar destek hizmetleri olmak üzere tüm ürün ömrü boyunca bilgi döngüleri kapatılmalıdır.

Bir ürün ömrünü aşağıdaki üç önemli aşamada kategorize edebiliriz:

- Kavramsallaştırma, tanımlama ve gerçekleştirilmeyi içeren BOL
- Kullanım, bakım ve bakım da dâhil olmak üzere MOL
- EOL, ürünün yenilenmesi ile yeniden kullanımı, parçaların sökülmesi ve yenilenmesi ile yeniden

kullanımı, sökülmeden malzeme ıslahı, sökme ile malzeme ıslahı ve son olarak yakma ile birlikte veya bertaraf olmaksızın imha edilmesi gibi çeşitli senaryolarla karakterize edilmiştir.

Yukarıda belirtildiği gibi, tüm bu aşamalarda veri ve bilgi yaratılmıştır. BOL'un ilk iki aşaması (yani tasarım ve üretim) arasında veri ve bilginin oluşturulması CAD / CAM / CAE ve diğer simülasyon yazılımı gibi akıllı sistemler tarafından desteklenir. Ürün Veri Yönetimi (PDM), birçok OEM tarafından ve etkileri yoluyla tedarikçilerince etkili ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tür etkin kullanım, MOL safhasından son EOL senaryosuna doğru gittikçe azalıyor ve tamamlanıyor. Günümüzün teknolojik ürünlerinin çoğunluğu ve özellikle 'yüksek teknoloji' ürünleri (tüketici elektroniği, ev tipi beyaz makineler ve araçlar gibi) için, veri, bilgi ve bilgi akışlarının ve ilişkili dönüşümlerin yıkıldığını söylemek doğrudur (ürünün müşteriye tesliminden sonra).

Kapalı devre PLM konseptinin ana unsurları ve gösterilen gereklilikler şunlardır:

- ürün verileri ve bilgi değişimi için yerel (kısa mesafe) bağlantı modu
- internet (uzun mesafe) ürün bilgisi ve bilgi alımı
- veri ve bilgi akışları
- karar destek yazılımı.

Yukarıdaki kavramlar ve gereklilikler, verilerin bilgiye enformasyona kesintisiz e-dönüşümü olarak anılacaktır.

Çok fazla bilgi akışı ve kurumlar arası iş akışları olmasına rağmen, kapalı döngüsel PLM'deki işletme işlemleri, üç organizasyon arasındaki etkileşime dayanmaktadır:

PLM aracı, PLM sistemi ve Ürün. PLM acentesi, her bir üründen ürün dijital bilgi asistanı veya bir Ürün Gömülü Bilgi Aygıtı (PEID) okuyucu bulunan bir dizüstü bilgisayar gibi bir mobil aygıtla ürün ömrü bilgilerini hızlı bir şekilde toplayabilir. Her sitede toplanan bilgileri (perakende siteleri, dağıtım siteleri ve imha tesisleri gibi) internet üzerinden bir PLM sistemine gönderir. PLM sistemi, bireyler veya kuruluşlar tarafından talep edildiğinde PLM temsilcileri tarafından oluşturulan yaşam döngüsü bilgisini sağlar.

Daha yakın zamanlarda, kapalı devre PLM kavramı, CL2M<sup>®</sup> kavramına (Kapalı Çevrim Yaşam Döngüsü Yönetimi) genelleştirildi. [8]

### ■ PLM + MES + ERP = Kapalı Çevrim Ürün Yaşam Döngüsü

Kurumsal kaynak planlaması (ERP), ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM) ve üretim yürütme sistemleri (MES), geleneksel olarak üretim teknolojisi bulmacasının üç ayrı kolonuydu. Ancak günümüz dünyasında-zamanında ürün teslimatı ve birinci sınıf kalitenin başarı işaretleri olduğu bu bireysel parçalar, modern bir günümüzün yağsız üretim yorumlamasına temel oluşturmak için bir araya geliyor.

PLM, MES ve ERP sistemleri arasındaki döngüyü kapatarak imalatçılar mühendislik, işyeri tabanı ve ön büro arasındaki işlevsel alanlarda veri paylaşımını kolaylaştırmayı umuyorlar. Amaç, ürün dağıtım döngülerini hızlandırmaya, gereksiz manuel işlemleri ortadan kaldırmaya ve atık yapmaya yardımcı olacak görünürlük sağlamak ve kalitedeki sorunları çok masrafsız hale gelmeden ve müşteri memnuniyetini önündeki engelleri ön planda tutarak düzeltmeye yardımcı olmaktır. [9]



## 2.2 . Kapalı çevrim PLM ile ilgili araştırma konuları

### 2.2.1. Bu çalışmanın kapsamı

PLM'nin çekirdeği, ürünle ilgili veri, süreçler ve kaynaklar gibi yaşam döngüsü nesnelere ilişkin tüm yaşam döngüsü boyunca etkin ve tutarlı şekilde bilgi yönetimidir. Bunun için PLM aşağıdakileri desteklemelidir:

(1) ürün yaşam döngüsü faaliyetleri, ürünle ilgili veriler ve kaynaklar gibi yaşam döngüsü nesnelere ilişkin yönetimi;

(2) müşteriler, iş ortakları ve tedarikçiler arasındaki işbirliği ve

(3) girişimin zorlukları ve darboğazları analiz etme ve bunlarla ilgili kararlar verme becerisi.

Yaşam döngüsü nesnelere yönetmek ve yaşam döngüsünde yer alan aktörler arasında verimli bir işbirliğine ulaşmak için, öncelikle bu nesnelere modelleme yapılmalıdır. Daha sonra, bu nesne modellerine dayanarak, yaşam döngüsü operasyonlarını iyileştirmek için analiz etme ve karar verme ile ilgili sorunları çözmek gereklidir. Bu bağlamda, bu çalışmada, modelleme ve analiz etme / karar verme yönlerinde her bir yaşam döngüsü aşaması için kapalı döngü PLM'nin operasyonel sorunları kullanılmıştır. Bu çalışma, PLM uygulamasıyla (PEID ve PEID okuyucu arasındaki veya PEID okuyucu ile bir PLM sistemi arasındaki orta katman geliştirme, PEID sistem tasarımı ve kısa /uzak mesafe kablosuz iletişim teknolojileri) teknik araştırma konularının kapsamı dışındadır. [10]

### 2.2.2.BOL tasarımı ve üretimi

BOL, ürün kavramının üretildiği ve fiziksel modeli gerçekleştirilen fazdır. Kapalı döngü PLM, tasarımcılar ve üretim mühendisleri, distribütör, bakım / servis mühendisleri veya müşterilerden, yeniden üreticiden vb. detaylı ürünle ilgili bilgiler hakkında geribildirim alacaklardır. Bu nedenle, ürün ömrü boyunca diğer oyuncuların uzmanlık ve teknik özelliklerini kullanabileceklerdir. Ürün tasarımının kalitesini ve üretim verimliliğini artıracaktır. Örneğin, bir sonraki aşamalı ürünlerin tasarımını iyileştirmek için toplanan ürün kullanım verilerini uygulayabiliriz.

disleri veya müşterilerden, yeniden üreticiden vb. detaylı ürünle ilgili bilgiler hakkında geribildirim alacaklardır. Bu nedenle, ürün ömrü boyunca diğer oyuncuların uzmanlık ve teknik özelliklerini kullanabileceklerdir. Ürün tasarımının kalitesini ve üretim verimliliğini artıracaktır. Örneğin, bir sonraki aşamalı ürünlerin tasarımını iyileştirmek için toplanan ürün kullanım verilerini uygulayabiliriz.

### 2.2.3.MOL'un ana konuları

#### ■ MOL-dağıtımı, kullanımı, bakımı ve servisi

MOL, müşterilerin veya mühendislerin ürünlerin dağıtıldığı, kullanıldığı, bakımı ve servis edildiği aşamadır. Bir kapalı döngü PLM ile, bir peid vb dağıtarak rota, kullanım koşulları, başarısızlık, bakım veya servis olayları ve ilgili ürün geçmişini giriş yapabilirsiniz. Bu bilgi daha sonra analiz ve paylaşım için PLM sisteminde toplanır. MOL sırasında, bir ürünün durumu ve gerçek zamanlı yardım hakkında güncel bir rapor bu sistemden İnternet veya kablosuz mobil teknoloji ile elde edilebilir. Bu nedenle, çözülmesi gereken birçok zorlu sorun var.

### 2.2.4.EOL'nin ana konuları

#### ■ EOL toplama, yeniden üretim, geri dönüşüm, yeniden kullanma ve elden çıkarma

EOL, kullanılan ürünlerin toplanması, sökülmesi, yenilenmesi, yeniden birleştirilmesi, geri dönüştürülmesi, yeniden kullanılması veya atılması aşamasını içermektedir. EOL, bir ürünün artık bir ilk alıcıyı tatmin etmediği zamandan başlar.

Örneğin, geri dönüşümcüler ve yeniden kullanıcılar, EOL rotaları yoluyla gelen "değerli parçalar ve malzemeler" hakkında doğru bilgi edinebildikleri için, malzeme geri dönüşümü önemli ölçüde iyileştirilebilir: içerdikleri materyaller, bunları kim üretmiştir ve materyalin yeniden kullanılmasını kolaylaştıran diğer bilgiler. PEID teknolojilerini kullanarak sadece malzeme geri dönüşümünü değil, aynı zamanda diğer EOL işlemlerini de optimize edebiliriz.

dönüşümü önemli ölçüde iyileştirilebilir: içerdikleri materyaller, bunları kim üretmiştir ve materyalin yeniden kullanılmasını kolaylaştıran diğer bilgiler. PEID teknolojilerini kullanarak sadece malzeme geri dönüşümünü değil, aynı zamanda diğer EOL işlemlerini de optimize edebiliriz.

## 3. Kapalı Devre İş mimarisi

Kapalı devre PLM'de, ürün ömrü boyunca gerçekleştirilen tüm ticari faaliyetlerin koordine edilmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi gerekir. Bu amaçla, bir iş mimarisi gereklidir. Şekil 1 kapalı döngü PLM'deki işletme işlemlerinin temel ilkesini gösterir. Çok fazla bilgi akışı ve kurumlar arası iş akışları olmasına rağmen, kapalı çevrim PLM'deki işletme işlemleri, üç organizasyon arasındaki etkileşime dayanmaktadır: PLM aracı, PLM sistemi ve Ürün. PLM acentesi, kişisel dijital yardımcı (PDA) veya dâhili antenli sabit bir okuyucu gibi bir mobil cihazla her ürünün ürün ömrü bilgilerini hızlı bir şekilde toplar. Her sitede toplanan bilgileri (perakende siteleri, dağıtım siteleri ve imha tesisleri) bir PLM sistemine gönderir. PLM sistemi, ilgili kişiler ve kuruluşlar tarafından talep edildiğinde, PLM bilgi ajanları tarafından yapılan yaşam döngüsü bilgileri veya bilgisi sağlar.

## 4. Donanım mimarisi

Genel olarak, donanım mimarisi iş uygulamalarını destekleyen altyapıyı ele alır. Bu bölüm, hangi fiziksel bileşenlerle ilişkileri ile birlikte bir kapalı döngü PLM sistemi oluşturması gerektiğini açıklamaktadır. Kapalı döngüsel PLM'nin çekirdek donanım öğeleri, ürün yaşam döngüsü verilerini toplayabilen PEID'ler ve toplanan verilerin paylaşımı için ağ altyapısıdır. Bu amaçla, bu bölümde PEID ve ağ mimarisi açıklanmaktadır.

#### 4.1 PEID mimarisi

PEID, 'ürün gömülü bilgi cihazı' anlamına gelmektedir. Bir ürünü (ürün tanımlaması gibi) içeren ve ürünün ömrü boyunca dışardan talep edildiğinde bilgi sağlayabilen bir ürüne gömülü (veya bağlı) bir cihaz olarak tanımlanır. Ürün bilgisini toplamak ve yönetmek için üretilen çeşitli bilgi cihazları türleri vardır, örneğin çeşitli RFID etiketi türleri ve araç bilgisayarı. Bu çalışma, her şeyi kapsamak için bir terim olan 'PEID' kullanmaktadır. 'Gömülü ürün' terimi, ürün ömrü bilgisinin, bir ürünün kendisine bir PEID eklenmesi yoluyla tüm ürün ömrü boyunca gerçek zamanlı olarak izlenebileceği anlamına gelir. Bunun için PEID benzersiz bir kimliğe sahip olmalı ve çalışmalarının gücünün bulunmasına bağlı olmamalıdır. Bu, bir PEID'de ürün tanımlama ve güç yönetimi işlevleri gerektirir. 'Bilgi cihazı' terimi, bir PEID'in veri toplama, işleme / tanımlama ve veri saklama işlevlerine sahip olması gerektiğini gösterir.

#### 5. Ağ mimarisi

PLM, ürün verisinin genişletilmiş işletme genelinde ve ürün yaşam döngüsü boyunca verimli bir şekilde paylaşılmasını sağlayacak bir çerçeve yaratmayı amaçlıyor. PLM'yi kullanarak ürünlerin çevresel etkilerini yönetmenin avantajları, özellikle kapalı döngü PLM'de başarılı bir şekilde uygulanması için her yerde bulunan ağ ortamını oluşturmak kritik bir sorundur. Bu bağlamda, kapalı çevrimli bir PLM sisteminin her bir bileşeninin, verilerin paylaşımı için birbirleriyle nasıl iletişim kurduğunu açıklamak önemlidir. Bu, bir ağ mimarisinin tanımlanmasını gerektirir. Ağ mimarisi, ağın teknik tasarımı ve ağ protokollerinin standardizasyonu için bir kılavuz sağlar. Son on yılda,

radio iletişimi, Bluetooth, W-LAN, ultra geniş bant (UWB), Zigbee, mobil iletişim için küresel sistem (GSM) gibi internet, kablosuz sensörler, RFID ve kablosuz mobil telekomünikasyon teknolojilerinin hızlı bir gelişimi, genel paket radyo hizmeti (GPRS) ve benzeri), geleneksel ağ ortamını değiştirdi. Bu teknolojiler, her yerde bulunan ağ ortamı için kilit bileşenlerdir ve kapalı döngü PLM için ağ altyapısını oluşturmak için uygulanabilir. Kapalı döngü PLM'de şebeke için üç ana katman düşünülür: Ürün katmanı, Alan DB / PDKM katmanı ve PLM işletme uygulaması katmanı.

PEID ve diğerleri arasında iki iletişim yolu vardır: (1) PEID ve bir PEID okuyucu arasındaki kısa mesafe iletişim; ve PEID'ler arasında ve (2) PEID okuyucu ve uzak bir PLM sunucusu arasındaki uzak mesafe iletişimi; PLM iş uygulamaları ve karar destek uygulaması arasında; Arka uç sistemler ve alan DB / PDKM arasında, vb.

**1. Kısa mesafe iletişimi:** Ürün katmanında kısa mesafe iletişimi kullanılır. PLM temsilcileri kısa menzilli radyo dalgaları veya Bluetooth teknolojileri kullanarak yakın mesafedeki bir PEID belleğine bilgi okuyabilir ve yazabilirler. Bunun için, PDA gibi mobil okuma cihazları veya antenli sabit bir okuyucu kullanılabilir. Dahası, RFID etiketlerindeki toplanan verileri gemide bilgisayara aktarmak için, PEID'ler arasında, örneğin, RFID etiketleri ve on-board bilgisayar arasında, kısa menzilli iletişim olacaktır.

**2. Uzun mesafe iletişimi:** Uzun mesafe iletişimi için birkaç yol vardır. Örneğin, cep telefonu işlevine sahip PDA, ürünler ve uygun iletişim protokolleri ile uzaktaki bir sunucu arasındaki veri değişimi için bir araç olarak kullanılabilir,

örneğin GPRS. GPRS, cep telefonu kullanıcıları için İnternet'e sürekli bağlantı sağlayan paket tabanlı kablosuz iletişim servisedir. Özellikle küçük verilerin gönderilmesi ve alınması için uygundur. Başlıca avantajı, maliyetinin yalnızca bağlantılı verilerin hacmine bağlı olduğu, bağlantı süresi değil bağlı olmasıdır. Şu anda PROMISE'in kahverengi bir mal uygulamasında PLM ajanları ve uzak bir PLM sistemi arasında bir iletişim çözümü olarak düşünülmektedir. Dahası, intranet ve internet protokolü PDKM'ye erişmek için kullanılabilir.

#### 6. Yazılım mimarisi

PLM kurumsal bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, PLM'de, tüm ürün ömrü boyunca çeşitli departmanlar ve tedarikçiler tarafından kullanılan tüm yazılım araçları / sistemleri / veritabanları, sistemlerinde bulunan bilgilerin insanlar ve uygulamalar arasında derhal ve doğru paylaşılabilmesi için entegre edilmelidir. Dolayısıyla, ürün bilgisini ve işlemleri yönetmek için PLM'deki uygulama yazılımlarının diğerleriyle nasıl uyduğunu anlamak önemlidir. Bunun için bir yazılım mimarisi gerekmektedir. Yazılım mimarisi, bir yazılım sisteminin üst düzey yapısı olup, yazılım bileşenlerini nasıl tasarlayacağınız ve birlikte çalışacakları ile ilgilidir. Bu çalışma, yazılım mimarisi bileşenleri ve ilişkileri açısından yapısal görüşleri üzerinde durmaktadır.

#### 7. Vaka analizi

Bu bölüm, önerilen sistem mimarisini temel alan bir telekomünikasyon varlık yönetimi ile ilgili bir PROMISE uygulaması tanıtmaktadır. Uygulamanın temel amacı, PEID ile bir telekomünikasyon varlığının (İBAS olarak anılır) statü bilgilerini toplamak ve yönetmek suretiyle mühendislerin ve teknisyenlerin



tasarım geliştirme ve bakım / servis işlemleri hakkında karar vermelerine yardımcı olmaktadır.

Bu uygulamada, öğenin her satır kartına basit bir RFID etiketi eklenecek ve on-board bilgisayar tipi bir PEID öğenin alt rafında yer alacaktır. PEID, öğenin merkezi işlem kartı ile iletişim kurar (örneğin, eşzamansız aktarım modu işleme birimi, APU). Merkezi işlemci kartının kritik parçaları ile ilgili bilgiler PEID içinde otomatik olarak kaydedilir. PEID, bakım için kullanılacak varlık hakkında faydalı bilgiler tutar. Hat kartları değiştirildiğinde PEID APU tarafından otomatik olarak bilgilendirilecektir. Müşteri sitesini ziyaret eden teknisyenler, güncellenmiş bilgileri dizüstü bilgisayarlarına (veya PDA'ya) PEID'den aktaracaktır. Bu bilgi daha detaylı analiz için arka uç sistemlerine aktarılır ve saklanır. Bir bakım laboratuvarındaki bakım mühendisleri, hat kartlarının geçmişi hakkında arka uç sistemlerinde bulunan bilgileri kullanarak sistematik bir tanı ve bakım yapabilirler. Sonuç olarak, teknisyenler ürün öyküsü ile ilgili uygun bilgileri bakım laboratuvarından alacaklardır. Ayrıca, sahadaki teknisyenler, ürünün çalışması, müşteri sitesi ve benzeri bilgileri kolay bir şekilde alacaktır.

Aşağıda, bu uygulamadaki sistem mimarisinin fiziksel bileşenlerinin kısa rol açıklaması bulunmaktadır. Her hat kartındaki RFID etiketleri RFID okuyucu / yazıcıya bağlıdır. RFID okuyucu / yazar, her RFID'de kayıtlı verileri okur ve ekli etiketler üzerine veri yazar. Alt raftaki PEID, ürün performansı ile ilgili alan verilerini toplar. APU, PEID ile iletişim kurar. Aynı zamanda hat kartı alan verilerini okur ve verileri PEID'e gönderir. PEID okuyucu, PEID'den veri okur ve yazar ve tüm ilgili verileri PDKM'ye aktarır. Arka plan sistemlerine kayıtlı veriler otomatik olarak PDKM'ye aktarılacaktır. PDKM toplanan verileri yönetir. Durumlara bağlı olarak, teknisyenler DSS'nin yardımını ister ve PDKM'deki DSS'den ilgili bilgi ve bilgi alırlar. Aşağıda, PEID, middleware ve DSS gibi ana bileşenlerin tasarım özellikleri bulunmaktadır.

**1. PEID:** PEID, varlığın alt rafında fiziksel olarak bulunmalıdır. Ayrıca, kullanıcı müdahalesi olmaksızın, varlığın herhangi bir gerekli cihazı (örn. APU) ile iletişim kurabilmelidir. PEID, yerel veri depolaması için makul miktarda bellek bulundurulmalıdır. PEID, varlığın güç hatları üzerinden beslenmeli ve PEID belleğini makul bir süre (1-4 hafta) canlı tutabilen bir yedek güç kaynağına (pil) sahip olmalıdır.

**2. Middleware:** Bu uygulamada Sindrion teknolojisi APU ve PEID arasında iletişim kurmak için kullanılır. İle Sindrion teknolojisi, APU varlığın tüm bileşenleri ile iletişim kurar ve onları sorguya ve performansla ilgili bilgi çok geniş miktarda bildirebilirsiniz.

**3. DSS:** DSS'nin ana özellikleri şunlardır: (i) çevrimiçi sorun giderme bilgileri için Web arayüzü, (ii) tekrar eden sorunları ve en iyi uygulamalar olarak nitelendirilen ilgili çözümleri depolamak için bilgi tabanı, (iii) tüm veri ve bilgilere erişim (iv) diğer eski sistemle entegrasyon.

## 8. Tartışma

Bu çalışma sadece kapalı döngü PLM için üst düzey tasarım konsepti sunmaktadır. Her bileşen için ayrıntılı özellikler, her bir başvuru durumuna bağlı olarak tanımlanmalıdır. 2007 yılı itibarıyla, PROMISE projesinde önerilen sistem mimarisi ile on sanayi uygulaması geliştirilmektedir. Örneğin, bir İtalyan freze makinesi şirketi, özel sensörler ve aygıt denetleyicileri kullanarak bakım işlemlerini optimize etmek için tahmini bir bakım yaklaşımı yürütüyor. Bir başka İtalyan otomotiv şirketi halen ürün ömrü boyunca kapalı devre PLM kavramını uygulamaktadır. BOL'deki uyarlanabilir üretim sistemine, MOL'daki bir kamyon filosunun hava filtresi ve motor yağının öngörülen bakımında ve EOL'deki EOL ürün iyileştirme optimizasyonu konularına odaklanır; Ürün yaşam döngüsü boyunca PEID'ler tarafından toplanan ürün yaşam döngüsü bilgilerini kullanarak. Ayrıca, Fransa'da ağır makine aracı şirketi kapalı döngü PLM kavramını da uygulamaktadır. Ağır bir inşaat ekipmanının yapısal parçalarının bakım ve servis süreçlerinin düzenlenmesi ve motorlu parçalar,

örneğin turbo şarj cihazı gibi EOL ürünlerinin iyileşme sürecini, özel sensörler, RFID etiketleri ve araç bilgisayarı içeren PEID ile optimize etmeye odaklanmaktadır.

Uygulama özelliklerine bağlı olarak, donanım ve yazılım bileşenleri, özellikle PEID, middleware, DSS ve PDKM üzerinde ayrıntılı spesifikasyonlarda birçok varyasyon vardır. Dört bileşen şimdi kapalı döngü PLM'nin uygulanmasında kilit unsurlar. Her bir unsurun geliştirilmesinin değil aynı zamanda bunları iş senaryosunun gerçekleştirilmesi için entegre etmesi, çok sayıda gelişmekte olan ortaklığın dahil olması nedeniyle büyük bir sorun yaratan konudur. Bu bağlamda, ortak sistem mimarisi ortakların arasında bulunmak entegrasyon problemlerini çözmek için yararlıdır. Bununla birlikte, kapalı döngüsel PLM'yi önerilen mimariyle uygulamak için hala çözülmesi gereken bir çok sorun var:

1. İş modeli açısından, bir şirketin kârını en iyi düzeye getirmek için kapalı döngü PLM kavramını uygulamak için iyi bir iş modeli geliştirilmelidir. Bu amaçla, maliyet ve fayda için trade-off analizi gereklidir. Durumlara bağlı olarak, kapalı çevrimli PLM'nin kısmen uygulanması maliyet-etkin olabilir.

2. PEID yönünde, ürünün tüm ömrü boyunca kullanılabilen jenerik PEID'nin geliştirilmesi gereklidir. Bunun için önce PEID'in yeniden kullanımını göz önünde bulundurarak yaşam döngüsü modellenmelidir. Tasarıma göre, uygun PEID tasarlanmalıdır, çünkü PEID'in iş uygulamalarına dağıtılmasında büyük sıkıntı PEID maliyetidir. Öte yandan, yaşam döngüsü aktörlerinin kısıtlı sensör teknolojileri nedeniyle istediği spesifik verileri toplama hala teknik sınırlamalar var. Dahası, RFID radyo

dalgası kullandığından sinyal bozukluğu vardır. Çözmek için, materyalleri, büyüklüğü, frekansı, yönünü ve etiketlerin yerleştirilmesini okumak uygun bir şekilde entegre edilmelidir. Genel bir bakış açısından, sensörler, kablosuz iletişim ve arayüz platformları gibi birçok farklı teknolojiyi entegre etmek de gereklidir.

3. Ortadoğu yönünde muazzam PEID olay verilerini yönetmek ve kontrol etmek için bir yöntem geliştirmek için ön şarttır. Büyük miktarda olay verisini filtrelemek ve bunları anlamlı bilgilere dönüştürmek geliştirilmelidir. Ayrıca, PEID güvenliği ve yetki sorunu çözülmemelidir.

4. DSS açısından, bazı sensör teknolojik sınırlamaları gibi çeşitli nedenlerden ötürü, ihtiyacımız olan tüm verileri edinmek uygun değildir. Dolayısıyla, gerekli bilgi ve bilginin toplanabilir verilerle üretilmesi DSS gelişiminde kilit bir konudur. Bunun için birkaç istatistiksel yöntem ve çıkarım yöntemi uygulanabilir. Öte yandan, PDKM özelliğinde, yaşam ömrü operasyonları için gerekli tüm veri nesnelerini entegre etmek için ürün yaşam döngüsü veri şemasını tasarlamak için ön şarttır.

5. Birlikte çalışabilirlik yönünde, birlikte çalışabilirlik sorunları vardır. Biri bir şirkette birlikte işlerlik problemidir. Bütün şirket üzerinde sinerji etkisi yaratmak için, bir şirkette kullanılan PEID'lerin uyumluluğunu değerlendirmek gerekir. Diğerleri, şirketler arasındaki birlikte işlerlik problemidir. Çoğu durumda, ürünün şirket sınırları ötesinde paylaşılması gereklidir, çünkü bir ürün farklı firmalar arasında çeşitli tedarik zincirleri ve işbirlikleri yoluyla yapılabilir. Ürün bilgilerini farklı kuruluşlar arasında verimli bir şekilde paylaşmak için, PEID

ve PLM'deki işlemleri için ortak bir standart oluşturmak zorunludur. RFID standartları olmasına rağmen, veri iletimi için farklı türlerde PEID'ler ve mimari gerektiren diğer PLM evreleri için uygulanabilirlikleri sınırlanabilir. Bu nedenle, çözümlenmesi gereken kalan konulara rağmen, önerilen konseptin ürün yaşam döngüsü optimizasyon çabalarına çok fazla fayda sağlayabileceğinden kuşku yoktur. Kapalı çevrimli PLM kavramının, en azından kısmi uygulama türü olarak yakın gelecekte gerçekleştirileceğine inanılmaktadır. [11]

## 9. Yaşam döngüsü izleme

Operasyonlar kapalı döngü PLM gösterildiği gibi üç kuruluşları (PLM madde, PLM sistemi ve ürün) arasındaki etkileşimler dayanmaktadır Tablo 1. PLM acentesi, kişisel dijital yardımcı (PDA) ve dahili antenli sabit bir okuyucu gibi mobil cihazları kullanarak her ürünün PEID'inden ürün ömrü verileri toplayabilir. Her sitede toplanan bilgileri (üretim hatları, perakendeciler, dağıtım siteleri ve imha tesisleri gibi) bir PLM sistemine gönderir. Burada bilgiler, ürünlere eklenen PEID'lerden otomatik olarak toplanabilen filtrelenmiş verileri veya işleme verilerini gösterir. PLM sistemindeki PLM bilgi ajanları, ilgili veri dönüştürme yöntemlerinin desteğiyle toplanan bilgilere dayanarak otomatik olarak yakalanamayan yeni bilgileri veya sakın bilgileri üretir ve bunları PLM sisteminin bir havuzunda depolar. PLM sistemi, ilgili kişi ve kuruluşların talep ettiği her zaman bir bilgi ağı vasıtasıyla gerekli bilgi veya bilgiyi sağlar. Gerekirse, PLM ajanı PEID'lerin bilgilerini güncelleyebilir.

Kapalı döngü PLM aşağıdaki özelliklere sahiptir.

(1) Tasarımcılar, ürün tasarımları-



nı iyileştirmek için kullanım biçimleri, emeklilik koşulları ve benzeri ürünlerin elden çıkartılması koşulları gibi MOL ve EOL'nin ürün ömrü bilgilerini kullanabileceklerdir.

(2) Üretim mühendisi, üretim katının gerçek zamanlı verileri ile sağlanacaktır.

(3) Servis ve bakım uzmanlarına, bir ürünün durumu hakkında günlük bir rapor hazırlayarak çalışmaları yardımcı olunacaktır.

(4) Geri dönüşümcüler ve yenisinden kullanıcılar, ürün kullanım koşullarını önceden analiz ederek EOL rotaları yoluyla gelen "değerli malzemeler" hakkında doğru bilgi edinebilecek.

Geleneksel PLM kavramıyla karşılaştırıldığında, kapalı döngü PLM, bir ürünün yaşam döngüsüne odaklanır ve ürün yaşam döngüsünün tamamının izlenmesi ve yönetilmesi ve bilgilerin her bir ürün ömrü aşaması için mümkün olduğunca geri bildirilmesi üzerinde durulur. BOL, MOL ve EOL arasında birkaç kapalı çevrim vardır. Bazılarının doğrudan bağlantıları var. Örneğin, çoğu ileriye dönük bilgi akışları, sonraki aşamalarının işlemlerinin düzene sokulması için doğrudan girdi olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, MOL ve EOL'den BOL'a geri bildirimler gibi dolaylı linkler dolaylı link olmalı, çünkü sadece birkaç ürün çeşidi dışında BOL'de değerlendirilen aynı ürünlerin tasarım ve üretimini doğrudan etkilememek için bir takım zamanlar alıyolar. Orjinal tasarımlarını nadiren değiştiren, örneğin lokomotif ve ağır araç tipi makineler. Bununla birlikte, geri bildirim bilgileri aynı veya benzer ürün türlerinin tasarımını ve üretimini kolaylaştırmak için bilgi

Araştırma konuları	tip	görünürlük			Ürün yaşam Döngüsü			Araştırma araçları
		Kimlik	Zaman	yer	BOL	MOL	EOL	
Ürün yaşam döngüsü veri modelleme	M	-	-	-	•	•	•	XML, RDF
Yaşam döngüsü faktörlerini göz önüne alan kavramsal tasarım	bir	-	-	-	•	-	-	QFD, FMEA
Gerçek zamanlı üretim planlaması ve zamanlaması	bir	•	•	•	•	-	-	VEYA, İstatistik, AI
Öngörücü bakım	bir	•	•	•	-	•	-	
EOL optimizasyonu	bir	•	•	•	-	-	•	VEYA

M: modelleme, A: analiz ve karar verme, VEYA: operasyonlar araştırması, AI: yapay zeka.

Tablo1.Kapalı döngü PLM konuları

Bilgi akışı	Kategori	Ana veri
İleri		
BOL	BOM bilgileri	Ürün kimliği, ürün yapısı, parça kimliği, bileşen kimliği ürün / parça / bileşen tasarımı özellikleri vb.
-		
MOL	Bakım / servis bilgileri	Yedek parça kimliği listesi, yedek parça fiyatı, bakım / servis talimatları vb.
	Üretim bilgileri	Montaj / sökme talimatı, üretim şartnameleri üretim geçmişi verileri, üretim yönlendirme verileri, üretim planı, stok durumu vb.
BOL	Ürün Bilgisi	Malzeme bilgileri, BOM, parça / parça maliyeti, sökme talimatı, yeniden imalat için montaj bilgileri, vs.
-		
EOL	Üretim bilgileri	Üretim tarihi, lot numarası, üretim yeri vb.
MOL	Bakım geçmişi bilgileri	Sorun içindeki parçaların, parçaların / bileşenlerin kimlikleri, kurulum tarihi, bakım mühendislerinin kimlikleri, değiştirilen parçaların listesi, ikame sonrası yaşlandırma istatistikleri, bakım maliyeti vb.
-		
EOL	Ürün durumu bilgileri	Her bileşenin kalitesi derecesi, performans tanımı, vb.
	Kullanım çevre bilgileri	Kullanım durumu (ör. Ortalama nem, iç / dış sıcaklık), kullanıcı misyon profili, kullanım süresi vb.
	Güncellenmiş BOM	Parça ve bileşenlerin onarılması veya değiştirilmesi ile BOM güncellendi
MOL	Bakım geçmişi bilgileri	Sorun içindeki parçaların, parçaların / bileşenlerin kimlikleri, kurulum tarihi, bakım mühendislerinin kimlikleri, değiştirilen parçaların listesi, ikame sonrası yaşlandırma istatistikleri, bakım maliyeti vb.
-		
EOL	Ürün durumu bilgileri	Her bileşenin kalitesi derecesi, performans tanımı, vb.
	Kullanım çevre bilgileri	Kullanım durumu (ör. Ortalama nem, iç / dış sıcaklık), kullanıcı misyon profili, kullanım süresi vb.
	Güncellenmiş BOM	Parça ve bileşenlerin onarılması veya değiştirilmesi ile BOM güncellendi
Geriyeye		
MOL	Tasarım geliştirme için bakım ve arıza bilgileri	Bakım / servis kolaylığı, güvenilirlik sorunları, bakım tarihi, bakım sıklığı, MTBF <sup>a</sup> , MTTR <sup>b</sup> , arıza oranı, kritik bileşen listesi, kök nedenleri vs.
-		
BOL	Teknik müşteri destek bilgileri	Müşteri şikayetleri, müşteri profilleri, yanıt vb.
	Kullanım çevre bilgileri	Kullanım durumu (ör. Ortalama nem, iç / dış sıcaklık), kullanıcı misyon profili, kullanım süresi vb.
EOL	Parçanın veya bileşenin bilgisinin geri dönüşümü / tekrar kullanılması	Parçayı veya bileşeni tekrar kullanma, bilgileri yeniden üretme, parça veya bileşeni yeniden imal etme kalitesi vb.
-		
MOL	EOL ürün durumu bilgileri	Ürün / parça / bileşen ömrü, geri dönüşüm / her bileşen veya parçanın yeniden kullanımı oranı vs.
-		
BOL	Söküm bilgileri	Sökme, yeniden kullanma veya geri dönüşüm değeri, sökme maliyeti, yeniden üretim maliyeti, bertaraf maliyeti vb. Kolaylığı sağlayın.
	Çevresel Etkiler Bilgisi	Malzeme geri dönüşüm hızı, çevresel tehlike bilgisi vb.

Tablo 2.Kapalı döngü PLM deki bilgi akışı

olarak kullanılabilir. Örneğin, MOL aşamasında görev profil verileri ve ürünlerin bakım verisi, bir sonraki benzer ürün türlerinin tasarımını iyileştirmek için iyi bir referans verisi olabilir.

Kapalı döngü PLM gerçek zamanlı toplama ve ürün yaşam çevrimi bilgilerinin analiz ile tüm ürün yaşam döngüsü boyunca çeşitli operasyonel sorunların karar verme destekleyebilir. Bununla birlikte, kapalı çevrimli PLM hem stratejik hem de ameliyat düzeyinde yeni fırsatlar sunmaktadır. Not kapalı çevrim PLM yalnız otomatik olarak ürün yaşam döngüsünün etkisiz işlemlerini tedavi edemez. Dolayısıyla, bu kısıtlamanın üstesinden gelmek için, yeni operasyonel sorunlar hakkında kapsamlı bir çalışma yapmak gereklidir. Ürün yaşam döngüsünün tüm yönlerini doğru bir şekilde modelleme ve analiz etme ve karar süreçlerini optimize etme olanağı sağlayacaktır. [12]

## 10. Sonuç

Ürün yaşam döngüsünün toplam yönetimi, müşterilerin ihtiyaçlarını, tüm yaşam döngüsü boyunca yenilikçi bir şekilde karşılamak için, maliyeti artırmadan, kaliteden ödün vermeden veya ürün dağıtımını ertelemek için kritik önem taşır. Bunun için bilgi akışı yatay ve dikey olarak kapalı, yani kapalı döngüsel PLM olan bir PLM sistemi geliştirilmelidir. Son zamanlarda, ortaya çıkan teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte kapalı çevrimli bir PLM geliştirmek mümkündür. Kapalı çevrimli PLM sistemi, yaşam döngüsü operasyonlarının verimsizliğini azaltmak ve rekabet edebilmek için fırsatlar sunar. Bununla birlikte, fırsatları elde etmek için kapalı çevrimli PLM sistemini araştırmak gerekiyor.

Önerilen sistem mimarisini destekleyen kapalı döngü PLM ile, aşağıdaki gibi birkaç avantaj elde edebiliriz. Birincisi, yalnızca taleplerini değil çevresel değişimleri de hızla yanıtlayarak müşteri memnuniyetini artırabilir. İkincisi, kapalı çevrim PLM'de bir çok ürün yaşam döngüsü verisi birikebilir ve mevcut ürün ömrü boyunca değil aynı zamanda sonraki ürün ömrü için de kullanılabilir. Birikmiş veriler yaşam döngüsü operasyonlarının optimizasyonuna katkıda bulunabilecek yaşam döngüsü mühendisleri tarafından dönüşüm yöntemleri ile uygun bilgi ve bilgiye dönüştürülebilir. PLM ve PEID teknolojilerinin görece kısa geçmişi nedeniyle kapalı döngü PLM kavramının uygulanması emekleme aşamasındadır. Bununla birlikte, bildiğimiz kadarıyla şu anda birçok şirket, en çok ilgili uygulama alanlarında kapalı devre PLM kavramını uygulamaktadır. Birçok teknik soruna rağmen, bu hareketin yakın gelecekte bir şirketin tüm uygulama alanlarına dağılmış olduğuna inanılmaktadır. [13]

Kapalı döngü PLM zamansal ve uzamsal bir sınırlama olmaksızın gerekli bilgileri kontrol etmek ve yönetmek, böylece, bilgi akışları bütün ürün yaşam döngüsü boyunca kapalıdır. Ürün tanımlama teknolojileri, kablosuz sensör teknolojileri ve mobil telekomünikasyon teknolojileri gibi PEID ile ilgili teknolojiler bu kavramın uygulanmasına olanak tanır. Kapalı döngü PLM sistemi, verimsizliği azaltmak ve rekabet edebilirlik kazanmak için fırsatlar sunar. Fırsatları ele geçirmek için, operasyonel konularında kapsamlı bir çalışma yapmak gerekiyor. Bu amaçla, bu çalışmada, sırasıyla ürün ömrü boyunca (BOL, MOL ve EOL) araştırma ko-

nuları gözden geçirilmeye çalışılmıştır. Bu, operasyonel sorunları önceden teşkil eden faktörleri öngörme ve bunlarla etkin biçimde başa çıkma imkânı sağlayacaktır.

Kapalı döngü PLM, şirketlerin rekabetçi ortamında hayatta kalmak için önemlidir. PLM ve PEID teknolojilerinin görece kısa geçmişi nedeniyle kapalı döngü PLM kavramının uygulanması emekleme aşamasındadır. Bununla birlikte, toplanan ürün ömrü bilgilerini kullanarak, güvenilirlik, tahmini bakım ve EOL ürün iyileştirme optimizasyonu için tasarım geliştirme gibi en çok kullanılan uygulama alanlarında bilgilerimize göre şu an kapalı döngü PLM kavramını uygulayan birçok şirket vardır. Çeşitli teknik problemlere rağmen, bu hareketin yakın gelecekte bir şirketin tüm uygulama alanlarına yayılmış olacağı düşünülmektedir. [14]

## Kaynaklar

1. H. Jun, D. Kiritsis, P. Xirouchakis. 2007. Research issues on closed-loop PLM. Computers in Industry, 58/8-9, 855-868. [1] [3] [7] [8] [10] [14]
2. H. Jun, D. Kiritsis, P. Xirouchakis. 2006. System architecture for closed-loop PLM. IFAC Proceedings Volumes, 39, 849-854. [2]
3. H.-B. Jun, J.-H. Shin, D. Kiritsis & P. Xirouchakis. 2007. System architecture for closed-loop PLM. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 20/7, 684-698. [4] [6] [11] [13]
4. D. Kiritsis. 2011. Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things. Computer-Aided Design, 43/5, 479-501. [12]
5. H.B. Jun, D. Kiritsis, P. Xirouchakis. 2007. Closed-loop PLM. In "Advanced Manufacturing-An From the perspective of ICT and Systems" Eds: M. Taisch, K. Thoben, M. Montorio. Taylor & Francis, pp. 9. [5]
6. <https://www.automationworld.com/article/technologies/erp/plm-mes-erp-closed-loop-product-lifecycle> [9]