



## Tersaneler için Bir Üretim Planlama ve Kontrol Metodoloji Önerisi

Mustafa KAFALI<sup>1</sup>, Yalçın ÜNSAN<sup>2</sup>, Murat ÖZKÖK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Türkiye

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Türkiye

mustafakafali@outlook.com; ORCID ID: [orcid.org/0000-0002-8077-1686](https://orcid.org/0000-0002-8077-1686)

unsany@itu.edu.tr; ORCID ID: [orcid.org/0000-0003-1539-376X](https://orcid.org/0000-0003-1539-376X)

muratozkok@ktu.edu.tr; ORCID ID: [orcid.org/0000-0002-1782-8694](https://orcid.org/0000-0002-1782-8694)

### Öz

Müşteri odaklı ve siparişe özel çalışan tersanelerin yaşadıkları zorluklardan biri de üretimin planlanması ile ilerlemenin kontrol edilmesidir. Bu zorluk üretimin kendi dinamikleri çerçevesinde ilerlemesine ve denetim dışı yürümesine neden olmaktadır. Yüksek süreç içi stok seviyesi bu tarz gemi inşaatının içinden çıkılmaz hale gelmesine sebep olan faktörlerden birisidir. Süreç içi stok seviyesinin yüksek olmasının bir diğer olumsuz tesiri de üretim ortamındaki problemleri gizlemesi ve dolayısıyla da çözümünü zorlaştırmasıdır. Bu çalışmada bahsedilen mantığa göre çalışan tersaneler için mevcut performans değerlerine göre güncellenen bir planlama usulü ve geminin çelik tekne kısmının üretimi esnasında süreç içi stok seviyesinin aşırı artmasını önlemeye yardımcı olacak bir üretim kontrol sistemi modeli araştırması yapılmıştır. Ortaya konulacak olan modelin bu tip tersaneler için bir başlangıç uygulaması olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gemi İnşaatı, Üretim Kontrol Sistemi, Planlama.

## A Production Planning and Control Methodology Proposal for Shipyards

### Abstract

One of the biggest troubles of the shipyards working customer-oriented and tailor-made manner is planning and controlling of the production progress. This problem causes the production to proceed in the framework of its own dynamics and out of supervision. In this type of shipbuilding, one of the most complicating factors is excessive work-in-process level. Another negative effect of the excessive work-in-process level is that it hides the problems in production stations, and therefore, makes it difficult to solve these problems. A scheduling method, which is updated based on current performance, and a production control system, which prevents the excessive increase of work-in-process level during steel hull production, are investigated for the shipyards that work mentioned genre before. The model to be introduced is thought to be a starting application for such type of shipyards.

**Keywords:** Shipbuilding, Production Control System, Scheduling.

## 1. Giriş

Gemi imalatının zorlu yapısı, farklı ve birbirleriyle etkileşimli faaliyetleri içermesi iyi bir planlama ve üretim kontrolünü mecburi kılar. Bu meselenin çözümü için tersaneler çeşitli proje yönetim usulleri ve bilgisayar programları kullanmaktadırlar. Öte yandan bazı tersaneler planlama ve yapılan planla uyumlu bir imalat gerçekleştirmede zorlanmaktadırlar.

Üretimin sistemli olarak devam etmesi için ilerlemenin devamlı ölçülmesi gerekir. İmalatın ilerlemesinin sürekli olarak izlenebilmesi için üretim ortamında ihtiyacı karşılayacak seviyede bir ölçüm sistemi bulunmalıdır. Bu ölçüm sisteminin kapsamı ve şekli mamule ve üretim stratejisine göre tespit edilmelidir. Ayrıca birim imalat için performans değerlerinin bilinmesi zaman tahlillerinin yapılabilmesi için zorunludur. Öte yandan birim imalat performans değerleri zaman içinde değişebilir. Dolayısıyla ortaya çıkan bu yeni performans değerleri imalatın başlangıcında yapılmış olan temel planda da sapmaya neden olur. Bu sapma, miktarına bağlı olarak proje teslim zamanının üzerinde olumsuz bir tesire sebep olacaktır. Bahsedilen problemin aşılabilmesi için mevcut performans değerlerinin belli periyotlarla yeniden tespit edilip planlamaya yansıtılması suretiyle yeni durum ortaya konulmalı ve sorunun aşılması için sapma miktarına göre gerekli tedbirler devreye sokulmalıdır.

Üretim esnasında ham madde çeşitli işlemlerden geçerek nihai ürün halini alır. Bu işlemlerin yapıldığı imalat yerlerinde ve bu imalat yerlerinin aralarında yarı mamul birikmeleri olur. Süreç içi stok olarak isimlendirilebilecek, işlem görmekte olan veya işlem görmek için ara stoklarda bekleyen bu yarı mamullerin miktarı üretim sistemlerinin performansları üzerinde önemli bir tesire sahiptir. Bu sebeple sisteme giren hammaddenin üretim akışında aşırı yığılmalara ve tıkanmalara sebep olmaması

yanı sıra imalat yerlerinde boş kalmayı da önleyecek seviyede olmasını sağlayacak bir üretim kontrol sistemi gereklidir.

İlerleyen bölümlerde ilk olarak literatür taramasına yer verilmiştir. Bu kısımda gemi inşaatında planlama ve üretim kontrolü ile alakalı çalışmalardan bahsedilmiştir. Akabinde problemin tanımı yapılmıştır. Daha sonra problemin çözümü için geliştirilen metodoloji verilmiş ve her bir adımı kısaca açıklanmıştır. Bir sonraki kısımda önceki bölümde ana hatlarından bahsedilen metodolojinin detayları ortaya konmuştur. Bu bölüm bir vaka çalışması olmayıp problem tanımında özellikleri belirtilen bir tersanede yapılan gözlemlere dayanarak geliştirilen metodolojinin teferruatı anlatılmıştır. Bu bağlamda blok imalatı sırasında elde edilen yarı mamullerden bahsedilmiş ve basitleştirilmiş bir blok imalat stratejisi tanımlanmıştır. Ardından blok üretimi için yeni bir plan güncelleme yöntemi ve üretim kontrol sistemine yer verilmiştir. Bu kısımda öncelikle blok imalatının başlangıcındaki verilere bağlı olarak ilk planın belirlenmesinden bahsedilmiştir. Akabinde güncel performansın ilk planlamaya yansıtılması ile plan güncellemesinin nasıl yapılacağı anlatılmıştır. Bunu takiben sistem içindeki süreç içi stoku sınırlandırmayı amaçlayan üretim kontrol sistemi tanıtılmıştır. Son bölümde ise ortaya atılan yeni yöntemin değerlendirilmesine yer verilmiştir.

## 2. Literatür Taraması

Gemi inşaatında planlama mevzusundaki literatüre bakıldığında tersane alanının en iyi biçimde kullanılmasına yönelik olarak yapılan çalışmaların ciddi ağırlığı olduğu görülmektedir[1-3]. Öte yandan montaj sırasının planlanması da kimi yazarlar tarafından ele alınmıştır[4-6]. Cho ve diğ. blok imalatında kaynak faaliyetinin planlanması için bir sistem geliştirmiştir[7]. Sikorra ve diğ. planlama faaliyetinin daha ilk aşamalarında iş

miktarının tahmin edilmesi üzerine çalışmıştır[8]. Wang ve diğ. panel blok üretim hattı optimizasyon ve çizelgelemesi üzerine araştırma yapmıştır[9]. Cha ve Roh proses planlama için simülasyon çalışması yapmıştır[10]. Seo ve diğ. vaka temelli muhakeme kullanarak blok montajı için bir proses planlama sistemi geliştirmiştir[11]. Cho ve diğ. blok imalatı için bütünlük bir proses planlama ve çizelgeleme sistemi tanımlamıştır[12]. Dong ve diğ. gemi imalatında esnek üretimin etkisini araştırmışlardır. Bu bağlamda düz blokların da eğrisel blok üretim hattında imal edilmesinin tesirini belirlemek amacıyla blok üretiminin bir kuyruk ağ modelini geliştirmişlerdir. Bu şekilde darboğaz etkisinin düşeceğini, diğer faaliyetler için ileri planlama ve çizelgelemenin geliştirilebileceğini belirtmişlerdir [13]. Rose ve Coenen blok imalatında iş yükü değişimlerini ve dış kaynak kullanımını aynı anda asgariye indirmeyi amaçlayan, blok donatımının da tesirini ihtiva eden bir matematiksel model geliştirmişleridir. Bu model sayesinde otomatik olarak blok imalat planları elde edilebilmektedir [14]. Fuente ve Manzanares bir tersanede uygulamaya konulmuş kazanılmış değer konsepti temelinde geliştirilen üretim kontrol sisteminin mevcut uygulama durumunu anlatmışlardır [15]. Dong ve diğ. gemi imalatında esnek üretim sağlayan bir kontrol politikası tasarlamışlardır [16]. Lee ve diğ. bir tersanenin iş birliği ile bir proje kapsamında çizelgeleme sistemleri arasında hiyerarşik mimarinin, blok montajı çizelgelemesinde kısıtların, tersane alanına göre çizelgelemenin, dinamik montaj hattı çizelgelemenin ve adam-saat kestirimi için yapay sinir ağlarının bir arada kullanıldığı bir entegre tersane planlama ve çizelgeleme sistemi ortaya koymuşlardır. Geliştirilen sistem söz konusu tersanede başarılı bir şekilde uygulamaya alınmıştır [17]. Yoon ve diğ. blokların kızak montajından önce birleştirilerek daha

büyük blokların inşa edildiği gemi üretim metodunu kullanan tersaneler için ön kızak montaj alanındaki iş yükünün optimize edilmesi ve böylece darboğazın önlenmesi için blok montaj sırası ortaya çıkaran bir program geliştirmişlerdir [18]. Rose ve Coenen kompleks gemi tipleri imal eden tersanelerde kızakta blok montajı için uygulanabilir ve optimize edilmiş çizelgeler kümesi geliştiren bir metot sunmuşlardır [19]. Dong ve diğ. gemi imalatındaki temel faaliyetlerden biri olan donatım faaliyetinin planlanması ve kontrolünü iyileştirmek için CONWIP iş serbest bırakma politikası altında iki aşamalı esnek bir kuyruk modeli geliştirmişlerdir [20].

Bu çalışmada gemi inşaatında önemli yer tutan, geminin çelik teknesini oluşturan blokların imalatı ele alınarak tersaneler için bir çizelgeleme ve üretim kontrol usulü üzerinde durulmuştur. Problem ile alakalı önerilen metodolojinin özellikle üretim planlama ve kontrolünde zorlanan tersanelerde bir başlangıç uygulaması olabileceği düşünülmektedir.

### 3. Problemin Tanımı

Gemi bloku imalatı esnasında hammadde olan sac ve profillerin kesilmesinden blokun üretilmesine kadar geçen sürede çeşitli yarı mamuller elde edilmektedir. Bu yarı mamuller farklı parçaların birleşmesiyle basitten karmaşığa doğru ortaya çıkar. Farklı üretim stratejilerine göre değişik yarı mamuller ile karşılaşılabilir.

Bazı tersaneler üretim planlama ve kontrolünde zorlanmaktadır. Bu gibi tesislerde genellikle tam bir üretim akışı sağlanamamıştır. Ayrıca her ne kadar proje evvelinde bir ilerleme planı yapılırsa da bu plan çok genel ve detaylardan uzak bir içeriği haizdir. Bununla birlikte bu tesislerde yapılan plana uyulmadığı, plan üzerinde genellikle güncelleme yapılmadığı ve üretimin kendi dinamikleri içinde ilerlediği gözlemlenmektedir. Yine bu tesislerde üretim kontrolü sadece

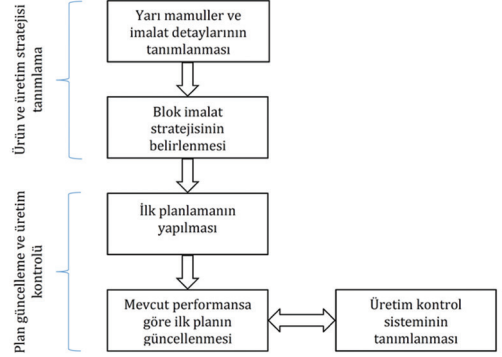
gündelik problemlerin çözülmesi şeklinde yapılmaktadır. Hazırlanan ilk planın üretim devam ederken değişen performans değerlerine göre güncellenmesi projenin geleceğini izleyebilmek açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla üretim sahasındaki imalat yerlerinden devamlı ilerleme ölçümleri yapmak gerekir. Bahsedilen türdeki tersanelerde projenin ilerlemesi daha çok aylık hak ediş hesaplamaları sırasında irdelenir. Ancak bu usul yeterli olmamaktadır.

İmalat sahasında ölçüm yapmanın ve ilerlemenin izlenmesinin işinden çıkılmaz bir hale gelmesinin mühim sebeplerinden birisinin de sınırsız olarak üretilen yarı mamullerden meydana gelen stoklar olduğu düşünülmektedir. Süreç içi stok olarak ifade edilen bu envanter, üretim sistemlerinde bir çok probleme sebep olmakla beraber ayrıca teslimat sürelerinin uzamasına da yol açar [23, 24]. Bunun önüne geçebilmek için üretim sistemine giren hammaddenin bir yolla kontrol edilmesi icap eder.

Yukarıdaki faktörler ele alındığında üretim planlamasının mevcut performansa göre güncellenmesini sağlayacak bir plan güncelleme ve üretim sahasında süreç içi stok seviyesinin optimum seviyede tutulmasını temin edecek bir üretim kontrol sistemini içeren bir yöntem ihtiyacı vardır.

#### 4. Metodoloji

Çalışmada problemin çözümü için temelde iki bölümden müteşekkil bir usul izlenmiştir. Bu iki ana bölümden ilki ürünün ve üretim mantığının tanımına yönelik olup bu kısımda blok üretime ait detaylar yer almaktadır. İkinci bölüm ise ilk planın yapılmasını, daha sonra bu planın yeni performans değerlerine göre güncellenmesini ve üretim sahasında süreç içi stok yığılmasını sınırlandırmayı amaçlayan üretim kontrol sisteminin tanımlanmasını içermektedir. Bahsedilen metodoloji için akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Problem Çözümünde İzlenen Metodoloji

Şekil 1'de verilen akış şemasındaki her bir adım kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Yarı mamuller ve imalat detaylarının tanımlanması: Bu adımda gemi bloku imalatı esnasında karşılaşılan ara mamüllerin isimleri ve kapsamları tanımlanır.
- Blokimalat stratejisinin belirlenmesi: Bu adımda karar verilen üretim stratejisine göre hammaddenin geçeceği aşamalar ve yarı mamullerin nasıl imal edileceği tanımlanır.
- İlk planlamanın yapılması: Bu adımda her bir imalat yerindeki iş yüklerine ve atanmış performans değerlerine göre ilk planlama yapılır. Böylece temel plan elde edilir.
- Mevcut performansa göre ilk planın güncellenmesi: Bu adımda temel plan mevcut performans değerlerine göre güncellenir ve projenin geleceği izlenir.
- Üretim kontrol sisteminin tanımlanması: Bu adımda üretim sistemine giren hammaddeyi kısıtlayıp sistemde tıkanmaları ve boş kalmayı önleyecek bir üretim kontrol mekanizması tanımlanır.

#### 5. Uygulama

Bu kısımda problem çözümü için geliştirilmiş bir önceki bölümde ana hatlarıyla anlatılan metodolojinin detaylarından bahsedilecektir. Bu çalışmada geliştirilen metodolojinin uygulanması için bir vaka çalışması yapılmamış olup problem

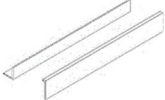

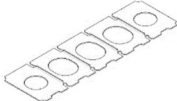
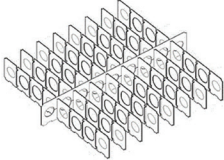
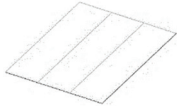


tanımında bahsedilen türde bir tersanede yapılmış gözlemler bağlamında uygulama için gerekli adımlar tüm hatlarıyla ortaya konulmuştur.

### 5.1. Yarı Mamuller ve İmalat Detaylarının Tanımlanması

Gemilerin çelik tekne kısmı önce bloklar halinde inşa edilmekte daha sonra ise kızak üzerinde bu blokların birleştirilmesiyle gemi ortaya çıkmaktadır. Gemi blokunun hammaddesi olan profillerin ve sac


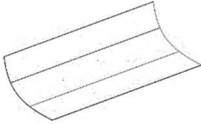
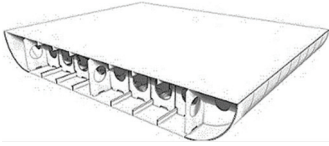
levhaların kesiminden blokun üretilmesine kadar geçen imalat aşamalarında çeşitli yarı mamuller elde edilmektedir. Bu yarı mamuller üretim kademeleri olarak da isimlendirilebilirler. Üretim stratejilerinde görülen farklılık değişik üretim kademelerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Kimi yazarlar üretim kademeleri üzerine bazı tanımlamalar yapmışlardır [21, 22]. Tablo 1’de bu üretim kademeleri ve açıklamaları verilmiştir.

**Tablo 1.** Üretim Kademeleri ve Açıklamaları

Üretim Kademesi	Açıklama	Şekil
A, tek profil	Hollanda profili, köşebent, vs. parçalar.	
B, tek sac	Sacın kesilmesiyle elde edilen parçalar. Sadece kenar kesimi yapılan sac levhalar, büküme gidecek levhalar, nesting kesimi nihayetinde elde edilen posta, tülani, aln laması, stifner, braket, kiremit, kapama, vs. bu gruba dâhil edilebilir.	
C, küçük grup	A ile B veya B ile B kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı mamul.	
D, alt grup	C ile C kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı mamul.	
E, düz panel	B ile B kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı mamul.	
F, elemanlı düz panel	A ile F kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı mamul.	
G, büyük alt grup	C ile E, C ile F, D ile E veya D ile F kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı mamul.	

./..

**Tablo 1. Üretim Kademeleri ve Açıklamaları (Devamı)**

Üretim Kademesi	Açıklama	Şekil
H <sub>1</sub> , eğimli tek sac	B kademesindeki yarı mamul büküm işlemine tabi tutulduktan sonra bu sınıfa dâhil edilir.	
H <sub>2</sub> , eğimli panel	H <sub>1</sub> kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı mamul.	
K, blok	G, E ile B; G, F ile B; G, H <sub>2</sub> ile B kademelerinin birleştirilmesiyle elde edilen mamul.	

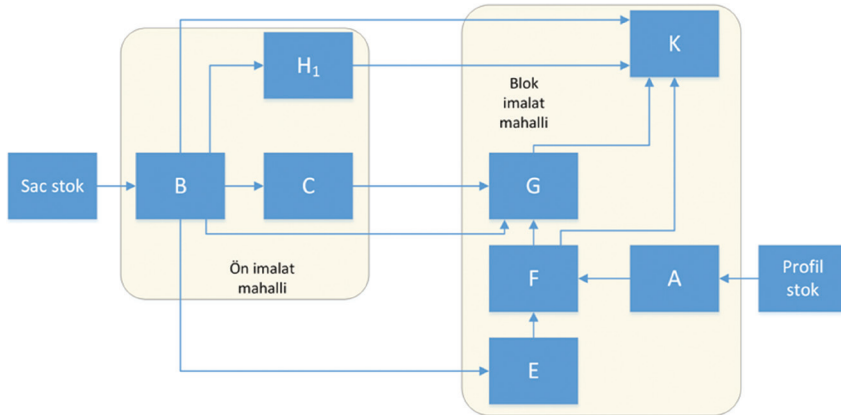
### 5.2. Blok İmalat Stratejisinin Belirlenmesi

Bu çalışmada gemi bloku imalatı esnasında A, B, C, E, F, G, H1 ve K kademelerinin kullanıldığı varsayılmıştır. Ele alınacak üretim stratejisine göre gemi blokunu oluşturan yarı mamullerden B, C ve H1 sınıfına dâhil olanların bir mahalde diğer kısımların blok imalat sahası olarak isimlendirilen başka bir yerde üretildikleri düşünülmüştür. Ayrıca G kademesi imalatının F üzerine C'lerin teker teker dizilmesiyle yapıldığına karar verilmiştir. Eğimli kısımlarda H2 imalatı yapılmadan H1 kademesinin teker teker yapıya dâhil

edildiği varsayılmıştır. Öte yandan A kademe yarı mamulün C için kullanılmayıp sadece F imalatında gerektiği farz edilmiştir. Yapılan varsayımlara göre hammaddenin geçtiği aşamalar Şekil 2'de gösterilmiştir.

### 5.3. İlk Planlamanın Yapılması

Bu çalışmada her bir imalat mahallinde icra edilen faaliyetler detaylarına girilmeyerek tek bir imalat aktivitesi olarak ele alınmıştır. Blok imalatı sırasındaki yarı mamullerin üretildikleri kısımlar, buradaki faaliyetler ile detayları ve ilgili açıklamalar Tablo 2'de verilmiştir.

**Şekil 2. Blok İmalatında Hammaddenin Geçtiği Aşamalar**

**Tablo 2.** Blok İmalatında Yarı Mamuller ve İmalat Detayları

Yarı Mamul (Üretim Kademesi)	Faaliyet	Faaliyet Detayı	İmalat Yeri	Açıklama
A	A imalatı	Kesme	A imalat yeri	Varyasyon çok az, iş kolay
B	B imalatı	Kesme, taşlama, markalama	B imalat yeri	Varyasyon az, iş mekanize
C	C imalatı	Montaj, kaynak, taş	C imalat yeri	Varyasyon fazla, iş manuel, iş miktarı fazla
E	E imalatı	Montaj, kaynak, taş	E imalat yeri	Varyasyon az, iş kolay ve mekanize, iş miktarı az
F	F imalatı	Montaj, kaynak, taş	F imalat yeri	Varyasyon az, iş kolay ve mekanize
G	G imalatı	Montaj, kaynak, taş	G imalat yeri	Varyasyon çok, iş manuel ve zor, iş miktarı fazla
H <sub>1</sub>	H <sub>1</sub> imalatı	Pres	H <sub>1</sub> imalat yeri	Varyasyon az, iş miktarı az
K	K imalatı	Montaj, kaynak, taş	K imalat yeri	Varyasyon çok, iş manuel ve zor

Her bir imalat yerinin çizelgesini oluşturabilmek için burada üretilecek yarı mamullerin faaliyet bazında sahip oldukları iş miktarlarının ve bu imalat yerlerinin üretim performanslarının bilinmesi gerekir. İş miktarları, üretilecek blokun yapı resminin tahlil edilmesi vasıtasıyla hesap edilebilir. Üretim performansları için ise geçmiş veriye ihtiyaç vardır. Eğer geçmişten elde bir bilgi yoksa tecrübi olarak bir ilk değer ataması yapılabilir. Bundan sonra kapasitenin belirlenebilmesi için her bir imalat yerinde çalışacak iş gören sayısının da tespit edilmesi gerekir. Denklem (1-3)'de hesaplama parametreleri verilmiştir. Burada kullanılan notasyon aşağıda görülmektedir.

$x: A, B, C, E, F, G, H, K$  Üretim kademeleri için kullanılan indis

$n$  Blok sayısı

$i=1, \dots, n$  Blok numarası için kullanılan indis

$m$  Metre

$M$  Adam sayısı

$H$  Günlük çalışma saati

$MH$  Adam saat

$D$  Gün sayısı

$P_x$  İmalat performansı [ $m/MH$ ]

$W_x$  İlgili imalat yerindeki günlük iş gören sayısı [ $M$ ]

$T_x$  Günlük çalışma süresi [ $H/D$ ]

$Cap$  Günlük kapasite [ $m/D$ ]

$L_x^i$  İlgili bloktaki iş yükü [ $m$ ]

Günlük mevcut adam saat denklem 1 kullanılarak hesaplanır:

$$W_x * T_x [MH/D] \quad (1)$$

Günlük metraj bazında yapılabilen iş miktarı denklem 2 ile hesaplanır:

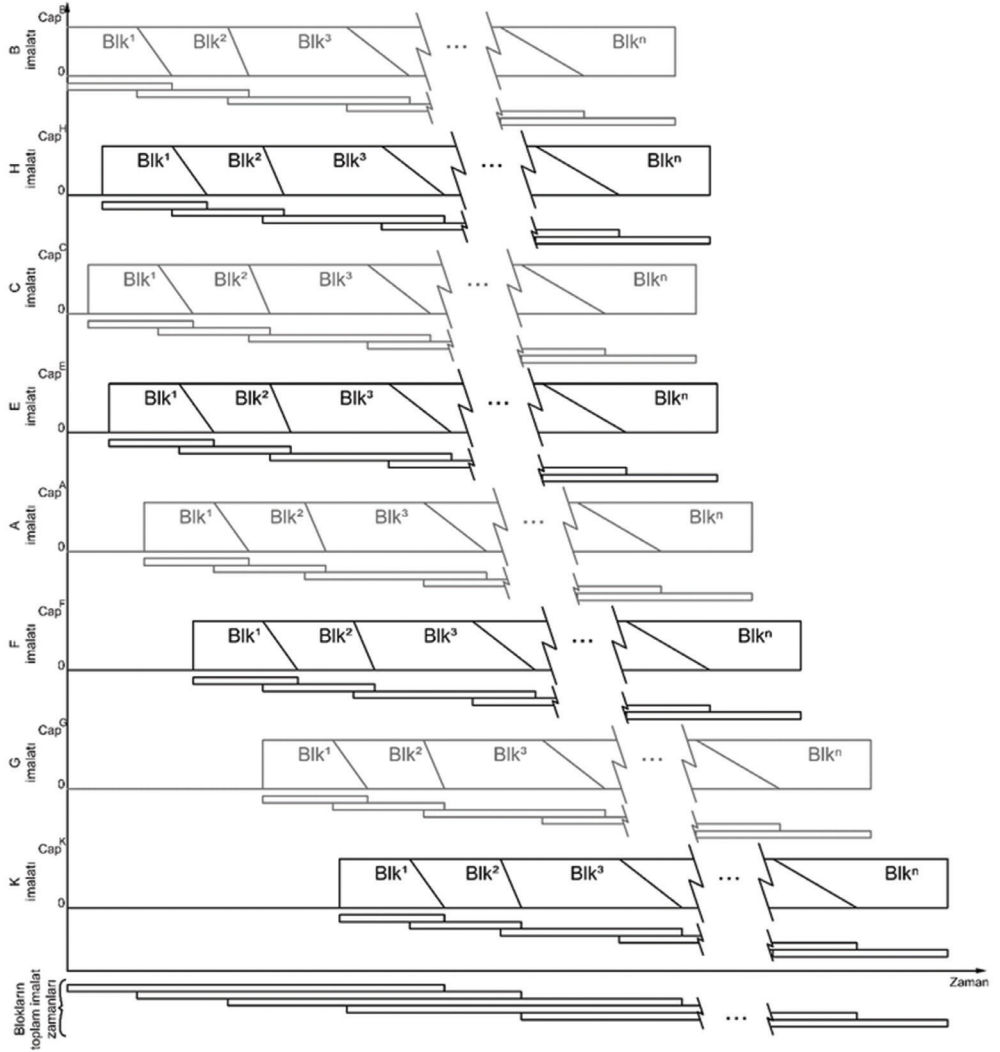
$$Cap = P_x * W_x * T_x [m/D] \quad (2)$$

İlgili blokun ilgili kademesinin toplam imalat zamanı gün olarak denklem 3 kullanılarak hesaplanır:

$$L_x^i / (P_x * W_x * T_x) [D] \quad (3)$$

Anlaşılabileceği üzere ölçüm birimi olarak metre alınmıştır ve yapılan iş metraj üzerinden değerlendirilecektir. Günlük kapasiteye bağlı olarak toplam imalat zamanları belirlendikten sonra Şekil 3'teki gibi ilk plan diyagramı çizilebilir.





Şekil 3. İlk Planlama Diyagramı

Şekil 3'te her bir üretim kademesinin imalat çizelgesi iki aşamalı olarak verilmiştir. Yamukların içindeki alan o blokun o imalat yerindeki toplam iş miktarını göstermektedir. Şayet kapasite arttırılırsa doğal olarak zamanın kısalacağı buradan da görülebilmektedir. Her bir imalat yerinde önceki bloka ayrılan kapasite bir noktadan sonra azalmaktadır. Bu aşamadan sonra peşindeki blokun da o imalat yerindeki işleri yapılmaya başlanır. Bir zaman sonra

önceki bloka ait iş bittiğinden tüm kapasite yeni bloka tahsis edilmektedir.

Anlaşılabacağı üzere bazı zamanlarda birden çok bloka ait iş bir imalat yerinde icra edilebilmektedir. Bu durum çoklu görev olarak isimlendirilebilir. Şeklin en alt kısmında blokların toplam imalat zamanları çizelgesi bulunmaktadır. Bu kısım blokların ilk işlem görmeye başladıkları andan en son işlem gördükleri ana kadar geçen süreye göre tespit edilmiş nihai ilk plan yani temel plandır.

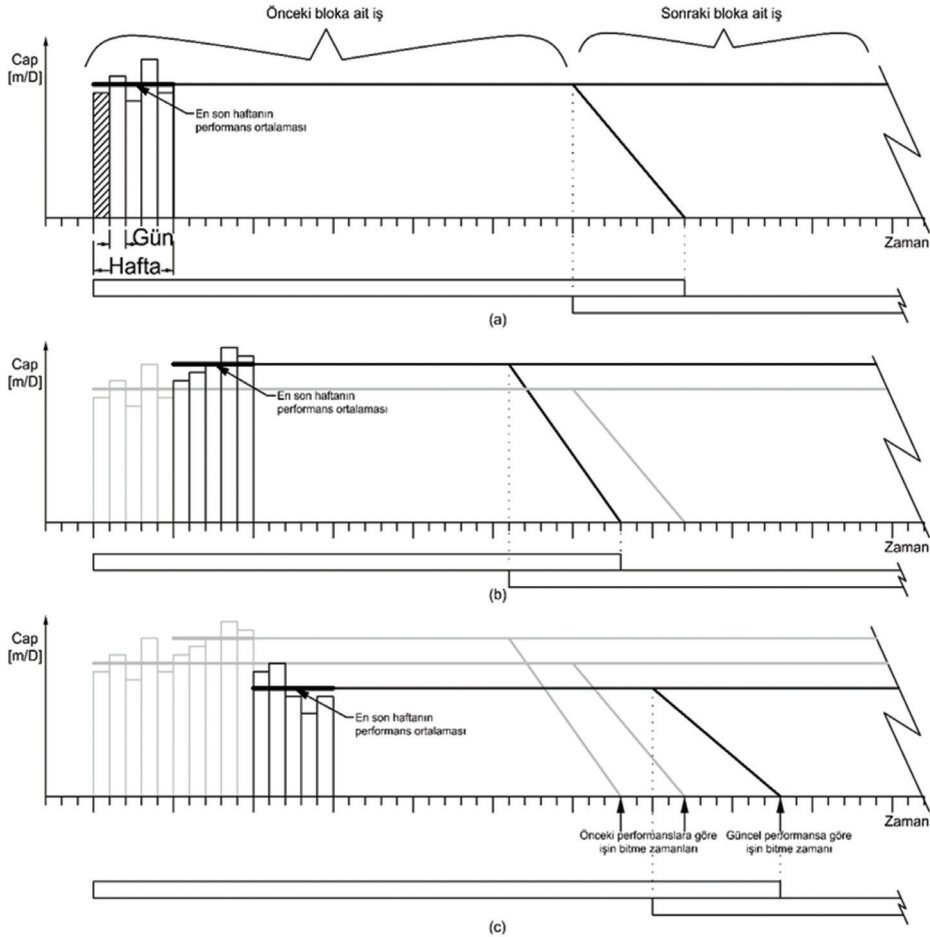


#### 5.4. Mevcut Performansa Göre İlk Planın Güncellenmesi için Bir Çözüm Önerisi

Üretim sahasındaki imalat yerlerinden devamlı olarak ölçümler yaparak temel planın üretim devam ederken değişen performans değerlerine göre güncellenmesi gerekmektedir. Bu husus projenin geleceğini izleyebilmek açısından son derece önemlidir. Problem tanımında bahsedilen tarzdaki tersanelerde projenin ilerlemesi aylık hak ediş hesaplamaları yapılırken değerlendirilmektedir. Diğer zamanlarda ise projeden mesul kişinin tecrübelerine göre geç kalındığı tahmin edilen kısımlara müdahaleler yapılmak suretiyle projenin ilerlemesi sağlanmaktadır. Bu şekilde

yapılan uygulamada sistematik olarak herhangi bir ölçüm yapılmadığı gibi temel plan üzerinde yapılan güncelleme de çok yetersiz kalmaktadır. Bu meselenin aşılması için yarı mamullerin üretildiği yerlerden bazılarının günlük diğer kısımların ise haftalık olarak tahlil edilmesine karar verilmiştir.

Günlük bazda ele alınacak imalat yerlerinin neresi olacağına karar vermek oldukça önemlidir. Çünkü bu kısımda işlenecek günlük miktar temel alınarak ayrıca üretim temposu da belirlenecektir. Şekil 4'te günlük olarak takip edilen üretim yerinde plan güncellenmesinin nasıl yapıldığı görülmektedir.



Şekil 4. Günlük İmalat Takibi ve Plan Güncellenmesi

Buna göre Şekil 4a'da taralı kısım bir günde yapılan iş miktarını ifade etmektedir. Anlaşılabacağı üzere bir hafta 5 iş günü olarak hesaba katılmıştır. Her haftanın sonunda o haftanın ortalama performansı tespit edilerek bu yeni ortalama ile kalan işlerin miktarına göre tamamlanma süreleri yeniden bulunup plan güncellenmektedir.

Şekil 4b'de en son haftanın performans ortalaması geçen haftaninkinden daha yüksek çıktığından kalan işler bu yeni performansa göre çizelgelenmiş ve dolayısıyla işin bitme zamanı bir öncekinden daha geriye çekilmiştir.

Şekil 4c'de ise ortalama performans bir önceki haftanın altında olduğundan güncel performansa göre işin bitme zamanının ileriye ötelendiği görülmektedir. Şekilde planın sadece bir kesiti görülmektedir. Öte yandan bu mantıkla zincir şeklinde tüm plan güncellenip projenin geleceği izlenebilir ve gerekli hallerde uygun müdahaleler yapılabilir. Öte yandan bir imalat yerinin planı güncellendikten sonra diğer imalat yerlerindeki planlar ile çakışmalar ortaya çıkabilir. Bu durumda uygun biçimde bu çakışmalar giderilmelidir.

Haftalık olarak ilerleme kontrolü yapılacak kısımlarda ise haftanın sonunda o hafta yapılan işin çalışma zamanına bölünmesiyle elde edilen ortalama performansa göre yukarıda anlatılana benzer olarak plan güncellemesi yapılabilir. O haftada bitirilen işin ölçümü, eğer mümkünse fiilen tamamlanan iş miktarının

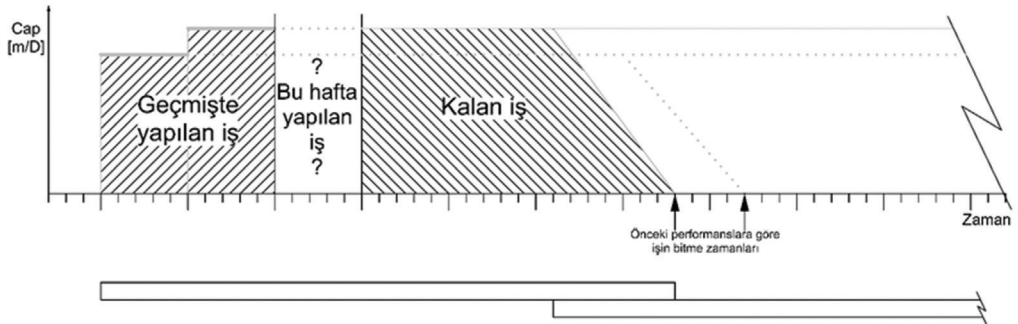
tespit edilmesi yoluyla yapılır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda toplam iş miktarından geçmişte yapılan iş ile kalan işin toplamı çıkarılarak hesaplanabilir.

Şekil 5'te haftalık ölçümle kontrol edilen bir imalat yerinin plan güncellemesi gösterilmiştir. Dikkat edilirse bu kez günlük temelde kontrol yapılmadığından icra edilen iş miktarlarının bilgisi mevcut değildir. Ancak, her hafta için o haftada tamamlanan iş miktarının çalışma zamanına bölünmesiyle elde edilen ortalama performans değeri hesaplanır.

### 5.5. Gemi Blok İmalatında Süreç İçi Stok Dengelemesi için Bir Üretim Kontrol Sistemi

Üretim sistemi içinde yarı mamullerin oluşturduğu stokların üretimin ilerlemesinin izlenmesini zorlaştırdığı düşünülmektedir. Bu yarı mamul stokları süreç içi stok olarak da isimlendirilirler. Ürünün temin süresinin de uzamasına sebep olan dengesiz süreç içi stok seviyesinin önlenmesi için üretim sistemine giren hammadde bir mekanizma ile kontrol edilmesi gerekir.

Şekil 6 incelenirse sisteme malzeme girişi B üzerinden yapılmaktadır. O halde B'den geçen hammaddeyi kısıtlayacak kontrol sistemi tanımlanmalıdır. Bunun için Tablo 1'de verilen her bir imalat yerinde yapılan işler göz önüne alınmalıdır. Hammadde girişine en yakın ve faaliyet kapsamı olarak en zorlayıcı işlerin yapıldığı



Şekil 5. Haftalık İmalat Takibi ve Plan Güncellemesi

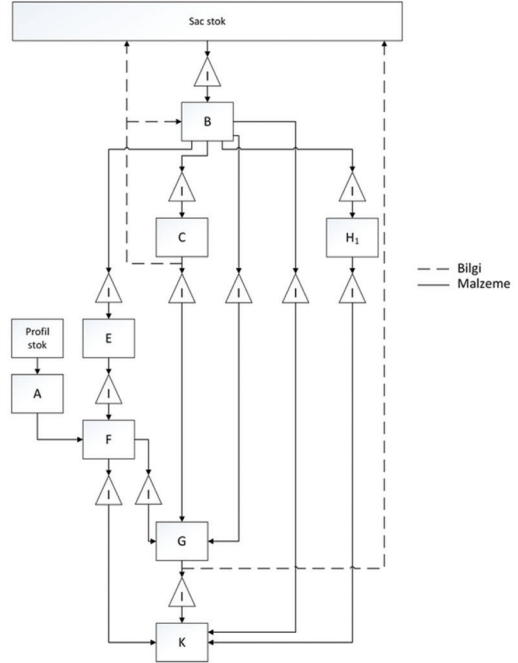
düşünülen C ve G imalat yerlerinin detaylı olarak tahlil edilmesine ve bunların üretim kontrol sisteminin temel öğeleri olmalarına karar verilmiştir.

Şekil 6'da her bir imalat yeri arasındaki uçgenler ara stoku ifade ederler. Akış diyagramında A→F yolu hariç diğer yerlerde ara stoklar vardır. Burada görülen imalat yeri ilişkileri ve üretim kontrolü Tablo 3'te özetlenmiştir.

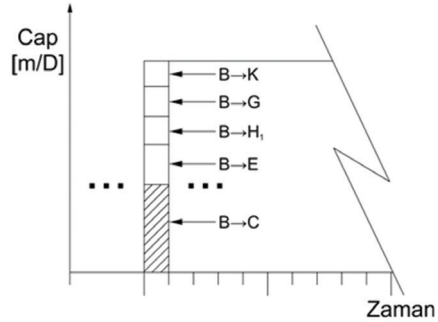
**Tablo 3.** İmalat Yeri İlişkileri ve Üretim Kontrolü

Faaliyet	Akış Yolu	İmalatın Kontrolü
B imalatı	B→C	Üretim kontrol sistemi ile idare
	B→E	Plan ile idare
	B→H <sub>1</sub>	Plan ile idare
	B→G	Plan ile idare
	B→K	Plan ile idare
H <sub>1</sub> imalatı	H <sub>1</sub> →K	Plan ile idare
C imalatı	C→G	Plan ile idare
E imalatı	E→F	Plan ile idare
A imalatı	A→F	Plan ile idare
F imalatı	F→G	Plan ile idare
	F→K	Plan ile idare
G imalatı	G→K	Üretim kontrol sistemi ile idare

Görüldüğü üzere B imalatından sonra yarı mamuller C, E, H<sub>1</sub>G ve K imalat yerlerine ilerlemektedir. C'de yapılan iş miktarı günlük olarak tahlil edilerek, B'ye serbest bırakılacak C imalatıyla alakalı hammaddenin miktarı buna göre tespit edilmektedir. Başka bir deyişle C'deki günlük üretim bilgisi iki noktayı etkilemektedir. Bunlardan birisi B'nin önündeki ara stoka serbest bırakılacak hammadde miktarı diğer ise B'de imal edilip C'nin önündeki ara stoka gönderilecek malzeme miktarıdır. Her ne kadar B'nin önündeki ara stokta zaten işlemeye hazır bekleyen ham madde mevcut olsa da C'nin üretim temposu burada belirleyici olmaktadır. Diğer kısımlara gidecek olan malzeme planla uyumlu olarak işlenir. Buna göre Şekil 7'de



**Şekil 6.** Üretim Kontrol Sisteminde Bilgi ve Malzeme Akışı



**Şekil 7.** B'nin Çizelge Detayı

görülen taralı kısım C'nin temposuna göre günlük olarak zaman içinde ilk plandan sapmalar gösterecektir.

Öte yandan G'de yapılan iş miktarının ise sadece C imalatına gidecek yarı mamulün değil sisteme girecek tüm hammaddenin üzerinde belirleyici olmasına karar verilmiştir. Böylece alt yüklenicinin ay sonunda istediği miktarda hak ediş elde edebilmesi için kendi içinde bir imalat dengelemesi yapacağı da düşünülmektedir.

## 6. Sonuç

Zorlu bir proses olan gemi imalatında, planlamanın mevcut performans değerleriyle güncellenmesi üretimin takibini ve projenin geleceğini izleyebilmek için büyük önem arz eder. Bununla birlikte bloklara ait faaliyet sürelerinin doğru olarak elde edilebilmesi ise başarılı bir ölçme kabiliyetini gerektirir. Aksi takdirde şahsi hükümlerle atanacak değerler her ne kadar projenin başlangıcında mantıklı olsa da, her projenin kendi dinamikleri olacağından, gerçek verilerle güncelleştirilmedikçe istenmeyen durumlara sebep olur.

Bu çalışmada tersaneler için blok imalatının planlaması, yapılan ilk planın yeni performans değerleriyle güncellenmesi ve üretim sistemi içinde çeşitli olumsuzluklara sebep olan aşırı süreç içi stok artmasını önlemek için bir üretim kontrol sistemi üzerinde durulmuştur. Ortaya atılan üretim kontrol sisteminin aylık hak edişleri etkilemesinden dolayı alt yüklenicileri de imalatı dengelemeye teşvik edeceği düşünülmektedir. Öte yandan mevcut performans ile güncellenen planlamanın haftalık temelde projenin geleceğini izlemeyi temin etmesi, performans değerlerinin tespit edilmesi ile aksaklık yaşanan imalat yerlerinin görselleşmesini sağlama ve tüm bunlar sayesinde ileride büyük sıkıntılara yol açabilecek zaafaların erkenden belirlenip çeşitli önlemlerin alınmasını mümkün kılması beklenmektedir.

Tavsiye edilen sistemin faydasının sayısal verilerle ortaya konulamamış olması bu çalışmanın zayıf yanı olarak görülmektedir. Bununla birlikte öne sürülen plan güncelleme ve üretim kontrol sistemi henüz geliştirme aşamasındadır. Bu bakımdan sağlayacağı faydanın teorik olarak ölçülebilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

## 7. Kaynaklar

- [1] Caprace, J.-D., Petcu, C., Velarde, M. and Rigo, P. (2013). Optimization of shipyard space allocation and scheduling using a heuristic algorithm. *Journal of marine science and technology*, 18(3):404-17.
- [2] Zhuo, L., Chua, K.H.D. and Wee, K.H. (2012). Scheduling dynamic block assembly in shipbuilding through hybrid simulation and spatial optimisation. *International Journal of Production Research*, 50(20):5986-6004.
- [3] Shang, Z., Gu, J., Ding, W. and Duodu, E.A. (2017). Spatial Scheduling Optimization Algorithm for Block Assembly in Shipbuilding. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.
- [4] Iwankowicz, R.R. (2016). An efficient evolutionary method of assembly sequence planning for shipbuilding industry. *Assembly Automation*, 36(1):60-71.
- [5] Zhang, Z.Y., Li, Z. and Jiang, Z.B. (2008). Computer-aided block assembly process planning in shipbuilding based on rule-reasoning. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 21(2):99-103.
- [6] Qu, S.P., Jiang, Z.H. and Tao, N.R. (2013). An integrated method for block assembly sequence planning in shipbuilding. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(5-8):1123-35.
- [7] Cho, K.K., Sun, J.G. and Oh, J.S. (1999). An automated welding operation planning system for block assembly in shipbuilding. *International Journal of Production Economics*, 60-1:203-9.
- [8] Sikorra, J.N., Friedewald, A. and Lodding, H. (2016). Early estimation of work contents for planning the one-of-a-kind production by the example of shipbuilding. *3rd International*

- Conference on Mechanics and Mechatronics Research. Jun 15-17, Chongqing, Peoples R China.
- [9] Wang, C., Mao, P., Mao, Y. and Shin, J.G. (2016). Research on scheduling and optimization under uncertain conditions in panel block production line in shipbuilding. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 8(4):398-408.
- [10] Cha, J.H. and Roh, M.I. (2010). Combined discrete event and discrete time simulation framework and its application to the block erection process in shipbuilding. *Advances in Engineering Software*, 41(4):656-65.
- [11] Seo, Y., Sheen, D. and Kim, T. (2007). Block assembly planning in shipbuilding using case-based reasoning. *Expert Systems with Applications*, 32(1):245-53.
- [12] Cho, K.K., Oh, J.S., Ryu, K.R. and Choi, H.R. (1998). An integrated process planning and scheduling system for block assembly in shipbuilding. Hallwag Publishers.
- [13] Dong, F., Parvin, H., Van Oyen, M.P. and Singer, D.J. (2009). Innovative ship block assembly production control using a flexible curved block job shop. *Journal of Ship Production*, 25(4):206-13.
- [14] Rose, C. and Coenen, J. (2016). Automatic generation of a section building planning for constructing complex ships in European shipyards. *International Journal of Production Research*:1-12.
- [15] De La Fuente, R. and Manzanares, E. (1996). A production control system based on earned value concepts. *Journal of Ship Production*, 12(3):153-66.
- [16] Dong, F., Van Oyen, M.P. and Singer, D.J. (2014). Dynamic control of the N queueing network with application to shipbuilding. *International Journal of Production Research*, 52(4):967-84.
- [17] Lee, J.K., Lee, K.J., Park, H.K., Hong, J.S. and Lee, J.S. (1997). Developing scheduling systems for Daewoo Shipbuilding: DAS project. *European Journal of Operational Research*, 97(2):380-95.
- [18] Yoon, D.Y., Varghese, R. and Yang, J.H. (2006). Genetic algorithm based technique for erection sequence generator in shipbuilding. *Ships and Offshore Structures*, 1(4):289-99.
- [19] Rose, C. and Coenen, J. (2016). Automatic generation of a section erection planning for European shipyards building complex ships. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(4):483-501.
- [20] Dong, F., Deglise-Hawkinson, J.R., Van Oyen, M.P. and Singer, D.J. (2016). Dynamic control of a closed two-stage queueing network for outfitting process in shipbuilding. *Computers and Operations Research*, 72:1-11.
- [21] Odabaşı, A.Y. (2009). Ders notları. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [22] Ozkok, M. (2012). The effects of matrix module structure on shipyard panel line's throughput. *Polish Maritime Research*, 19(3):65-71.
- [23] Biller, S., Meerkov, S.M. and Yan, C.-B. (2013). Raw material release rates to ensure desired production lead time in Bernoulli serial lines. *International Journal of Production Research*, 51(14):4349-64.
- [24] Hafezalkotob, A., Ketabian, H. and Rahimi, H. (2014). Balancing the Production Line by the Simulation and Statistics Techniques: A Case Study. *Research Journal of Applied Sciences*, 7(4):754-63.