Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 4, 2018 ARAŞTIRMA

DOI: 10.17482/uumfd.450727

MONTAJ HATTI PARÇA BESLEME SÜREÇLERİNİN PLANLANMASI İÇİN KURAL TABANLI SİSTEM TASARIMI

Seval ENE YALÇIN [*]
Büşra HENDEN [*]
İsmet BAŞARAN [*]
Batuhan PAMUK [*]
Nursel ÖZTÜRK [*]

Alınma:03.08.2018; düzeltme: 28.10.2018; kabul:26.11.2018

Öz: Üretim sistemlerinin verimliliğinin arttırılmasında ve katma değeri olmayan işlerin önlenmesinde parça besleme süreçlerinin önemli bir etkisi vardır. Parça besleme süreçleri, parçaların kullanım noktalarına teslim edilme yöntemlerini ifade etmektedir. Karışık modelli montaj hattının tipik örneği olan otomotiv montaj hatlarında da uygun besleme süreci ile istenen zamanda ve en düşük maliyetle parçaların hatta beslenmesi kritik bir konudur. Bu çalışmada, otomotiv montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması için bir sistem tasarlanması ve böylece parçalar için uygun hat besleme sürecinin belirlenerek katma değeri olmayan işlerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Problemin çözümü için kural tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, parça ve tedarikçi firma özellikleri gibi girdileri kullanarak, parça besleme süreçleri için tanımlanan kuralları işleyip, hat besleme süreçlerinin maliyetini de dikkate alarak girilen parça için seçilen hat besleme süreci çıktısını üretmektedir. Ayrıca, geliştirilen sistem, benzer hat ve üretim planlama yapısının bulunduğu ve karma üretim yapılan montaj hatlarına sahip farklı sektörlere de entegre edilip uygulanabilir.

Anahtar Kelimeler: Kural tabanlı sistem, Montaj hattı, Parça besleme yöntemleri

A Rule Based System Design for Planning Assembly Line Part Feeding Processes

Abstract: Part feeding processes have a significant impact on increasing efficiency of production systems and preventing non value added jobs. Part feeding processes refer to delivery methods of parts to use points. It is a critical issue to feed parts to the line at the desired time and at the lowest cost with the appropriate feed process in the automotive assembly lines, which is a typical example of a mixed model assembly line. The purpose of this study is to design of a system for the planning of part feeding processes in automotive assembly lines and thereby eliminating non value added jobs by determining the proper line feeding process for the parts. A rule based system is developed to solve the problem. The developed system processes the rules defined for part feeding processes with cost consideration and produces the output of selected part feeding process by using part and supplier specifications etc. inputs. Besides, the developed system can be integrated and applied to different sectors of mixed model assembly lines with similar line and production planning structure.

Keywords: Rule based system, Assembly line, Part feeding methods

1. GİRİŞ

Üretim sistemlerinde parçaların hatta beslenme süreçlerinin yönetilmesi, katma değeri olmayan işlerin ortadan kaldırılarak, verimliliğin arttırılmasında, stok ve elleçleme gibi maliyetlerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Battini ve diğ., 2009, Kilic ve

[*] Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Nilüfer, 16059 Bursa
İletişim Yazarı: Seval Ene Yalçın (sevalene@uludag.edu.tr)

Durmusoglu, 2015). Çok sayıda farklı tipteki araçların aynı montaj hattında sıra ile üretildiği otomotiv montaj tesislerindeki üretim, karışık modelli montajın tipik bir örneğidir (Choi ve Lee, 2002). Yüksek rekabet koşullarında müşterilerin çok sayıdaki ve farklı taleplerine cevap veren otomotiv endüstrisinde, yüksek değişkenlikteki parçaların uygun hat besleme süreci ile istenen zamanda ve en düşük maliyetle montaj hatlarındaki kullanım noktalarına teslim edilmesi gerekmektedir. Literatürde yaygın olarak hat yanı stoklama, set yapma (Kitting: Set yapma) gibi parça besleme süreçleri ile karşılaşılmaktadır. Hat yanı stoklamada, parçalar, montajının yapılacağı iş istasyonunun yanında homojen konteynırlarda stoklanarak montaj hattına beslenmektedir (Limere ve diğ., 2012). Set yapma parça besleme sürecinde ise, montajlanacak ürüne ait parçaların yer aldığı ve önceden sıralanmış kit (set) araçları ile parçalar montaj hattına beslenmektedir (Hanson ve Brolin, 2013).

Bu çalışmada, otomotiv montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması problemi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, bir otomotiv ana sanayi firmasının montaj hattında uygulama yapılarak uygulama yapılan firma bünyesinde montaj hatlarının beslenmesinde ortaya çıkan katma değeri olmayan işlerin ve gereksiz alan kullanımının ortadan kaldırılması ve bu doğrultuda uygun hat besleme yöntemlerini belirleyen bir sistemin tasarlanarak, kullanımının standartlaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması ve optimizasyonu ile ilgili yapılmış önceki çalışmalar kısaca özetlenerek çalışmanın konusu ile ilgili literatür incelemesi yapılmıştır; üçüncü bölümde ele alınan problemin çözümüne yönelik geliştirilen yöntem açıklanmıştır; dördüncü bölümde önerilen çözüm yöntemi ile gerçekleştirilen uygulama açıklanarak elde edilen bulgular verilmiştir ve son olarak beşinci bölümde çalışmanın sonuçlarına yer verilmiştir.

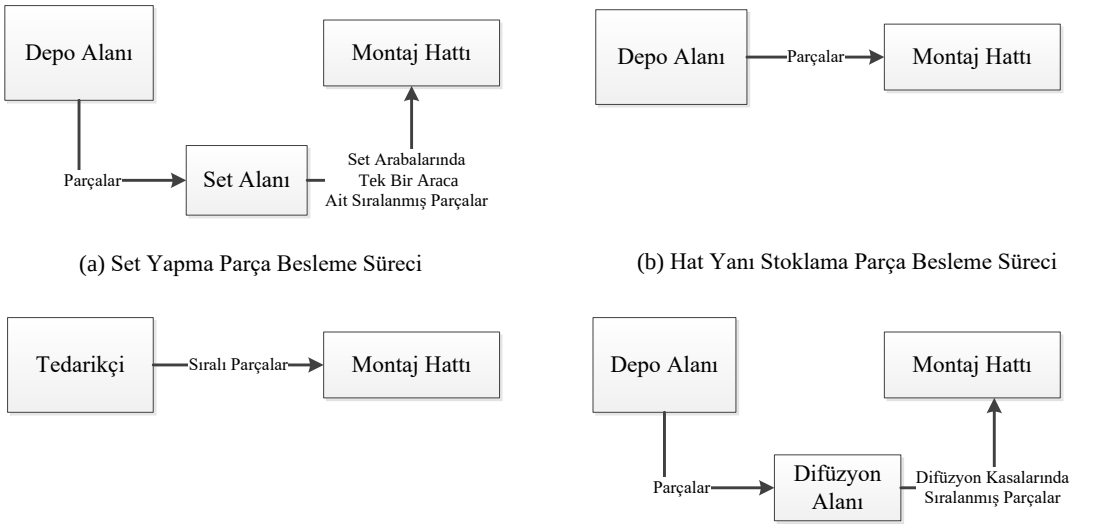
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE PROBLEM TANIMI

Literatürde, montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması ve optimizasyonu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde farklı çözüm yaklaşımları ile karşılaşılmıştır. Bu bölümde, literatürde karşılaşılan bazı çalışmalar özetlenmiştir. Bozer ve McGinnis (1992), her bir parça türüne optimal malzeme besleme politikası atamak için bir tamsayılı doğrusal programlama matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Model, set yapma ve hat yanı stoklama parça besleme süreçleri arasından seçim yapılmasına izin vermektedir. Choi ve Lee (2002), bir otomotiv montaj hattı için dinamik parça besleme sistemi önermişlerdir. Sistem, gerçek üretim durumunu dikkate alarak parça tüketim miktarlarını dinamik olarak tahmin etmekte ve parça besleme taleplerini dinamik olarak iletmektedir. Önerilen sistem, simülasyon üzerinden statik parça besleme süreçleri ile karşılaştırılmıştır. Hua ve Johnson (2010), montaj ortamlarında en yaygın karşılaşılan hat besleme süreçlerinden olan hat yanı stoklama ve set yapma süreçlerini karşılaştırmaya yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışma, ürün özellikleri, stoklama ve malzeme elleçleme, üretim kontrolü, performans etkisi ve uygulama alanlarında araştırma soruları içermektedir. Çalışma kapsamında bir elektronik ürün üretimi yapan firmada örnek uygulama yapılmıştır. Caputo ve Pelagagge (2011), deterministik ortamlarda parça besleme politikalarının seçimi için bir yöntem önermişlerdir. Mevcut literatürdeki parça besleme politikalarının seçimine yönelik tanımlayıcı modelleri, hibrid besleme politikası seçeneklerini de ekleyerek genişletmişlerdir. Çalışmada, set yapma, kanban tabanlı sürekli besleme, hat yanı stoklama ve sınıf tabanlı hibrid parça besleme süreçleri dikkate alınmıştır. Önerilen yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için sıcak ve soğuk içecekler için otomat makinası üretimi yapan bir firmada örnek uygulama yapılmıştır. Limere ve diğ. (2012), parça besleme süreçlerini karşılaştırmak için matematiksel maliyet modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen model, set yapma ve hat yanı stoklama parça besleme süreçleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Hanson ve Brolin (2013), hat yanı stoklama ve set yapma parça besleme süreçlerini, esneklik, ürün kalitesi, envanter seviyesi ve alan gereksinimi gibi parametreler üzerinden karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmada otomotiv montaj hatlarına ait iki örnek uygulamaya ait veriler kullanılmıştır. Faccio (2014), set yapma, kanban ve hibrid türdeki parça besleme süreçleri için maliyet fonksiyonlarını göz önünde bulundurarak bir karar verme

prosedürü önermiştir. Motosiklet üreticisi bir firmada örnek uygulama ve simülasyon analizi yapılmıştır. Limere ve diğ. (2015), değişken operatör yürüme mesafelerini dikkate alarak set yapma ve hat yanı stoklama parça besleme süreçleri arasında atama yapmak için bir karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Modelde amaç, tesis içi toplam lojistik maliyetlerini minimize etmek olarak tanımlanmıştır. Oluşturulan veri setleri ile uygulama yapılmıştır. Sali ve diğ. (2015), hat yanı stoklama, set yapma ve sıralama tipi hat besleme süreçlerini toplam operasyon maliyetlerinin ortalaması bazında otomotiv montaj hatlarına ait örnek olay ile değerlendirmiştir. Toplam operasyon maliyeti, montaj öncesi hazırlık maliyetlerini, toplama maliyetlerini, tesis içi taşıma maliyetlerini ve depolama maliyetlerini içermektedir. Caputo ve diğ. (2015), set yapma hat besleme yöntemi için ürün özellikleri ve üretim karması göz önüne alındığında kaynakların boyutlandırılmasını sağlayan bir matematiksel model üzerine çalışmışlardır. Kilic ve Durmusoglu (2015), hat besleme yöntemlerinin bir literatür araştırmasını yapmış ve karma bir hat besleme yöntemi olan hibrit hat besleme yöntemini tanımlamışlardır. Sali ve Sahin (2016), parça özelliklerine dayalı montaj hatları besleme politikalarının seçimi üzerine parçaların özelliklerinin, yani birim boyutunun ve maliyetinin, montaj hatları iş istasyonları için malzemelerin toplam teslimat maliyetine olan etkisini araştıran ve her bir parça türü için kabul edilen besleme yöntemini doğrudan seçmek için kriter olarak değerlendiren çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarını, sıralama, set yapma ve hat yanı stoklama için gerçekleştirmişlerdir. Usta ve diğ. (2017), en uygun parça besleme sistemini seçmek için bir metodoloji önermiştir. Çalışmaları, hat yanı stoklama, set yapma ve hibrid parça besleme süreçlerini içermektedir. Önerilen metodolojide birinci aşamada, hiyerarşik kümeleme analizi kullanılarak parça besleme sistemine karar verilmektedir. İkinci aşamada ise hangi sistemin maliyetlere göre daha iyi olduğunu belirlemek için faaliyete dayalı maliyetlendirme yöntemi uygulanmaktadır. Ayrıca takt zaman değişiminde sistemin davranışlarını göstermek için duyarlılık analizi uygulanmıştır. Caputo ve diğ. (2018), set yapma, hat yanı stoklama ve tam zamanında teslimat parça besleme süreçlerine göre parçaların özelliklerinin, yani birim büyüklüğünün ve maliyetinin yanı sıra, montaj hatlarının iş istasyonlarına toplam teslimat maliyeti üzerindeki senaryo değişkenlerinin etkisini araştırmıştır. Parça özelliklerine dayalı maliyet modelleri oluşturulduktan sonra, her bir parça besleme politikasının maliyet etkinliğini doğrulamak için duyarlılık analizi ve parametrik analiz gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, parçaların gereken zamanda, gerektiği yerde, en düşük maliyeti sağlayacak şekilde bulunabilmesi için uygun hat besleme yöntemi ile yönetilmesini gerçekleştirecek bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, set yapma, hat yanı stoklama, tam sıralı (Just-in-Sequence (JIS)) ve sıralama (difüzyon alanlarında) parça besleme süreçlerini içermektedir. Set yapma parça besleme sürecinde, tedarikçiden gelen parçalar depodan set alanlarına gönderilerek tek bir araç bazında set arabalarında sıralanmaktadır ve set arabası araç ile birleşerek montaj hattı boyunca araç ile ilerlemektedir. Hat yanı stoklamada, parçalar, montajının yapılacağı iş istasyonunun yanında homojen konteynırlarda stoklanmak üzere depodan montaj hattına beslenmektedir. Tam sıralı parça besleme sürecinde tedarikçiden parçalar sıralı biçimde gelerek montaj hattını beslemektedir. Difüzyon alanlarında sıralama parça besleme sürecinde ise, tedarikçiden gelen parçalar depodan difüzyon alanlarına gönderilmekte ve bu alanlarda sıralama yapıldıktan sonra difüzyon kasalarında montaj hattını beslemektedir. Tasarlanan sistemde dikkate alınan parça besleme süreçleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Uygun hat besleme yöntemini belirlemek üzere tasarlanan sistem, kural tabanlı algoritma yapısı ile oluşturularak Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ve SQL programlama dilleri ile kodlanmıştır.



(a) Set Yapma Parça Besleme Süreci

(b) Hat Yanı Stoklama Parça Besleme Süreci

(c) Tam Sıralı Parça Besleme Süreci

(d) Sıralama (Difüzyon Alanlarında) Parça Besleme Süreci

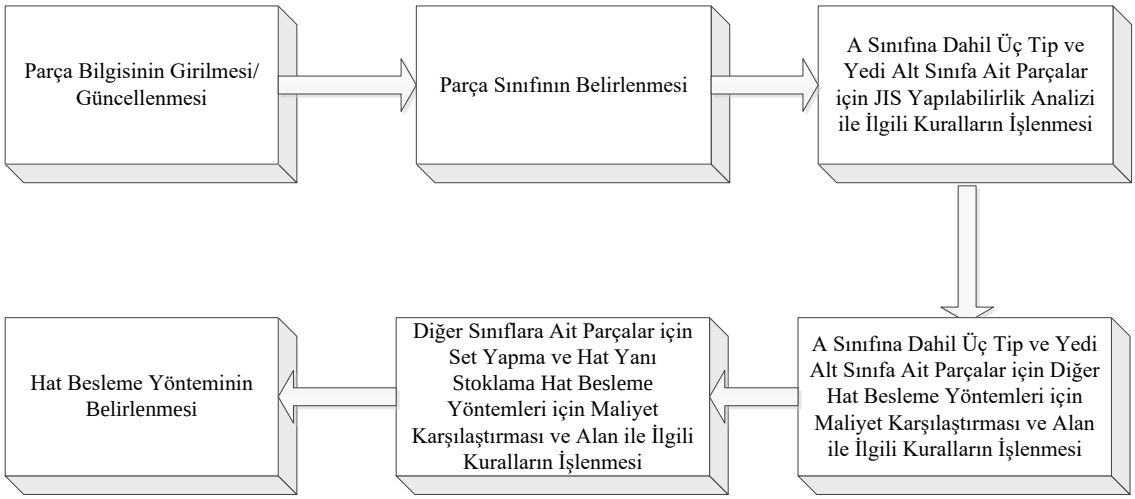
Şekil 1:
Parça besleme süreçleri

3. METODOLOJİ

Montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanmasına yönelik olarak geliştirilen sistem, kural tabanlı algoritma yapısı ile oluşturulmuştur. Algoritma, parça yönetim sistemlerinden gelen kurallara dayanmaktadır. Malzeme sınıfı, malzemenin montajının yapıldığı istasyon, tedarikçi firmanın konumu gibi malzemeye ve tedarikçi firmaya ait özellikleri algoritma girdi olarak almakta ve ilgili parça besleme yöntemlerinin kurallarını işleyerek seçilen hat besleme yöntemini çıktı olarak kullanıcıya sunmaktadır. Tasarlanan algoritmanın genel işleyişi Şekil 2'de gösterilmiştir. Algoritmada tanımlanan kurallara ait örnekler ise Şekil 3'de verilmiştir. Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ara yüzünde bir program olarak geliştirilen sistemde parçalar ile ilgili tüm veriler Microsoft SQL veritabanında saklanmaktadır. Algoritmanın sözde kodu Şekil 4'de sunulmuştur.

Programa parça numarası bilgisi girildikten sonra, ilk olarak parçanın tam sıralı parça besleme süreci ile yönetilebilirliği analiz edilmektedir. Eğer ilgili parça tam sıralı parça besleme süreci ile yönetilebilir ise parça besleme süreci tam sıralı olarak atanmaktadır. Tam sıralı parça besleme süreci ile bir parçanın yönetilebilmesi için, süreç akışında belirlenen bir noktadan itibaren montajı yapılacak olan parçanın takılacağı istasyona kadar geçen süre ile parçanın tedarik edilmesi için gereken toplam süre farkının, tanımlanan süreden fazla olması gerekmektedir. Parçanın tedarik edilmesi için gereken toplam süre, kasa dolum süresi, araç yükleme süresi, yol süresi ve firmaya giriş süresini içermektedir.

Eğer ilgili parça tam sıralı parça besleme süreci ile yönetilebilir değil ise, diğer hat besleme süreçlerinin maliyet karşılaştırması yapılmaktadır. Maliyetler temelde taşıma ve işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır. Hat besleme süreçleri için dikkate alınan maliyet kalemleri Tablo 1'de verildiği gibidir. Maliyet karşılaştırmasına göre ilgili parça için hesaplanan maliyetler arasından en düşük maliyetli olan hat besleme süreci o parçaya ait hat besleme süreci olarak atanmaktadır. Bu atama yapılırken, diğer parçaların atamaları ve hat besleme sürecine ait sıralama alanlarının kapasitesi de göz önünde bulundurulmaktadır.



Şekil 2:
Tasarlanan sistemin genel işleyişi

1. If parçasınıfı = “A” or “AA1” or “AA3” or “AB1” or “AC” VE Kalansüre>=75 Then Hatbeslemeyöntemi= “JIS”
2. If parçasınıfı = “A” or “AA1” or “AA3” or “AB1” or “AC” VE Kalansüre<75 Then Hatbeslemeyöntemi= Min{ SetMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }
3. If parçasınıfı = “A” or “AA1” or “AA3” or “AB1” or “AC” VE Kalansüre<75 VE If Min{ SetMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }= “Set” VE KalanalanSet > 1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = “Set”
4. If parçasınıfı = “A” or “AA1” or “AA3” or “AB1” or “AC” VE Kalansüre<75 VE If Min{ SetMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }= “Set” VE KalanalanSet < 1,2 Then Hatbeslemeyöntemi = Min{ DifüzyonMaliyeti, HatyanıMaliyeti }
.....
.....
.....
.....
.....

Şekil 3:
Tasarlanan sistemin kural örnekleri

```
GİRDİ
Kalanalandifüzyon=Difüzyonalanı, KalanalanSet= Setalanı, KalanalanHatyanı=Hatyanıalanı
If parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" AND Kalansüre>75 Then
Hatbeslemeyöntemi= "JIS"
ElseIf parçasınıfı = "A" or "AA1" or "AA3" or "AB1" or "AC" Then
Hat besleme yöntemi=Min{ SetMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }
        If Min{ SetMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Set" Then
        KalanalanSet= KalanalanSet – Atanankasaalanı
                If KalanalanSet< 1,2 Then
                Hatbeslemeyöntemi = Min{ HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }
                        If Min{ HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti }= "Difüzyon" Then
                        Kalanalandifüzyon = Kalanalandifüzyon – Atanankasaalanı
                                If Kalanalandifüzyon <1,2 Then
                                Hatbeslemeyöntemi = "Hatyanı"
                                EndIf
                        EndIf
                 EndIf Go To 1
        EndIf
        ElseIf Min{ SetMaliyeti, HatyanıMaliyeti, DifüzyonMaliyeti } = "Difüzyon" Then
        Kalanalandifüzyon = Kalanalandifüzyon – Atanankasaalanı
                If Kalanalandifüzyon < 1,2 Then
                Hatbeslemeyöntemi = Min{ HatyanıMaliyeti, SetMaliyeti }
                        If Min{ HatyanıMaliyeti, SetMaliyeti } = "Set" Then
                        KalanalanSet = KalanalanSet – Atanankasaalanı
                                If kalanalanSet <1,2 Then
                                Hatbeslemeyöntemi = "Hatyanı"
                                EndIf
                        EndIf
                 EndIf Go To 1
        EndIf
 Else
 Hatbeslemeyöntemi = Min{ HatyanıMaliyeti, SetMaliyeti }
        If Min{ HatyanıMaliyeti, SetMaliyeti } = "Set" Then
        KalanalanSet = KalanalanSet – Atanankasaalanı
                If KalanalanSet <1,2 Then
                Hatbeslemeyöntemi = "Hatyanı"
                EndIf
        EndIf
1EndIf
```

Şekil 4:
Tasarlanan sistemin sözde kodu

Tablo 1. Hat besleme süreçleri için dikkate alınan maliyet kalemleri

Set Yapma	• Ambara taşıma maliyeti • Ambardan taşıma aracına yükleme maliyeti • Taşıma aracı ile set bölgesine taşıma ve indirme maliyeti • Set oluşturma maliyeti • Set bölgesinden hat yanına taşıma ve indirme maliyeti • Taşıma araçlarının enerji maliyeti • Taşıma araçlarının kullanım maliyeti
Sıralama (difüzyon alanlarında)	• Ambara taşıma maliyeti • Ambardan taşıma aracına yükleme maliyeti • Taşıma aracı ile difüzyon bölgesine taşıma ve indirme maliyeti • Difüzyon alanı sıralama maliyeti • Difüzyon bölgesinden hat yanına taşıma maliyeti • Yürüme ve kağıt kontrol maliyeti • Difüzyon sebepli hat yanında yürüme maliyeti • Dolu difüzyon arabasını bırakıp, boş difüzyon arabasını alma maliyeti • Yıllık kullanım maliyeti • Taşıma araçlarının enerji maliyeti • Taşıma araçlarının kullanım maliyeti
Hat Yanı Stoklama	• Ambara taşıma maliyeti • Ambardan taşıma aracına yükleme maliyeti • Taşıma aracı ile hat yanına taşıma ve indirme maliyeti • Yürüme ve kağıt kontrol maliyeti • Taşıma araçlarının enerji maliyeti • Taşıma araçlarının kullanım maliyeti

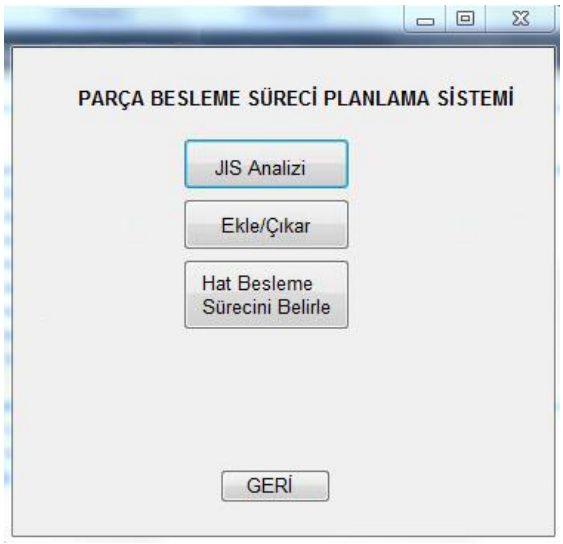
4. UYGULAMA SONUÇLARI VE BULGULAR

Montaj hatlarında parça besleme süreçlerinin planlanması için tasarlanan kural tabanlı algoritma yapısına sahip sistem, bir otomotiv ana sanayi firmasının montaj hattında yapılan pilot uygulama ile test edilmiştir. Pilot bölge olarak seçilen montaj hattında, montajı gerçekleştirilecek parça listesi, parçaların mevcut durumda hangi hat besleme süreci ile yönetildiği bilgisi, ilgili parça ve tedarikçisi ile ilgili tüm veriler elde edilmiştir. Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ve SQL programlama dilleri ile oluşturulan programın ara yüz giriş ekranı Şekil 5'de gösterilmiştir.

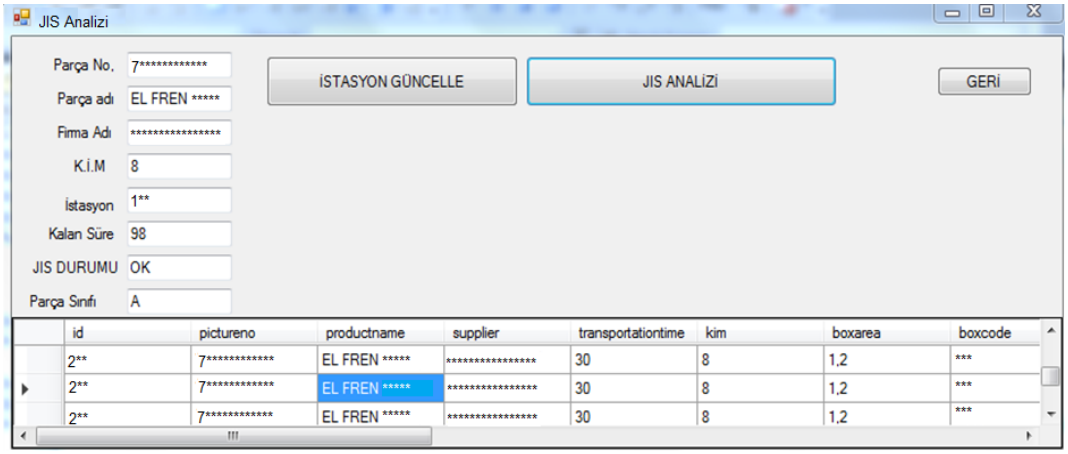
Kullanıcı, ara yüz giriş ekranından JIS analizine girdiğinde Şekil 6'daki JIS analiz ekranı ile karşılaşacaktır. Program tam sıralı hat besleme sürecinin uygulanabilirliği ile ilgili gerekli analiz ve hesaplamaları yaptıktan sonra ilgili parça için tam sıralı seçim yönteminin uygunluğunu çıktı olarak ekrana verecektir.

Ara yüz giriş ekranından ekle/çıkar butonu seçildiğinde, kullanıcı Şekil 7'de verilen ekran ile karşılaşacaktır. Ekle/çıkar ekranı parça ekleme, silme ve değiştirme seçeneklerini

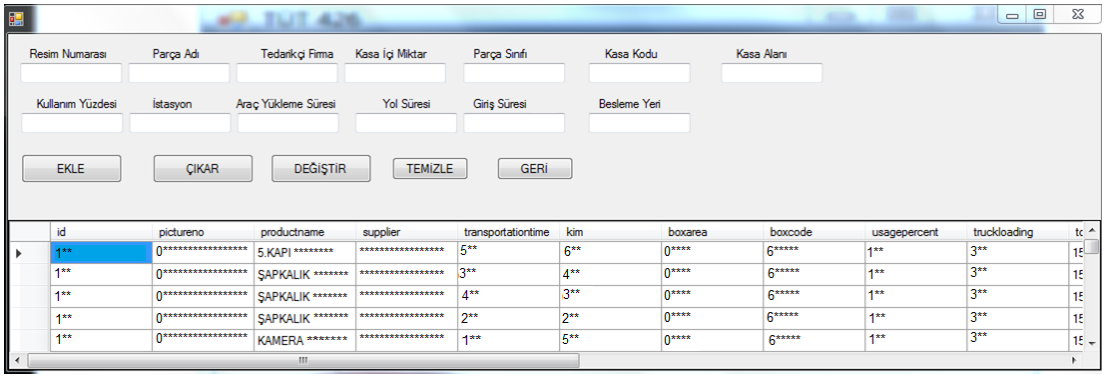
barındırmaktadır. Gerekli alanlar doldurulduktan sonra ekleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca tablodaki "id" kısmına tıklandığında gerekli alanlar otomatik olarak dolmaktadır. Değiştir seçeneği ile de güncelleme yapılabilmektedir.



Şekil 5:
Ara yüz giriş ekranı

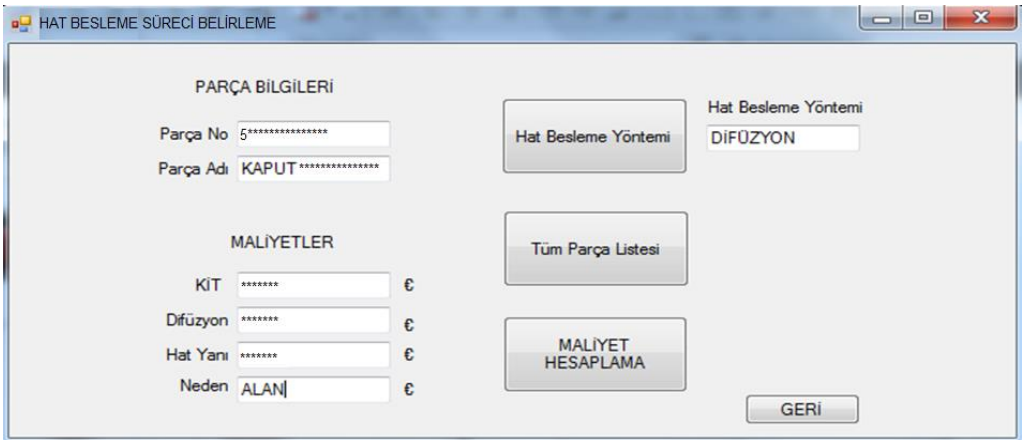


Şekil 6:
JIS analizi kullanıcı ara yüzü



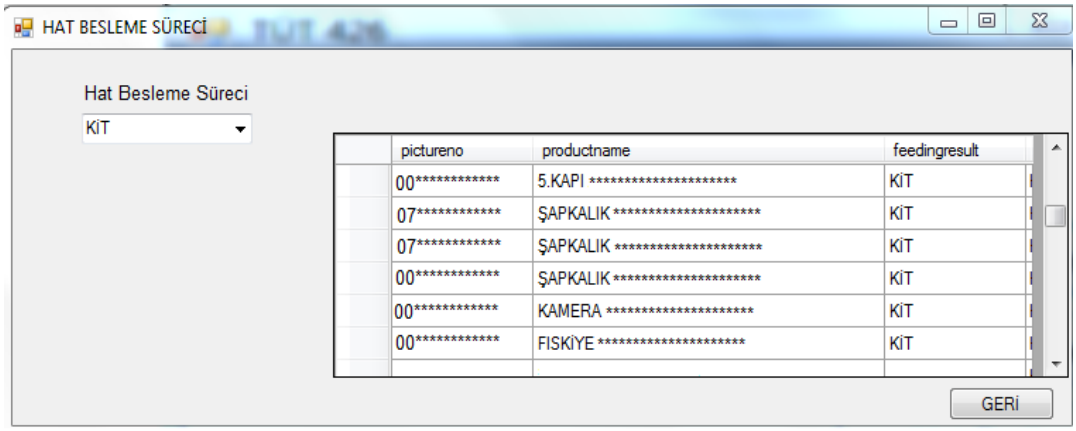
Şekil 7:
Ekle/çıkar ara yüzü

Kullanıcı, hat besleme sürecini belirle butonunu seçtiğinde ise Şekil 8'de gösterilen ekran ile karşılaşacaktır. Bu ekran, parça numarası girişi ile birlikte parçanın hangi hat besleme yöntemine ait olduğunun analiz edilip gösterildiği ekrandır.



Şekil 8:
Hat besleme yöntemi belirleme ara yüzü

Herhangi bir hat besleme sürecinin seçilmesi ile o hat besleme sürecine atanan parçalar kullanıcıya liste halinde sunulabilmektedir. Örnek olarak hat besleme süreci olarak Kit (Set) seçildiği durumda, set yapma süreci ile montaj hattına beslenecek olan parça listesine Şekil 9'da gösterildiği gibi ulaşılabilmektedir.

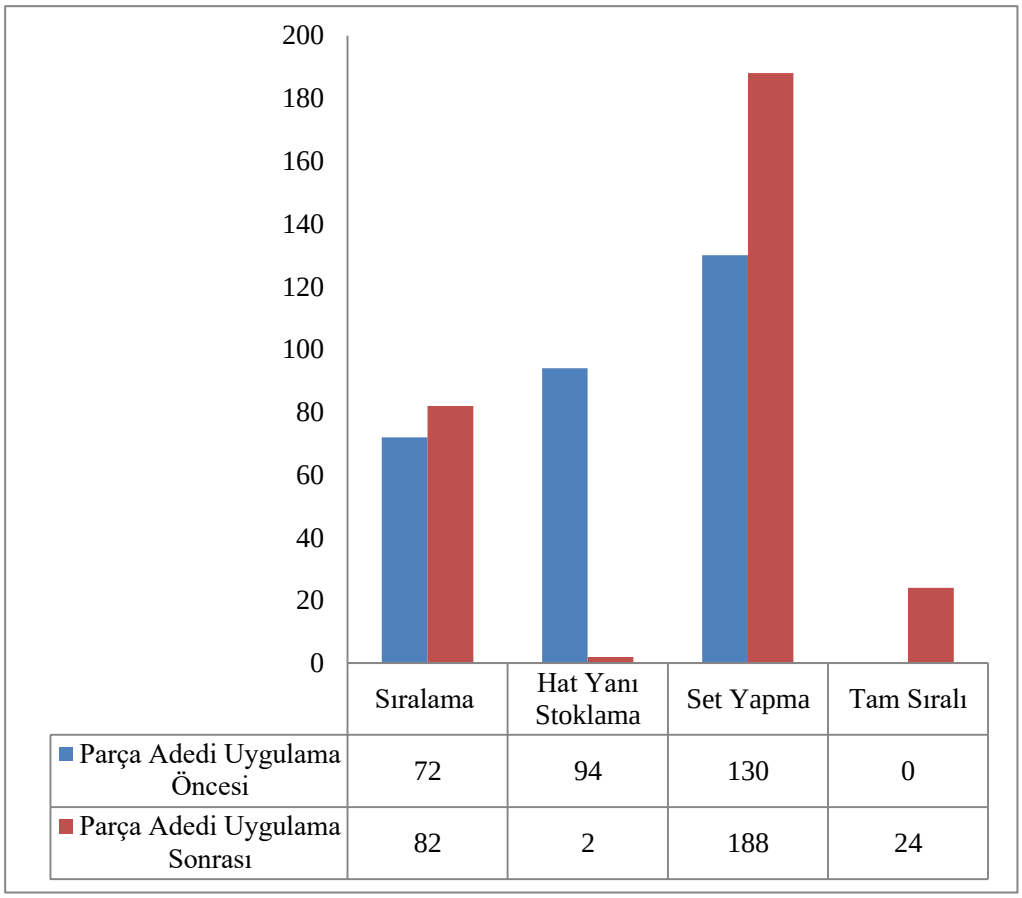


Şekil 9:
Örnek bir hat besleme sürecine atanan parçaların listelendiği ara yüz

Yapılan pilot uygulama sonuçlarına göre, uygulama öncesinde değerlendirilen montaj hattına tam sıralı parça besleme süreci ile beslenen parça bulunmaz iken, uygulama neticesinde 24 parçanın tam sıralı besleme süreci ile montaj hattına beslenebileceği sonucu elde edilmiştir. Sıralama parça besleme süreci ile montaj hattına beslenebilecek parça adedi uygulama sonrasında 82 parçaya yükselmiş ve 188 parçanın set yapma parça besleme süreci ile montaj hattına beslenebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Hat yanı stoklama ile montaj hattına beslenen parça adedinde ise uygulama sonrasında önemli bir düşüş elde edilmiştir. Tablo 2'de uygulama neticesinde parça besleme süreci değişimleri ve değişen parça adetleri verilmiştir. Şekil 10'da ise her bir parça besleme süreci ile montaj hattını besleyen parça adetleri uygulama öncesi ve sonrası için karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2. Parça besleme süreci değişimleri

Uygulama Öncesi Parça Besleme Süreci	Uygulama Sonrası Parça Besleme Süreci	Parça Adedi
Hat Yanı Stoklama	Set Yapma	70
Hat Yanı Stoklama	Tam Sıralı	13
Hat Yanı Stoklama	Hat Yanı Stoklama	1
Hat Yanı Stoklama	Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	10
Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	52
Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	Tam Sıralı	8
Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	Set Yapma	12
Set Yapma	Set Yapma	106
Set Yapma	Sıralama (Difüzyon Alanlarında)	20
Set Yapma	Hat Yanı Stoklama	1
Set Yapma	Tam Sıralı	3



Şekil 10:
Parça besleme süreçlerine ait parça adetlerinin uygulama öncesi ve sonrası durumu

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Montaj hatlarının beslenmesinde ortaya çıkan katma değeri olmayan işlerin ve gereksiz alan kullanımının ortadan kaldırılması ve bu doğrultuda uygun hat besleme yöntemlerini belirleyen bir sistemin tasarlanması amacıyla yapılan bu çalışmada, set yapma, hat yanı stoklama, sıralama (difüzyon alanlarında) ve tam sıralı parça besleme süreçleri dikkate alınmıştır. Günümüz endüstrisinde oldukça önemli bir konuma yerleşmiş olan tam sıralı hat besleme yönteminin çalışma kapsamında uygun parça besleme sürecinin seçiminde değerlendiriliyor olması, bu çalışmanın önceki çalışmalardan temel farklarından biridir. Tasarlanan sistem kural tabanlı algoritma yapısı ile oluşturularak Microsoft Visual Studio ortamında Visual Basic ve SQL programlama dilleri ile kodlanmıştır. Algoritma, malzeme sınıfı, malzemenin montajının yapıldığı istasyon, tedarikçi firmanın konumu gibi malzemeye ve tedarikçi firmaya ait özellikleri girdi olarak almakta ve ilgili kuralları işleyerek seçilen uygun hat besleme yöntemini çıktı olarak kullanıcıya sunmaktadır. Önceki çalışmalarda yapılan karmaşık hesaplamalar ve dolayısıyla uzun işlem süreleri, geliştirilen program sayesinde ortadan kaldırılmış, olabilecek en kısa sürede uygun çözümlerin verilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan sistem ile birlikte, seçilen hat besleme yöntemine ait tüm parçaların listelenmesi mümkün kılınmıştır. Ayrıca, montaj hattındaki olası değişikliklerin getireceği farklı ihtiyaçların karşılanması için parça ekleme, çıkarma, güncelleme gibi özellikler ile tasarlanan programa esneklik kazandırılarak programın dinamik bir yapıya sahip olması sağlanmıştır. Başta otomotiv sanayi olmak üzere benzer hat ve üretim planlama yapısının bulunduğu ve karma üretim yapılan montaj hatlarına sahip tüm sanayi kuruluşlarında da, önerilen sistem ile uygun hat besleme yönteminin belirlenmesi mümkün olabilecektir. Bu çalışma, her bir parça için, dört parça besleme süreci arasından tek bir parça besleme sürecinin seçimine yönelik gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda, ihtiyaca göre önerilen kural tabanlı sistem, hibrid parça besleme süreçleri de dahil edilerek genişletilebilir. Ayrıca, hat besleme süreçlerinin değerlendirilmesinde dikkate alınan maliyet kalemleri için duyarlılık analizi çalışmaları yapılarak, seçime etkisi yüksek olan maliyet kalemleri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Battini, D., Faccio M., Persona, A. ve Sgarbossa, F. (2009) Design of the optimal feeding policy in an assembly system, *International Journal of Production Economics*, 121, 233-254. doi:10.1016/j.ijpe.2009.05.016

2. Bozer, Y.A. ve McGinnis, L.F. (1992) Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model, *International Journal of Production Economics*, 28, 1-19. doi:10.1016/0925-5273(92)90109-K

3. Caputo, A.C. ve Pelagagge, P.M. (2011) A methodology for selecting assembly systems feeding policy, *Industrial Management & Data Systems*, 111(1), 84-112. doi:10.1108/02635571111099749

4. Caputo, A.C., Pelagagge, P.M. ve Salini, P. (2015) A model for kitting operations planning, *Assembly Automation*, 35(1), 69-80. doi: 10.1108/AA-02-2014-020

5. Caputo, A.C., Pelagagge, P.M. ve Salini, P. (2018) Selection of assembly lines feeding policies based on parts features and scenario conditions, *International Journal of Production Research*, 56(3), 1208-1232. doi:10.1080/00207543.2017.1407882

6. Choi, W. ve Lee, Y. (2002) A dynamic part-feeding system for an automotive assembly line, *Computers and Industrial Engineering*, 43, 123-134. doi:10.1016/S0360-8352(02)00071-2

7. Faccio, M. (2014) The impact of production mix variations and models varieties on the parts-feeding policy selection in a JIT assembly system, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72, 543–560. doi:10.1007/s00170-014-5675-0

8. Hanson, R. ve Brolin, A. (2013) A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply, *International Journal of Production Research*, 51(4), 979-992. doi:10.1080/00207543.2012.657806

9. Hua, S.Y. ve Johnson, D.J. (2010) Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking, *International Journal of Production Research*, 48(3), 779-800. doi:10.1080/00207540802456802

10. Kilic, H.S. ve Durmusoglu, M.B. (2015) Advances in assembly line parts feeding policies: A literature review, *Assembly Automation*, 35(1), 57-68. doi:10.1108/AA-05-2014-047

11. Limere, V., Landeghem, H.V., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E.H. ve McGinnis, L.F. (2012) Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking, *International Journal of Production Research*, 50(15), 4046-4060. doi:10.1080/00207543.2011.588625

12. Limere, V., Landeghem, H.V. ve Goetschalckx, M. (2015) A decision model for kitting and line stocking with variable operator walking distances, *Assembly Automation*, 35(1), 47-56. doi:10.1108/AA-05-2014-043

13. Sali, M., Sahin, E. ve Patchong, A. (2015) An empirical assessment of the performances of three line feeding modes used in the automotive sector: line stocking vs. kitting vs. sequencing, *International Journal of Production Research*, 53(5), 1439-1459. doi:10.1080/00207543.2014.944630

14. Sali, M. ve Sahin, E. (2016) Line feeding optimization for just in time assembly lines: An application to the automotive industry, *International Journal of Production Economics*, 174, 54-67. doi:10.1016/j.ijpe.2016.01.009

15. Usta, S.K., Oksuz, M.K. ve Durmusoglu, M.B. (2017) Design methodology for a hybrid part feeding system in lean-based assembly lines, *Assembly Automation*, 37(1), 84-102. doi:10.1108/AA-09-2016-114