

Ray Yönlendirmeli Araçların Kullanıldığı Malzeme Taşıma Sistemlerinin
Performans İyileştirilmesi

Rıdvan Özdemir

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Raylı Sistemler Anabilim Dalı

Kasım 2016

Performance Improvement of Material Handling Systems Serviced by Rail Guided
Vehicles

Rıdvan Özdemir

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Railway Systems

November 2016

Ray Yönlendirmeli Araçların Kullanıldığı Malzeme Taşıma Sistemlerinin
Performans İyileştirmesi

Rıdvan Özdemir

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Raylı Sistemler Anabilim Dalı
Raylı Sistemler Kontrol ve Sinyalizasyon Mühendisliği Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Ahmet YAZICI

Kasım 2016

ONAY

Raylı Sistemler Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Rıdvan Özdemir'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Ray Yönlendirmeli Araçların Kullanıldığı Malzeme Taşıma Sistemlerinin Performans İyileştirmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ahmet YAZICI

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye :Doç. Dr. Ahmet YAZICI

Üye :Prof. Dr. Hasan Hüseyin ERKAYA

Üye :Yrd. Doç. Muammer AKÇAY

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Ahmet YAZICI danışmanlığında hazırlamış olduğum “Ray Yönlendirmeli Araçların Kullanıldığı Malzeme Taşıma Sistemlerinin Performans İyileştirmesi” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 28.10.2016

Rıdvan Özdemir

İmza

ÖZET

Bu tezde, ray yönlendirmeli araçların kullanıldığı bir malzeme taşıma sisteminin performansını iyileştirmek hedeflenilmiştir. Sistem üzerinde yapılan iyileştirmelerin somut verilerle ifade edilebilmesi için bir benzetim ortamı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Yapı itibari ile bu sistem Ayrık Olay Sistemleri (AOS) sınıfında yer almaktadır. AOS'nin modellenmesi ve analizinde en çok kullanılan yöntemlerin başında da Petri ağları gelmektedir. Bu çalışmada da sistemin modellenmesinde Petri ağlarından faydalanılmış, daha sonra da elde edilen model MATLAB'ın Simulink bölümünde Stateflow yöntemiyle programlanmış ve sistemin benzetimi Simulink ortamına taşınmıştır. Devamında ise yine MATLAB'ın GUI bölümünde kullanıcıların az, orta ve yüksek yoğunlukta olmak üzere 3 farklı veri girişi yapabileceği bir ara yüz tasarlanmış, sistemin benzetimi elde edildikten sonra iyileştirmeler yapılmış ve sistemin ara bağlantısız ve ara bağlantılı hali literatürdeki performans ölçüm parametrelerine göre az, orta ve yoğun yük girdisi altında kıyaslanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Raylı Sistemler, Ray Yönlendirmeli Araçlar, Malzeme Taşıma Sistemleri, Performans İyileştirmesi.

SUMMARY

In this thesis, it is aimed to make the performance improvement of a material handling system serviced by rail guided vehicles. Firstly, the simulator is created to measure the data of improvements on the system. The system is in the class of Discrete Event Systems (DES). One of the most commonly used method in modeling and analysis of DES are Petri nets. In this study, Petri nets are used for model the system, after that the model is created using the Stateflow method under MATLAB's Simulink software. An interface is designed in GUI for the users to make three different type load entries as low, medium and high frequency. Finally, the system's performance results for both without interconnection and with interconnection are compared each other according to the performance measurement parameters in literature.

Key Words: Railway Systems, Rail Guided Vehicle, Material Handling Systems, Performance Development.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın planlanması ve yşrştşlmesinde yardımlarını ve tecrşbelerini esirgemeyen danıőmanım Do. Dr. Ahmet YAZICI'ya, tezimin her aőamasında destek olan değerli dostum Araç.Gör.Y.Mřh. Őmer Faruk ARGİN'a, her zaman yanımda olup, hiçbir desteği esirgemeyen sevgili eőim Hande ÖZDEMİR'e, maddi ve manevi destekleri ve yardımları ile bugşnlere gelmemi sağlayan aileme teőekkřrlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vi
SUMMARY.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Raylı Sistemlerin Taşımacılıkta Kullanımı	3
2.2. Malzeme Taşıma Sistemleri	10
2.3. Karşılaşılan Problemler ve Performans Ölçütleri.....	17
2.4. Malzeme Taşıma Sistemlerinin Benzetiminde Kullanılan Yaklaşımlar.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Sistem İyileştirme Önerisi	23
3.2. Sinyalizasyon Uygulaması	24
3.3. Petri Ağları	26
3.4. Sistem Modelinin MATLAB Ortamına Aktarımı	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.1. Belirli Periyotta Karşılanan Taleplerin Sayısı.....	47
4.2. Belirli Adetteki Talebi Karşılama için Gerekli Toplam Süre.....	51
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Maden taşımacılığında kullanılan bir maden arabası	3
2.2. Trevithick tarafından uygulamaya konulan Londra buharlı lokomotifini.....	4
2.3. Locomotion olarak adlandırılan 1 nolu motor.....	4
2.4. Elmanov'a ait monoray yapısının çizimi	5
2.5. Palmer'a ait monoray tasarımı	6
2.6. Werther Brücke istasyonu	8
2.7. Bindirme tipi monoray	9
2.8. Havai monoray hattı.....	9
2.9. Zeminde sabit monoray hattı aracı	10
2.10. Malzeme taşıma hareketleri	13
2.11. Otomatik yönlendirmeli araçlar	15
2.12. Ray yönlendirmeli araç	15
3.1. Monoray hattının temsili gösterimi	23
3.2. Monoray hattına ara bağlantı uygulanması	24
3.3. Durum 1: Ara bağlantıda araç olmaması durumu	25
3.4. Durum 2: Ara bağlantıda araç olması durumu	25
3.5. Durum 3: Ara bağlantının çıkışından önce araç olması durumu.....	26
3.6. Durum 4: Ara bağlantının çıkışından sonra araç olması durumu.....	26
3.7. Basit bir Petri ağı.....	28
3.8. Örnek bir Petri ağının tetiklenmesi	29
3.9. Yasaklama oklu bir Petri ağı geçişi.....	31
3.10. Zamanlı Petri ağının tetiklenmesi	32
3.11. Sistemin Petri ağları modeli	32
3.12. Örnek bir durum.....	34
3.13. Tanımlamaları yapılmış bir geçiş.....	35
3.14. Stateflow uygulaması	36
3.15. Simülasyona ait arayüz	37
3.16. Sonuç grafiği	38
3.17. Simulink genel görünümü	40

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.18. Monoray bloğu genel görünümü	40
3.19. Yük seçimi ve iş emri atama	41
3.20. Kasa yükleme istasyonu	42
3.21. 1. araç göstergesi	43
3.22. 1.asansörlere ait gösterge	44
3.23. Makasa ait blok	45
4.1. Az yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli periyotta kaşılادıkları talep sayısının kıyaslanması	48
4.2. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli periyotta kaşılادıkları talep sayısının kıyaslanması	49
4.3. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli periyotta kaşılادıkları talep sayısının kıyaslanması	50
4.4. Az yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli adetteki talebi kaşılادıkları sürenin kıyaslanması	52
4.5. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli adetteki talebi kaşılادıkları sürenin kıyaslanması	53
4.6. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli adetteki talebi kaşılادıkları sürenin kıyaslanması	54
4.7. Az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli sürelerin kıyaslanması	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük karakteristikleri	47
4.2. Az yoğunluktaki yük girdisi altında belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı	47
4.3. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı	49
4.4. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı	50
4.5. Az yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre	51
4.6. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre	53
4.7. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
as1	1. asansöre dağıtılan kasa adeti
as2	2. asansöre dağıtılan kasa adeti
as3	3. asansöre dağıtılan kasa adeti
as4	4. asansöre dağıtılan kasa adeti
d1	Konveyör geçiş zamanı
d2	İstasyon zamanı
dp(1-25)	İlgili durumda (state) kasanın bırakacağı asansörün numarası
j1	İş emrinin atandığı asansör
P	Sonlu yerleri (place) gösteren küme
Post	Geçişlerden yerlere olan çıkış fonksiyonunu
Pre	Yerlerden geçişlere olan giriş fonksiyonunu
s	Ara bağlantının olup olmayacağı bilgisi
T	Sonlu geçişleri gösteren küme
vn(1-25)	İlgili durumda (state) bulunan aracın numarası
vr(1-25)	İlgili durumda (state) bulunan konveyörün durumu
vs(1-25)	İlgili durumda (state) bulunan aracın durumu

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AGV	Automated Guided Vehicles
MATLAB	Matrix Laboratory
ODGAS	Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemleri
OYA	Otomatik Yönlendirmeli Araç

1. GİRİŞ

Raylı sistemler hem çevreci hem de ekonomik olması sebebiyle taşımacılıkta gün geçtikçe artan bir öneme sahiptir. Yük ve malzeme taşımacılığında raylı sistemlerin kullanımı birkaç yüz yıl önce ağır yüklerin taşınması ihtiyacı ile başlamıştır (Berkmen, 1963). Raylı sistemlerin teknolojik gelişmeler ile birlikte daha süratli, ekonomik ve etkin hale gelmesi ile yük ve malzeme taşımacılığında kullanımı giderek artmış olup, ülkelerin kalkınmasında etkin rol oynamıştır. Raylı sistemlerin modern anlamda fabrika ve depolarda kullanımı ise yüz yıldan daha fazla bir geçmişe sahiptir (Dartnall, 2011). Günümüzde elektrik enerjisi ile çalışan raylı sistem araçları, başta otomotiv endüstrisinde olmak üzere beyaz eşya, savunma sanayi ve ağır sanayi gibi alanlarda yangın olarak kullanılmaktadır. Büyük komponentlerden küçük montaj parçalarına kadar tüm parçaların üretim operasyonlarının yapıldığı bölümlere taşınmasında kullanılır. Endüstride kullanılan ray yönlendirmeli araçlar genelde bir malzeme taşıma sistemine bağlı olarak çalışır. En yaygın olarak kullanıldığı malzeme taşıma sistemi ise **Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemleridir** (Automated Storage and Retrieval Systems)- (ODGAS).

Endüstride üretimin yapıldığı alanlarda gereksiz hareketlerin ortadan kaldırılması ile ürünler doğru zamanda, doğru yerde ve doğru bölümde olabilir. Bu gereksiz hareketler ortadan kaldırılmazsa problemlere yol açabilirler (Mulhacy, 1998; Hassan, 2006; Tompkins vd., 1996). Diğer bir problem ise yetersiz bir malzeme taşıma sisteminden kaynaklı üretim gecikmeleri ve üretim süresindeki artışlardır. Bu çalışmada bahsedilen ilk problem ele alınmış ve gereksiz hareketler ortadan kaldırılarak bu problemin çözümü hedeflenmiştir. Sinyalizasyon kullanılarak, tek bir bölgeden oluşan monoray hattı içinde oluşturulacak ara bağlantı ile hat iki bölgeye bölünecek ve araçların tüm hattı dolaşması yerine malzemeyi bıraktıktan sonra veya bırakmak için, hesaplanacak en kısa yolu izlemesi sağlanarak gereksiz hareketler azaltılacaktır.

Elde edilen yeni sistemin performansını ölçmek, sistemin önceki ve sonraki halini kıyaslamak için; birim çevrim süresi, belirli bir periyotta karşılanan taleplerin sayısı (Azadivar 1986) ve belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre literatürde kullanılan performans kriterleridir (Foley vd., 2002).

Bu tezde, ray yönlendirmeli araçların kullanıldığı bir malzeme taşıma sisteminin performansının iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bunu gerçeklemek üzere monoray hattına sinyalizasyon uygulaması yapılarak sistemin performansında iyileştirme sağlanabileceği görülmüştür. Oluşturulan benzetim ortamı ile sistemin ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumunun az, orta ve yoğun yük girdileri altında performans ölçümleri yapılmıştır. Takip eden bölümde, raylı sistemlerin taşımacılıkta kullanımı, malzeme taşıma sistemleri, karşılaşılan problemler ve performans ölçütleri, malzeme taşıma sistemlerinin benzetiminde kullanılan yaklaşımlar ve Petri ağların gelişimi verilmiştir. Bölüm 3'te ise ele alınan sistemin özelliklerinden, sistemde iyileştirmeye yönelik yapılacak çalışmalardan, sinyalizasyon uygulamasından, Petri ağlarından, durum akışdan (stateflowdan), sistem benzetiminden bahsedilmiş ve sistem modelinin MATLAB ortamına aktarımı açıklanmıştır. Bölüm 4'te sistemin benzetimi yapılarak az, orta ve yoğun yük girdileri altında performans ölçüm sonuçlarının karşılaştırmaları yapılmıştır. Son bölümde ise edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılmış ve ileride yapılabilecek çalışmalara yer verilmiştir.

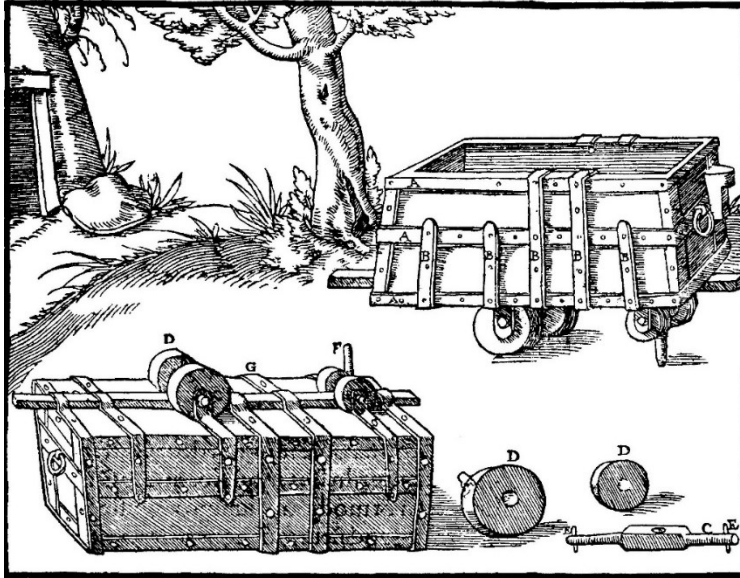
Bu tez konusu 29 Eylül – 01 Ekim 2016 tarihleri arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde “2016 Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısında” bildiri olarak sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, raylı sistemlerin taşımacılıkta kullanımı, malzeme taşıma sistemleri, karşılaşılan problemler ve performans ölçütleri, malzeme taşıma sistemlerinin benzetiminde kullanılan yaklaşımlar ve Petri ağların gelişimi konusunda yapılan literatür araştırmalarına yer verilmiştir.

2.1. Raylı Sistemlerin Taşımacılıkta Kullanımı

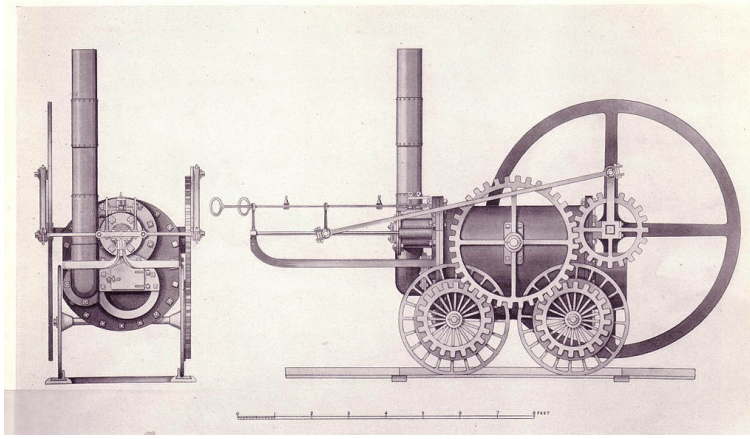
Raylı sistemlerin yük ve malzeme taşımacılığında kullanımı 15.yüzyıla kadar uzanmaktadır. O zamanlarda maden ocaklarında, insanların elle taşıyamayacağı büyüklükteki yüklerinin taşınması için birbirine paralel olarak yere döşenmiş ağaç kütükler üzerinde hareket eden arabalar kullanılmaktaydı (Berkmen, 1963). Şekil 2.1’de bu arabalara ait bir çizim görülmektedir.



Şekil 2.1. Maden taşımacılığında kullanılan bir maden arabası (De Re Metallica, 1556).

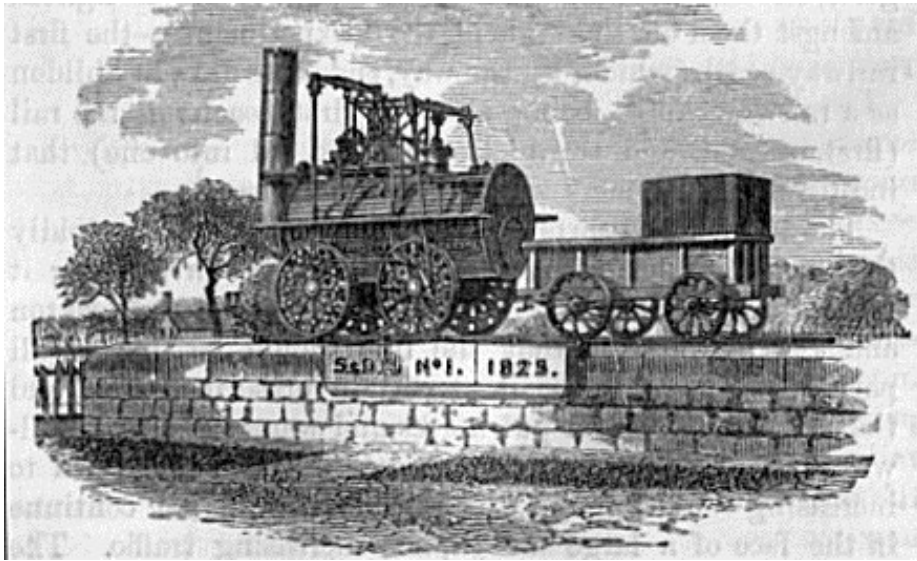
Sanayi devriminde ortaya çıkan fabrikalaşma ile endüstrinin hız kazanması sonucu üretimin artması ile, işlenmemiş madde ihtiyaçları, üretilen madde ve tamamlanmamış mamüllerin satılması için ulaşım çok büyük öneme kavuşmuştur. Buhar makinesinin icadı sayesinde de ulaşım hem kolay hem de ucuz hale gelmiştir. Bu alanda çalışmalarını sürdüren

Richard Trevithick ilk denemesini 1801 yılında yapmış, buhar gücüne dayalı lokomotifi demiryolunda hareket ettirmiştir. Şekil 2.2’de buharlı lokomotife ait bir görsel örnek verilmiştir.



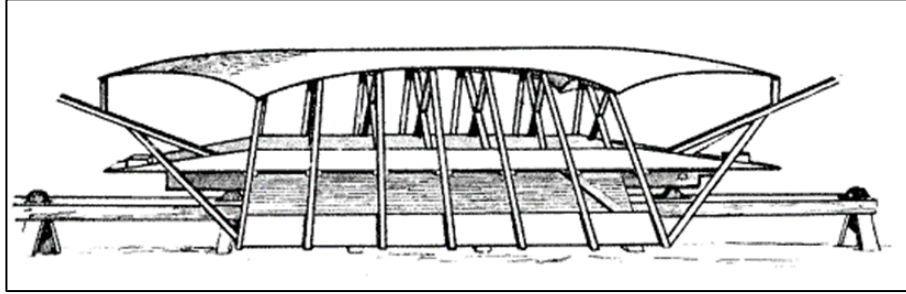
Şekil 2.2. Trevithick tarafından uygulamaya konulan Londra buharlı lokomotif (Anonim).

Bu alanda en önemli gelişme ise George Stephenson’un çalışmalarından biridir. Stephenson, Darlington maden ocağından Stochton Limanına kadar olan demiryolu hattının yapımını gerçekleştirmiştir. Şekil 2.3’te 1 nolu motora ait bir çizim verilmiştir. Raylı sistemlerin ulaşımına getirdiği kolaylıklar sayesinde 19.yüzyılda şehirler ve ülkeler arasındaki mesafeler kısalmış, raylı sistemlerin gelişimine paralel olarak sanayinin gelişimi de hızlanmıştır (MEB, 2006).



Şekil 2.3. Locomotion olarak adlandırılan 1 nolu motor (Anonim).

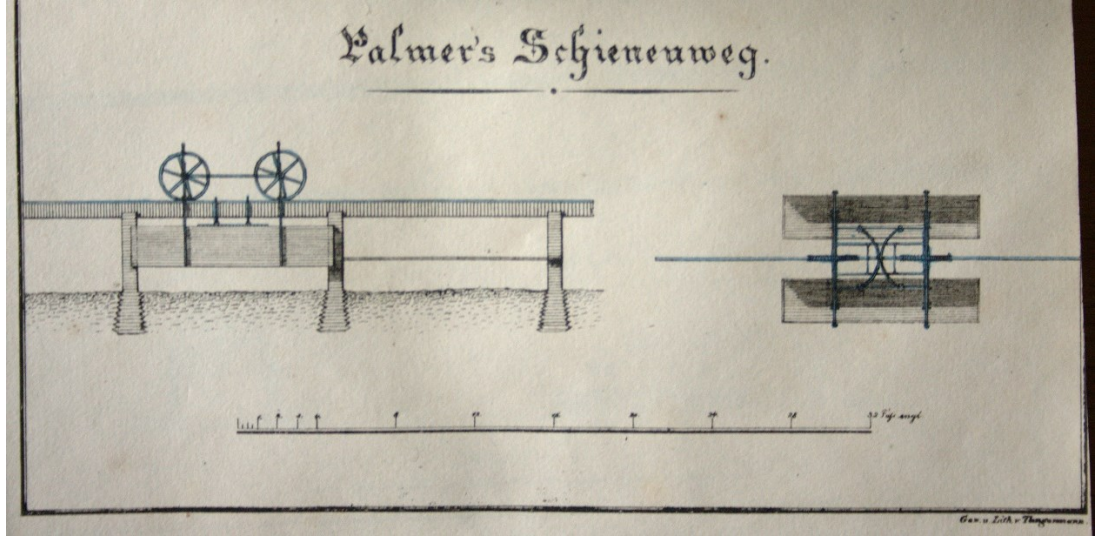
Monoraylar ise, sabit bir ray üzerinde giden kendinden tahrikli araçlardır. İlk monoray prototipi ise 1820'de Ivan Elmanov tarafından Rusya'da yapılmıştır (Anonim, 2009). Şekil 2.4'te Elmanov'a ait monoray yapısının bir çizimi verilmiştir.



Şekil 2.4. Elmanov'a ait monoray yapısının çizimi (Anonim)

Monoraylı sistemler, kapladığı yerin az olması bakımından geleneksel raylı sistemlerden üstün görünse de karmaşık bir uygulama yapısının olması uygulanabilirliğini zorlaştırmıştır. Ayrıca şekil ve görünüş olarak da çekici gelememesi sebebiyle pek tercih edilmemişlerdir. Bunlara ek olarak monoray sistemlerde aracın yol değiştirmesinin de kolay olmaması bir diğer dezavantaj olmuştur.

İlk yapılan monoray sistemlerinde raylar yerden yukarıda bulunmaktaydı. Bunun gibi sistemler "Lartigue" sistemleri olarak adlandırılmıştır. Lartigue sistemlerinde aracın uzantıları monorayın her iki yanına da sarkmaktaydı. Henry Robinson Palmer 1821 yılında ilk monoraylı demiryolunun patenti alan kişi olmuştur (MEB, 2011). Palmer'e ait bu tasarım tasviri Şekil 2.5'te görülmektedir. Palmer tarafından geliştirilen bu tasarım Londra'nın güneyindeki Deptford Tersanesi'nde hayata geçirilmiştir. Bu uygulama ile birlikte Cheshunt, Hertfordshire yakınlarındaki bir taş ocağı ile Lea Nehri arasında taş taşıyan monoray hattı, taşımacılıkta kullanılan ilk monoray hattı özelliğini almıştır. Monoray yollarının ilkinin tarihi ise 1824 yılına dayanır (MEB, 2011). Bu yapıda kullanılan tahta asma ray yine tahta destekler üzerine monte edilmiştir. Aracın çift kenarlı tekerleklerinin aşınmasını önlemek için demir çubuk kullanılmıştır. Bu ilkedan yola çıkarak Lartigue monoraylı bir sistem geliştirmiştir.



Şekil 2.5. Palmer'a ait monoray tasarımı (Harkort, 1833)

Bu sistemde monorayı dik üçgen şeklinde bir platforma konumlandırılmıştır. Platformun tabanı toprağa dayandırılmıştır. Lartigue platformun iki yanına da birer kılavuz ray getirmiştir. Aracata bulunan yatay tekerlekler, bu kılavuz raylara bindirilmiştir. Bu yöntem araçların alttan ve yanlardan desteklenmesi ile daha fazla hız yapmasına imkan tanımıştır.

Aynı ilke ile çalışan buharlı bir sistem de J.L. Hadden tarafından yapılmıştır. Hadden tarafından 1869 yılında Suriye'de yapılan bu sistemde lokomotifinin sağına ve soluna zemine dik olarak konumlandırılmış buhar kazanları bulunmaktaydı. Elektrik enerjisi ile çalışan lartigue hattı ise 1894'te Fransa'da kurulmuştur. İngiltere'de ise 1886 yılında Londra'da bir hat üstünde kısa bir sunum yapılmıştır. Bu sunumda ise elektrik kullanılmadan trenler, buharlı lokomotifler ile çekilmiştir. Bu lokomotifin 3 adet tekeri bulunmaktaydı. Bunlardan ikisi merkezde bulunan raydaki çift kenarlı tekerlekler, diğeri ise platformdaki raya oturan tekerlekti. Fakat hat değiştirmeleri kolay değildi, makas olmadığı için güzergah değiştirilmek istendiğinde hattın bir kısmının tamamen çıkartılıp diğeri hattın aynı çizgiye çekilmesi gerekiyordu. Lartigue sistemini üzerine çalışmalar yapan bir başka isim ise F.B. Behr'dir. Behr 1897 yılında yaptığı çalışmalarda bu sistemi kullanmıştır (MEB, 2011).

Bir diğeri tür ise jiroskopik monoraylı sistemlerdir, yerde bulunan monoray üzerinde hareket eden aracın dengesi jiroskop ile sağlanmaktadır. Jiroskop, nesnelere üç boyutlu ortamda doğrultularını ve iki eksene olan açılarını tespit etmeye yarayan bir tekerlektir. Tam

anlamıyla monoray üzerinde yol alabilen ilk tren, Louis Brennan'ın çalışmalarıyla 1909 yılında devreye alınmıştır. O zaman askeri ihtiyaçlar için kullanılan bu sistem 50 insan ve 10 ton yük taşıyabilecek kapasitedeydi. Bu aracın dengesini ise birbirine zıt yönlerde dönen jiroskoplar sağlıyordu. Bu araca benzer bir diğer araç ise August Seheri'nin geliştirdiği 7 kişi kapasiteli araçtır. Seheri 1909 yılında bu aracı halka sunarak tanıtmıştır. Fakat bu sistemde de virajlar alınırken sıkıntı yaşanabiliyordu. Denge kaybedildiğinde araç yan yatabiliyordu.

Monoray sistemleri arasında en uygulanabilir olanı ise Alweg sistemleridir. Dr. Axel L. Wenner Gren tarafından geliştirilmiştir. İsveçli bilim adamının geliştirdiği bu istemde beton kolonlar üzerinde yüksekte, zeminde veya bir tünel içinde taşınan betondan yapılmış putreller vardı. Bu putrelin sağında ve solunda lastik tekerlekler bulunmaktadır. Bunlara ek olarak zemine paralel tekerlekleri de bulunur, bu tekerlekler putreli alttan ve üstten kavrar ve Behr sisteminde olduğu gibi beş adet taşıma alanı meydana getirilir. Alweg sistemi Behr sisteminden farklı olarak, çelikten oluşan bir grup değil de tek bir putrel bulundurur. Taşıma tekerlekleri aracın orta noktasında bulunur. Bu sistemler elektrik enerjisi ile çalışırlar ve enerjiyi putrelin kenarındaki elektrik barasından alırlar. Dünyada bu sistemin başarılı bir şekilde çalışan örnekleri mevcuttur. Tokyo'da bulunan ve Haneda havaalanına ulaşımını sağlayan hat buna örnek gösterilebilir. Bu hattın uzunluğu ise 13,5 km'dir.

Alweg ilkesi ile çalışan farklı sistemler de mevcuttur. Bu sistemlere örnek olarak ise tarım ve sanayi kuruluşlarında kullanılan sistemler gösterilebilir. Bu sistemlerin hepsinde aracın hattı değiştirmesi için iki yol vardır. İlki yan raylar kullanmak ikincisi ise mevcut hattın diğer raya bağlanmasıdır.

Bir diğer sistem ise rayın monoray aracının üstünde, orta hizasında olduğu ve aracın bu raydan asılıp, ray güzergahı doğrultusunda hareket ettiği sistemdir. Bu sistem ilk olarak 1898 ve 1901 yılları arasında Almanya'da devreye alınmıştır. Barmen ve Elberfeld şehirleri arasında hizmet vermiş olup günümüzde halen kullanılan bir sistemdir. 1903 yılında ise uzunluğu 13 km'ye çıkartılmıştır. Bu iki bölge arasındaki zorlu ve engebeli doğa şartları nedeniyle monoraylı sistem geleneksel çift raylı bir sisteme göre daha uygun bulunmuştur (MEB, 2011). Şekil 2.6'da Werther Brücke istasyonuna ait bir görsel verilmiştir. Bir diğer grup olan bindirme tipi monoraya örnek ise Şekil 2.7'deki görselde verilmiştir.

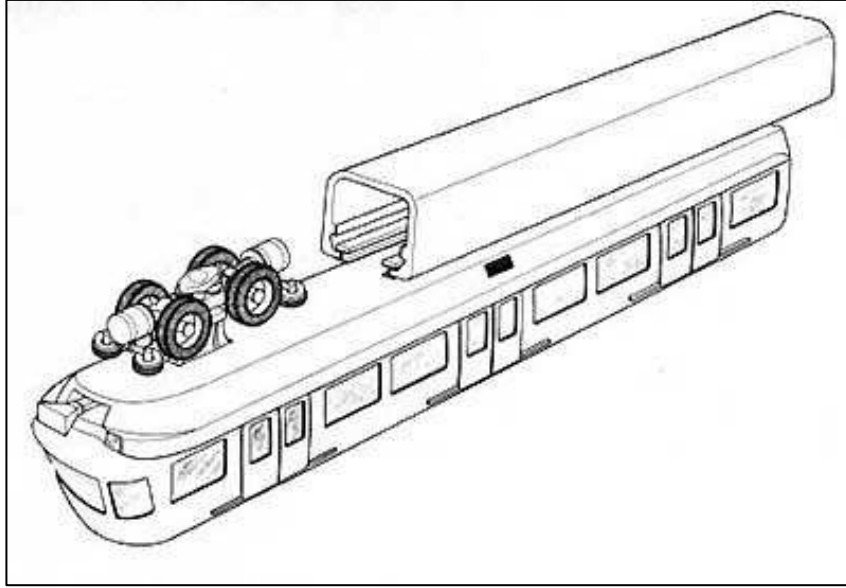
Monoray sistemlerini:

- Monoray (Schwebebahn)
- Askı Tipi Monoray (Safage Type)
- Bindirme Tipi Monoray (Straddle Type)
- Konsol Tipi Monoray (Cantilevered Type)
- Maglev Monoray (Magnetic Levitation)

olmak üzere beş ana grup olarak deęerlendirebiliriz (UDHB, 2011) .



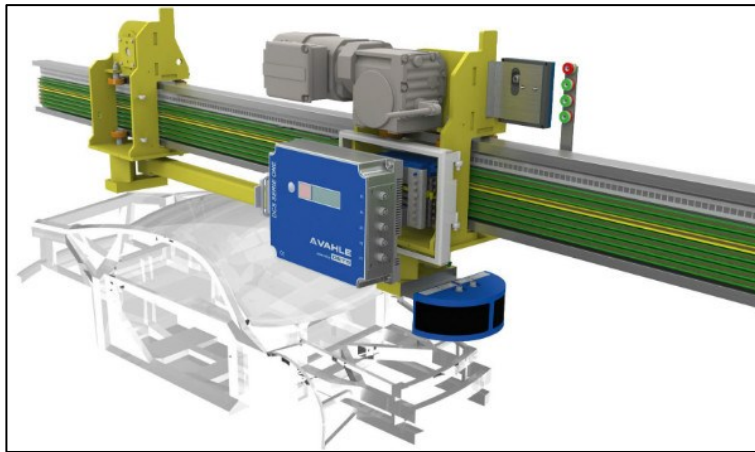
Şekil 2.6. Werther Brücke istasyonu (Schwebebahn, 1913)



Şekil 2.7. Bindirme tipi monoray (Straddle Type), (UDHB, 2011).

Bugün modern anlamda endüstride kullanılan ray yönlendirmeli araçlar ise raydaki bir elektrik barasından enerjilenen, elektrik motoru ile sürülen, birbirinden bağımsız olarak yönetilebilen araçlardan oluşur. Sabit hatlı raylı sistem ve değişken hatlı raylı sistem olmak üzere iki ana başlıkta incelenir:

- Havai monoray hattı (Overhead Monorail): Tavandan askıya alınmış havai hatlıdır. Şekil 2.8’de bir örnekle resmedilmiştir.
- Zeminde sabit paralel raylı sistemler (On-floor - parallel fixed rails): Genellikle zeminin üzerindeki çıkıntıyı takip ederler. Şekil 2.9’da zeminde sabit monoraylı araca örnek verilmiştir.



Şekil 2.8. Havai monoray hattı (Anonim)



Şekil 2.9. Zeminde sabit monoray hattı aracı (Anonim)

Fabrika ve depolardaki monoraylar genel olarak tavandan asılı bir şekilde monte edilmiş haldedirler. Ray yönlendirmeli araç sistemlerinde kullanılan sabitlenmiş paralel raylar, genelde zemine gömülü değil de dışarı çıkıntılı şekilde olurlar. Ray yönlendirmeli araç sistemlerinde makaslar, döner tablalar ve diğer özelleştirilmiş parkur kısımlarıyla rota değiştirme mümkündür. Böylece farklı yüklerin farklı yerlere götürülebilmesine olanak sağlanmış olur. Ray yönlendirmeli sistemler genelde konveyör sistemlerine göre daha işlevsel ve çok yönlü olarak nitelendirilirken otomatik yönlendirmeli araçlara göre de daha az kullanışlı olarak kabul edilirler. Endüstride monoray sistemi uygulamalarının ilki kabul edilebilecek özgün bir uygulama 1900'den önce et işleme fabrikasında kullanılmıştır. Bu sistemde kesilmiş hayvanlar havayı monoray arabalarına tutturulmuş kancalara asılırdı. Sistemde raylı arabalar farklı bölümlere çalışanlar tarafından elle taşınırdı. Günümüzde ise elektrik enerjisi ile çalışan havayı monoray sistemleri otomotiv endüstrisinde yangın olarak büyük komponentlerden küçük montaj parçalarına kadar tüm parçaların üretim operasyonlarının yapıldığı bölümlere taşınmasında kullanılır (Dartnall, 2011).

2.2. Malzeme Taşıma Sistemleri

Malzeme taşıma, doğru metot ile doğru zamanda, doğru yerde, doğru düzende, doğru pozisyonda, doğru koşullarda, istenen maliyette öngörülen malzemenin temini olarak tanımlanmaktadır (White ve Apple, 1985). Malzeme taşımacılığının ortaya çıkış zamanı

kesin olarak bilinmemekle beraber modern anlamda malzeme taşımacılığı sanayi devrimi ile doğmuştur. Yirminci yüzyıla gelindiğinde o zamana kadar malzeme taşımacılığının en önemli unsuru olan tahta kutular yerini paletlere bırakmıştır. Depolama için ise sandık, varil ve fiçı gibi ekipmanlar kullanımına geçilmiştir. Varillerin bir diğer özelliği de malzeme taşıma sistemleri geliştirilmeden önceki dönemlerde yuvarlanarak malzeme taşıma işlemlerinde kullanılmasıdır. Variller ayrıca tekstil ürünleri, un, yem ve bakliyat gibi ürünlerin taşınmasında da tercih edilmişlerdir. Yapılan çalışmalar ile taşımacılığın ilerlemesiyle zamanla oluklu sandıklar yerine daha ucuz ve dayanımı daha yüksek olan oluklu konteynırlar kullanılmaya başlamıştır (Anonim, 2012).

Malzeme taşınması ile ilgili yapılan çalışmalar içinde kaldıraç ilkesine dayanan çalışmalar da vardır. Orta çağda yapılan vinç çizimleri bu çalışmalara örnek gösterilebilir. Bu alanda Villard de Honnecourt tarafından 13. yüzyılda yapılan vidalı kriko örnek verilebilir. Bu kriko sayesinde çok ağır yüklerin kaldırılması sağlanmıştır. Ayrıca bu çağda malzeme taşımada sık kullanılan mekanizmalardan biri de makaralardır. Leonardo da Vinci'nin yapıp geliştirdiği vinç ise insan tarafından taşınması mümkün olmayan taş blokların kaldırılmasında kullanılıyordu.

Konveyörlerin malzeme taşıma sistemlerinde kullanımı 1900'lü yıllarda otomotiv sanayisinin ortaya çıkması ile gerçekleşmiştir. (İmrak ve Gerdemeli, 2012). Malzeme taşıma sistemlerindeki kullanılan araçlar ülke ülke farklılıklar göstermekteydi. Bu farklılıklar birinci dünya savaşı ile iyiyden iyiye artmıştır. Demiryollarının yaygınlaşmaya başlaması ile akü ile enerjilenen araçlarda yapılmıştır. Malzeme taşıma sistemlerinde önemli yeri olan kaldırma araçlarının ilki 1917'de Amerika Birleşik Devletleri'nde icat edilmiştir (Anonim, 2012).

Teknolojinin gelişmesi ve elektronik alanında yaşanan ilerlemeler ile 1940'lara gelindiğinde sanayide otomasyonun etkisi görülmeye başlanmıştır. Fakat malzeme taşıma sistemleri taşıma dışında dağıtım, yükleme ve boşaltma sistemlerini de bünyesinde barındırdığından teknolojide yaşanan gelişmelere anında adapte olamamış, bu gelişmelerin malzeme taşıma sistemlerine adapte olması vakit almıştır. Bu açığı kapatabilmek içinse yapılan işleme göre taşıma araçları farklı araçlarla kullanılmak durumunda kalmıştır. Tüm bunlar yaşanırken malzeme taşıma sistemleri adına bazı oluşumlar da meydana gelmiştir. Bunların ilki 1954 yılında Malzeme Taşıma Ekipmanlarının Taşıma Derneğidir (Material

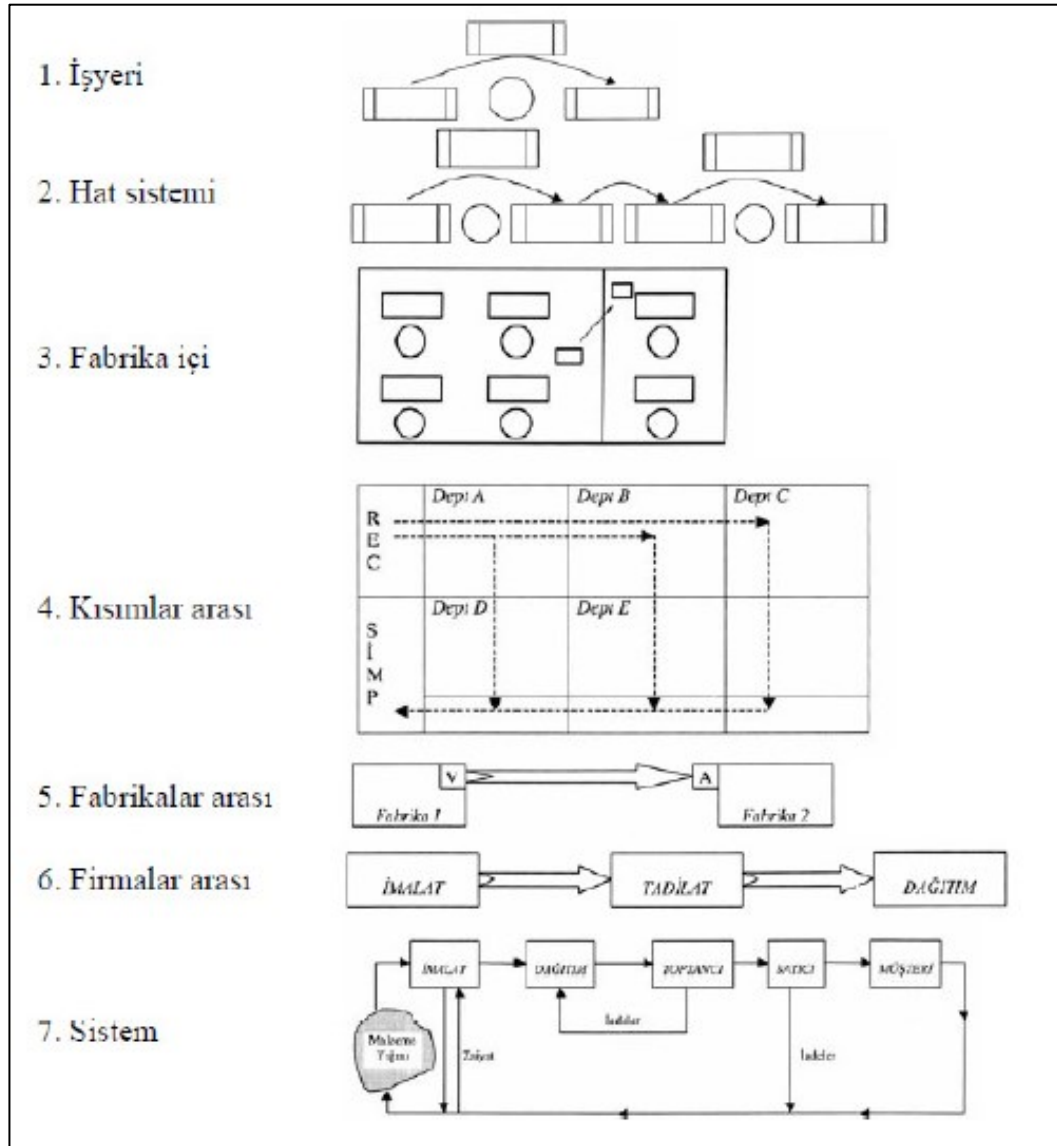
Handling Equipment Distribution Association MHEDA). Bu dernek malzeme taşıma sistemleri sektörünün gelişmesini hızlandırmak amacıyla bu alanda yapılan çalışmalara destek vermiş, üyelerini bilinçlendirmiştir (Anonim, 2012). Malzeme taşımanın farklı kurumlar tarafından yapılmış farklı tanımları bulunmaktadır. Örneğin Amerika Malzeme Taşıma Endüstrisi'nin tanımına göre; malzeme aktarımı ve lojistik; üretim ve aktarım, tüketim ve geridönüşüm süresince hareket, koruma, depolama ile malzeme ve ürünlerin kontrol edilmesidir. Amerikan makine mühendisleri derneğine göre ise; maddenin her durumu için taşıma, paketleme ve ambalajlamayı kapsayan sanat ve bilimin de içinde bulunduğu sisteme malzeme taşıma denir (İmrak ve Gerdemeli, 2012). Tompkins vd.'ye göre ise sıradan bir imalat sürecinde malzeme taşıma, bütün çalışan adedinin %25'ini, fabrika yüzeyinin %55'ini, üretim için harcanan sürenin %87'sini ve birim ürünün toplam üretim giderinin %15-70'ini etkilemektedir (Tompkins, 1996).

Lashkari vd., görüşüne göre imalat sistemlerinde yaşanan sorunların ve karmaşaların tümü malzeme taşıma sistemlerinde de görülmektedir çünkü malzeme taşıma sistemleri de imalatın bir parçasıdır ve imalat sistemleri ile malzeme taşıma sistemleri birbirinden ayrı düşünülemez (Lashkari, 2004). Öte yandan Yaman ise malzeme taşıma sistemlerinde kullanılacak araçların yapılacak imalata göre seçilmesi gerektiğini çünkü her imalatın kendine has yöntemleri ve süreçleri olduğunu söylemiştir (Yaman, 2001).

Malzeme taşıma hareketlerini 7 kısma ayırabiliriz:

1. Üretim birimi içerisindeki malzeme taşıma hareketleri,
2. Üretim hatları boyunca malzeme iletimi,
3. Fabrika içerisinde malzemelerin taşınması,
4. Bölümler arasında gerçekleşen malzeme iletimi,
5. Fabrikalar arasında malzeme taşıma hareketi,
6. Firmalar arasında malzeme nakli,
7. Sistemler arasında gerçekleşen malzeme iletimleridir.

Bu tez çalışmasında performans iyileştirmesi yapılacak taşıma hareketi 3. maddede belirtilen fabrika içerisindeki malzemelerin taşınması olacaktır. Malzeme taşıma hareketleri aşağıda Şekil 2.10'da daha ayrıntılı olarak bir görselle belirtilmiştir (Tunç, 2013).



Şekil 2.10. Malzeme taşıma hareketleri (İmrak ve Gerdemeli, 2012)

Malzeme taşıma sistemleri bir bilgisayar sistemi ile kontrol edilen yapılardır ve içerisinde konveyörler, vinçler, küçük taşıma araçları ve otomatik yönlendirmeli araçlar gibi elemanlar bulunur. **Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)**, taşıyıcı araç, bu araç için özel bir yönlendirme yolu ve sisteme özgü kontrol sistemlerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Otomatik yönlendirmeli araçlar literatürde “**Automated Guided Vehicles**” (AGV) adıyla geçer. Bu rehber yol bir yaydan, manteyik bir banttın, siyah veya beyaz bir şeritten oluşabilir. Araçların bu rehber yolu takip etmesi ise; ray yönlendirmeli aracın bulunduğu raylı sistem üzerinde hareket etmesi ile, manyetik banttın oluşan sistemde ise zemine gömülü halde

bulunan manyetik alanın takibi ile siyah veya beyaz şeritten oluşan sistemde ise kontrast farkından faydalanarak çizgi izleme yöntemiyle sağlanmaktadır.

Otomatik yönlendirilen araçlar (OYA);

- Birbirinden bağımsız olarak yük taşıyan malzeme taşıma aracı olarak;
- Paletli taşıma aracı olarak veya durup yükü bırakabilen ve aynı anda iki yükü taşıyabilen taşıyıcı araçlar olarak;
- Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemi (ODGAS) ile bir arada kullanılabilir.

Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemleri (ODGAS) sistemde sürekli hareket gören malzemeleri istasyonlara taşıırken aynı zamanda da adetlerinin belirli limit değerlerinin altına düşmemesi gereken kritik parçaları da istasyonlara taşııryan mekanizmalara sahiptir. ODGAS gibi işleme merkezleri de esnek üretim sistemlerini oluşturan yüksek maliyetli sistemlerdir. Esnek üretim sistemleri çalışmaya başlamadan önce üretim için gereken hammadde, tertibat ve palet gibi malzemelerin hazırda bulunması gerekir. Malzemeler bir yerden başla bir yere taşınırken yükleme ve bırakmada kolaylık sağlaması ile hepsi aynı ölçülerde olan bazı platformlar kullanılır, bu platformlara palet denir. Paletleri kaldıran ve taşıyan araçlar farklı olsa da tutucuları aynıdır bu yüzden paletlerin üzerine ürün konulduktan sonra taşınmasında çok zorluk yoktur fakat paletler üzerine yerleştirilen ürünler çok çeşitli olabilirler. Bu ürünlerin palet üzerine yerleştirilirken ve taşınırken zarar görmemeleri için bir takım aparatlar tasarlanır, bunlara ise tertibat denir. Tertibatların doğru tasarlanması çok önemlidir, eğer doğru işlenmezler ise bir takım kalite sorunları başgösterebilir. Şekil 2.11’de otomatik yönlendirmeli araçlara bir örnek verilmiştir. Devamında ise Şekil 2.12’de ray yönlendirmeli araçlara ait bir örnek kullanım görölmektedir.



Şekil 2.11. Otomatik yönlendirmeli araçlar (Anonoim)



Şekil 2.12. Ray yönlendirmeli araç (Anonim)

Esnek üretim sistemlerinin önemli görevlerinden biri de malzemelerin bekleme sürelerini ve bekleyen malzeme adedini düşürmektir. Bunu sağlamak için de bir takım sistemler geliştirilmiştir, bu sistemler sayesinde malzemenin taşınma zamanlaması beklemeyle en aza indirecek şekilde hazırlanır yani malzeme dağıtım istasyonuna dağıtım çıkacağı anda gelir ve işleneceği hatta götürüldüğünde de varır varmaz işleme alınır. İş bittiğinde ise hemen bir sonraki istasyona taşınır. Böylece malzeme stokları azaltılarak işletme büyük bir maliyetten kurtulmuş olur. Bu taşıma işlemlerini iki sistem ortak çalışarak yapar, bunlardan birisi ODGAS diğeri ise otomatik yönlendirmeli veya ray yönlendirmeli taşıma araçlarıdır (Singh, 1996; Atmaca ve Erol, 2002).

ODGAS ilgili malzemelerin istendiği zamanda istenilen yere sorunsuz ve hasarsız olarak, depolandığı yerden bulunup iletilmesini ve gerektiğinde de üretim hattından geri alınarak tekrar depo alanına taşınmasını sağlayan otomasyon, kontrol ve hareket elemanlarını kapsayan sistemin tamamıdır (Eynan ve Rosenblatt, 1993). ODGAS'nin sanayide kullanımı 1950'li yıllara kadar dayanmaktadır (Roodbergen ve Vis, 2009). Son yıllarda teknolojiye yaşanan ilerlemelere paralel olarak otomasyon ve kontrol sistemleri de daha kompakt bir hal alarak işlem kabiliyeti olarak yeni özellikler kazanırken hacim olarak da küçülmüşlerdir. Tüm bu gelişmeler ana iskeletini otomasyon, kontrol sistemleri ve hareket elemanlarının oluşturduğu ODGAS'yi de olumlu yönde etkilemiştir. ODGAS'yi bu kadar önemli hale getiren bir diğer etken ise malzeme taşıma maliyetlerinin tüm üretim giderleri arasındaki payının % 30'lara kadar çıkabiliyor olmasıdır (Eynan ve Rosenblatt, 1993).

ODGAS'nin operatörler tarafından elle yapılan taşıma sistemlerine kıyasla bir çok üstünlüğü bulunmaktadır. Bunlar arasında üretim sahasının etkin kullanımı, işçilik maliyetlerinin olmayışı, daha sistematik ve doğru çalışma ile daha az hata, enerji tasarrufu, taşıma sırasında oluşan hasarların azaltılması ve daha hızlı taşınma sağlanması sayılabilir (Browne vd., 1988). Fakat bazı dezavantajları da vardır bunların en başında yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması gelmektedir (Zollinger, 1999).

2.3. Karşılaşılan Problemler ve Performans Ölçütleri

Malzeme Taşıma sistemlerinde karşılaşılan problemler; ulaştırma dakikliği (delivery precision), envanter seviyeleri (inventory levels), operasyon ücretleri (operation costs), ulaştırma kalitesi (delivery quality) ve bilgi akışı (information flow) gibi 5 ana başlıkta incelenmiştir.

Ulaştırma dakikliği:

Tesisteki üretimde gereksiz hareketlerin ortadan kaldırılması ile ürünler doğru zamanda, doğru yerde ve doğru bölümde olabilir. Bu gereksiz hareketler ortadan kaldırılmazsa problemlere yol açar. Bu problemin diğer bir nedeni ise yetersiz bir malzeme taşıma sisteminin olması ve bundan kaynaklı üretim gecikmeleri yaşanmasıdır (Mulhacy, 1998; Hassan, 2006; Tompkins vd., 1996).

Envanter seviyeleri:

Hem üretimde hem de taşımadaki malzeme miktarlarının doğru değerlerde tutulması tam zamanında üretim envantör yönetimi ile sağlanabilir aksi durumda problemler ortaya çıkar. Bunu önlemek için yarı mamül malzemelerin sayısının azaltılması gerekmektedir (Hassan, 2006; Tompkins vd., 1996).

Operasyon ücretleri:

Sistem, mümkün olan en düşük operasyon maliyetlerini garantiye alarak, maliyetleri arttırmanın yerine karı arttıracak şekilde tasarlanmalıdır (Mulhacy, 1998; Hassan, 2006; Tompkins vd., 1996).

Ulaştırma kalitesi:

Ulaştırma kalite standartları gereği tek seferde, doğru malzemeyi, doğru koşullarda ve doğru yöntemlerle doğru yere götürmek önemlidir, aksi durumda problemler ortaya çıkabilir (Hassan, 2006; Tompkins vd., 1996).

Bilgi akışı:

Uygun malzeme ve bilgi akışının sağlanması, doğru malzeme tanımlama sistemleri, gerçek zaman bilgisi gibi kavramlardan herhangi birinde yaşanacak sorunlar bilgi akışı problemini ortaya çıkmasına neden olur (Mulhacy, 1998).

Çevrim süresi analizleri performans yöntemlerini karşılaştırmak için uygun bir sayısal parametredir (Hausman vd., 1976). Varsayımsal olaylar belirli bir algoritma ile doğru bir şekilde türetildiğinde benzetim yöntemi ile daha gerçekçi deneyler yapılarak kıyaslamalar gerçekleştirilebilir (Schwarz vd., 1978). Literatürde malzeme taşıma sistemlerinin performans ölçümü için bazı parametreler geliştirilmiştir, ODGAS ise malzeme taşıma sistemlerinden sadece biridir fakat bunlar içinde en üst seviye olanıdır. Fakat ODGAS'nin performansı kendisi dışında, onu besleyen veya aldığı malzemeleri dağıtan otomatik veya ray yönlendirmeli araçların performansından da etkilenir. Bu durumun tam tersi de geçerlidir yani ODGAS'nin performansı da otomatik veya ray yönlendirmeli araçların performansını etkiler. Bu yüzden bu sistemlerin performansını doğru olarak görebilmek için beraber ele almak gerekir.

ODGAS değerlendirilirken aşağıdaki performans ölçütleri kullanılabilir:

- Birim çevrim süresi,
- Belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı,
- Belirli adetteki talebi karşılamak için gereken toplam süre (Azadivar, 1987; Foley vd., 2002).

Birim çevrim süresi, malzeme dağıtımının tamamlanması için gereken sürenin tamamının girilen talep sayısının toplamına bölünmesi ile elde edilir. Bir talebin karşılanması için gereken ortalama süreyi verir. Bu ölçüt ile sistemlerin hızı yani girilen talebe cevap verme performansı ölçülmüş olur.

Bir periyot başına karşılanan taleplerin sayısı, girilen belirli bir zaman dilimi içerisinde sistemin tamamlayabildiği iş emirleri adededir. Bu ölçüt ile aynı zaman

periyodunda iki sistemin tamamladığı iş emiri sayısı kıyaslanır. Böylece iki sistem arasındaki verimlilik farkı görülebilmüş olur.

Belirli bir adetteki talebi karşılamak için gereken toplam süre ise sistemlerin girilen iş emri sayıları aynıken bu işleri tamamlamak gerekli süreleri kıyaslar. Bu kriter sayesinde sistemin malzeme dağıtım hızında meydana gelen değişim gözlemlenebilir.

2.4. Malzeme Taşıma Sistemlerinin Benzetiminde Kullanılan Yaklaşımlar

Malzeme taşıma sistemlerinin tasarımında sistem benzetimleri önemli bir yere sahiptir. Sistemlerin özelliklerine bağlı olarak benzetimlerinde literatürde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Benzetim tablosu, sürekli sistemler, ayrık zamanlı sistemler, ayrık olay sistemleri literatürde öne çıkan sistem modelleme ve benzetim yaklaşımlarıdır (Zeigler vd., 2000).

Benzetim tablosu:

Benzetim tablosunun temelinde benzetim deneyleri yapılırken kullanılan parametreler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak ve bunu basit matematiksel modeller ile ifade etmek yatar. Bu çalışmaların gösterildiği platforma da elektronik tablo denir (Coléno ve Duru, 1999). Bu benzetim tablosu normal bir tabloda olduğu gibi satır ve sütunlar içerir. Satır ve sütunların kesişimiyle hücre denilen birimler oluşur ve bu hücreler birbirinden bağımsız olarak değerlendirilir. Bu hücreler içerisine deneyde kullanılacak parametre bilgileri girilebilir. Bu veriler sayılardan oluştuğu gibi formül olarak da girilebilir. Bu sayılar rastgele üretilebileceği gibi oluşturulan bir algoritma ile de türetilir. Tüm veriler elde edildikten sonra Monte Carlo teknikleri ile hesaplamalar yapılır. Benzetim tablosu kolay öğrenilebildiği ve basit arayüzü ile kullanıcı dostu olma özelliğine sahip olduğu için yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu yöntem kolay anlaşılır ve kullanılır olmasına karşın karmaşık sistemlerin benzetiminde yetersiz kalmaktadır.

Sürekli sistemler:

Zamana bağlı diferansiyel denklemler ve sürekli durum değişkenleri ile modellenen sistemlerdir. Durum değişkeni zamana bağlı olarak sürekli değişir. Burada durum

değişkeninin birim zamandaki değişim oranı ile sistemin gösterimi yapılır. Bu yaklaşım değişkenlerin değerlerinin zamana bağlı olarak değiştiği sistemlerin benzetiminde kullanılır. Burada benzetim sistemin çalışma modeli Runge-Kutta veya Euler metodu gibi ayrık zaman temeli kullanan tamamlayıcılardan faydalanır (Burden ve Faires, 1989). Sistemin yazılım dinamiği, modellenen yapı ve arayüz ile uyum içinde bir benzetim kullanılır (Roberts vd., 1983). Sistemin dinamik modelinde sapsmaları artı veya eksi olarak geri bildiren geri besleme dediğimiz döngüler bulunur. Bu sayede sistem kendini yeniden yapılandırabilir ve gerçekleştirme daha doğru sonuçlar verir.

Ayrık zamanlı sistemler:

Ayrık zamanlı sistemler sürecin kısımlara ayırarak ele alıp, daha sonra da kısım kısım ilerleyecek şekilde modeller. Bu sistemlerin dinamikleri diferansiyel denklem veya transfer fonksiyonları yardımı ile ifade edilir. Değişkenlerin değerlerinin güncellenmesi ise kısımların girişlerine önceki kısımların çıkışlarından gelen değerler ile sağlanır. Ayrıca durum değişkenleri tranfer fonksiyonlarına göre de durum değişkenin değerlerini güncelleyebilir (Cros vd., 2001).

Benzetim mekanizması kademe kademe her adımda güncellenerek ilerler. Bu sistemdeki değerler benzetimin her adımına o anki durum ve giriş değerleri hesaplanarak aktarılır. Bu aktarım sırasında model değişkenlerinin tümü taranarak güncellenir. Bu benzetim türü aynı zamanda sonlu durum otomat biçimini de içine almaktadır.

Ayrık olay sistemleri:

Ayrık olay sistemleri durum uzayları ayrık kümelerden meydana gelen doğrusal olmayan sistemlerdir (Bulanch vd., 2002). Ayrık olay sistemleri yaklaşımında ayrık zamanlı sistemlere benzer olarak geçiş fonksiyonları lokal parametreleri gösterir (Rellier, 1992). Ayrık zamanlı sistemlerden en belirgin farkı ise olayların ilerleme ve işleme yöntemidir. Ayrık olay sistemlerinde olayların ilerleme adımları zamana değil bir başka olayın tetiklemesine bağlıdır. Yani bir olay gerçekleştiğinde buna bağlı benzetim bir adımdan diğerine geçer. Bu geçişler sırasında tüm sistem değil de o olayın gerçekleştiği adımdaki parametreler taranır. Benzetim süresince herhangi bir olay gerçekleşmezse sistemdeki parametrelerin değerinde bir güncelleme olmaz. Yani benzetim zamandan bağımsız olarak

olaylar ile tetiklenir. Olaylar planlanan benzetim listesinden okunarak sırayla çalışır, bu olayların kapsadığı işlemler istenen şartların da sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilerek adım adım gerçekleşir. Olaylar sistemin kontrolü dışında olan diğer çevresel birimlerden de tetiklenebilir (Cros vd., 2006). Bu sistemlere imalat sistemleri, haberleşme sistemleri, malzeme taşıma sistemleri, ulaşım sistemleri ve robot kontrol sistemleri örnek verilebilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

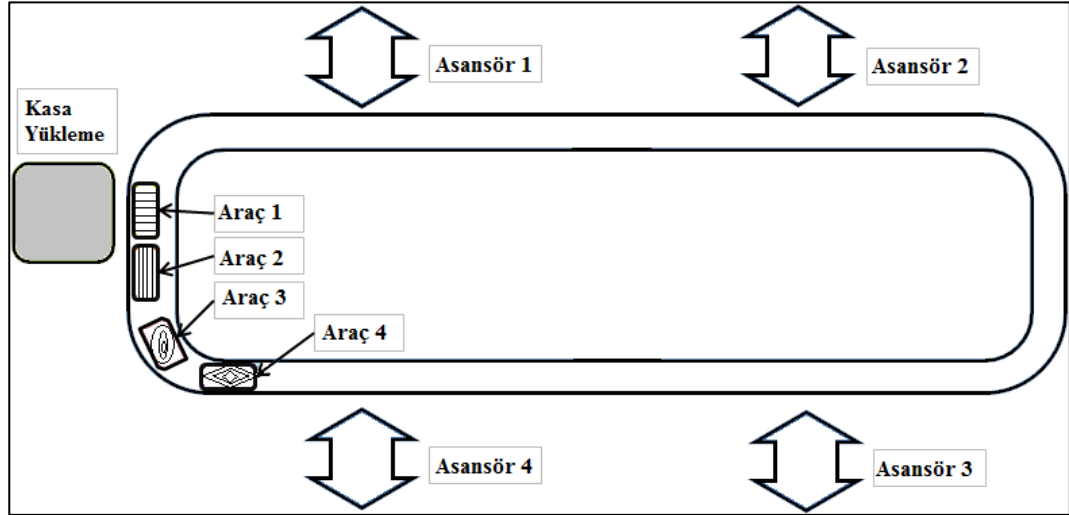
Ray yönlendirmeli taşıma sistemlerinin kurulumu önemli maliyetler gerektirmektedir. Bu nedenle tasarlanacak sistemin modellenip, benzetim ortamında sonuçlarının görülmesi önemlidir. Bu tez çalışmasında ray yönlendirmeli taşıma sisteminin mevcut hali ve önerilen iyileştirme sonucunun karşılaştırılması için modelleme ve benzetimler yapılmıştır.

Benzetiminin yapılması ile fiziksel olarak malzeme taşıma sistemi tamamlanmadan denemelerin yapılmasına olanak sağladığı gibi farklı senaryoların da rahatlıkla denenmesine imkan verir. Çünkü deney ortamının benzetimde oluşturulması gerçekte oluşturulmasına göre hem daha kolay, hem daha hızlı hem de çok daha ucuzdur (Fennibay vd., 2010). Benzetim ile günlük hayattan bir sistemin veya sürecin işleyişi kurgulanabilir. Benzetim sayesinde sistemin geçmişine ait veriler modellenerek eş zamanlı olaylarda ortaya koyacağı sonuçlar üzerine tahmin yürütülebilir. Benzetim sayesinde kolaylıkla gerçek hayatta karşılaşılan bir çok sorun ortadan kaldırılabilir. Benzetimin amacı sistemin karakteristiğini oluşturmak ve çözümlenmek suretiyle anlık değişimlere vereceği tepkileri kestirmektir. Benzetim sistemlerini uygulamanın avantajları bazen ufak ölçekli sistemlerde tam olarak görülemez de sistem büyüdükçe ve daha karmaşık bir hale kavuştukça ortaya çıkar. Sistemin bazı kısımları matematiksel olarak modellenenirken bazı kısımları da sisteme ait geçmiş bilgilerden faydalanılarak tanımlanabilir (Yavuz, 2007).

Bu tez çalışmasında ele alınan örnek monoray sisteminin temsili gösterimi Şekil 3.1’de verilmiştir, bu sistemde monoray araçları kasa yükleme noktasından aldıkları kasaları, saat yönünde hareket ederek, ilgili üretim hattı üzerinde bulunan asansöre yani boşaltma istasyonuna bırakırlar ve daha sonra tekrar dolu kasa almak için kasa yükleme istasyonuna doğru hareket ederler. Monoray araçlarının hareketi tek yönlüdür. Bu sistem daha detaylı ele alınabilmesi için 4 ana gruba bölünerek modellenmiş ve benzetimi sağlanmıştır. Bu bölümler aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- 1 adet kasa yükleme noktası,
- Kasaların bırakıldığı 4 adet asansör,

- 4 adet monoray aracı,
- 1 adet monoray hattı.



Şekil 3.1. Monoray hattının temsili gösterimi

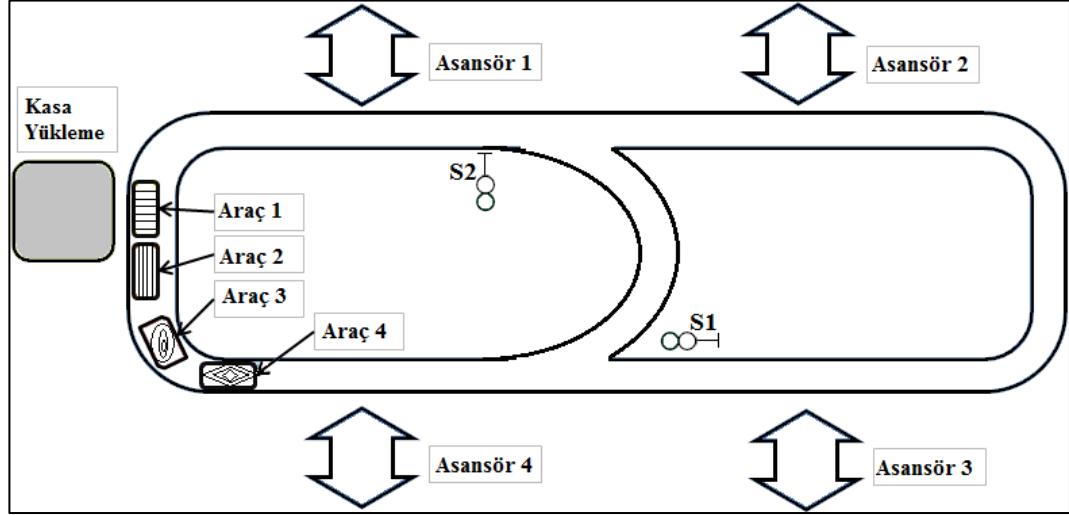
Monoray araçları, elektrik motoru ile tahrik olan, enerjisini bulunduğu ray üzerindeki baradan alan transfer araçlarıdır. Üzerinde PLC, inverter, renk sensörü, optik haberleşme sensörü, fotosel gibi elektronik donanımlar bulunur. Monoray araçları ortalama 1,2 m/s hızla hareket eder.

3.1. Sistem İyileştirme Önerisi

Monoray hattı tek bir döngü şeklinde olduğu için döngünün ilk yarımındaki asansörlere taşıma yaptığı anda bile kasa alma noktasına ulaşmak için monoray aracının tüm hattı dolaşması gerekmektedir. Fakat hattın ortasına Şekil 3.2'deki gibi yapılacak bir ara bağlantı ile monoray araçlarının alacağı mesafe azaltılarak, aracın hızı değiştirilmeden çevrim süresi düşürülebilir. Böylece aynı zamanda dağıtılacak kasa sayısı da artırılabilir.

Sinyalizasyon önerisini basit bir örnek üzerinde göstermek için aşağıdaki iki döngüden oluşan monoray hattını ele alalım. 4 adet asansör var, bunlardan ikisi hattın ilk yarımında diğer ikisi ise ikinci yarımındadır. Ara bağlantının olmadığı durumda, 1. veya 4. asansöre kasa dağıtımı yapılırken gerekli olmamasına rağmen monoray aracı hattın ikinci yarımını da dolaşmak zorunda kalmaktadır. Fakat ara bağlantı ile 2. ve 3. asansörlere yapılan

kasa dağıtımlarında bir farklılık olmamasına rağmen 1. ve 4. asansöre kasa dağıtımı yapılırken ara bağlantı kullanılarak monoray aracının hattın diğer yarısını gereksiz olarak dolaşması önlenmiş olur. Ancak bu durumu güvenli bir şekilde sağlayabilmek için bir sinyalizasyon uygulamasına ve buna bağlı olarak mali bir yatırıma ihtiyaç vardır.



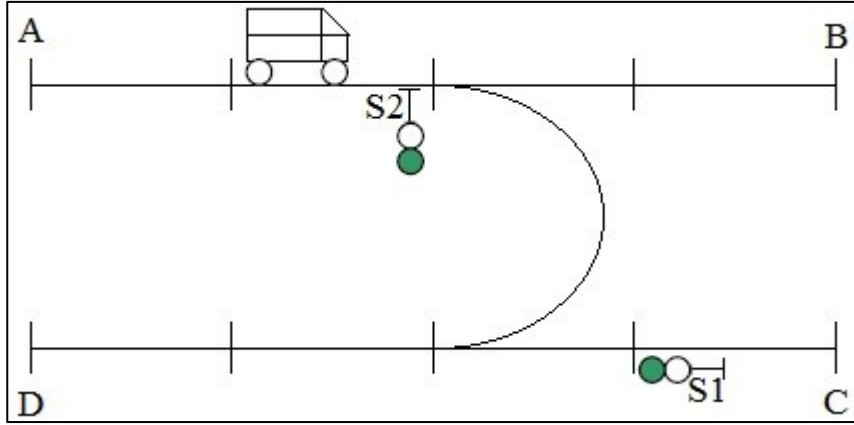
Şekil 3.2. Monoray hattına ara bağlantı uygulaması

3.2. Sinyalizasyon Uygulaması

Mevcut sistemin tek yönlü çalıştığını varsayarsak, sinyalizasyon uygulaması için oluşabilecek 4 farklı ihtimal vardır. Bu 4 durum da aşağıda incelenecektir. Kullandığımız sinyalizasyon ışıkları S1 ve S2 şeklinde adlandırılmıştır. Sinyalizasyon ışıklarının yeşil olması yolun müsait olduğunu ve monoray aracının girebileceğini gösterirken kırmızı olduğu durumda ise monoray aracı giremez ve durması gerekmektedir.

Durum 1:

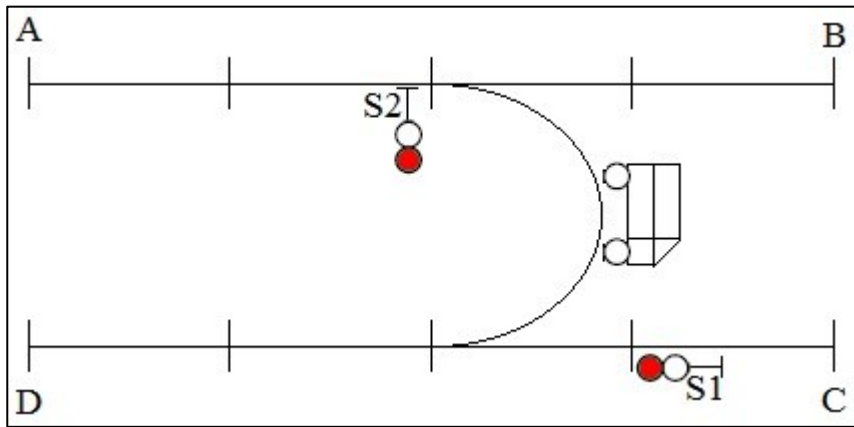
Bu durumda yol üzerinde hiç bir monoray aracı yoktur ve hattın uygun olduğunun gösterimi S1 ve S2 sinyallerinin yeşil yakılması ile sağlanır. İlgili durumun tasviri Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Durum 1: Ara bağlantıda araç olmaması durumu

Durum 2:

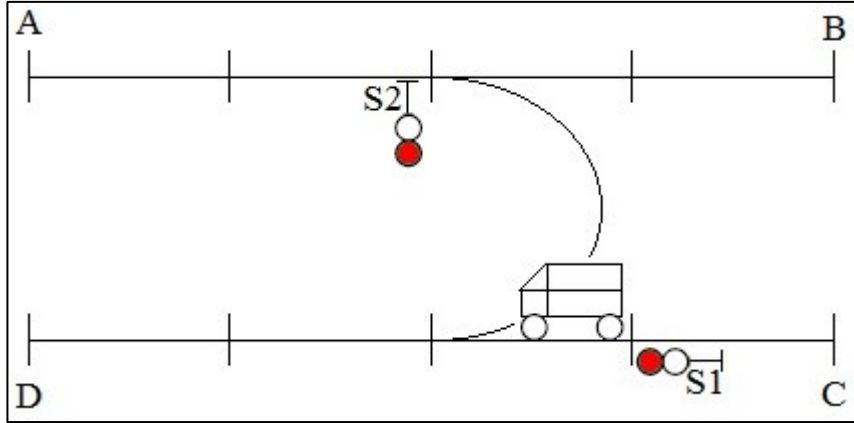
Bu durumda monoray aracı ara yol üzerinde bulunur ve hattın uygun olmadığının gösterimi S1 ve S2 sinyallerinin kırmızı yakılması ile sağlanır. İlgili durumun tasviri Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Durum 2: Ara bağlantıda araç olması durumu

Durum 3:

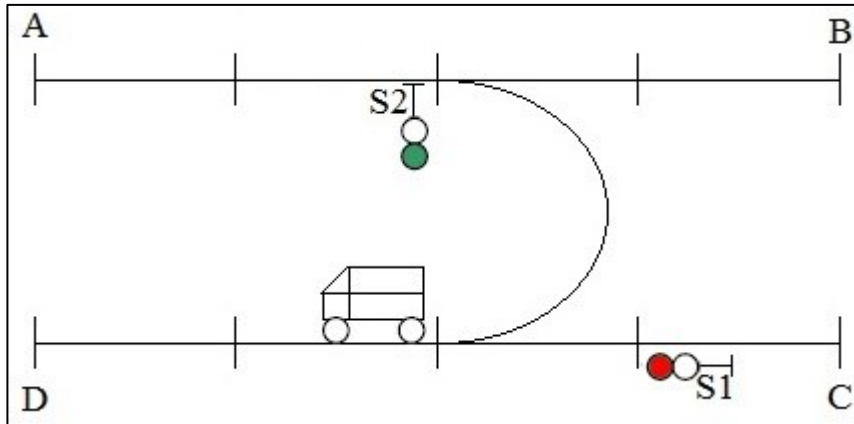
Bu durumda monoray aracı CD yolu üzerinde, ara yol ile CD yolunun kesiştiği son bölümde bulunmaktadır ve hattın uygun olmadığının gösterimi S1 ve S2 sinyallerinin kırmızı yakılması ile sağlanır. İlgili durumun tasviri Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Durum 3:Ara bağlantının çıkışından önce araç olması durumu

Durum 4:

Bu durumda monoray aracı CD yolu üzerinde, ara yol ile CD yolunun kesiştiği bölümün önünde bulunmaktadır ve AB yolundan ara yola geçiş uygun değilken, CD yolu uygun olduğu için S2 sinyali kırmızı, S1 sinyali yeşil yakılmaktadır. İlgili durumun tasviri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Durum 4: Ara bağlantının çıkışından sonra araç olması durumu

3.3. Petri Ağları

Günümüzde Petri ağlarının kullanımı, ayrık olay sistemlerinin modellenmesinde, analizinde, tasarımında ve kontrolünde yoğun bir şekilde kullanılmaya başlamıştır (Zhou ve DiCesare, 1993).

Petri ağların isim babası ise, otomat ile haberleşme çalışmaları için ağ şeklinde matematiksel bir model tasarlayan matematikçi Carl Petri' dir (Petri, 1962).

Basit bir petri ağı (Petri net-PN), $PN = (P, T, Pre, Post)$ parametreleri ile gösterilir (Uzam, 1998).

Burada;

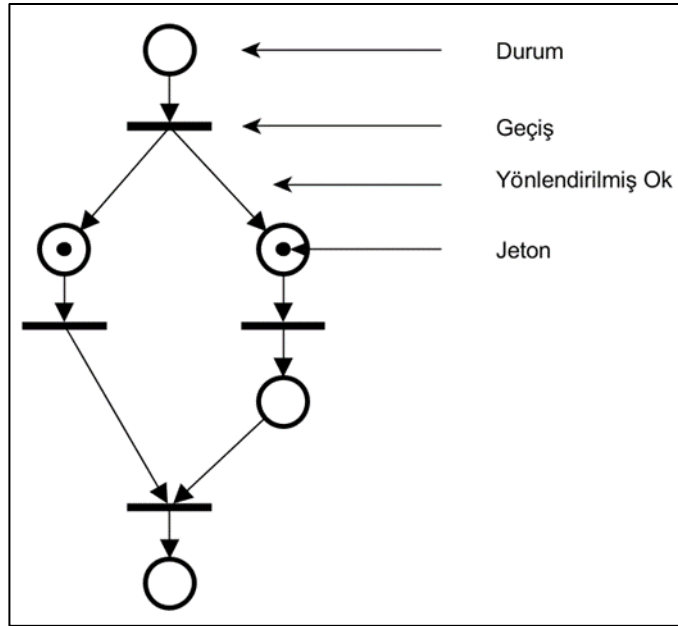
- $P = \{p_1, \dots, p_n\}$, sonlu yerleri (place) gösteren kümedir.
- $T = \{t_1, \dots, t_m\}$, sonlu geçişleri (transition) gösteren kümedir.
- Pre, yerlerden (place) geçişlere (transition) olan $P \times T \rightarrow N$ giriş fonksiyonunu ifade etmektedir.
- Post, geçişlerden (transition) yerlere (place) olan $T \times P \rightarrow N$ çıkış fonksiyonunu ifade etmektedir.

P veya T 'nin elemanları düğüm olarak adlandırılır. İki düğümün arasında en az bir yol olması gerekmektedir, bu yol da Petri ağlarının birleşik yapıda olduğunu gösterir. Geçişler bir durumdan diğerine olan yolu ifade eder, yerler sistemlerin durumlarını ifade etmek için kullanılmaktadırlar (Uzam, 1998).

Petri ağların en önemli özelliği grafiksel olarak gösterilebilmeleridir. Petri ağların grafiksel bir gösterimi özelliğine sahip olması sistemin modellenmesini ve anlaşılabilirliğini daha basit hale getirir. Petri ağlarındaki temel unsurlardan olan yerler (place) içi boş daire şeklinde gösterilir. Bir diğer temel unsur olan geçişler (transition) ise oklar ile gösterilir. Diğer unsurlar olan giriş ve çıkış fonksiyonları ise düğümler arasında çizilmiş oklar ile ifade edilmektedir. Bunların ayrımı ise şu şekildedir; ok bir yerden çıkıp bir geçişe doğru gidiyor ise giriş, geçişten çıkıp bir yere doğru gidiyor ise çıkış olarak adlandırılır (Uzam, 1998).

Petri ağlarda durum olarak ele aldığımız yerleri işaretlemek için jetonlar kullanılır. Jetonlar yerin olduğu dairenin içinde nokta şeklinde gösterilirler, bir yerden diğerine geçişler üzerinden giderler. Bir yere ait $M(p)$ işareti o yere ait jeton adetini gösteren sıfırdan küçük olmayan tamsayı ile ifade edilir.

Petri ağı işaretli ise $PN = (P, T, Pre, Post, M)$ şeklinde beş adet parametre ile tanımlanır. Burada M sembolü i . parametresi $M(P_i)$ olan n -boyutlu bir satır vektörü anlamına gelmektedir. $M(P_i)$, P_i yerine ait jetonların adetini gösterir. M_0 , ilk işaretlemeyi ifade etmektedir (Uzam, 1998). Jetonun Petri ağları arasında bulunduğu yere işaretli denir ve hareketin nereden devam edeceğini gösterir. Buna örnek olarak şekil 3.7’de basit bir işaretli Petri ağı gösterilmiştir.

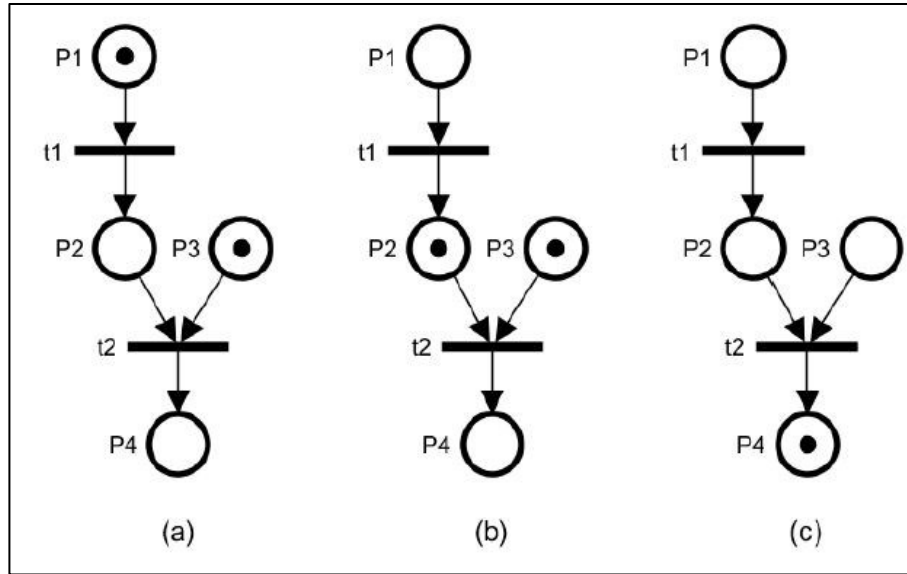


Şekil 3.7. Basit bir Petri ağı

Petri ağların, içindeki jetonların dağılımı ve geçişler ile gidebileceği yerlerin yönlendirilmesi ile kontrolü sağlanır, her tetikte jetonlar bir yerden bir yere hareket eder. Sistemin modellenmesi de bu temel üzerine yani jetonların geçişler aracılığıyla bir yerden başka bir yere hareketi ile sağlanır. Tetikleme ise jetonların yerdeğiştirmesi için oluşması gereken birim darbe olarak düşünülebilir. Bir yerden bir yere geçişin gerçekleşebilmesi için o yerde en az bir jeton olması gerekmektedir. Geçişin tetiklenmesi ise şöyle olur; ilgili yere olan girişlerin her birinden birer jeton alınır ve ilgili yerin çıkışının bağlı olduğu her yere birer jeton aktarılır. Böylece tetiklenme ile jetonların ağlarda hareketi sağlanır (Uzam, 1998).

Örnek Petri ağının tetiklenmesi, bu konuyla ilgili örnek Şekil 3.8’de verilmiştir, bu örnekte dört yer $P = \{ p_1, p_2, p_3, p_4 \}$ ve iki geçiş $T = \{ t_1, t_2 \}$ şeklinde verilmiştir. İlk örneğimiz olan Şekil 3.8 (a)’da verildiği üzere $M(p_1) = 1$, $Pre(p_1, t_1) = 1$ ve olduğu için t_1

geçişine izin verilir fakat $M(p_3) = 1$ ve $Pre(p_3, t_2) = 1$ olmasına karşın $M(p_2) = 0$ olduğu için t_2 geçişine izin verilmez. t_1 geçişi tetiklendiğinde p_1 yerinden bir jeton geçiş yaparak Şekil 3.8 (b)'de verildiği üzere p_2 yerine gelmiş olur. Oluşan mevcut durumda tetiklemeyle birlikte $M(p_3) = 1$ ve $Pre(p_3, t_2) = 1$ ve $M(p_2) = 1$ ve $Pre(p_2, t_2) = 1$ olduğundan t_2 geçişine izin verilir. t_2 geçişi tetiklendiğinde ise p_2 ve p_3 yerlerinden alınan birer jeton p_4 yerine aktarılır. Bu durum şekil 3.8 (c)'de gösterilmiştir (Uzam, 1998).



Şekil 3.8. Örnek Petri ağının tetiklenmesi

Petri ağların kullanımında modellemenin ana unsurları jetonlar, yerler ve geçişler olduğu için bunların doğru kullanılması önemlidir. Bu unsurlar içerisinde yerler durumları, karar verme noktalarını ve benzer özellikleri ifade eder. Yani bir durum gerçekleşmişse veya karar koşulu sağlanmış ise o yerde bir veya daha fazla jeton vardır. Bu yerler arasındaki geçişler ise gerçekleşen bu durumlar arasındaki güncellemeleri ifade etmektedir. Tetikleme işlemi de o geçişten beklenen durumun ve ya işlemin gerçekleştiğini ifade etmektedir. Bu açıdan yerler ve geçişleri kullanarak bir sistemin işleyişindeki durumlar ve gerçekleşen işlemler modellenebilir. Yani bir start butonunu temsil eden yerde jeton var ise bu durumda o yer aktiftir, start butonuna basılmıştır anlamına gelmektedir (Uzam, 1998).

Petri ağlara bir takım özellikler mevcuttur. Bu özelliklerin başlıcaları ise şu şekilde sıralanabilir:

- erişilebilirlik,
- sınırlılık,
- güvenilirlik,
- kararlılık,
- canlılık,
- sürekliliktir.

Erişilebilirlik: M_0 'ı tetiklediğimizde M_i 'ye gidecek kadar seri etikleme var ise M_i 'ye M_0 'dan erişilebilir denir (Uzam, 1998).

Güvenlik: Petri ağdaki ilgili yerdeki jeton adedinin tüm yeni durumlarda birden fazla olmaması durumudur, bu durumda o yer güvenlidir denir. Bu durum bütün yerler için geçerli ise ilgili Petri ağ güvenlidir denir (Başkocagil, 2004).

Sınırlılık: Petri ağdaki jeton sayısının sonlu bir pozitif tam sayı değerinin olması durumudur, yani Petri ağda sonsuz sayıda jeton yok ise o Petri ağ sınırlıdır denir (Başkocagil, 2004).

Kararlılık: Petri ağdaki toplam jeton sayısının her yeni durumda sabit kalması durumudur. Bir diğer adı da sakınım özelliğidir. Bu koşulun yerine getirilebilmesi için jetonların kullanıldıktan sonra sisteme geri verilmesi gerekmektedir (Başkocagil, 2004; Cassandras ve Lafortune, 1999).

Canlılık: Petri ağın bütün geçişlerinin tetiklemeler ile aktif hale getirilebiliyor olması durumudur. Bu durumda Petri ağları canlıdır denir. Bir Petri ağının canlı olması ve doğru kodlaması sistemin çıkmazlara girmeyip sürekli çalışabilir olmasını sağlayacaktır (Uzam, 1998).

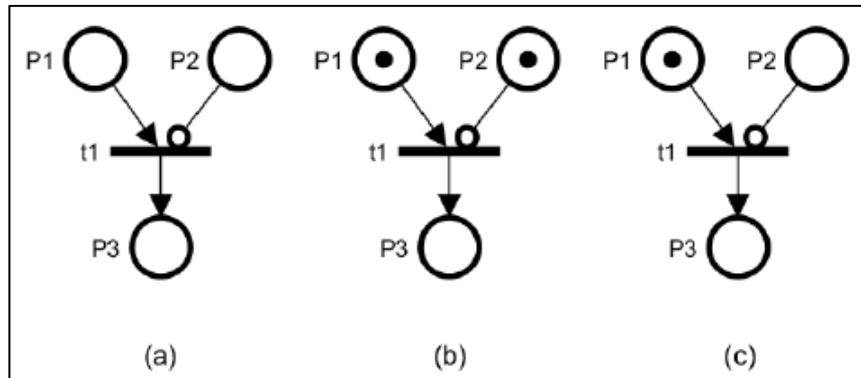
Süreklilik: Petri ağındaki geçişlerden herhangi biri tetiklendiğinde diğer geçişlerden herhangi birinin aktif olmasına engel olmaması durumudur. Yani süreklilik özelliğine sahip bir Petri ağda bir geçişin aktif olması başka bir geçişi pasif yapmaz (Başkocagil, 2004; Cassandras ve Lafortune, 1999).

Sıradan Petri ağları ile modellenmesi zor olan sistemleri daha basit olarak modelleyebilmek için bazı ekleme ve düzeltmeler uygulanarak yeni Petri ağları ortaya çıkartılmıştır. Bunlardan başlıcaları ise şunlardır (Uzam, 1998):

- Yasaklama oklu Petri ağı
- Yetkileme oklu Petri ağı
- Sonlu kapasiteli Petri ağı
- Zamanlı Petri ağı

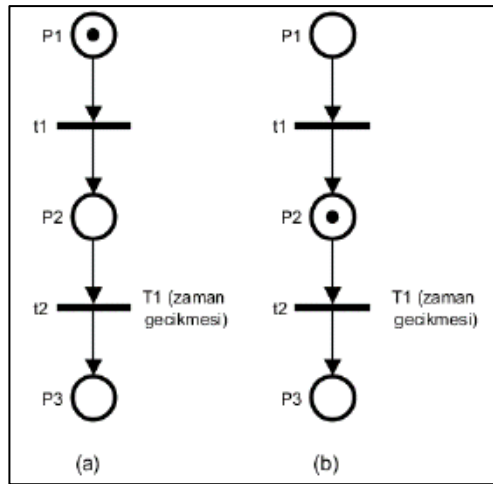
Yasaklama oklu Petri ağını geçişle bir yerin girişine bağlar bu geçişin aktif olması için giriş yerinin boş durumda olması yani hiç jetonu olmaması gerekmektedir. Bu tür genelde bir yerde jeton olup olmadığı kontrol edileceğinde kullanılmaktadır. Bu tetikleme işlemi aktif olduğunda geçişin bağlı olduğu yerin durumunda farklılık olmaz (Uzam, 1998). Bu anlatılanlara örnek olarak Şekil 3.9'daki Petri ağları incelenebilir. Bu örnekte üç adet yer $P = \{ p_1, p_2, p_3 \}$ ve bir adet de geçiş $T = \{ t_1 \}$ bulunmaktadır.

Bu örnekteki yasaklama oku p_2 yeri ile t_1 geçişi arasındaki bağlantıyı sağlayan oktur. Gösterimi ise $In(p_2, t_1)$ şeklindedir. İlk örneğimiz olan Şekil 3.9. (a)'da t_1 geçişi aktif konuma geçemeyecektir bunun sebebi p_2 yerinde jeton olmamasına karşın p_1 yerinde de jeton olmasıdır çünkü p_1 yerinden t_1 geçişine bağlantıyı sağlayan ok normaldir ve t_1 geçişini aktif edebilmesi için p_1 yerinde en az bir adet jeton olması gerekmektedir. Şekil 3.9. (b)'ye baktığımızda burada da geçişin aktif olmadığını görüyoruz bunun sebebi ise p_1 yerinde jeton varken jeton olmaması gereken p_2 yerinde jeton olması. Şekil 3.9. (c)'ye geldiğimizde ise gerekli şartların sağlandığını ve geçişin açık olduğunu görüyoruz.

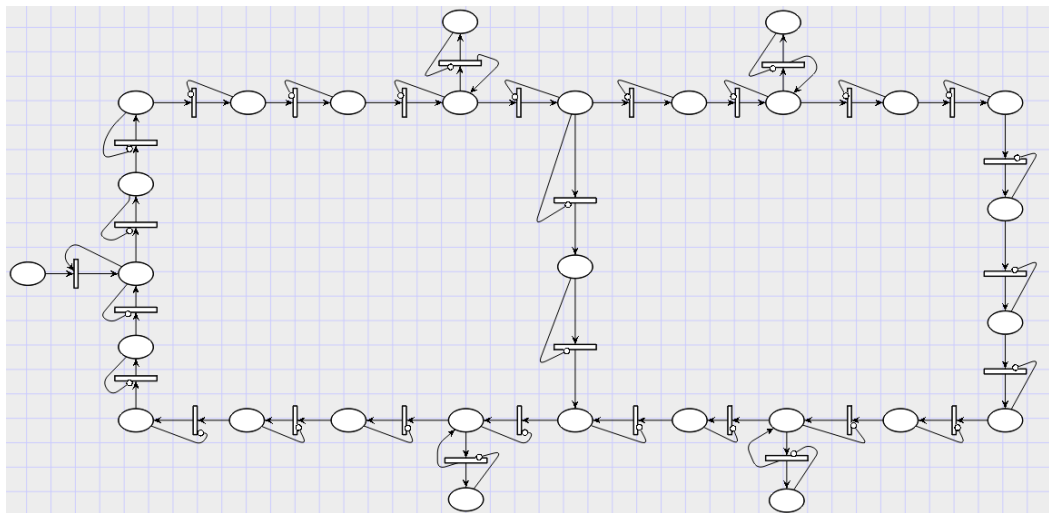


Şekil 3.9. Yasaklama oklu bir Petri ağı geçişi (a) Açık değil, (b) Açık değil, (c) Açık.

Bir diğer özel Petri ağı ise zamanlama ihtiyacının öncelikle olduğu sistemlerin modellenmesinde kullanılan zamanlı Petri ağlarıdır. Bu Petri ağlarda bulunan zamanlayıcılar geçiş tetiklendikten sonra iletim sağlanmadan önce belirtilen süre kadar gecikmesini sağlar. Böylece sistemin çalışma hızı kontrol altına alınabilir. Zaman gecikmesi dolduktan sonra giriş yerinden alınan jeton çıkış yerine iletilir ve zamanlı geçiş tamamlanmış olur. Gecikme süresi dolmadan hiçbir jetonun yeri değiştirilemez (Başkocagil, 2004). Şekil 3.10'da gösterilen örnekte p_1 ve p_2 yerleri arasındaki t_1 geçişinde herhangi bir zaman etiketi belirtilmediği için bir bekleme yoktur ve tetikleme olduktan sonra jeton Şekil 3.10. (b) durumundaki gibi p_2 yerine gelir buradaki t_2 geçişi aktif olduktan sonra jetonun p_3 yerine geçmesi için ise T_1 etiketi ile belirtilen süre kadar beklemesi gerekmektedir. Bu süre tamamlandıktan sonra jetonun p_3 yerine geçişi tamamlanmış olur.



Şekil 3.10. Zamanlı Petri ağının tetiklenmesi (a) İlk durum, (b) İkinci durum.



Şekil 3.11. Sistemin Petri ağları modeli

Ele alınan AOS'nin Petri ağlarıyla modeli ortaya çıkartılmıştır. Bu modelleme yapılırken klasik Petri ağlarının yanı sıra zamanlı Petri ağları ve yasaklama oklu petri ağları da kullanılmıştır. Burada zamanlı Petri ağları ile sistemin akışındaki geçikmelerin ve aktarım olaylarının modellenmesi sağlanırken, yasaklama oklu Petri ağları kullanılarak ise sistemde çarpışma önleme durumları oluşturmak, güvenli alan oluşturmak ve aynı anda birden fazla kasanın aynı araçta olması durumunu engellemek için kullanılmıştır. Şekil 3.11'de sistemin Petri ağları ile oluşturulmuş modelinin genel gösterimi görülmektedir.

3.4. Sistem Modelinin MATLAB Ortamına Aktarımı

Ray yönlendirmeli araçların kullanıldığı malzeme taşıma sistemi yapısı itibari ile incelendiğinde Ayrık Olay Sistemlerinde yer aldığı görülmektedir. Ayrık Olay Sistemlerinin modellenmesinde ise en çok kullanılan yöntemlerin başında Petri ağları gelmektedir. Ele aldığımız malzeme taşıma sistemi, Petri ağları ile modellendikten sonra, grafiksel bir programlama türü olan Stateflow programla yöntemi ile de, MATLAB programının Simulink aracına taşınmıştır.

MATLAB programının Simulink modülü altında bulunan Stateflow, olaya dayalı (event-driven) sistemlerin modellenmesi, tasarlanması ve benzetiminin yapılmasında kullanılan grafiksel bir programlama yöntemidir. Karmaşık yapıdaki gömülü sistemler için gelişmiş çözümler sunabilmektedir. Stateflow programlama yönteminde temel olarak iki kavram bulunmaktadır, bunlar durum-geçiş ve kontrol-akış diyagramlarının kombinasyonlarıdır.

Stateflow programlama yöntemi ile hızlı ve kolay olarak durum geçiş diyagramları barındıran olay yönlendirmeli sistemler veya ayrık olay sistemleri için grafiksel model oluşturulabilir ve oluşturulan bu modeller C kodları ile de desteklenebilir. Stateflow ve elemanları Simulink modülünde ayrı bir menü altında toplanmıştır ve Simulinkle bütünleşik veya bağımsız olarak da kullanılabilir. Yani Stateflow Simulink'te bulunan diğer bloklardan sinyal, veri ve olay girişleri (input) alıp aynı şekilde onlara çıkışları (output) verebilmektedir (Vural, 2014).

Durum Nesneleri (state objects):

Durumların (State) bulunabileceği iki ihtimal vardır ya aktif (On) olurlar ya da pasif (Off) olabilirler. Bütün işlemler buna göre yapılmaktadır. Durumlar aktif konuma geçtiğinde sadece Simulink ortamına çıkış vermekle kalmayıp gerekli şartların sağlanıp sağlanmadığını kontrol edip bu değerlendirme sonucunda istenen işlemleri de yerine getirebilirler. Şekil 3.12’de örnek bir durum ve bu durum içine tanımlanmış biçimdeki şartlar ve işlemler gösterilmektedir. Bu şablonda tanımlamaları girmek için “?” simgesi tıklanır ve içine girişler yapılır. Tanımlamalar yapılırken satır sonlarında “enter” yapılarak bir alt satırdan devam edilmesi gerekmektedir.

```

durum_ismi/
entry:giris_islemi
during:durum_islemi
exit:cikis_islemi

```

Şekil 3.12. Örnek bir durum

`durum_ismi/`: Duruma verilecek olan isim buraya girilir.

`entry:` Buraya durum aktif olduğunda uygulanacak işlem ya da işlemler yazılmaktadır.

Yazılan işlem tamamlandıktan sonra diğer adıma geçilir.

`during:` `entry`’den farkı durum’un aktif olduğu süre boyunca buraya tanımlanan işlemlerin gerçekleşmesidir. Tanımlanan işlemler yapıldıktan sonra varsa diğer adımlara geçilir.

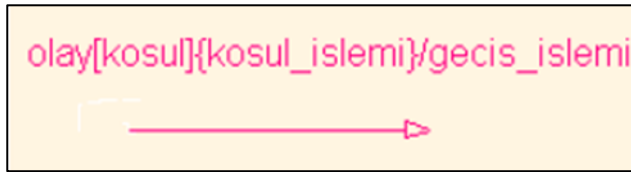
`exit:` Bu kısma tanımlanan işlemlerde `entry`’nin tam aksine girişte değil de çıkışta gerçekleştirilir. Yani durum pasif olmadan önce burada tanımlanmış olan işlem veya işlemler gerçekleştirilir ve kendini pasif konuma geçirir daha sonra diğer duruma geçilir.

Stateflow’da durumlar arasındaki her geçiş bir tetikleme sinyali ile gerçekleşir, eğer uygun bir geçiş varsa bir durumdan diğerine geçilmiş olur. Geçiş işlemi sağlandığında `entry` işlemleri yerine getirilir ve gelecek olan yeni tetikleme sinyali beklemeye başlanır. Bu gelen tetiklemeler aktif olduğu süre boyunca da `during` bölümünde tanımlanan işlemler

gerçekleştirilirler. Bir durumdan diğer bir duruma geçileceği esnada da exit bölümünde tanımlı işlemler tamamlanır ve durum pasif hale getirilir.

Geçiş nesneleri (transition objects):

Durumlarda olduğu gibi geçişler üzerine de bazı tanımlamalar yapılabilir. Bu tanımlamalar geçiş esnasında belirtilen koşulları kontrol ederken istenen işlemleri de yapabilirler. Bu koşulların ve işlemlerin tanımlanması ise şu şekilde sağlanır, öncelikle formata uygun olmak koşulu ile, geçiş üzerindeki “?” simgesine tıklandıktan sonra sırasıyla Şekil 3.13’teki örnekte gösterildiği gibi “olay, koşul, koşul işlemi, geçiş işlemi” tanımlamaları yapılır. Geçiş aktif olduğunda da üzerindeki koşulların sağlanmasına bakılarak koşul işlemleri gerçekleştirilir ve bir durumdan diğer duruma sinyaller iletilmiş olur.



Şekil 3.13. Tanımlamaları yapılmış bir geçiş

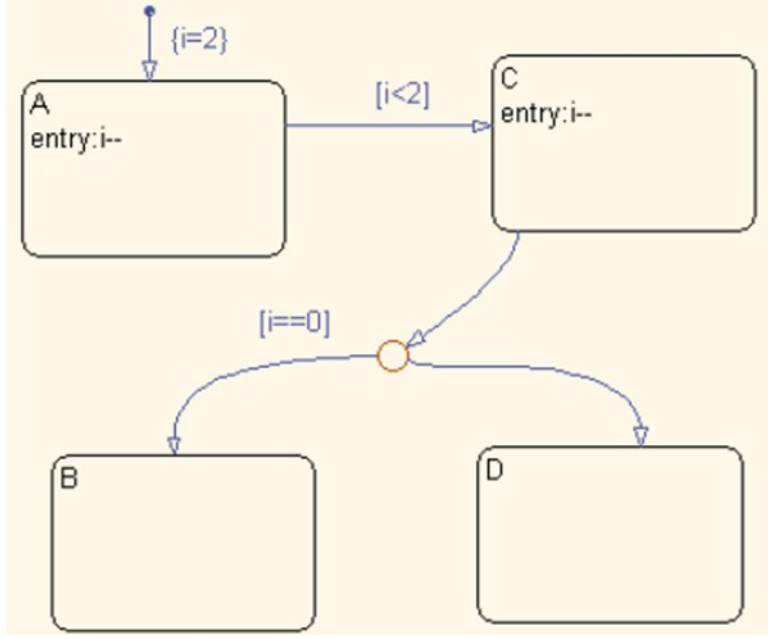
olay: Bu kısmın doldurulması zorunlu değildir, program oluşturulurken ve incelenirken daha kolay anlaşılabilirliğini sağlamak adına uygun bir isim girilebilir.

kosul: Geçiş işleminin sağlanması için gerekli şartlar buraya yazılır. Burada dikkat edilmesi gereken husus şart yazılırken köşeli parantez ([...]) kullanılması gerektiğidir.

kosul_islemi: Bu kısma ancak koşul işlemi sağlanırsa geçilir ve belirtilmiş işlem gerçekleştirilir, koşulun küme parantezi ({...}) içinde yazılmış olması gerekmektedir. Eğer koşul işlemleri birden fazla ise aralarına “;” simgesi konulmalıdır.

gecis_islemi: Bu kısma ancak geçiş işlemi sağlanırsa geçilir ve belirtilmiş işlem gerçekleştirilir, geçiş işleminin taksim işaretinden (/) sonra yazılmış olması gerekmektedir. Eğer geçiş işlemleri birden fazla ise aralarına “;” simgesi konulmalıdır.

Basit bir stateflow uygulaması şekil 3.14’te verilmiştir. Bu uygulamada durum, geçiş ve bağlantı nesnelерinin çalışması incelenmiştir.



Şekil 3.14. Stateflow uygulaması

Uygulama başlamadan önce local olarak bir “i” değişkeni tanımlanmıştır, bunun local olmasının sebebi sadece bu blok içerisinde kullanılacak olması ve dışarıdan bir değer almayacağı içindir. Daha sonra “A, B, C ve D” adında dört adet durum tanımlanmıştır. Bu durumlardan A’ya başlangıç koşulu eklenmiştir yani sistem A durumunda çalışmaya başlayacaktır. A’dan C durumuna bir geçiş çizilmiş daha sonra C durumundan bir düğüm geçiş yapılmış ve buradan da B ve D durumlarına geçişler çizilmiştir. Tekrar sistemin başına dönersek başlangıç geçişine bir koşul işlemi getirildiği görülmektedir ve geçiş sadece program ilk aktif olduğunda çalışacaktır. Bu işlem ile local değişkenimiz olan “i”ye 2 değeri atanır. Daha sonra tetikleme işlemi ile A durumu aktif olur ve giriş işlemi uygulanır i’nin değeri bir azaltılır. Böylece i’nin yeni değeri 1 olmuştur. Bu durum içinde başka bir işlem tanımlanmadığı için yeni bir tetik ile A durumu pasif konuma geçer ve geçişe gidilir. A durumundan C durumuna geçişin yapılabilmesi için ise i’nin değerinin 2’den küçük olması koşulu vardır. i’ değeri 1 olduğu için bu koşulu sağlamaktadır ve C durumuna geçiş yapılarak bu durum aktif edilir. C durumundaki giriş koşulu gereği i’ değeri burada da bir azaltılarak 0 yapılır. Bir sonraki tetikleme ile C durumu pasif hale getirilir ve geçiş ile düğümde gidilir. Düğümde iki seçenek vardır eğer “i==0” koşulu sağlanıyor ise B durumuna sağlanmıyor ise D durumuna geçiş yapılır (Vural, 2014).

Oluşturulan bu sistemi anlık olarak izlemek, simülasyonu gerektiğinde durdurup tekrar başlatabilmek, simülasyon girdilerini oluşturmak, simülasyon sonuçlarını grafiksel olarak görüntülemek için bir kullanıcı arayüzü de yine MATLAB programının GUI aracı kullanılarak tasarlanmıştır. Bu kullanıcı arayüzü aşağıda Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Simülasyona ait arayüz

Simülasyon başlatılmadan önce bu arayüz ile kullanıcıdan:

- Hat Uzunluğu,
- Ortalama Hız,
- Bölge Sayısı,
- Asansöre Yükleme Süresi,
- Yük,

gibi bilgileri girmesi istenmektedir.

Ayrıca kullanıcının iş emri bölümüne, hangi asansöre kaç adet kasa ulaştırılacağını, ara bağlantı kullanılıp kullanılmayacağı bilgisini ve yük temposu derecesini girmesi istenmektedir. Bunun yanı sıra kullanıcı simülasyonun bitiş zamanını da belirleyebilir. Böylece birim zamanda yapılabilecek kasa taşıma adetlerine de ulaşılabilir. Modellenen sisteme 3 farklı yük girdisi uygulanabilir. Bu 3 farklı yük girdisi:

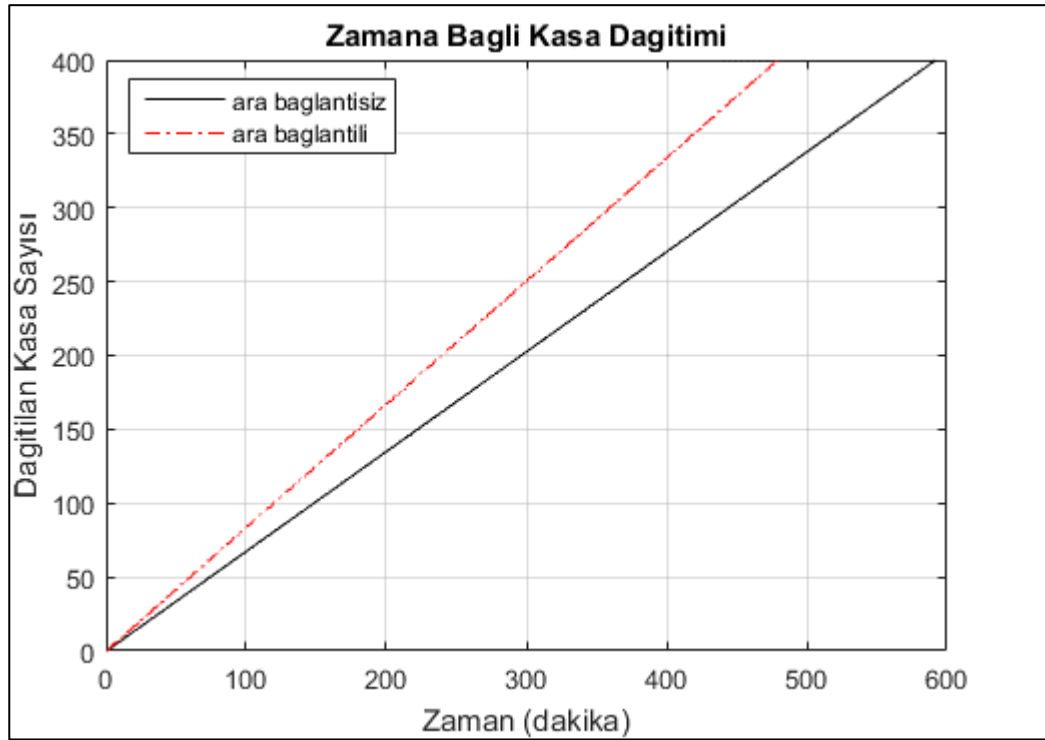
- Az yoğunluklu yük,
- Orta yoğunluklu yük,

- Yüksek yoğunluklu yük,
olarak adlandırılmıştır.

Burada “Yük” olarak kullanıcıdan 1, 2 veya 3 rakamlarından birisini girmesi istenir. Yukarıda bahsedilen üç durumdan biri olan “Az yoğunluklu yük” girdisi için 1, “Orta yoğunluklu yük” girdisi için 2 ve “Yüksek yoğunluklu yük” girdisi için ise 3 rakamı girilir.

"Monoray Hattı" olarak belirtilen bölgede ise yeşil alanlar o bölgede araç olduğunu gösterirken, kutucuğun üstündeki numara RYA'nın numarasını, altındaki numara ise kasanın götürüleceği asansörün numarasını göstermektedir. Bu numaranın "0" olması araçta kasa olmadığı anlamına gelmektedir.

Arayüzdeki simülasyon kontrol bölümündeki "Start, Pause, Continue, Stop" komutları ile simülasyonun akışı kontrol edilebilirken, simülasyon bittikten sonra "grafik" butonu tıklanarak Şekil 3.16'da gösterilen grafiğe ulaşılabilir. Bu grafikte zamana bağlı olarak dağıtılan toplam kasa adeti görülebilir.



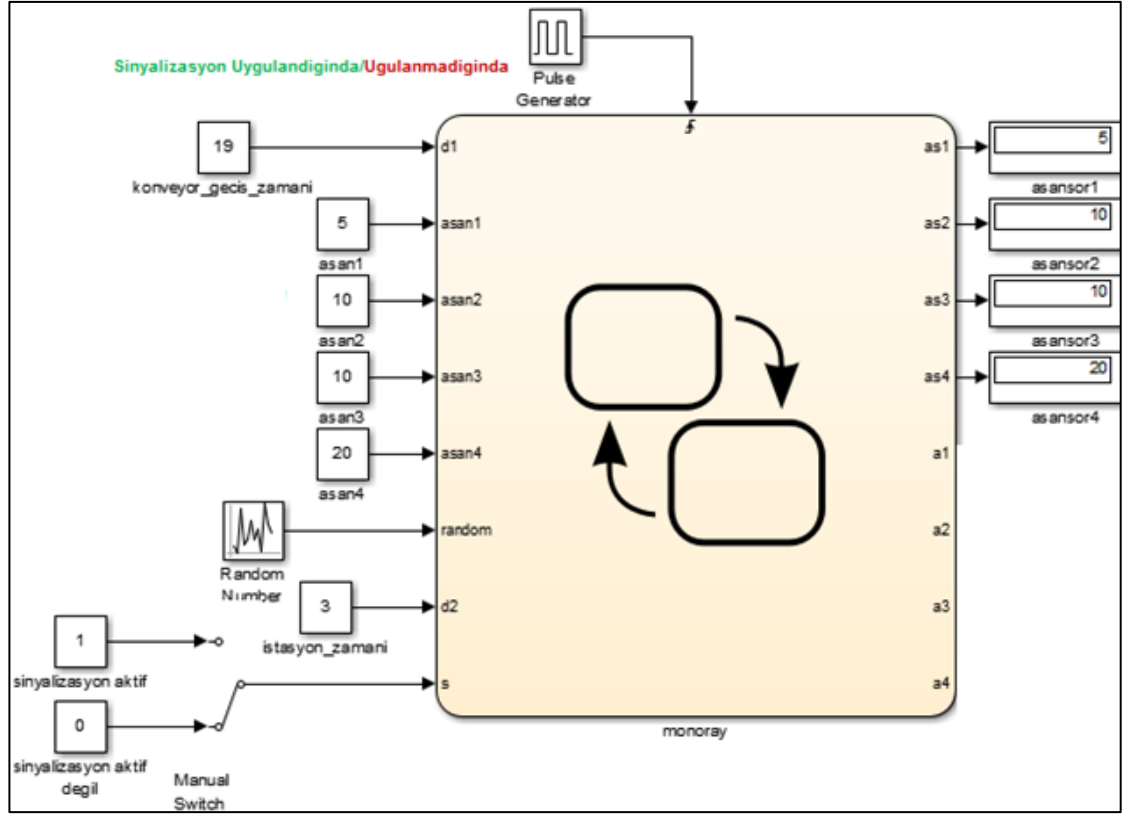
Şekil 3.16. Sonuç grafiği

Simulink bloğuna ait genel görünüm ise Şekil 3.17’de verilmiştir. Buradaki parametrelerin alacağı değerler kullanıcı tarafından arayüze girilen veriler ile atanır. Pulse generator ile sistem her saniyede bir tetiklenir, bu genarator aynı zamanda sistemin saati görevi de görmektedir. Burada:

d1	: konveyör geçiş zamanı
asan1	: 1. asansöre dağıtılacak kasa adeti
asan2	: 2. asansöre dağıtılacak kasa adeti
asan3	: 3. asansöre dağıtılacak kasa adeti
asan4	: 4. asansöre dağıtılacak kasa adeti
random	: random number generator ile oluşturulan rast gele bir sayı
d2	: istasyon zamanı
s	: ara bağlantının olup olmayacağı bilgisi
as1	: 1. asansöre dağıtılan kasa adeti
as2	: 2. asansöre dağıtılan kasa adeti
as3	: 3. asansöre dağıtılan kasa adeti
as4	: 4. asansöre dağıtılan kasa adeti
j1	: iş emrinin atandığı asansör
vn(1-25)	: ilgili durumda (state) bulunan aracın numarası
vs(1-25)	: ilgili durumda (state) bulunan aracın durumu
vr(1-25)	: ilgili durumda (state) bulunan konveyörün durumu
dp(1-25)	: ilgili durumda (state) bulunan aracın kasayı bırakacağı asansörün

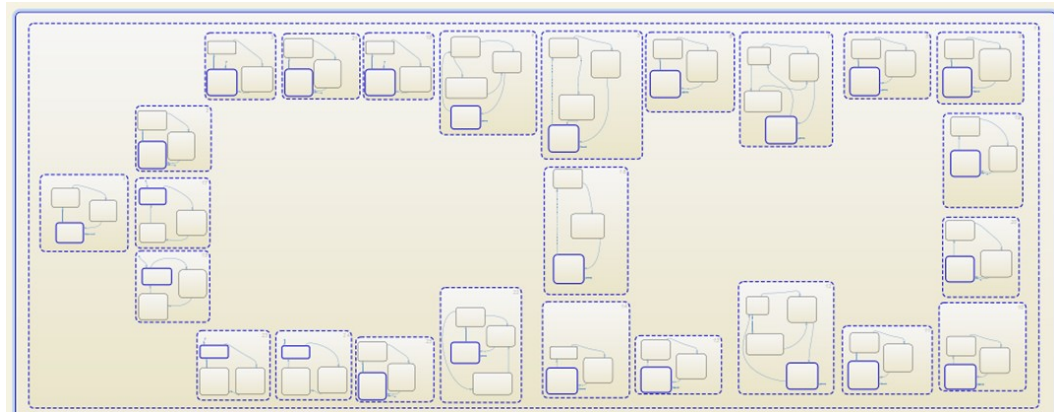
numarası

şeklinde parametreler kullanılmıştır.

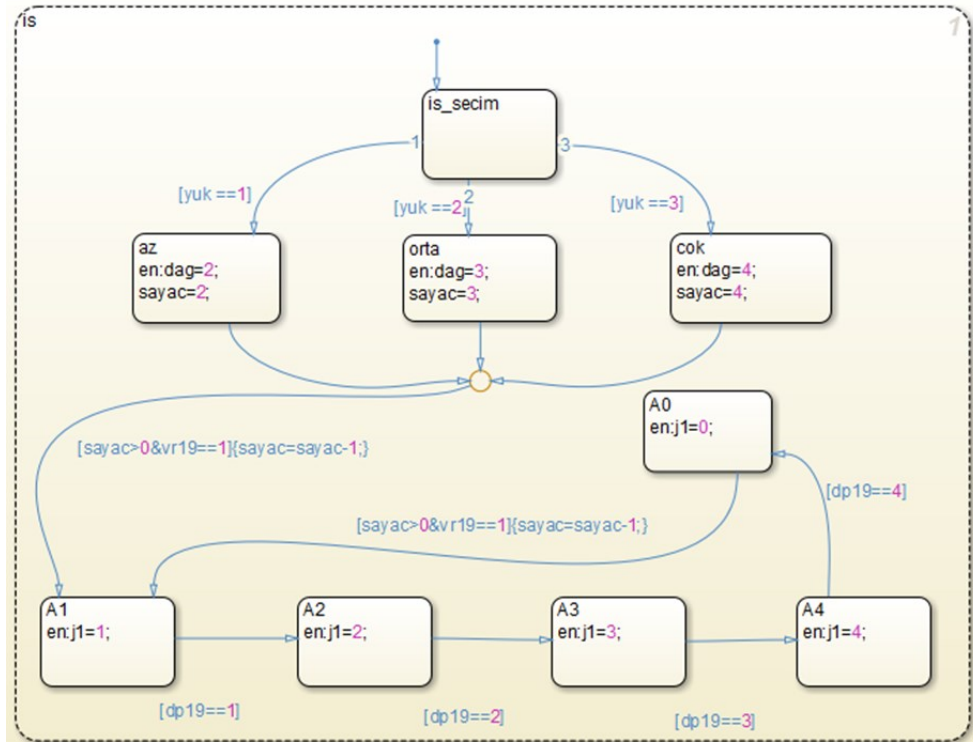


Şekil 3.17. Simulink genel görünümü

Şekil 3.18’de ise monoray olarak adlandırılan stateflow göstergesinin (chart) iç yapısı görünmektedir. Ray yönlendirmeli araçların kullanıldığı malzeme taşıma sistemi modellenirken ray yönlendirmeli aracın içinde hareket ettiği kapalı döngü konveyör hattı 24 ayrı kısma bölünüp, her kısım için stateflow yöntemiyle ayrı bir durum (state) olarak ele alınmıştır. Bu durumlar kendi içlerinde de alt durumlara ayrılmıştır (On, Off, Next gibi). Bu alt durumlar aşağıda daha detaylı olarak ele alınacaktır.



Şekil 3.18. Monoray bloğu genel görünümü

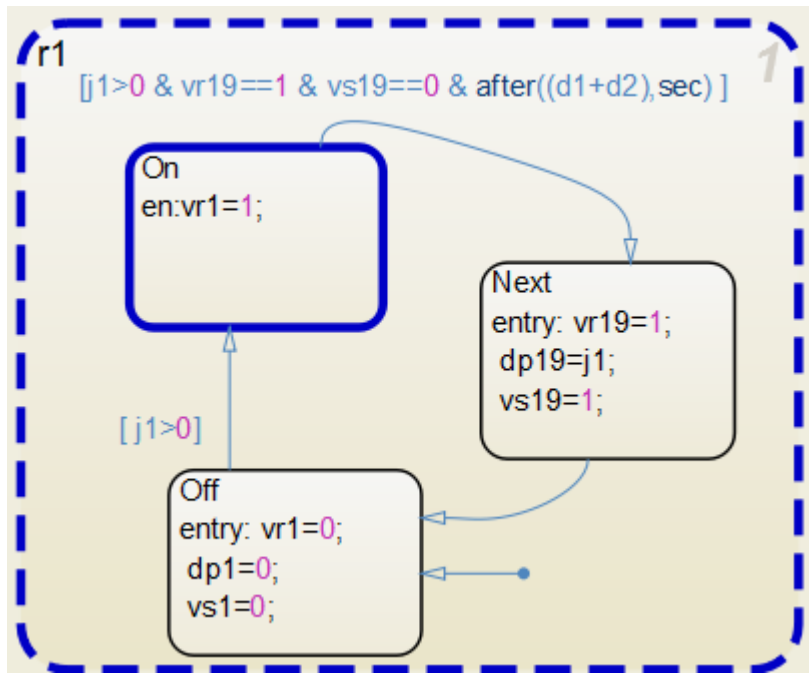


Şekil 3.19. Yük seçimi ve iş emri atama

Şekil 3.19’da yük seçimi ve iş emri atamasına ait blok gösterilmektedir. Kullanıcı tarafından arayüze 1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı yük yoğunluğu girdisinden birini girmesi istenmektedir. Yapılan bu girişe göre iş emirlerinin oluşturulma yoğunluğu belirlenmektedir. Şekil 3.19’da “is_secim” durumuna gelindiğinde girilen yük değerine göre bir geçiş seçilir. Seçilen bu geçişten sonra ilgili bağlantı noktasına gidilir. Eğer yük 1 girilmişse “az” isimli duruma gidilir “az” durumunun aktif olması ile dağıtım tur sayısını ifade eden “dag” ve “sayac” parametresine 2 değeri atanır. Daha sonra diğer yük durumlarının da bağlı olduğu bağlantı noktasına gelinir. Burada sayac değerinin sıfırdan büyük olması ve kasa yüklemesi istasyonu önüne araç gelmesi şartının sağlanması ile sayac değeri bir azaltılarak “a1” durumuna geçilir. Bu durumda gelen araca yüklenen kasanın 1. asansöre götürülmesi emri verilir, daha sonra gelen araçlara kasaları sırasıyla 2., 3. ve 4. asansörlere götürmesi emirleri verilir. Az yoğunluktaki yük girdisi durumunda bu işlem her 16 dakikada bir 2 kez tekrarlanır. Her 16 dakikada bir sıfırlanan sayac değerine 2 ilave edilir. Kısaca az yoğunluktaki yük girdisi durumunda sistemin en fazla 16 adet kasa dağıtımını yapmasına izin verilebilir. Orta ve yüksek yoğunluktaki yük girdisi durumları için de aynı işlemler uygulanır. Bu yük girdilerinin birbirinden farkı orta yoğunluktaki yük girdisi durumunda 24, yüksek

yoğunluktaki yük girdisi durumunda ise sisteme 16 dakikada bir en fazla 36 adet kasa dağıtım izni verilmesidir.

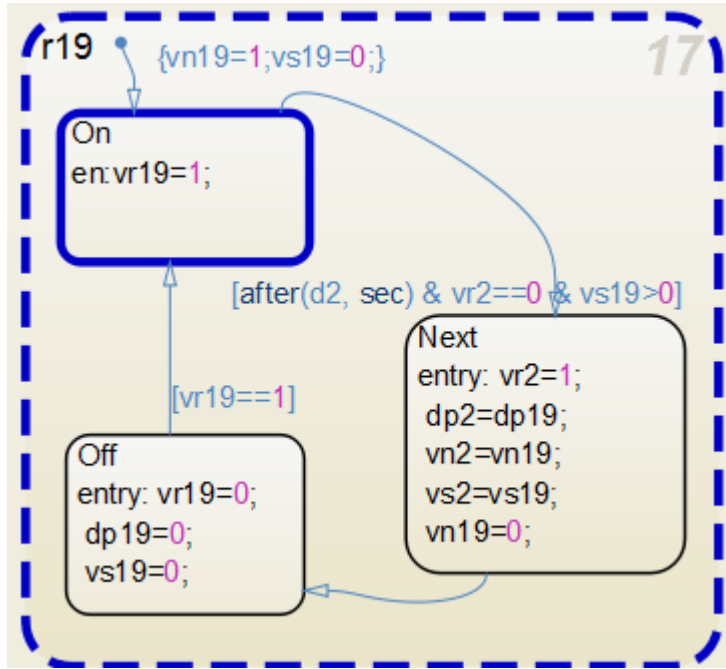
İş emri herhangi bir asansöre atandıktan sonra kasa yükleme istasyonu göstergesi üzerine kasa alınır ve gösterge “On” durumuna geçer. Kasa yükleme istasyonu önündeki konveyörde araç olması ve aracın üzerinde kasa olmaması durumları kontrol edildikten sonra konveyör geçiş ve kasa yükleme sürelerinin de dolması durumunda kasa yükleme istasyonu göstergesi “Next” durumuna geçer. Next durumunda kasa yükleme istasyonu önündeki konveyörün ve o an orada bulunan aracın durumu dolu olarak işaretlenir. Aracın kasayı bırakacağı asansör bilgisi aktarılır. Böylece araca kasa yüklemesi yapıp gösterge bir diğer durum olan “Off” durumuna geçirilir. Kasa yükleme istasyonuna ait stateflow göstergesi ise Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Kasa yükleme istasyonu

Şekil 3.21’de ise sistemde bulunan 4 adet ray yönlendirmeli araçtan 1. araca ait olan stateflow göstergesi verilmiştir. Bu aracın sistem ilk çalışmaya başladığı andaki öntanımlı konumu, kasa yükleme istasyonunun önünde bulunan konveyördür. Dolayısıyla sistem çalışmaya başladığında o konveyörde 1. araç olacağı için, ilgili konveyörün durumu dolu olarak işaretlenmiştir ve 1. araç göstergesi “On” durumundadır. Fakat ray yönlendirmeli araç üzerinde henüz bir kasa olmadığı için araç boş olarak işaretlenmiş durumdadır ve bu

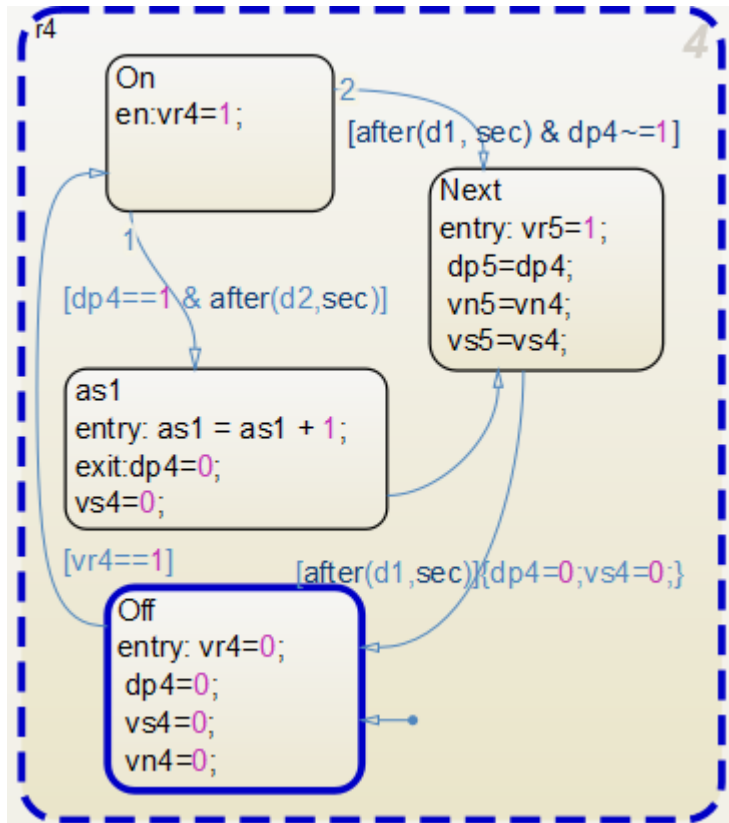
göstergenin başlangıç koşulu olarak girilmiştir. Devamında ise kasanın, kasa yükleme istasyonundan konveyöre geçiş zamanı tamamlandıktan ve bir sonraki konveyörün boş durumda olduğu bilgisi kontrol edikten sonra 1. araç göstergesi “Next” durumuna geçmektedir. Next durumu iki konveyör arasındaki geçiş anını simüle eden bir durumdur. Bu duruma geçildiğinde bir sonraki konveyör dolu olarak işaretlenir, ilgili konveyördeki tüm bilgiler bir sonraki konveyöre aktarıldıktan sonra da “Off” konumuna geçilir. Off konumu artık o konveyörün boş olduğu anlamına gelmektedir ve o konuma ait olan ray yönlendirmeli aracın numarası bilgisi, aracın durumu ve konveyörün durumu gibi tüm bilgiler sıfırlanır. Bir önceki konveyörden araç geçişi olana kadar da bu konveyörün durmu Off durumda kalır ve tekrar araç gelmesi ile 1. araç göstergesi “On” durumuna geçer. Akış bu şekilde birbirini izleyerek devam eder.



Şekil 3.21. 1. araç göstergesi

Şekil 3.22’de ise 1. asansöre ait stateflow göstergesi verilmiştir. Bu gösterge sistem ilk çalışmaya başladığında asansörde ve asansörün önünde bulunan konveyörde herhangi bir ray yönlendirmeli araç olmayacağı için “Off” konumunda öntanımlanmıştır. Bu konveyörde bulunan ray yönlendirmeli aracın numarası, aracın durumu ve konveyörün durumu gibi tüm bilgiler sıfırlanmıştır. Bir önceki konveyörden araç geçişi ile gösterge “On” durumuna geçer. On durumunda iken aracın önünde iki seçenek vardır ya bir sonraki konuma geçecek ya da üzerindeki kasayı asansöre bırakacaktır. Burada karar vermek için aracın üzerinde bulunan

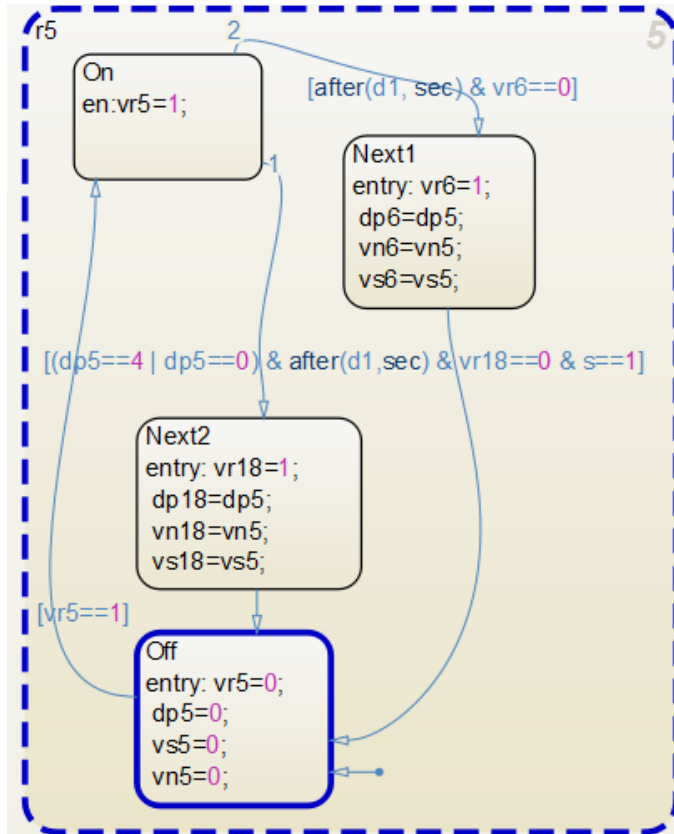
kasayı bırakacağı asansörün bilgisini gösteren “dp” parametresine bakılır, eğer bu parametrenin değeri 1 ise “as1” durumuna geçilir ve 1. asansöre ulaştırılan kasa adeti 1 arttırılır. Kasanın bırakılacağı asansör bilgisi sıfırlanır ve aracın durumu boş olarak işaretlenir. Daha sonra 1. asansöre ait stateflow göstergesinin durumu as1’den Next durumuna geçer. Eğer dp parametresinin değeri 1’den farklı bir değer ise On durumundan direkt Next durumuna geçilir. Bu iki geçişin yapılması için de istasyon geçiş zamanının dolması beklenir. Next durumuna geçildiğinde ise bir sonraki konveyör dolu olarak işaretlenir, ilgili konveyördeki tüm bilgiler bir sonraki konveyöre aktarıldıktan sonra da konveyör geçiş süresi beklenir ve Off konumuna geçilir.



Şekil 3.22. 1.asansörlere ait gösterge

Şekil 3.23.’te ara bağlantının yapıldığı makasa ait gösterge verilmiştir. Bu gösterge sistem ilk çalışmaya başladığında makasın bulunduğu konveyörde herhangi bir ray yönlendirmeli araç olmayacağı için “Off” konumunda öntanımlanmıştır. Bu konveyörde bulunan ray yönlendirmeli aracın numarası, aracın durumu ve konveyörün durumu gibi tüm bilgiler sıfırlanmıştır. Bir önceki konveyörden araç geçişi ile gösterge “On” durumuna geçer. On konumundan sonra, normal konveyör göstergelerinden farklı olarak makasın bulunduğu

konveyörde iki adet Next (Next1 ve Next2) durumu bulunur. Bu durumlar aracın yoluna direk devam etmesi veya ara bağlantıyı kullanarak makasın bulunduğu konveyörden yola devam etmesi durumlarını simüle etmektedir. Burada karar mekanizması yine dp parametresidir. Eğer bir sonraki konveyör üzerinde herhangi bir araç bulunmuyor ise ve dp parametresinin değeri 4 veya 0 ise, yani araç üzerindeki kasanın 4. asansöre ulaştırılması gerekiyorsa veya kasa 1. asansöre bırakılmış ve araç boş durumda ise ara bağlantı kullanılacaktır. Dolayısıyla Next2 durumuna geçilir. Tabii ki bunun için sinyalizasyonun kullanıcı tarafından arayüzden aktif hale getirilmiş olması gerekmektedir. Next2 durumuna geçildiğinde ise makasın bulunduğu konveyörden sonraki ara bağlantı olan konveyör dolu olarak işaretlenir. İlgili konveyördeki tüm bilgiler bir sonraki, ara bağlantı olan, konveyöre aktarıldıktan sonra da konveyör geçiş süresi beklenir ve Off konumuna geçilir. Makasa ait stateflow göstergesi On durumunda iken dp parametresinin değeri 4 veya 0 değil ise konveyör geçiş süresi dolduktan sonra Next1 durumuna geçilir. Next1 durumuna geçildiğinde ise bir sonraki konveyör dolu olarak işaretlenir, ilgili konveyördeki tüm bilgiler bir sonraki konveyöre aktarıldıktan sonra da konveyör geçiş süresi beklenir ve makasa ait stateflow göstergesi Off durumuna geçer. Bu akış ile gösterge çalışmaya devam eder.



Şekil 3.23. Makasa ait blok

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde monoray hattı için farklı yük koşulları altında önerilen ara bağlantının olup olmamasına bağlı olarak sistem performansları benzetim ortamında incelenmektedir. Malzeme taşıma sistemlerini karşılaştırmada kullanılan performans ölçütlerinden, önceki bölümlerde verilen

- Belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı,
- Belirli adetteki talebi karşılamak için gereken toplam süre kullanılacaktır.

Karşılaştırmalar Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilen monoray sistemleri için az, orta ve yüksek yoğunluklu olmak üzere üç yük tipi için yapılmaktadır. Az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük karakteristiklerinin asansörlere bağlı dağılımı Çizelge 4.1’de verilmektedir. Bu çizelgede 1. sütunda bir vardiya olan 480 dakika (8 saat) için, 16’şar dakikalık ara değerler görünmektedir. Bu dakika değerlerinde ilgili satırlardaki yükler sisteme girilir. Örneğin bu sistemde 16 dakikada bir her bir asansöre 2 kasa taşıma görevi az yoğunluk, 3 kasa taşıma görevi orta yoğunluk ve 4 kasa taşıma görevi yüksek yoğunluk olarak tanımlanmıştır. Çizelgenin en alt kısmında ise az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük girdileri için toplam talep sayıları görülmektedir.

Çizelge 4.1. Az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük karakteristikleri

Zaman (Dakika)	Az Yoğunluktaki Yük				Orta Yoğunluktaki Yük				Yüksek Yoğunluktaki Yük			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
0	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
16	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
32	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
48	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
...
464	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4
Toplam	240				360				480			

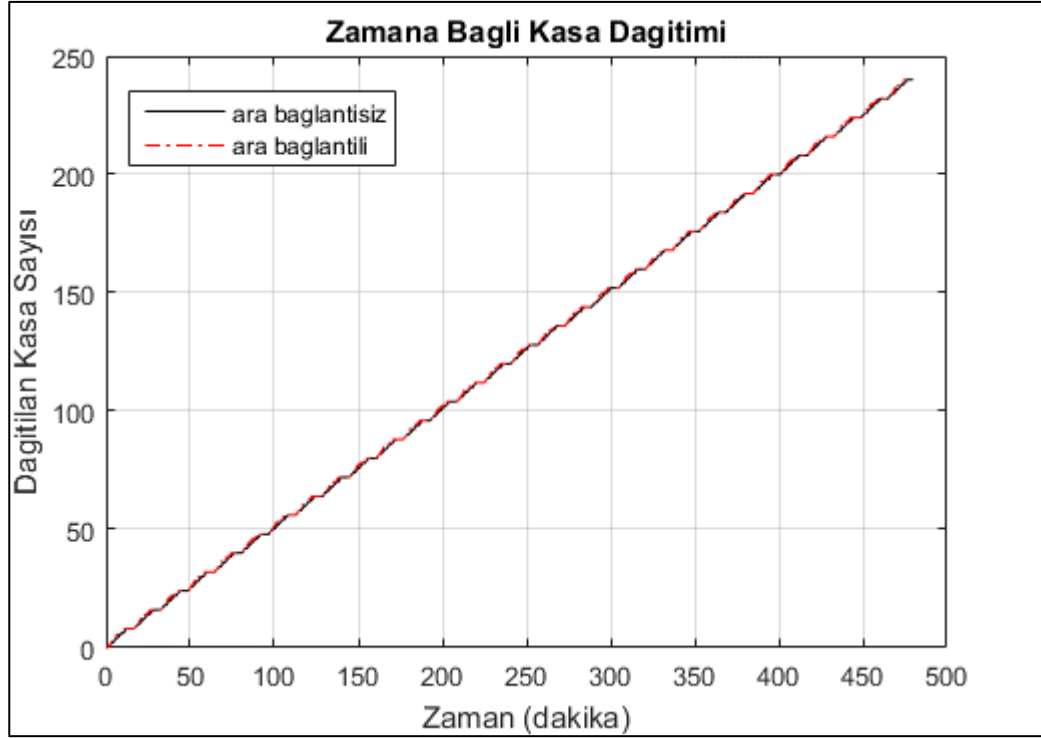
Yukarıdaki yük koşulları yanı sıra sistem benzetimi için, Bölüm 3'teki modellemeye ek olarak monoray hattının bağlantısız uzunluğu 427 m, ortalama hız 1.2 m/s, bölge sayısı 24, asansör yükleme süresi 3 sn olarak alınmıştır.

4.1. Belirli Periyotta Karşılanan Taleplerin Sayısı

Bu bölümde ise farklı yük girdileri altında ve belli bir periyot diliminde karşılanan iş emri sayısına bakılmıştır, yani iki sistem için de zaman sabit kalırken karşılanan iş emri sayısı farklı yük değerlerinde kıyaslanmıştır. Girilecek zaman periyodu bir vardiyaya karşılık gelen 8 saat olarak belirlenmiştir. 8 saatin dakika cinsinden karşılığı ise 480 dakikadır.

Çizelge 4.2. Az yoğunluktaki yük girdisi altında belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı

Hat Durumu	Çevrim Süresi	Asansör 1	Asansör 2	Asansör 3	Asansör 4	Fark
Ara bağlantısız	480	60	60	60	60	%0
Ara bağlantılı	480	60	60	60	60	



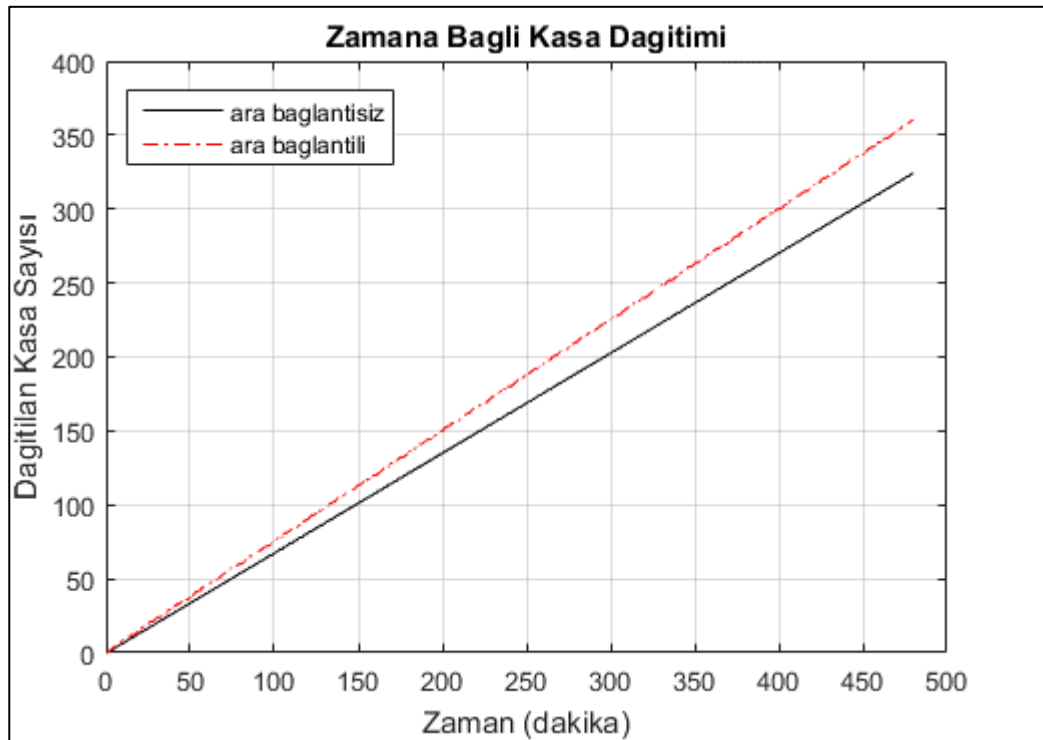
Şekil 4.1. Az yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli periyotta kaşıladıkları talep sayısının kıyaslanması

Az yoğunluktaki yük, Çizelge 4.2’de az yoğunluktaki yük girdisi altındaki karşılaştırma sonuçları özet olarak verilmiştir. Benzetim programı koşulduktan sonra ara bağlantı olmadığı durumda az yoğunluktaki yük girdisinde 8 saatte 1.Asansöre 60, 2.Asansöre 60, 3.Asansöre 60, 4.Asansör ise 60, toplamda ise 240 adet kasa taşıma işlemi yapılmıştır. Ara bağlantı varken ise 8 saatte 1.Asansöre 60, 2.Asansöre 60, 3.Asansöre 60, 4.Asansör ise 60, toplamda ise yine 240 adet kasa taşıma işlemi yapılmıştır. Buradan sistemin az yoğunluktaki yük girdisi altında çalıştığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durumlarında bir farklılık olmadığı görülmektedir. Her iki durumda da dağıtılması gereken 240 adet kasanın tamamı dağıtılmıştır. Yani sistem sürekli az yoğunluktaki yük girdisi altında çalışacak ise bir iyileştirme ihtiyacı yoktur diyebiliriz.

Şekil 4.1’deki grafik incelendiğinde de görüldüğü üzere az yoğunluktaki yük girdisi uygulandığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında zamana bağlı olarak dağıtılan toplam kasa adetlerinde herhangi bir fark meydana gelmemiştir.

Çizelge 4.3. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı

Hat Durumu	Çevrim Süresi	Asansör 1	Asansör 2	Asansör 3	Asansör 4	Fark
Ara bağlantısız	480	81	81	81	81	%11,11
Ara bağlantılı	480	90	90	90	90	



Şekil 4.2. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli periyotta karşıladıkları talep sayısının kıyaslanması

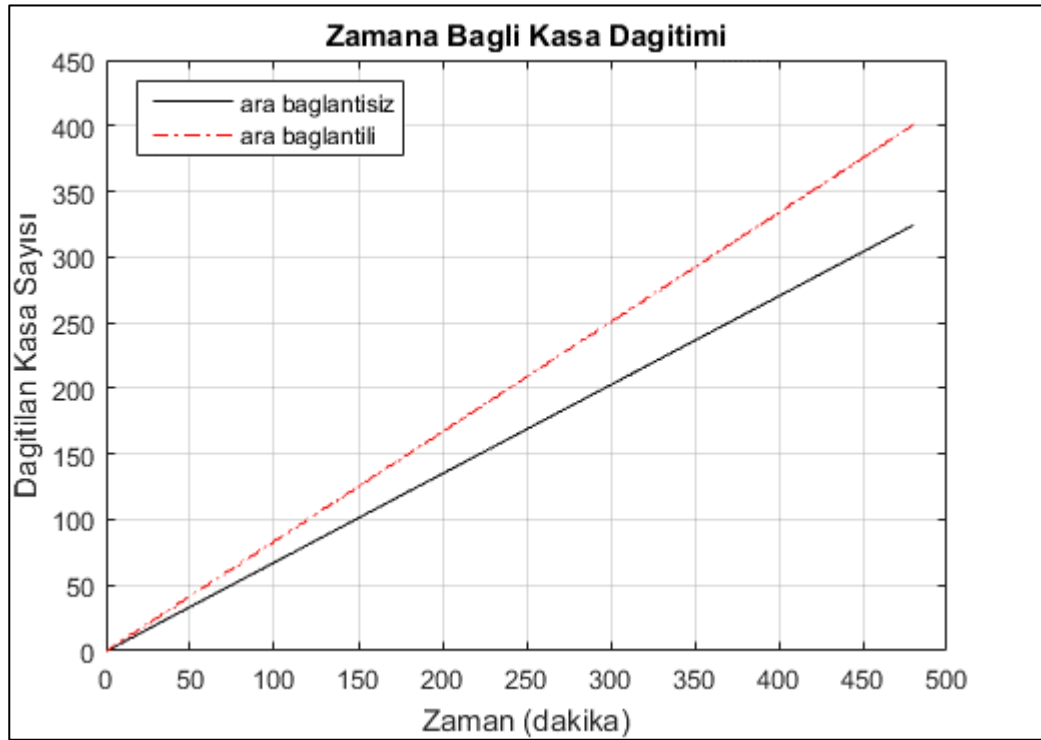
Orta yoğunluktaki yük, Çizelge 4.3'te orta yoğunluktaki yük girdisi altındaki karşılaştırma sonuçları özet olarak verilmiştir. Benzetim uygulaması sonucunda ara bağlantı olmadığı durumda orta yoğunluktaki yük girdisinde 8 saatte 1.Asansöre 81, 2.Asansöre 81, 3.Asansöre 81, 4.Asansör ise 81, toplamda ise 324 adet kasa taşıma işlemi yapılmıştır. Ara bağlantı varken ise 8 saatte 1.Asansöre 90, 2.Asansöre 90, 3.Asansöre 90, 4.Asansör ise 90, toplamda ise yine 360 adet kasa taşıma işlemi yapılmıştır. Dağıtılması gereken 360 adet kasanın tamamı ara bağlantısız durumda dağıtılamazken, ara bağlantılı duruma geçildiğinde tamamının dağıldığı görülmektedir. Buradan sistem orta yoğunlukta yük girdisi altında çalıştığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında toplam kasa dağıtım sayısında

%11,11'lik bir artış olduğu görülmektedir. Eğer sistem sürekli orta yoğunluktaki yük girdisi altında çalışacak ise %11,11'lik bir iyileştirmenin getirisi ile sistemin yatırım maliyeti kıyaslanarak yatırım kararı verilebilir.

Şekil 4.2'deki grafik incelendiğinde de görüldüğü üzere orta yoğunluktaki yük girdisi uygulandığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında zamana bağlı olarak dağıtılan toplam kasa adetleri arasındaki fark giderek açılmıştır.

Çizelge 4.4. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında belirli periyotta karşılanan taleplerin sayısı

Hat Durumu	Çevrim Süresi	Asansör 1	Asansör 2	Asansör 3	Asansör 4	Fark
Ara bağlantısız	480	81	81	81	81	%23,76
Ara bağlantılı	480	101	100	100	100	



Şekil 4.3. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli periyotta karşıladıkları talep sayısının kıyaslanması

Yüksek yoğunluktaki yük, Çizelge 4.4'te yüksek yoğunluktaki yük girdisi altındaki karşılaştırma sonuçları özet olarak verilmiştir. Benzetim uygulaması sonucunda ara bağlantı

olmadığı durumda yüksek yoğunluktaki yük girdisinde 8 saatte 1.Asansöre 81, 2.Asansöre 81, 3.Asansöre 81, 4.Asansör ise 81, toplamda ise 324 adet kasa taşıma işlemi yapılmıştır. Ara bağlantı varken ise 8 saatte 1.Asansöre 101, 2.Asansöre 100, 3.Asansöre 100, 4.Asansör ise 100, toplamda ise yine 401 adet kasa taşıma işlemi yapılmıştır. Dağıtılması gereken toplam 480 adet kasa iki durumda da tamamlanamamıştır. Buradan sistemin yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında çalıştığı ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında, toplam kasa dağıtım sayısında %23,76'lık bir artış olduğu görülmektedir. Eğer sistem sürekli yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında çalışacak ise %23,76'lık bir iyileştirmenin getirisi ile sistemin yatırım maliyeti kıyaslanarak yatırım kararı verilebilir.

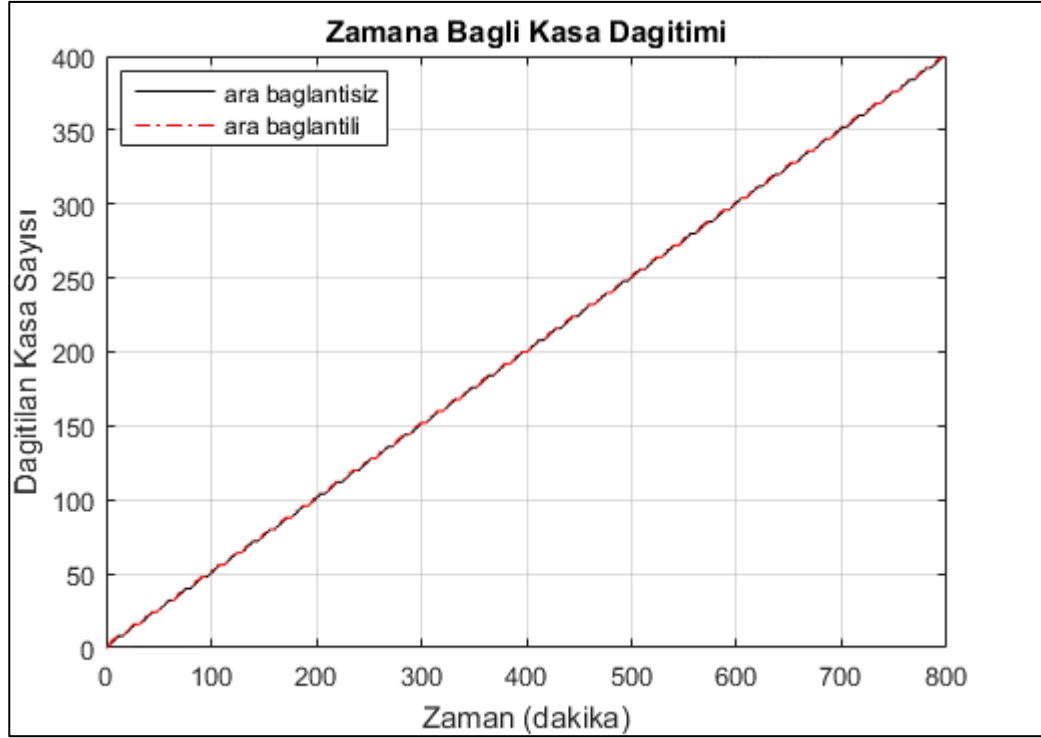
Şekil 4.3'teki grafik incelendiğinde de görüldüğü üzere yüksek yoğunluktaki yük girdisi uygulandığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında zamana bağlı olarak dağıtılan toplam kasa adetleri arasındaki fark hızla artmıştır.

4.2. Belirli Adetteki Talebi Karşılama için Gerekli Toplam Süre

Bu bölümde ise az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında toplam 400 adet talebi karşılamak için sistemin ara bağlantısız ve ara bağlantılı halinin ihtiyacı olan süreler kıyaslanmıştır. Yani iki sistem için de talep sayısı sabit kalırken bunun için gereken operasyon süreleri 3 farklı yük girdisine göre kıyaslanmıştır.

Çizelge 4.5. Az yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre

Hat Durumu	Çevrim Süresi	Asansör 1	Asansör 2	Asansör 3	Asansör 4	Fark
Ara bağlantısız	796	100	100	100	100	%0,18
Ara bağlantılı	795	100	100	100	100	



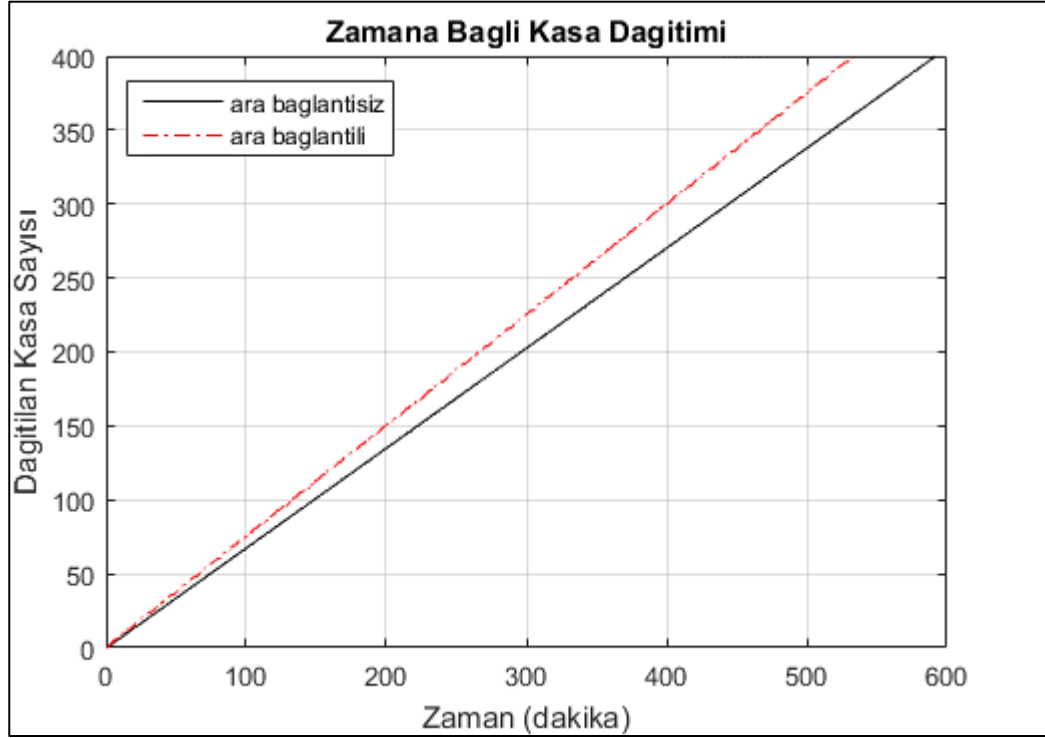
Şekil 4.4. Az yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli adetteki talebi karşıladıkları sürenin kıyaslanması

Az yoğunluktaki yük, Çizelge 4.5'te az yoğunluktaki yük girdisi altında karşılaştırma sonuçları özet olarak verilmiştir. Benzetim uygulaması sonucunda ara bağlantı olmadığı durumda az yoğunluktaki yük girdisi altında her asansörün yüzer adetlik kasa talebini (toplamda 400) karşılamak için gereken operasyon süresinin 796 dakika olduğu görülmüştür. Yine az yoğunluktaki yük girdisi altında ara bağlantı varken her asansörün yüzer adetlik kasa talebini (toplamda 400) karşılamak için gereken operasyon süresi 795 dakikadır. Görüldüğü gibi sistemin ara bağlantılı ve ara bağlantısız hali arasında kayda değer bir fark yoktur. Yani sistem sürekli az yoğunluktaki yük girdisi altında çalışacak ise bir iyileştirme ihtiyacı yoktur diyebiliriz.

Şekil 4.4'teki grafik incelendiğinde de görüldüğü üzere az yoğunluktaki yük girdisi uygulandığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durumda belirli sayıdaki talebi karşılamak için gereken zaman arasında herhangi bir fark meydana gelmemiştir.

Çizelge 4.6. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre

Hat Durumu	Çevrim Süresi	Asansör 1	Asansör 2	Asansör 3	Asansör 4	Fark
Ara bağlantısız	591	100	100	100	100	%9,89
Ara bağlantılı	533	100	100	100	100	



Şekil 4.5. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli adetteki talebi karşıladıkları sürenin kıyaslanması

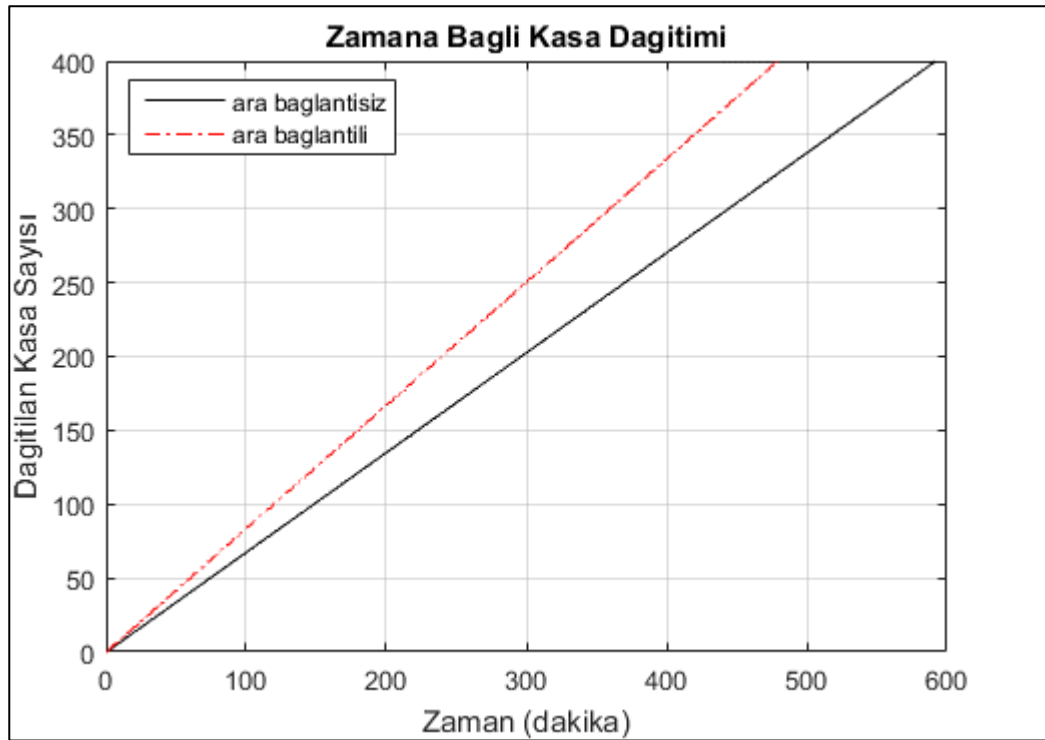
Orta yoğunluktaki yük, Çizelge 4.6'da orta yoğunluktaki yük girdisi altında karşılaştırma sonuçları özet olarak verilmiştir. Benzetim uygulaması sonucunda ara bağlantı olmadığı durumda orta yoğunluktaki yük girdisi altında her asansörün yüzer adetlik kasa talebini (toplamda 400) karşılamak için gereken operasyon süresinin 591 dakika olduğu görülmüştür. Orta yoğunluktaki yük girdisi altında ara bağlantı varken ise her asansörün yüzer adetlik kasa talebini (toplamda 400) karşılamak için gereken operasyon süresi 533 dakikadır. Buradan sistemin orta yoğunluktaki yük girdisi altında çalıştığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında operasyon tamamlanma zamanında %9,89'luk bir azalma olduğu görülmektedir. Eğer sistem sürekli orta yoğunluktaki yük girdisi altında çalışacak ise

%9,89'luk bir hızlanmanın getirisi ile sistemin yatırım maliyeti kıyaslanarak buna göre yatırım kararı verilebilir.

Şekil 4.5'teki grafik incelendiğinde de görüldüğü üzere orta yoğunluktaki yük girdisi uygulandığında ara bağlantılı durumda belirli sayıdaki kasayı dağıtmak için gereken zamanın ara bağlantısız duruma göre azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.7. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli toplam süre

Hat Durumu	Çevrim Süresi	Asansör 1	Asansör 2	Asansör 3	Asansör 4	Fark
Ara bağlantısız	591	100	100	100	100	%19,08
Ara bağlantılı	479	100	100	100	100	

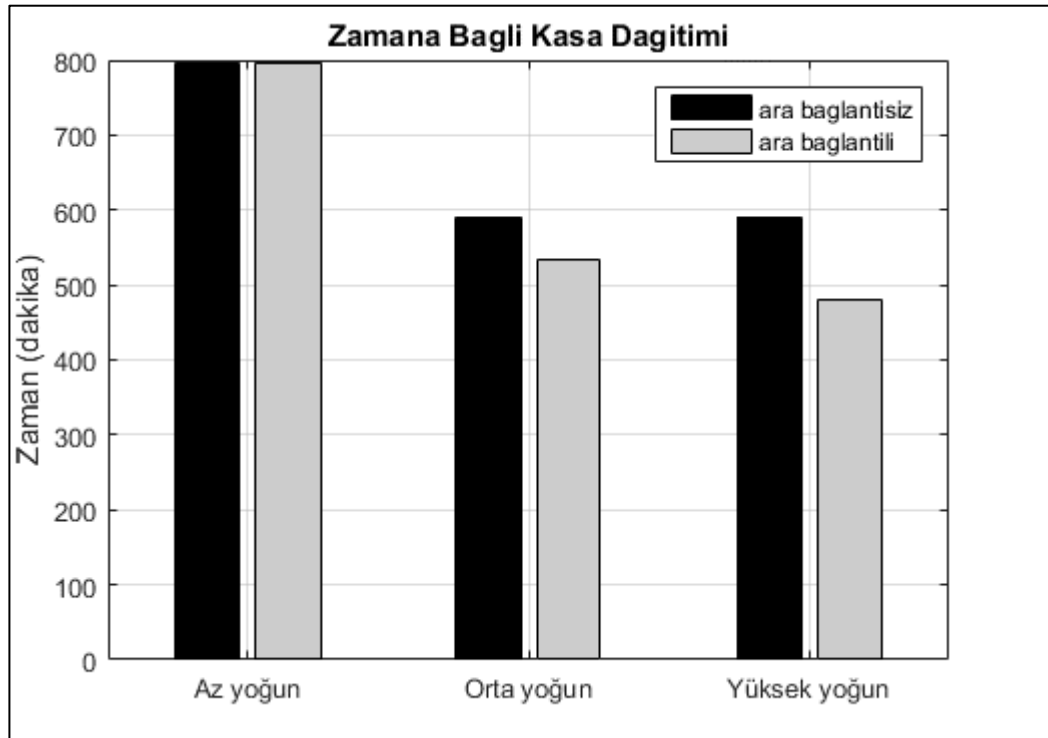


Şekil 4.6. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında, ara bağlantısız ve ara bağlantılı durumun belirli adetteki talebi karşıladıkları sürenin kıyaslanması

Yüksek yoğunluktaki yük, Çizelge 4.7'de yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında karşılaştırma sonuçları özet olarak verilmiştir. Benzetim uygulaması sonucunda ara bağlantı olmadığı durumda yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında her asansörün yüzer adetlik kasa

talebini (toplamda 400) karşılamak için gereken operasyon süresinin 592 dakika olduğu görülmüştür. Yoğun yük girdisi altında ara bağlantı varken ise her asansörün yüzer adetlik kasa talebini (toplamda 400) karşılamak için gereken operasyon süresi 479 dakikadır. Buradan sistem yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında çalıştığında ara bağlantılı ve ara bağlantısız durum arasında, operasyon tamamlanma zamanında %19,08'lik bir azalma olduğu görülmektedir. Eğer sistem sürekli yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında çalışacak ise bu hızlanmanın getirisi ile sistemin yatırım maliyeti kıyaslanarak yatırım kararı verilebilir.

Şekil 4.6'daki grafik incelendiğinde de görüldüğü üzere yüksek yoğunluktaki yük girdisi uygulandığında ara bağlantılı durumda belirli sayıdaki kasayı dağıtmak için gereken zamanın ara bağlantısız duruma göre oldukça azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.7. Az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında belirli adetteki talebi karşılamak için gerekli sürelerin kıyaslanması

Şekil 4.7'deki grafikte ise az, orta ve yüksek yoğunluktaki yük girdisi durumları için gerekli operasyon süreleri birlikte verilmiştir. Grafik incelendiğinde, az yoğunluktaki yük girdisi durumunda ara bağlantı uygulamasının bir iyileştirme sağlamadığı, fakat orta

yoğunluktaki yük girdisi durumundan yüksek yük girdisi durumuna doğru gidildiğinde yükselen bir iyileştirme oranı ortaya çıktığı görülmektedir. Buradan da yük girdisinin artması ile mevcut sistemin yetersiz kaldığı görülmektedir. Yüksek yoğunluktaki yük girdisi altında çalışan sistemlerde malzeme dağıtım sistemlerine bağlı ray yönlendirmeli araçların performansının öneminin daha da arttığını görebiliriz.

Bütün bu performans ölçüm kriterleri iki sisteme de uygulandığında görülmektedir ki, sinyalizasyon uygulanan sistemde sinyalizasyon olmayan sisteme göre % 20'lik bir iyileşme sağlanmıştır. Bu durum 2. ve 3 performans ölçüm kriterleri ile de doğrulanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak monoray sistemlerinde yapılacak ara bağlantı ile orta ve yüksek yoğunluktaki yükler için iyileştirme yapılabileceği görülmüştür. Mevcut çalışma koşullarında monoray hattı iki döngüye bölünerek ray yönlendirmeli araçların kullanıldığı malzeme taşıma sisteminde yüksek yoğunluktaki yükler için %20 civarında bir iyileştirme yapılabileceği benzetim ortamında görülmüştür.

Bu performans artışı ile aynı mesai dilimi içerisinde daha fazla malzeme taşınmasına imkan sağlanabilir. Dolayısıyla benzetim uygulaması sayesinde yatırımı gerçekleştirmeden önce beklenen iyileştirme oranı tahmin edilebilmektedir. Performans artışı sonucunda sağlanan kâr ile yatırım maliyeti için gereken bütçe hesaplanarak, yatırım kararı almadan önce kıyaslama imkanı sağlanır. Bunlara ek olarak, bu benzetim çalışması ile sistemin aksayan yönlerini görme ve farklı bölgelerde iyileştirmeler yapıldığında performansı ne kadar arttıracakını da hesaplama imkanı sağlanır.

Ayrıca ilerleyen çalışmalarda, farklı yapılarıdaki malzeme taşıma sistemleri için benzetim programları yapılabilir. Sonraki çalışmalarda sadece kasa yükleme istasyonundan alınan dolu kasaların ilgili üretim bandının kasa alma asansörüne götürülmesinin yanı sıra, boş kasa toplama istasyonu da oluşturulabilir. Böylece üretim bantlarının kasa alma asansörlerinden boş kasaların da toplandığı bir malzeme taşıma sistemi için de benzetim programı geliştirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anonim, 2009, Monoray, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Monoray>, erişim tarihi: 08.05.2016.
- Anonim, 1958, Engraving from Science Museum, The British Railway Locomotive, H.M.S.O.
- Anonim, 2012, Material Handling, www.wikimheda.org/wiki/Material_handling#History, erişim tarihi: 15.04.2016.
- Atmaca, E., Erol, S., 2002, Esnek üretim sistemlerinde yükleme ve rotalama problemleri ile ilgili literatür araştırması, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 7, 2, 300-301.
- Azadivar, F., 1987, Minimum Cost Modular Design of Automated Warehousing Systems. Material Flow 4, p.177-188.
- Başkocagil, C., 2004, Petri ağlarının incelenmesi ve örnek bir kontrol sistemine uygulanması, Yüksek Lisans tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 80 s.
- Berkmen, E., 1963, Demiryollar Çekim, İkinci Baskı, Teknik Üniversite Matbaası İstanbul.
- Browne, J.B., Harhen, J., Shivnan, J., 1988, Production Management Systems; A CIM Perspective, Addison - Wesley Publishing Co.
- Bulanch, S., Brauchle, A., Pfleiderer, H.J., Kucеровsky, Z., 2002, Design and implementation of discrete event control systems: a Petri net based hardware approach, Discrete Event Dynamic Systems: Theory and Applications. 12, 287-309.
- Burden, R. L., Faires, J. D., 1989, Numerical Analysis, Boston MA Pwskey Publishing Company.
- Cassandras, C.G., Lafortune, S., 1999, Introduction to Discrete Event Systems, Kluwer Academic Publishers.
- Coléno, F. C., M. Duru., 1999, A model to find and test decision rules for turnout date and grazing area allocation for a dairy cow system in spring, Agricultural Systems, 61, 151-164.
- Cros, M.J., Garcia, F., Martin-Clouaire, R., Rellier, J.P., 2006, Modeling and Simulation Algorithms, Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology, The International Commission of Agricultural Engineering, p.109-124.
- Cros, M.J., Duru, M., Garcia, F., Martin-Clouaire, R., 2001, Simulating rotational grazing management, Environment International, 27, 139-145.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Eynan, A., Rosenblatt, M.J., 1993, An interleaving policy in automated storage/retrieval systems, *International Journal of Production Research*, 31, 2.
- Fennibay, D., Yurdakul, A., Sen, A., 2010, Introducing hardware in loop concept to the hardware/software co-design of real-time embedded systems, 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology, 10, 1902–1909.
- Foley, R.D., Frazelle, E.H., Park, B.C., 2002, Throughput bounds for miniload automated storage/retrieval systems, *IIE Transactions*, 34, 915-920.
- Harkort, F., 1833, *Die Eisenbahn von Minden nach Coeln*.
- Hassan, M.M.D., 2006, Engineering supply chains as systems, *Systems Engineering*, 9 , 73-89.
- Hausman, W.H., Schwarz, L.B., Graves, S.C., 1976, Optimal storage assignment in automatic warehousing system, *Management Science*, 22, 629-638.
- İmrak, E., Gerdemeli, İ., 2012, *Transport Tekniği: Bölüm 1 Endüstriyel Taşıma*, e-kitap, 8-10, [http://transport.itu.edu.tr/docs/librariesprovider99/dersnotlari/dersnotlarimak4023/1-end%C3%BCstriyel-ta%C5%9F%C4%B1ma-\(i%C3%A7-ve-d%C4%B1%C5%9F-ta%C5%9F%C4%B1ma\).pdf?sfvrsn=2](http://transport.itu.edu.tr/docs/librariesprovider99/dersnotlari/dersnotlarimak4023/1-end%C3%BCstriyel-ta%C5%9F%C4%B1ma-(i%C3%A7-ve-d%C4%B1%C5%9F-ta%C5%9F%C4%B1ma).pdf?sfvrsn=2), erişim tarihi: 14.06.2016.
- Dartnall, J., 2011, Part III Material Handling and Identification Technologies, Pearson Education Inc, p.288-289.
- Roodbergen, K.J., Vis, I.F.A., 2009, A survey of literature on automated storage and retrieval systems, *European Journal of Operational Research*, 194, 343-352.
- Lashkari, R.S., Boparai, R., Paulo, J., 2004, Towards an integrated model of operation allocation and material handling selection in cellular manufacturing systems, *International Journal of Production Economics*, 87, 115-139.
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2006, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Raylı Sistem Teknolojisi, s.18-25.
- Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, *Raylı Sistem Araç Tekniği*, Raylı Sistemler, s.59-61.
- Mulhacy, D.E. (1998), *Materials Handling Handbook*, McGraw-Hill, p.142-148.
- Petri, C. A., 1962, *Kommunikation mit Automaten* Schriften des Rheinisch Westfälischen Inst. für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn, Translation by C. F. Green, Applied Data Research Inc., Suppl 1 to Tech report, RADC-TR-65-337, NY.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rellier, J.P., 1992, Prediction and design problems in crop management, 12th International Conference on Artificial Intelligence, 2, 739-748.
- Roberts, N., Andersen, D. F., Deal, R. M., Grant, M. S., Shaffer, W. A., 1983, Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach. Boston, MA: Addison-Wesley.
- Schwarz, L.B., Graves, S.C., Hausman, W.H., 1978, Scheduling policies for automatic warehousing systems: simulation results, AIIE Transactions, 10, 260-270.
- Schwebbahn, W., 1913, Station: Werther Bruecke TITLE: Elberfeld-Barmen Road, view of city, Germany
- Singh, N., 1996, Flexible Manufacturing Systems, System Approach To Computer-Integrated Design and Manufacturing, p.529-576
- Tompkins, J. A, White, J. A, Bozer, Y. A, Frazella, E.H, Tanchoco, J. M. A., Trevino, J., 1996, Facilities Planning. 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Tunç, T., 2013, Analitik hiyerarşi sürecinin malzeme taşıma sistemi seçiminde uygulanması, Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 116 s.
- Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2011, Monoray İnceleme Raporu, s.2-5 .
- Uzam, M., 1998, Petri net based supervisory control of discrete event systems and their ladder logic diagram implemantations, PhD Thesis, The Universty of Salford, 395 p.
- Vural, B., 2014, MATLAB'da gömülü kontrol sistemleri, Stateflow, YTÜ, Elk. Müh. Bölümü
- White, A.J., Apple, J.M., 1985, Material Handling Requirements are Altered Dramatically by CIM Information Link, Industrial Engineering, p.42-48.
- Yaman, R., 2001, A knowledge-based approach for selection of material handling equipment and material handling system pre-design, Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, 25, 267-278.
- Yavuz, S., 2007, Sistem Simülasyonu, YTÜ, Bil. Müh. Bölümü
- Zeigler, B. P., Praehofer, H., Kim, T. G., 2000, Theory of Modeling and Simulation. San Diego, CA: Academic Press.
- Zhou M.C., DiCesare F., 1993, Petri Net Synthesis for Discrete Event Control of Manufacturing Systems, Boston, MA, Kluwer Academic Publishers.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zollinger, H., 1999, AS/RS application, benefits and justification in comparison to other storage methods: a white paper, Automated Storage Retrieval Systems Production Section of the Material Handling Industry of America, p.12.