

AGV NİTELİKLERİNİN İMALAT SİSTEMLERİNE ETKİSİNİN BENZETİM İLE İNCELENMESİ

Arzu EREN ŞENARAS¹
Hayrettin Kemal SEZEN²

Özet

Rekabetin artması firmaları daha etkin ve verimli olmaya zorlamaktadır. Verimliliği artırmanın bir yolu ürüne değer katmayan işlemlerin ortadan kaldırılmasıdır. Bu değer katmayan işlemlerin başında da ürünün fabrika içinde gezmesi olan postalar arası taşıma gelmektedir. Son yıllarda bu tip taşımalar için sıklıkla AGV seçeneği göz önüne alınmaktadır. Kurulacak taşıma sistemi agv temelli olması durumunda ilk maliyet yüksek olması yanında AGV'nin imalat sistemini nasıl etkileyeceği de önemli bir konudur ve sistem gereksinimi karşılamayan yatırım sisteme katkısı olmayacağı açıktır. Kurulacak yeni taşıma sisteminin özelliklerinin sistem üzerindeki etkilerini incelemek için benzetim tekniği kullanılabilir. Geliştirilen benzetim modeli üzerinde sistem parametrelerini değiştirip bir takım denemeler yaparak sistem performansını ölçmek, yanlış karar verme olasılığını oldukça azaltacaktır. Bu çalışmanın amacı, bir imalat atölyesinde AGV parametrelerinin sistem üzerindeki etkilerini incelenmesidir. AGV'nin faydalı kullanım oranı, beklenen ortalama parça sayısı ve sistem gereksinimlerinin karşılanıp karşılanmadığı Arena paket programında geliştirilen benzetim modeli ile incelenmiş ve farklı AGV niteliklerine göre sistem sonuçları gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: *Otomatik Kılavuzlu Araç (AGV), Kesikli Olay Benzetimi, İmalat Sistemleri.*

¹ Arş. Gör. Dr., Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, arzueren@uludag.edu.tr

² Prof. Dr., Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, kemal@uludag.edu.tr

Investigating Effects of AGV's Attributes on Manufacturing Systems By Using Simulation

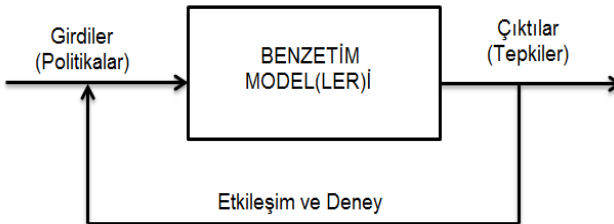
Abstract

Increasing competition presses companies to become more efficient and productive. One way to increase productivity is the elimination of non-value added processes. One of the nonvalue added process is transportation of the product between posts. Often AGV options are considered for this type of transport in recent years. If chosen logistic is based on AGV, high initial cost will arise but the importing issue is how AGV affects production system and it is obvious that if investment does not meet system requirements, it won't be useful. To analyze features of the new transport system on the system, simulation technique can be used. Developed simulation model can be used to change AGV parameter, to measure system performance, to realize variety of experiments and it will substantially reduce the probability of making the wrong decision. The purpose of this study is to analyze effect of AGV parameter on the system in a manufacturing shop. It is examined AGV's useful utilization rate, expected number of production and if AGV's parameter meets the system requirements or not by simulation model developed in Arena packet program and it is observed different system's results according to the AGV parameters.

Key Words: Automated Guided Vehicle, Discrete Event Simulation, Manufacturing Systems.

1. GİRİŞ

Bilgisayarlı benzetim, sistemin bilgisayar tabanlı modeli üzerinde denemeler yapma olanağı sunar. Geliştirilen model, genellikle “deneme-yanılma” yoluyla farklı politikaların sistem üzerindeki olası etkilerini göstermek amacıyla denemeler için bir araç olarak kullanılır. Böylece, modelde en iyi sonuçları üreten seçenekler gerçek sistemde uygulanmak için aday olurlar. Temel fikir Şekil 1’de gösterilmiştir (Sezen ve Günal, 2009: 9-10).



(Kaynak: Sezen ve Günal, 2009: 10)

Şekil 1:
Deney Olarak Benzetim

Bir taşıma sistemini modellerken incelenen konular taşıtların hareketleri, çarpmaların engellenmesi, araçların rotalarının belirlenmesi ve çözeltilenmesidir (Chung, 2004: 15-41). Bilgisayarla benzetimin imalat sektöründe çok farklı uygulamaları mevcuttur. Benzetim, fiziksel atölyelerin yapımına başlamadan önce, model üzerinde tasarım ve politika seçeneklerinin karşılaştırılmasına olanak sağlar. Geniş ölçekli hataların risk ve maliyetinin azaltılmasına imkan sağlar. Benzetim yaklaşımları mevcut atölyelerde işlemlerin daha iyi yapılma yollarının bulunmasında da kullanılır ve bu çalışmalar bir kereye özgü yapılabileceği gibi sistemin çalıştırılmasına ilişkin periyodik kontrolün bir parçası da olabilir (Sezen ve Günal, 2009:5). Üretim sistemlerinin benzetim modeli, bu sistemlerin performanslarının tahminine ve önemli tasarım parametrelerinin sistem performansı üzerindeki etkilerinin araştırılmasına olanak vermektedir. Otomatik kılavuzlu araçların imalat sistemlerinde kullanılması önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu sistemleri kurmadan önce benzetim modeli yardımıyla "eğer öyleyse, what-if" çalışmalarının yapılması, otomatik kılavuzlu araçların sistem üzerindeki etkilerini görmemizi sağlayacaktır. Pegden (1990), Chung (2004) ve Law ve Kelton'ın (2000) kitapları benzetim ve otomatik imalat sistemlerinin modellenmesi konusunda faydalı olabilecek önemli kaynaklardır.

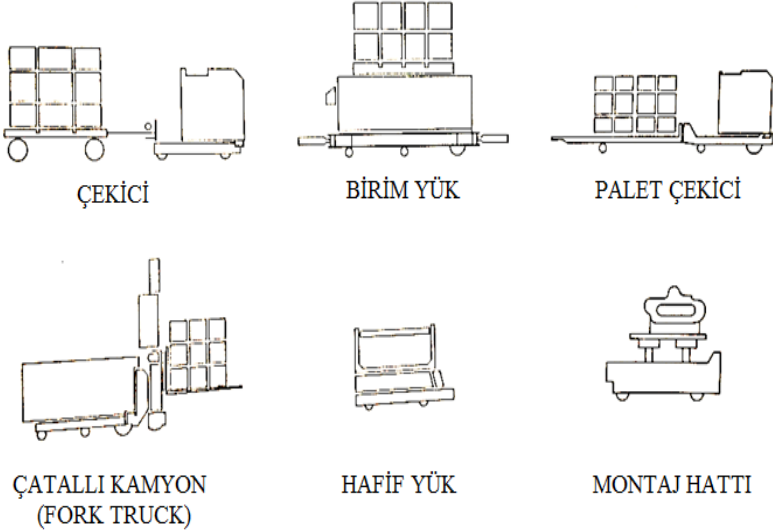
2. OTOMATİK KILAVUZLU ARAÇLAR

Malzeme taşıma enstitüsü otomatik kılavuzlu aracı aşağıdaki gibi tanımlar. AGV, otomatik kılavuzlu bir ekipmandır. Bu elektromanyetik veya optik olabilir. Böyle bir araç önceden belirlenen rotada çalışır. Üzerinde programlama ve durma bölgeleri bloklama bölgesi ve diğer çeşitli özellikler bulunabilir. AGV, sürücüsüz bir araçtır, forklift ve diğer insanlı yönetilen taşıma araçlarının yaptığı tüm işlemleri yapabilir. AGV'ler genellikle bataryalardan sağlanan enerjiyle çalışan elektrik motorlarıyla çalışırlar (Kraebber ve Rehg, 2001: 409-410).

Malzeme taşıma sistemleri arasında en fazla teknolojik gelişmeler otomatik kılavuzlu araçlar üzerinde yoğunlaşmıştır. AGV'ler birim yükü dışarıdan gelen rehber sinyaller vasıtasıyla bir yerden başka bir yere taşıyan sürücüsüz araçlardır. Bu araçlar sahip oldukları esneklik özellikleri ile günümüzde hizmet sektöründen üretim sektörüne birçok alanda kullanılabilmektedir.

AGV teknolojisi 1950'lere kadar uzanmaktadır. AGV; 1950'lerde Barret Elektronik tarafından geliştirildi. Genellikle arkasındaki bir dizi taşıma arabalarını çekmek için kullanıldı. 1970'lerde AGV kullanımı Amerika'da artmaya başladı. Dış pazarlardaki rekabet direkt ve direkt olmayan işçilik maliyetlerini azaltması nedeniyle kullanımı hızla arttı.

Bilgisayarın ve özellikle mikroişlemcinin gelişimiyle çok daha gelişmiş AGV'ler tasarlandı. Günümüzde AGV'ler malzeme taşıma hizmetinde önemli bir yer tutmaktadırlar (Kraebber ve Rehg, 2001: 410). Altı çeşit AGV vardır. Bunlar; çekici, birim yük, palet çekici, çatallı kamyon (fork truck), hafif yük ve montaj hattıdır. Şekil 2'de AGV çeşitleri gösterilmiştir.



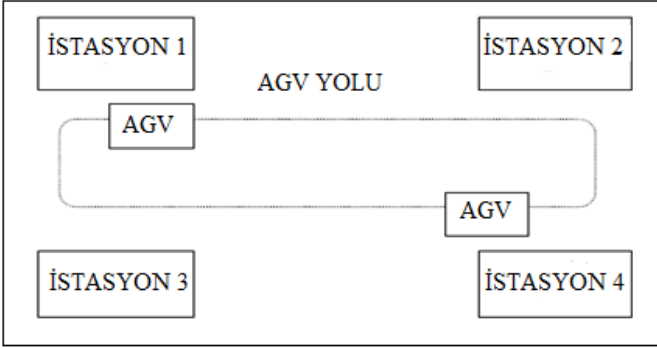
(Kaynak: Kraebber ve Rehg, 2001: 410)

Şekil 2:
AGV Çeşitleri

AGV sistemlerinin beş fonksiyonu gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bunlar; kılavuz, yönlendirme, trafik yönetimi, yük transferi ve sistem yönetimidir. Aracın daha önce belirlenen rotayı izlemesi gerekmektedir. Genellikle yer altından geçirilen bir akım kullanılır. AGV üzerinde bulunan sensörler bu manyetik akımı takip eder. Yer altından geçen kablolar; zeminin çok ince kesilmesiyle ve buradan kablo geçirilmesiyle elde edilir. Diğer bir uygulama ise AGV'nin optik sensörlerle yönlendirilmesidir. Zemine çizilen renklerle AGV yönlendirilir. Yönlendirmede AGV, imalatın isteklerine ve koşullarına göre yolunu değiştirebilme kabiliyetinde olmalıdır. Aynı bölgede özellikle birden fazla AGV kullanıldığında bu fonksiyonu önem kazanır. AGV trafik yönetimi; çarpışmaları ve çakışmaları minimize ederek kullanımını arttırmayı hedefler. Trafik yönetimi için üç tane kontrol kullanılır. Bunlar alan kontrolü, ön algılama ve bunların kombinasyonudur. Yük transferi; manuel, otomatik veya konveyörler yardımıyla AGV'nin taşıdığı yükün AGV'den ayrılmasıyla gerçekleşir. Sistem yönetimi araç

atama ve sistem gösterme bileşenlerinden oluşur (Kraebber ve Rehg, 2001: 418).

Kılavuzlu taşıyıcıların hareketleri network olarak adlandırılan harita üzerinde gerçekleşir. Bu harita bağlantı ve kesişimlerden oluşur. Araç bu harita üzerinde hareket ederek bir noktadan diğer bir noktaya ulaşır (Pegden, 1990: 403). İmalat sistemlerinde Otomatik kılavuzlu araçların istasyonlar arası oluşturulan yolda hareketi Şekil 3'teki gibidir.



Şekil 3:
İmalat Sistemlerinde AGV

3. LİTERATÜRE KISA BAKIŞ

Kaspi ve Tanchoco (1990), kılavuz yol yerleşim problemlerine alternatif bir formülasyon sunmuşlardır. Problem; Gaskins ve Tanchoco (1987), tarafından yapılan 0-1 tamsayılı doğrusal programlama problemi gibi formüle edilmiş, dal-sınır tekniği ile çözülmüştür. Langevin vd. (1996), esnek imalat sistemlerinde dinamik programlama temeline dayalı bir algoritma kurarak bütün görevlerin tamamlanması esnasında harcanan zamanı minimum yapacak bir rota geliştirmişler, değişik sonuçları değerlendirmişlerdir. Bing (1998), malzeme taşıma sistemlerinde AGV'lerin çizelgelenmesi problemleriyle ilgili olarak bir çalışma yapmıştır. Hodgson vd. (1987), AGV rotalama için bir kontrol stratejisi geliştirmiştir. AGV rotalama problemi bir Markov karar prosesi olarak analiz edilmiştir. Takakuwa (1995), çalışmasında, büyük çaplı otomatik çekme ve stoklama sistemi ile bu çekme sistemini besleyen ve boşaltan AGV sisteminin modellemesi üzerine çalışmış, uygun AGV miktarı ve otomatik stoklama sisteminin raf bölme (koridor) miktarlarının benzetim tekniği ile hesaplanması üzerine odaklanmıştır. Seifert, Kay ve Wilson (1998) çalışmalarında, birçok yol ve AGV bulunan bir sistemde rotalama stratejisi olarak hiyerarşik benzetim tabanlı bir dinamik rotalama stratejisi denemiştir. Ana benzetim modeli her rota kararı gerektiğinde alt benzetim modelleri

oluşturularak, bu alt benzetim çalışmalarından elde edilen en uygun rota seçilmiştir. Kesen ve Baykoç (2007), atölye ortamında JIT çalışan ortamda AGV benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. AGV atama kriterleri değiştirilerek taşıma verimliliği arttırılmaya çalışılmıştır. Benzetim modeli oluşturulduktan sonra çıktı analizi gerçekleştirilmiş ve deney planı hazırlanmış; 2 seviye seçilmiş ve deney tasarımı gerçekleştirilmiştir. Her faktörün ve kendi aralarındaki etkileşimin performans göstergeleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Gebennini vd. (2008) çalışmalarında analiste hat sonu lojistik operasyonu için kullanılan AGV sistemin tasarımında ve performans değerlendirmesinde kavramsal bir yaklaşım önerilmiştir. Bitmiş ürünlerin hat sonundan yükleme alanına olan taşınması için AGV kullanımını stokastik olarak ele alan model daha sonra gerçek bir atölyede sınanmıştır. Craighead vd. (2007) çalışmalarında otomatik kılavuzlu araçların dinamik benzetimi için çeşitli ticari mevcut çözümler tanımlamışlardır. Çalışmalarında dinamik benzetimin yoğun bilgisayar kullanımı nedeniyle gerçek araç rotalama problemleri için uygulanamaz olduğunu belirtmişlerdir. Klaas vd. (2011) çalışmalarında geleneksel olarak statik yapıda uygulanan otomatik kılavuzlu araç rotalama çalışmaları yerine daha sağlam rotalama için dinamik yapıları ve makine öğrenmeyi kullanan bir rotalama algoritmasını denemişlerdir. Eilers ve Rossmann (2014) çalışmalarında, otomatik kılavuzlu araç ile tüm lojistik işlemlerinin yürütüldüğü atölyede otomatik kılavuzlu araç sisteminin performansının ölçülmesi ve değerlendirmesi için kullanılabilirlik oranını ele almıştır. Wang ve Zhou (2015) çalışmalarında, esnek imalat sistemlerinde taşıma işlerinin atanması ve rotalanmasını ele almışlardır. Bu konu giderek önem kazanmaktadır ve NP hard sınıfına girer. Problem çözümü için Wang ve Zhou geliştirdikleri iki sezgisel metot ile atama probleminde denemiş ve etkinliğini göstermiştir. Bu çalışmada esnek imalat sistemlerinde otomatik kılavuzlu araçların etkin kullanımı için bir benzetim modeli geliştirilmiştir.

4. UYGULAMA

AGV sistemleri lazer, manyetik bant, mıknatıs, yer altı kablosu gibi yöntemler ile yönlendirilen operatörsüz taşıma araçlarından, yükleme, boşaltma istasyonlarından ve merkezi yönetim biriminden oluşan oldukça esnek bir taşıma sistemidir. Bu çalışmada bir imalat atölyesinde AGV kullanımının sistem üzerindeki etkileri Arena’da geliştirilen benzetim modeli yardımıyla incelenmiş ve senaryolar denenmiştir.

4.1. Mevcut Sistemin İncelenmesi

Bursa’da bulunan bir imalat atölyesinde, postalar arası malzeme aktarması, taşıma arabalarına yüklenen parçaların insan tarafından

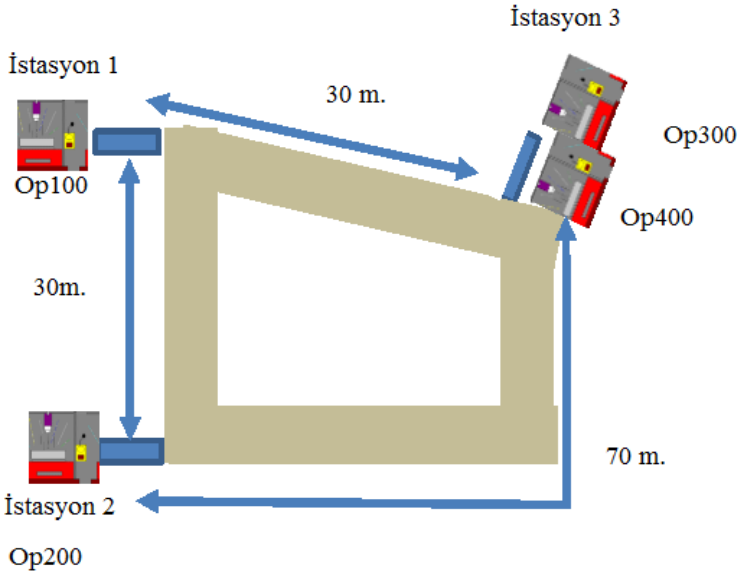
taşınmasıyla sağlanmaktadır. Hedefi işçi verimliliğini arttırmak olan firma değer katmayan işlem olan taşımanın iptali konusunda çeşitli seçenekleri değerlendirmektedir. Bu kapsamda değerlendirilen bir seçenek de taşımaların otomatik olarak yapılmasıdır.

Firma bu bölgede otomatik kılavuzlu araçlar kullanmayı planlamaktadır. Firma daha önce benzer sistemleri kullanmadığı için yapılmasını düşündüğü yatırım için benzetim tekniği yardımıyla sistem üzerindeki olası etkileri görmek istemektedir. Söz konusu atölyedeki işlem akışı ve işlem süreleri Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1: İşlem Akışı ve Süreleri

Çalışma Bölgesi	Operasyon No	Operasyon Süresi (dak.)	Sonraki Operasyon
İstasyon 1	Op.100	1,8	Op.300
İstasyon 2	Op.200	1,85	Op.400
İstasyon 3	Op.300	1,85	Op.500
İstasyon 3	Op.400	1,9	Op.600

İncelediğimiz sistemde üç adet çalışma bölgesi ve dört adet posta bulunmaktadır. Tesis yerleşimi ve istasyonlar arası mesafeler Şekil 4'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4:

Tesis Yerleşimi ve Mesafeler

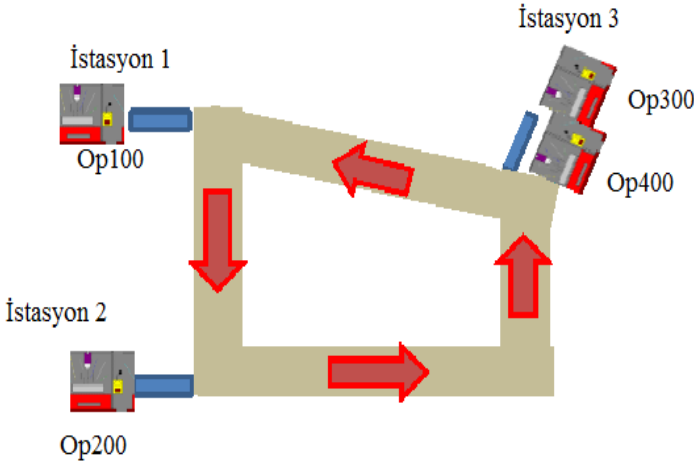
Mevcut sistemde istenilen çevrim süresi 2 dakika/ürün olarak belirlenmiştir. Her operasyonda 1 işçi çalışmaktadır. Ambardan gelen malzeme ile birinci istasyon bölgesinde bulunan Op. 100 işlemi yapılmaktadır. Op. 100'den çıkan 6 adet ürün, taşıma arabasına yüklendikten sonra bu parçalar 3 no'lu istasyona taşınıp Op. 300'de işlem görmektedir. Aynı şekilde ambardan gelen farklı malzemeler 2 no'lu istasyonda bulunan Op.200'de işlenip 6'lı gruplar halinde 3 no'lu istasyonda bulunan Op.400'de işlem görmektedir.

Mevcut yerleşimde insanlar yolları 2 yönlü olarak kullanabilmektedir. Her 12 dakikada 1 olmak üzere istasyon 1'den istasyon 3'e, istasyon 2'den istasyon 3'e malzeme taşınmaktadır. Bu durumda işçinin bölgeden ayrılıp başka bölgelerde iş yapması için çok zamanı kalmamaktadır.

Tablo 2: AGV'nin Teknik Özellikleri

Maksimum Hız	Hızlanma	Yavaşlama
25m/dk	10 m/dk ²	10 m/dk ²

Aracın çalışma yönü Şekil 5'de gösterildiği gibidir.



Şekil 5:
AGV'nin Çalışma Yönü

İncelenen sistemde teknik nedenlerden ötürü AGV'nin tek yönlü olarak çalışması gerekmektedir. İstasyonlar arası mesafe matrisi Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: İstasyonlar Arası Mesafe Matrisi

	İstasyon1	İstasyon2	İstasyon3
İstasyon1	0	30	170
İstasyon2	170	0	140
İstasyon3	30	60	0

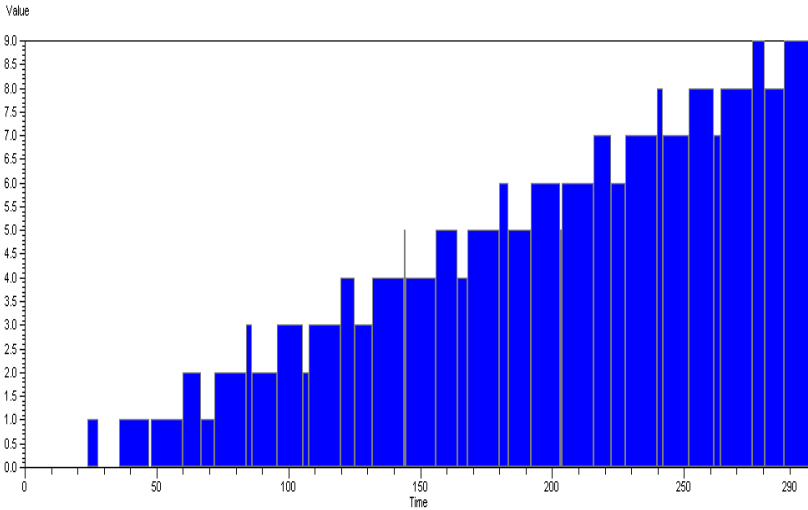
Taşıma arabası çıkartma ve takma işlem süresi parça başına 0,016 dakikadır. En büyük operasyon süresine (1,9 dk) (op.400) eklenince;

$$(1,90+0,016=1,916 \text{ dakika})$$

1,916 dk. belirlenen çevrim süresinden azdır. Taşıma arabasının AGV'ye takılma süresi 6 parça için 0,1 dakikadır.

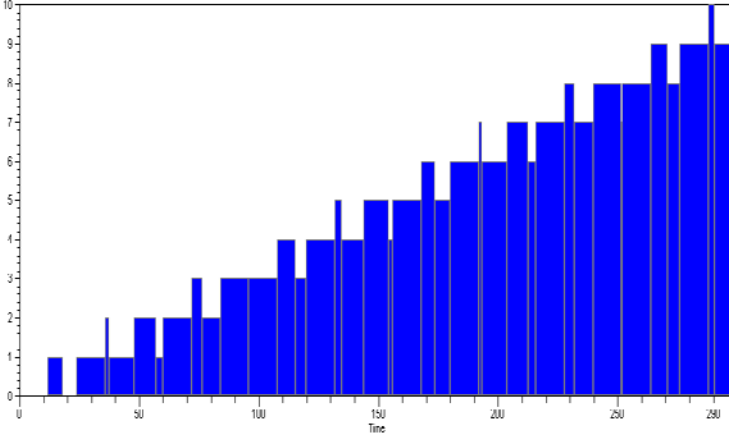
4.2. Mevcut Durum İçin Benzetim Modelinin Sonuçları

Arena paket programında geliştirilen benzetim modeli çalıştırıldığında OP300 ve OP400'deki sistem kullanım oranlarının % 30 civarında olduğu gözlenmiştir. OP100 ve OP200 için ise sistem kullanım oranları %90 olduğu gözlenmiştir. Kuyrukta bekleyen parçalar; OP100 için 4,23(x6) ve Op 200 için 4,70(x6) olduğu görülmektedir (25 parçaya karşılık gelmektedir). Bu durum taşımada sorun olduğunun göstergesidir.



Şekil 6:
Op 100 Postasında İşlenerek Taşınma Bekleyen Parçaların Sayısı

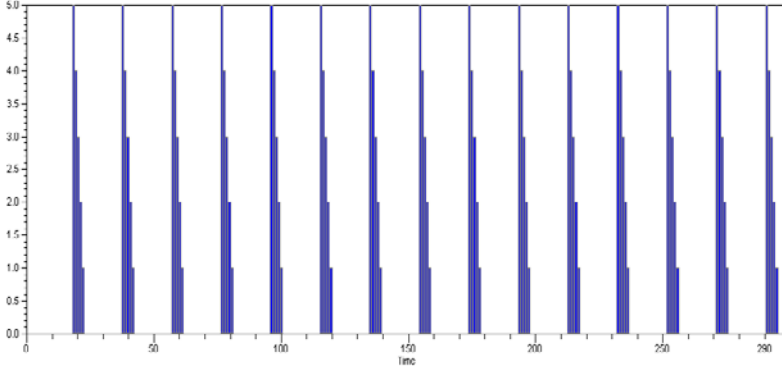
Şekil 6 incelendiğinde Op 100 postasında işlenip taşınma bekleyen parçaların sayısının zaman içerisinde arttığı görülmektedir.



Şekil 7:

Op 200 Postasında İşlenerek Taşınma Bekleyen Parçaların Sayısı

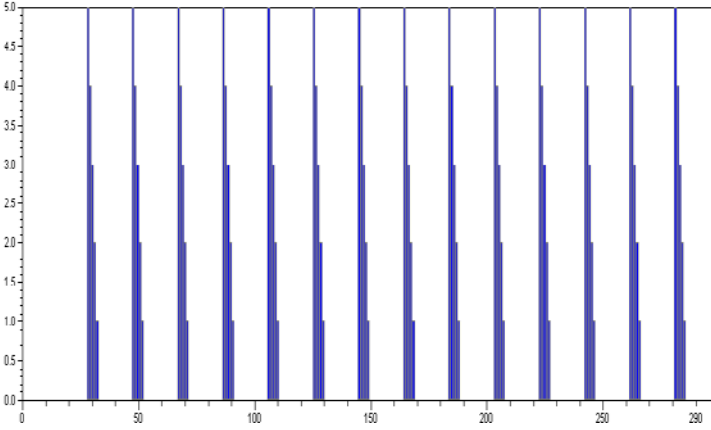
Şekil 7 incelendiğinde Op 200 de işlem görmüş ve taşıma bekleyen parçaların sayısı zaman içerisinde artmaktadır.



Şekil 8:

Op 300 Postasında İşlenerek Taşınma Bekleyen Parçaların Sayısı

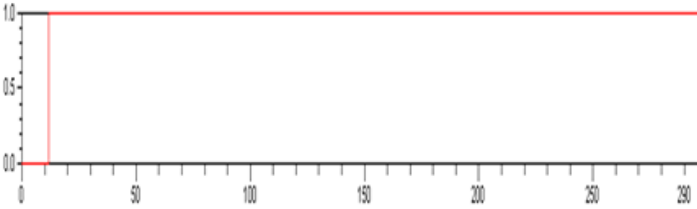
Şekil 8 incelendiğinde, Op 300 postasının işlem durumu görülmektedir. İşlem için parça gelmesi beklenmektedir. Postada büyük miktarda aylıklık mevcuttur.



Şekil 9:

Op 400 Postasında İşlenerek Taşınma Bekleyen Parçaların Sayısı

Op 400 postasının işlem durumu Şekil 9’da görülmektedir. İşlem için parça gelmesi beklenmektedir. Op 400 postasında büyük miktarda aylıklık vardır.



Zaman

Şekil 10:

AGV Doluluk Oranı

Bu sonuçlara göre AGV devamlı çalışmasına rağmen taşıma için yeterli olmamaktadır. AGV doluluk oranı %96’dır.

4.3. Senaryolar

Geliştirilen benzetim modeli çalıştırıldığında öngörülen taşıma sisteminin ihtiyacı karşılamadığı görülmektedir. Yine AGV kullanım oranı istenilenin üzerindedir. Sistem parametreleri hız, hızlanma, yavaşlama kabul edilmiş ve bunların değişimi senaryolarla incelenmiştir. 485 dakika için benzetim modeli çalıştırılmıştır. İlk 50 dakika ısınma süresi (warm-up period) olarak alınmıştır. Bir vardiyada 435 dakika çalışma süresi vardır.

Hedeflenen imalat miktarı 217 parçadır. A=OP300'den çıkan parça sayısı, B= OP400'den çıkan parça sayısı göstermek üzere senaryoların karşılaştırılması Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 4: Senaryoların Karşılaştırılması

	Hız	Hızlanma	Yavaşlama	Op 100 İçin Taşıma Kapasitesi	Op 200 İçin Taşıma Kapasitesi	A	B	Hedef Parça Sayısı
Senaryo 1	25	10	10	6	6	132	136	217,5
Senaryo 2	30	10	10	6	6	130	126	217,5
Senaryo 3	25	15	15	6	6	168	168	217,5
Senaryo 4	25	20	20	6	6	176	176	217,5
Senaryo 5	25	25	25	6	6	196	196	217,5
Senaryo 6	30	15	15	6	6	156	154	217,5
Senaryo 7	30	20	20	6	6	190	190	217,5
Senaryo 8	30	25	25	6	6	206	206	217,5
Senaryo 9	30	30	30	6	6	200	200	217,5
Senaryo 10	35	10	10	6	6	126	130	217,5
Senaryo 11	35	15	15	6	6	160	158	217,5
Senaryo 12	35	20	20	6	6	184	184	217,5
Senaryo 13	35	25	25	6	6	196	194	217,5
Senaryo 14	35	30	30	6	6	218	218	217,5
Senaryo 15	40	10	10	6	6	126	130	217,5
Senaryo 16	40	15	15	6	6	156	156	217,5
Senaryo 17	40	20	20	6	6	178	178	217,5
Senaryo 18	40	25	25	6	6	210	210	217,5
Senaryo 19	40	30	30	6	6	218	218	217,5
Senaryo 20	40	35	35	6	6	218	218	217,5
Senaryo 21	40	40	40	6	6	218	218	217,5
Senaryo 22	35	35	35	6	6	218	218	217,5

4.4. Modelin Doğrulanması ve Geçerliliği

Benzetim analistinin karşılaştığı en güç problem, benzetim modelinin üzerinde çalışılan gerçek sistemin uygun bir temsili olup olmadığını belirlemektir. Diğer bir deyişle modelin geçerliliğini sınamaktır (Law ve Kelton, 2000: 264). Aynı kitapta belirttiği üzere Arena paket programında “Trace” modülü, bu programda geliştirilecek modellerin doğrulanması amacıyla kullanılabilir bir araçtır. Trace durumunun incelenmesiyle program, gerçekleştirdiği tüm süreçleri not eder, dolayısıyla modelin istenildiği gibi çalışıp çalışmadığı kontrol edilebilir. Böylece programda bulunabilecek potansiyel hatalar süreçlerin takip edilmesiyle

elimine edilebilir. Bu çalışmada model geçerliliği bu yöntemle kontrol edilmiş ve modelin kurgulandığı gibi çalıştığı gözlenmiştir. Bu çalışma, AGV projesinin ön araştırması olduğu için modelin fiili geçerliliği ancak proje gerçekleştirildiğinde test edilebilecektir. Model doğrulama ve geçerliliği konusunda geniş bilgi için Sezen ve Günal (2009) incelenebilir.

5. SONUÇ

Arena paket programının animasyon özelliği yoluyla modelin görsel olarak test edilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen model ile sistemde otomatik kılavuzlu araç kullandığında OP 100, OP 200, OP 300, OP 400’de oluşan kuyruklar ve operasyonların doluluk oranları bulunmuştur. OP 300 ve OP 400’ de işlem görmek için bekleyen parça sayılarının az olması, buna karşın OP 100 ve OP 200’de işlem görmek için kuyrukta bekleyen parça sayısının fazla olması taşıma sisteminin yetersiz kaldığını göstermektedir.

Geliştirilen benzetim modeli ile hız, hızlanma ve yavaşlama parametreleri dikkate alınarak 22 senaryo geliştirilmiştir. Dikkate alınan diğer önemli bir husus ise her bir vardiyada hedeflenen parça sayısının 217 olmasıdır. A=OP300’ den çıkan parça sayısını, B= OP400’ den çıkan parça sayısını göstermek üzere senaryolar incelendiğinde 14, 19, 20, 21, 22 no’ lu senaryoların hedef imalat sayısını karşılayabildiği gözlenmiştir. AGV’nin doluluk oranlarının bu senaryolarda sırasıyla, 0,98, 0,93, 0,93, 0,86, 0,89 olduğu tespit edilmiştir.

Yüksek doluluk oranları arıza durumlarında imalatta problem çıkartabilir, dolayısıyla %90 üzeri doluluk oranı tercih edilmemektedir. Doluluk oranları da dikkate alındığında firma 21 ve 22 no’lu senaryolardaki niteliklere uygun AGV kullanabilir.

Yurt dışında çok çeşitli uygulamaları bulunan AGV'lerin yurt içi imalat endüstrisinde de kullanımının yaygınlaşması yararlı olacaktır. Yine AGV’ler; imalat endüstrisi yanı sıra farklı sektörlerde, hapishane ve hastane gibi kuruluşlarda etkin şekilde kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Bing, W., (1998), “Application of Analytic Process of Resource in an AGV Scheduling”, *Computer and Industrial Engineering*, 35(1-2), 169-172.
- Chung, C.A., (2004), *Simulation Modelling Handbook*, CRC Press, Florida.
- Craighead, J., Murphy, R., Burke, J., Goldiez, B., (2007), “A Survey of Commercial & Open Source Unmanned Vehicle Simulators.” *In Proceedings of the 2007 International Conference On Robotics and Automation*, 852-857.

Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

- Eilers, Kevin, Rossmann, Juergen, (2014), Modeling An Agv Based Facility Logistics System To Measure And Visualize Performance Availability In A VR Environment, *Proceedings Of The 2014 Winter Simulation Conference*, Savannah.
- Gaskins, R. J., Tanchoco, J. M. A., (1987), "Flow Path Design for Automated Guided. Vehicle Systems", *International Journal of Production Research*, 25, 667-.676.
- Gebennini, E., Dallari, S., Grassi, A., Perrica, G., Fantuzzi, C., Gamberini, R., (2008), "A Simulation Based Approach For Supporting Automated Guided Vehicles (Agvs) Systems Design", *Proceedings Of The 2008 Winter Simulation Conference*, 2156-2163.
- Hodgson, T. J., King, R. E., Monteith, S. K., Schultz, S. K., (1987), "Developing Control Rules for an AGVs Using Markov Decision Processes", *Material Flow*, 4, 85-96.
- Karaebber, H.W., Rehg, J.A., (2001), *Computer Integrated Manufacturing*, Prentice Hall, New Jersey.
- Kaspi, M., Tanchoco, J. M. A., (1990), "Optimal Flow Path Design of Unidirectional AGV Systems", *International Journal of Production Research*, 28, 1023-1030.
- Kesen, S.E., Baykoç, Ö.F., (2007), "Simulation Of Automated Guided Vehicle (AGV) Systems Based On Just-In-Time (JIT) Philosophy In A Job-Shop Environment, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15, 272-284.
- Klaas, Alexander, Laroque, Christoph, Dangelmaier, Wilhelm,(2011), Simulation Aided, Knowledge Based Routing For Agvs In A Distribution Warehouse, *Proceedings Of The 2011 Winter Simulation Conference*, Arlington, Virginia
- Langevin, A.C, Lauzan, D., Riopel, D., (1996), "Dispatching, Routing and Scheduling of two Automated Guided Vehicles in a Flexible Manufacturing System", *The International Journal of Flexible Manufacturing System*, 8,247-262.
- Law, A.M., Kelton, W.D., (2000), *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw Hill, Singapore.
- Pegden, C.D., (1990), *Introduction to Simulation Using Siman*, McGrawHill Inc., Highstown, New Jersey.
- Seifert, R.W., Kay, M.G., Wilson, J.R., (1998), "Evaluation Of AGV Routing Strategies Using Hierarchical Simulation", *Int.J.Prod.Res.*vol 36, no 7, 1961-1976.
- Pidd, Michael, (2009), *Yöneylem Araştırmasında Benzetim*, Çev. Sezen H.K. ve Günal M.M., Ekin Basım Dağıtım, Bursa.

- Wang, Meng Chang, Zhou, Yaoming, (2015), "Scheduling For An Automated Guided Vehicle In Flexible Machine Systems", ***Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference***, California.
- Takakuwa, S., (1995), "Flexible Modelling And Analysis Of Large Scale ASRS AGV System", ***Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference***.

