

## DİNAMİK PROGRAMLAMA İLE AGV HATTI İÇİN VBA UYGULAMASI

### VBA IMPLEMENTATION VIA DYNAMIC PROGRAMMING FOR AGV LINE

**Doç. Dr. Arzu EREN ŞENARAS**

Bursa Uludağ Üniversitesi,  
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü,  
Bursa/TÜRKİYE, E-mail: [arzueren@uludag.edu.tr](mailto:arzueren@uludag.edu.tr)

**Öğr. Gör. Şahin İNANÇ**

Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Keles Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü  
Bursa/TÜRKİYE, E-mail: [sahininanc@uludag.edu.tr](mailto:sahininanc@uludag.edu.tr)

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
<p><b>Makale Geçmişi:</b> Geliş: 11 Ekim 2018 Kabul: 25 Ekim 2018</p>	<p>Dinamik programlama yönelem araştırmasında kullanılan optimizasyon yöntemlerinden birisidir. Biri diğerini izleyen ve karşılıklı etkileri olan bir dizi kararın bütünüyle ele alındığı problemler için geliştirilen karar modelleri ve bunların çözümleri dinamik programlama başlığı altında incelenebilir. Öte yandan incelenen problemin biri diğeriyile ilişkili alt problemlere ayrılabilme özelliğini taşıması ya da bir problem için geliştirilen karar modelinin, birbirine bağlı karar modelleri haline dönüştürülmesi, dinamik programlama uygulaması için yeterli olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bir işletmede Otomatik Klavuzlu Araç (AGV) hattı kurulması için en kısa yolun bulunmasıdır. MS Excel VBA'de dinamik programlama yöntemi kullanılarak uygulama geliştirilmiştir. Ürünlerin en kısa sürede taşınması sağlanmıştır. Bu sayede Otomatik Klavuzlu Araç (AGV)'nin etkinliği artırılmıştır.</p>
<p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Otomatik Klavuzlu Araç (AGV), Araç Rotalama Problemi, Dinamik Programlama.</p>	
<p><b>DOI:</b> 10.15637/jlecon.273</p>	
<p><b>JEL Kodları:</b> C44, C61</p>	

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Article History:</b> Received: 11 September 2018 Accepted: 25 October 2018</p>	<p>Dynamic programming is one of the optimization methods used in operation research. Decision models and their solutions developed for problems that have been dealt with in one set of decisions that follow one another and are mutually influential can be examined under the heading dynamic programming. On the other hand, it is enough for the application of dynamic programming that the problem examined is one that can be divided into sub-problems related to one another or that the decision model developed for a problem is transformed into interdependent decision models. The purpose of this study is to find the shortest way to establish an Automatic Guide to Vehicle (AGV) line in an enterprise. Application was developed by using the dynamic programming method in MS Excel VBA. Products are transported as soon as possible. In this way, the efficiency of the Automatic Guided Vehicle (AGV) has been increased.</p>
<p><b>Keywords:</b> Automated Guided Vehicle, Vehicle Routing Problem, Dynamic Programming</p>	
<p><b>DOI:</b> 10.15637/jlecon.273</p>	
<p><b>JEL Codes:</b> C44, C61</p>	

## 1. GİRİŞ

Malzeme taşıma enstitüsü otomatik klavuzlu aracı aşağıdaki gibi tanımlar. AGV, otomatik klavuzlu 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 klavuzlu 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 kullanılabilir. 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 hızlıca 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).

## 2. LİTERATÜRE KISA BAKIŞ

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 modellenmesi 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 artırılmaya 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 klavuzlu 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 klavuzlu araç rotalama çalışmaları yerine daha sağlam rotalama için dinamik yapıları ve makine öğrenmeyi kullanan bir rotalama algoritmasını denemişlerdir.

Eilers ve Rossmann (2014) çalışmalarında, otomatik klavuzlu araç ile tüm lojistik işlemlerinin yürütüldüğü atölyede otomatik klavuzlu 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.

Eren Şenaras ve Sezen (2016), çalışmalarının 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.

### 3. DİNAMİK PROGRAMLAMA

Dinamik programlama yöneylem araştırmasında kullanılan optimizasyon yöntemlerinden birisidir. Biri diğerini izleyen ve karşılıklı etkileri olan bir dizi kararın bütünüyle ele alındığı problemler için geliştirilen karar modelleri ve bunların çözümleri dinamik programlama başlığı altında incelenebilir. Öte yandan incelenen problemin biri diğeriyle ilişkili alt problemlere ayrılabilme özelliğini taşıması ya da bir problem için geliştirilen karar modelinin, birbirine bağlı karar modelleri haline dönüştürülmesi, dinamik programlama uygulaması için yeterli olmaktadır. Dinamik Programlama 1920'den bu yana önemini arttırarak gelişmiştir. Dinamik programlama, yöneylem araştırmasında kullanılan optimizasyon yöntemlerinden birisidir. Dinamik programlama birtakım kararların alınması konusunda türlü aşamalar (devreler, safhalar) için yapılması gerekli modeller olarak tanımlayabiliriz. Bu aşamalar; zamanla ilgili olabileceği gibi, bazı hallerde başka değişkenler cinsinden de olabilir(Sezen, 2007).

#### *Dinamik Programlamada Kullanılan Kavramlar*

Aşama: Çok aşamalı bir karar sürecinin her bir alt problemi aşama olarak adlandırılır.

Durum: Her bir aşamada sistemin veya değişkenlerin alabileceği değerdir.

Karar: Her bir süreçte aşamaları tamamlama ile ilgili seçenekler arasından bir seçim yapılması işlemi karar olarak isimlendirilir.

Optimal Politika: Çok aşamalı bir karar sürecinin her karara bağlı, maliyet veya kar cinsinden bir getirisi vardır. Optimal politika sürecin her bir aşaması için verilen kararların bir sırasıdır.

Geçiş Fonksiyonları: Her aşamanın bulunabilecek durumlarında verilebilecek karara göre bu aşamayı izleyen veya daha önceki aşamanın hangi durumuna gelineceğini belirleyen ilişkilere geçiş fonksiyonu denir.

### 4. AGV HATTI İÇİN VBA UYGULAMASI

Bu çalışmanın amacı, bir işletmede AGV hattı kurulması için en kısa yolun VBA ile dinamik programlama yöntemi kullanılarak hesaplanmasıdır. Bursa'da faaliyet gösteren bir imalat atölyesinde ürünler otomatik klavuzlu araçlarla taşınmaktadır. Ele alınan problemde, iki atölye arasında en kısa sürede mal taşınması amacıyla otomatik klavuzlu araçların yollarının işletme içerisinde nereye kurulması gerektiği incelenmektedir. AGV lerin geçebileceği alanlar

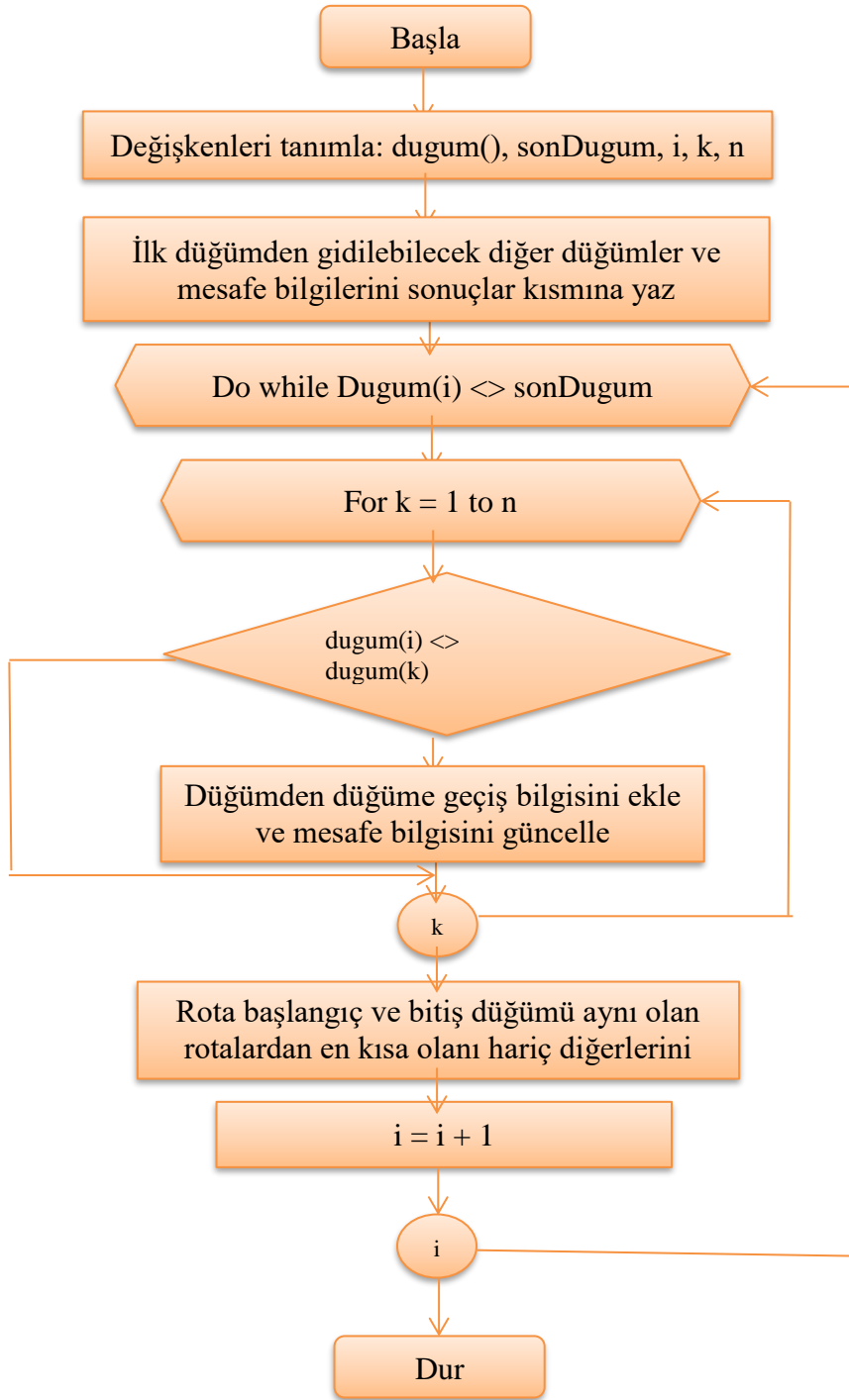
tespit edilmiş olup belirli noktalar arasındaki mesafeler dekametre (dm) cinsinden ölçülmüştür. Ele alınan sistemde AGV nin niteliği 25 m/dk'dır.

Dinamik programlama için algoritma aşağıdaki gibidir:

- Başla
- Değişkenleri tanımla: dugum(i), sonDugum, mesafe, i, k, n (sonDugum rotanın bittiği düğümü gösteriyor. mesafe bilgisi rotadaki toplam mesafeyi gösteriyor. i değeri ilk döngünün değişkeni ve k değeri ikinci döngünün değişkenini gösteriyor. n düğümünden düğüme geçiş sayısını gösteriyor)
- İlk düğümünden
- Do while dugum(i) <> sonDugum
- for k =1 to n
- Eğer dugum(i) <> dugum(k) ise adım 8'e git
- Düğümünden düğüme geçiş bilgisini MS Excel'de sonuç kısmına ekleyip mesafe bilgisini güncelle (önceki mesafe bilgisi üzerine ilave et)
- Next k
- Belirli bir düğüme kadar olan rotalar içerisinde başlangıç ve bitişi aynı olan rotalardan en kısa olanını seç ve diğer rotaları işleminden çıkar.
- $i = i + 1$
- loop i
- Dur

Dinamik programlama için akış çizgesi Şekil 1'deki gibidir.

Şekil 1. Dinamik Programlama İçin Akış Çizgesi



Ele alınan problemde AGV hattı için belirlenen noktalar arası mesafe bilgileri MS Excel'e Şekil 2'deki gibi tanıtılmıştır. Örneğin AGV hattı için hesaplanan bilgilere göre, A noktasından B noktasına mesafenin 11 dm olduğu bulunmuştur.

Şekil 2. AGV Hattı İçin Mesafeler

	A	B	C	D		A	B	C	D	
1					Hesapla	33	No	Mesafe	Başlangıç	Bitiş
2						34	31	6	I	T
3	No	Mesafe	Başlangıç	Bitiş	35	32	9	İ	S	
4	1	11	A	B	36	33	5	İ	T	
5	2	5	A	C	37	34	18	J	R	
6	3	3	A	D	38	35	7	J	T	
7	4	7	A	E	39	36	12	J	U	
8	5	6	A	F	40	37	4	K	S	
9	6	4	B	G	41	38	14	K	T	
10	7	3	B	H	42	39	9	K	U	
11	8	7	B	I	43	40	7	L	P	
12	9	6	B	J	44	41	6	L	U	
13	10	6	C	H	45	42	6	M	P	
14	11	15	C	K	46	43	21	M	R	
15	12	5	C	L	47	44	7	M	U	
16	13	16	C	J	48	45	6	N	R	
17	14	7	D	G	49	46	7	N	S	
18	15	4	D	I	50	47	11	O	P	
19	16	6	D	J	51	48	4	O	T	
20	17	11	D	L	52	49	3	P	Y	
21	18	18	E	L	53	50	5	P	V	
22	19	7	E	M	54	51	4	R	Y	
23	20	4	E	N	55	52	4	R	Z	
24	21	6	E	O	56	53	3	S	Y	
25	22	3	F	G	57	54	15	S	V	
26	23	5	F	J	58	55	7	S	Z	
27	24	11	F	M	59	56	6	T	V	
28	25	7	F	O	60	57	17	T	Z	
29	26	4	G	P	61	58	3	U	V	
30	27	3	G	R	62	59	5	V	X	
31	28	5	H	P	63	60	11	Y	X	
32	29	15	H	S	64	61	7	Z	X	
33	30	6	I	R						

Hesapla butonuna tıklandığında dinamik programlama yöntemi kullanılarak AGV hattına ilişkin rotalar ve mesafeleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'deki gibidir. Örneğin A – B – G – P – Y – X rotası için hesaplanan toplam mesafe 33 dekametredir.

**Tablo 1.** Hesaplanan Rota ve Mesafe Bilgileri

33	A	B	G	P	Y	X
29	A	B	G	P	V	X
33	A	B	G	R	Y	X
29	A	B	G	R	Z	X
33	A	B	H	P	Y	X
29	A	B	H	P	V	X
43	A	B	H	S	Y	X
49	A	B	H	S	V	X
43	A	B	H	S	Z	X
39	A	B	I	R	Y	X
35	A	B	I	R	Z	X
35	A	B	I	T	V	X
48	A	B	I	T	Z	X
50	A	B	J	R	Y	X
46	A	B	J	R	Z	X
35	A	B	J	T	V	X
48	A	B	J	T	Z	X
37	A	B	J	U	V	X
30	A	C	H	P	Y	X
26	A	C	H	P	V	X
40	A	C	H	S	Y	X
46	A	C	H	S	V	X
40	A	C	H	S	Z	X
38	A	C	K	S	Y	X
44	A	C	K	S	V	X
38	A	C	K	S	Z	X
45	A	C	K	T	V	X
58	A	C	K	T	Z	X
37	A	D	I	T	Z	X
42	A	D	J	R	Y	X
38	A	D	J	R	Z	X
27	A	D	J	T	V	X
40	A	D	J	T	Z	X
29	A	D	J	U	V	X
35	A	D	L	P	Y	X
31	A	D	L	P	V	X
28	A	D	L	U	V	X
46	A	E	L	P	Y	X
42	A	E	L	P	V	X
39	A	E	L	U	V	X
34	A	E	M	P	Y	X
30	A	E	M	P	V	X
50	A	E	M	R	Y	X
46	A	E	M	R	Z	X
29	A	E	M	U	V	X
32	A	E	N	R	Y	X
28	A	E	N	R	Z	X
32	A	E	N	S	Y	X
38	A	E	N	S	V	X
32	A	E	N	S	Z	X
38	A	E	O	P	Y	X
34	A	E	O	P	V	X
28	A	E	O	T	V	X
41	A	E	O	T	Z	X
27	A	F	G	P	Y	X
<b>23</b>	<b>A</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>X</b>

37	A	C	K	U	V	X
31	A	C	L	P	Y	X
27	A	C	L	P	V	X
24	A	C	L	U	V	X
54	A	C	J	R	Y	X
50	A	C	J	R	Z	X
39	A	C	J	T	V	X
52	A	C	J	T	Z	X
41	A	C	J	U	V	X
28	A	D	G	P	Y	X
24	A	D	G	P	V	X
28	A	D	G	R	Y	X
24	A	D	G	R	Z	X
28	A	D	I	R	Y	X
24	A	D	I	R	Z	X
24	A	D	I	T	V	X
27	A	F	G	R	Y	X
<b>23</b>	<b>A</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>R</b>	<b>Z</b>	<b>X</b>
44	A	F	J	R	Y	X
40	A	F	J	R	Z	X
29	A	F	J	T	V	X
42	A	F	J	T	Z	X
31	A	F	J	U	V	X
37	A	F	M	P	Y	X
33	A	F	M	P	V	X
53	A	F	M	R	Y	X
49	A	F	M	R	Z	X
32	A	F	M	U	V	X
38	A	F	O	P	Y	X
34	A	F	O	P	V	X
28	A	F	O	T	V	X
41	A	F	O	T	Z	X

Tablo 1 incelendiğinde AGV hattı kurulması için en kısa mesafenin 23 dm olduğu hesaplanmıştır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada MS Excel’de geliştirilen Visual Basic Application ile dinamik programlama yöntemi kullanılmıştır. En kısa yolu veren rotalar A – D – I – T – Z – X ve A – D – J – R – Y – X olarak bulunmuştur. Bu sayede AGV hattının en kısa rotaya kurulmasıyla mal taşınmasının daha kısa sürede tamamlanması sağlanmıştır. Bu sayede imalat atölyesinde kullanılan AGV’ nin etkinliği artırılmıştır.



## KAYNAKÇA

- BING, W., (1998). "Application of Analytic Process of Resource in an AGV Scheduling", Computer and Industrial Engineering, 35(1-2), 169-172.
- EILERS, K., ROSSMANN, J., (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.
- EREN ŞENARAS A., SEZEN H. K. (2016). "AGV Niteliklerinin İmalat Sistemlerine Etkisinin Benzetim İle İncelenmesi", Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt/Vol. XXXV, Sayı/No. 1, 2016, pp. 103-117.
- 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.
- KARAEPPER, H.W., REHG, J.A., (2001). Computer Integrated Manufacturing, Prentice Hall, New Jersey.
- 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, A., LAROQUE, C., DANGELMAIER, W. (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.
- 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.
- SEZEN, H.K. (2007). Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, Bursa.
- WANG, M. C., ZHOU, Y., (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.

