

HAZIRLIK ZAMANLARININ ÖĞRENME ETKİLİ OLDUĞU ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

*Tamer EREN**
*Ertan GÜNER***

Özet: Çizelgeleme problemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle işlerin hazırlık zamanları ya ihmal edilmiş ya da işlem zamanına dahil edilerek çözüm yaklaşımları geliştirilmiştir. Ancak bazı üretim sistemlerinde, hazırlık zamanları ihmal edilmeyecek kadar önemli olabileceğinden işlem zamanlarından hazırlık zamanlarından ayrı düşünmek gerekebilir. Üretim sistemlerinde işler genellikle otomatik makine işlemlerine göre yapıldığı için işlem zamanları işlem sırasına göre bir değişiklik göstermemektedir. Fakat hazırlık zamanları dikkate alındığında insan faktörü devreye girdiği için hazırlık işlemlerinin sık sık tekrarlanmasıyla hazırlık zamanlarında gittikçe bir azalma olmaktadır. Bu olgu çizelgeleme literatüründe öğrenme etkisi olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada tek makineli çizelgeleme problemleri için hazırlık zamanlarının öğrenme etkili olması durumunda elde edilen temel sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tek makineli çizelgeleme problemi, Hazırlık zamanı, Performans ölçütleri, Öğrenme etkisi.

Setup Times with a Learning Effect in Scheduling Problems

Abstract: In scheduling studies, solution approaches have been generally developed by neglecting setup times or including them into processing times. However, in some production systems, setup times can be very important to be neglected. Hence, we should consider setup times independently from processing times. Since, jobs are usually processed using automated machines in production systems; processing times do not differ according to process sequence. But, when setup times need to be considered, human factor becomes influential, and in this situation, setup times decrease by repeating the setup process. This fact is defined as learning effect in scheduling literature. This study discusses the results obtained for single-machine n -jobs scheduling problems with sequence dependent setup times under learning effect.

Key Words: Single machine scheduling problem, Setup times, Performance measures, Learning effect.

1. GİRİŞ

Üretim sistemlerinde aynı veya benzer faaliyetlerin sürekli olarak tekrarlanması sonucu üretim zamanında bir kısalma meydana gelir. Bu olgu literatürde öğrenme etkisi olarak bilinmektedir. Yöneylem araştırmasının pek çok alanında öğrenme etkisi kullanılmasına rağmen çizelgeleme problemlerinde uygulanması ise oldukça yenidir. Öğrenme etkili çizelgeleme problemleri tek makine üzerinde yoğunlaşmıştır. Çizelgeleme de öğrenme etkisi ile ilgili ilk çalışma Biskup (1999) tarafından yapılmıştır. Biskup (1999) çalışmasında tek makinede maksimum tamamlanma zamanı ile teslim tarihinden en az sapma problemlerini incelemiştir. Toplam akış zamanı problemini Moshiev (2001a) ile Mosheiov ve Sidney (2003) atama modeliyle, Eren ve Güner (2002) ise matematiksel programlama modeliyle çözmüşlerdir. Cheng ve Wang (2000) maksimum gecikme probleminin NP-zor olduğunu göstermiştir. Eren ve Güner (2005a) bu problemi matematiksel programlama ile, Wu vd. (2007) ise dal-sınır yöntemiyle çözmeye çalışmışlardır. Ayrıca araştırmacılar büyük boyutlu problemlerin çözümü için de sezgisel yaklaşımlar önermişlerdir. Moshiev ve Sidney (2005) geciken iş sayısı problemini ortak teslim tarihli durumda atama modeli ile Eren (2007) ise aynı problemi farklı teslim tarihli durumda matematiksel programlama modeli ile çözmüştür. Eren ve Güner (2007) toplam gecikme problemi için matematiksel programla yöntemini kullanmışlardır. Ayrıca büyük boyutlu problemlerin çözümü için tabu arama ve tavlama benzetimi sezgisel yaklaşımlarını önermişlerdir. Bunlarla birlikte tek makineli problemler için önemli teorik çalışmalar da mevcuttur (Biskup and Simons, 2004; Eren ve Güner, 2004b; Lee, 2004; Lee et al., 2004; Kuo and Yang 2007). Ayrıca çizelgele-

* Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71451, Yahşihan, Kırıkkale.

** Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara.

mede tek makineli problemler dışında paralel makineli (Moshiev, 2001b; Eren ve Güner, 2004c;2005bc) ve akış tipinde (Eren ve Güner, 2003; 2004a; Lee and Wu, 2004; Cheng et al., 2007) yapılan çalışmalar da bulunmaktadır.

Öğrenme etkili çizelgeleme problemlerinde yapılan çalışmalarda sadece işlem zamanlarının öğrenme etkili olduğu durumlar için incelenmiştir. Bu da özellikle montaj atölyelerinde kullanılmaktadır. Birçok üretim sistemlerinde ise, işler genellikle otomatik makine işlemlerine göre yapıldığı için işlem zamanları işlem sırasına göre bir değişiklik göstermemektedir. Fakat, hazırlık zamanları dikkate alındığında insan faktörü devreye girdiği için hazırlık işlemlerinin sık sık tekrarlanmasıyla hazırlık zamanlarında git-tikçe bir azalma olmaktadır. Bu çalışmada da hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğu durumda temel çizelgeleme problemleri incelenecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, ele alınan öğrenme etkili hazırlık zaman problemi tanımlanacaktır. Temel tek makineli çizelgeleme problemlerinin değerlendirmesi ise üçüncü bölümde yapılacaktır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar ile gelecekte yapılacak çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

2. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Atölyeye gelen n iş aynı zamanda işlem için hazırdır. Gelen işler ($j = 1, 2, \dots, n$) tek makinede sırasıyla işlem görmektedir. s_j , p_j ve d_j , j işinin hazırlık zamanı, işlem zamanı ve teslim tarihini göstermektedir. Bir işin hazırlık zamanı, öğrenme etkisi olduğunda sıradaki pozisyonun bir fonksiyonu olarak azalır. j işi r . pozisyonda çizelgeniyor ise bu işin hazırlık zamanı s_{jr} olarak kabul edilir ve $s_{jr} = s_j r^a$ olarak ifade edilir. Burada s_j , j işi ilk sırada yer aldığı hazırlık zamanı, $a \leq 0$ olan öğrenme indeksi sabitidir ve öğrenme oranının iki tabanına göre logaritması olarak verilir. Sıralamaya göre farklı işlerin makinelerdeki hazırlık ve işlem zamanları matrisi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.
Tek Makineli Çizelgelemede Hazırlık ve İşlem Zamanları Matrisi

$s_{jr} + p_j = s_j r^a + p_j$	pozisyon			
	$r = 1$	$r = 2$...	$r = n$
$s_{1r} + p_1 = s_1 r^a + p_1$	$s_1 1^a + p_1$	$s_1 2^a + p_1$...	$s_1 n^a + p_1$
$s_{2r} + p_2 = s_2 r^a + p_2$	$s_2 1^a + p_2$	$s_2 2^a + p_2$...	$s_2 n^a + p_2$
$s_{nr} + p_n = s_n r^a + p_n$	$s_n 1^a + p_n$	$s_n 2^a + p_n$...	$s_n n^a + p_n$

Çalışmada kullanılan diğer varsayımlar şöyledir: İşlerin hazırlık zamanları önceden bilinmekte ve işlem zamanına dahil edilmemiştir. İş kesintisine izin verilmeyip başlanan iş makinede tamamlanmadan başka bir iş başlayamaz ve makinenin çizelgeleme periyodu süresince sürekli çalıştığı varsayılmaktadır. Ayrıca makinede aynı anda tek bir iş yapılabilmektedir.

3. TEMEL TEK MAKİNELİ ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

Bu bölümde temel tek makineli çizelgeleme problemleri performans ölçütlerine göre bulunan sonuçlar hazırlık zamanlarının öğrenme etkili olduğu durumda gösterilecektir.

3.1. Maksimum tamamlanma zamanının enküçüklenmesi

Tek makineli durumda maksimum tamamlanma zamanı $1 // C_{\max}$, problemi hangi sırada olursa olsun sabit iken, işlem zamanları öğrenme etkili olduğunda $1 / \bar{OE} / C_{\max}$, (\bar{OE} : öğrenme etkisi) en kısa işlem zamanı (EİZ) kuralı ile eniyi çözüm bulunur (Moshiev, 2001a). Hazırlık zamanı öğrenme etkili olduğunda $1 / s_j^{\bar{OE}} / C_{\max}$ ise, problem enküçük hazırlık zamanı (EHZ) kuralı ile enküçüklenir.

Teorem:

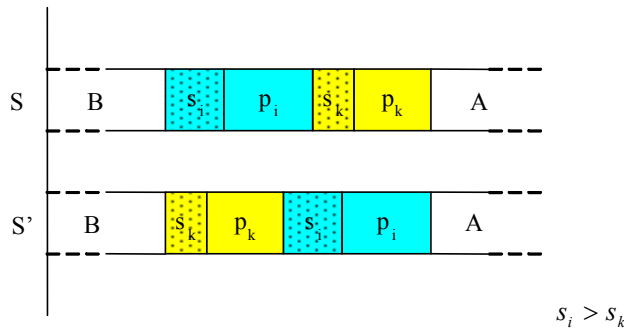
n iş tek makinede $1/s_j^{\text{ÖE}} / C_{\text{max}}$ probleminde maksimum tamamlanma zamanı (C_{max}) hazırlık zamanlarının küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla enküçüklenir.

$$s_j^{\text{ÖE}}(1) \leq s_j^{\text{ÖE}}(2) \leq \dots \leq s_j^{\text{ÖE}}(n)$$

$s_j^{\text{ÖE}}(r)$: r . pozisyondaki işin hazırlık zamanıdır.

İspat:

s_j ve p_j , j işinin hazırlık zamanını ve işlem zamanını göstermektedir. s_{jr} , r . pozisyondaki işin hazırlık zamanı göstermekte ve $s_{jr} = s_j r^a$ ile ifade edilmektedir.



Şekil 1.
S ve S' çizelgesinin Gantt şeması

B: $(r-1)$. pozisyona kadar ki işlerin hazırlık ve işlem zamanları toplamı

A: $(r+2)$. pozisyondan sonraki işlerin hazırlık ve işlem zamanları toplamı

i . iş $J_i(r)$ r . pozisyonda

k . iş $J_k(r+1)$ $(r+1)$. pozisyonda

S çizelgesi için,

$$C_{\text{max}} = B + s_i r^a + p_i + s_k (r+1)^a + p_k + A$$

S' çizelgesi için,

$$C'_{\text{max}} = B + s_k r^a + p_k + s_i (r+1)^a + p_i + A$$

$$C_{\text{max}} - C'_{\text{max}} = s_i [r^a - (r+1)^a] + s_k [(r+1)^a - r^a]$$

$$C_{\text{max}} - C'_{\text{max}} = [r^a - (r+1)^a] (s_i - s_k)$$

$[r^a - (r+1)^a] \geq 0$ ve $(s_i - s_k) \geq 0$ olduğundan dolayı $C_{\text{max}} - C'_{\text{max}} \geq 0$ ve EHZ sırası ile maksimum tamamlanma zamanı enküçüklenir.

Örnek 1

10 işli tek makineli bir çizelgeleme probleminde hazırlık ve işlem zamanları Tablo 2'de saat olarak verilmektedir. Öğrenme etkisi değeri genellikle montaj atölyelerinde görülen % 80 ($a = \text{Log}_2 0.80 = -0.322$) oran seçilmiştir. Bu verilere göre maksimum tamamlanma zamanı değerini bulalım.

Tablo 2.
Örnek 1 verileri

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s_j	5	22	21	4	7	18	17	13	8	20
p_j	45	79	70	16	82	12	100	35	92	40

Problem EHZ kuralı ile çözüldüğünde 4-1-5-9-8-7-6-10-3-2 ile $C_{\max} = 647.01$ saat olmaktadır. Aynı problem enküçük işlem zamanı kuralı ile çözüldüğünde 6-4-8-10-1-3-2-5-9-7 sırası ile $C_{\max} = 656.28$ saat bulunurken enküçük işlem zamanı ve hazırlık zamanları toplamı kuralında ise 4-6-8-1-10-5-3-9-2-7 sırası ile $C_{\max} = 651.83$ saat olarak bulunmaktadır.

3.2. Toplam tamamlanma zamanının enküçüklenmesi

Tek makineli durumda toplam tamamlanma zamanı $1 // \sum C_j$ probleminde eniyi çözüm EİZ kuralı ile, işlem zamanları öğrenme etkili olduğunda atama yöntemiyle çözülmektedir (Moshiev, 2001a). Hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğunda ise yine atama problemiyle eniyi çözüm bulunmaktadır. j işi r . pozisyona atandığında pozisyon ağırlığı $(n - j + 1)$ olmaktadır. s_{jr} , r . pozisyondaki işin hazırlık zamanını göstermekte ve $s_{jr} = s_j r^a$ ile ve $Z_{jr} = \begin{cases} 1 & j \text{ işi } r \text{ pozisyona atanıyorsa} \\ 0 & \text{dd} \end{cases} (j, r = 1, 2, \dots, n)$ ile tanımlanmaktadır. Toplam tamamlanma zamanı aşağıda verilen atama modeliyle $O(n^3)$ zamanda eniyi çözüm bulunur.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n (s_{jr} + p_j)(n - j + 1)Z_{jr}$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n Z_{jr} = 1 \quad r = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^n Z_{jr} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$Z_{jr} : 0 - 1 \quad j, r = 1, 2, \dots, n$$

Konuyu açıklayacak sayısal örnek aşağıda verilmektedir.

Örnek 2:

Örnek 1'de ki verileri kullanarak toplam tamamlanma zamanı değerini atama modeliyle çözümü araştırılsın. Hazırlık zamanları ve işlem zamanlarının pozisyonlara göre atanması Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3.
Hazırlık zamanları ve işlem zamanlarının pozisyonlara göre atanması

j	P_j	S_j	pozisyon									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	45	5	500.00	441.00	388.08	337.40	287.87	239.04	190.69	142.68	94.93	47.38
2	79	22	812.00	869.39	755.56	651.55	552.62	456.78	363.03	270.79	179.69	89.48
3	70	21	721.00	781.19	677.94	584.07	495.04	408.97	324.89	242.25	160.70	80.01
4	16	4	164.00	172.80	150.47	129.92	110.29	91.23	72.55	54.14	35.94	17.91
5	82	7	827.00	788.40	695.31	605.36	517.01	429.66	342.96	256.75	170.90	85.34
6	12	18	138.00	237.59	197.09	164.63	136.32	110.54	86.48	63.64	41.74	20.58
7	100	17	1017.00	1022.39	895.48	776.15	660.75	547.74	436.34	326.11	216.76	108.10
8	35	13	363.00	408.60	353.01	303.23	256.45	211.50	167.79	124.97	82.81	41.19
9	92	8	928.00	885.60	780.93	679.84	580.59	482.46	385.10	288.29	191.89	95.81
10	40	20	420.00	503.99	432.33	369.59	311.47	256.16	202.75	150.72	99.71	49.53

Pozisyonlara atanan değerler, atama modelinde katsayıları oluşturmaktadır. Problem çözüldüğünde eniyi sıralama 6-4-8-1-10-3-5-2-9-7 ve toplam tamamlanma zamanı değeri ise 2535.38 saat olarak bulunmaktadır.

3.3. Ağırlıklı toplam tamamlanma zamanının enküçüklenmesi

Tek makinede ağırlıklı toplam tamamlanma zamanı probleminin eniyi çözümü ağırlıklı enküçük işlem zamanı (AEİZ) kuralı bulunmaktadır. Problemin işlem zamanı öğrenme etkili olduğunda ise $1/\bar{OE}/\sum w_j C_j$ (w_j : j işinin ağırlık değeri) AEİZ kuralı ile eniyi sonucu vermediği Mosheiov (2001a) tarafından gösterilmiştir. Hazırlık zamanı öğrenme etkili olduğunda ise problem yine AEİZ kuralı ile eniyi sonucu vermemektedir.

Örnek 3

Öğrenme etkisi % 80 için ($a = -0.322$) $n = 3$ olan problemin ağırlıkları $w_1 = 4$, $w_2 = 5$, $w_3 = 3$, hazırlık zamanları $s_1 = 2$ saat, $s_2 = 6$ saat, $s_3 = 4$ saat ve işlem zamanları $p_1 = 15$ saat, $p_2 = 14$ saat ve $p_3 = 12$ saattir. AEİZ yöntemiyle çözüldüğünde $\sum w_j C_j = 400.62$ saat ve sıralama 2-1-3 olmaktadır. Eniyi sonuç ise 1-2-3 sırası $\sum w_j C_j = 398.82$ saat ile olmaktadır.

3.4. Maksimum gecikmenin enküçüklenmesi

Tek makineli maksimum gecikme ($1//L_{\max}$) probleminin eniyi çözümleri klasik durumda enküçük teslim tarihi (ETT) kuralı bulunmaktadır. İşlem zamanları öğrenme etkili olduğunda ise ETT kuralı eniyi sonucu vermeyi garanti etmez (Moshiev, 2001a). Hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğunda ise ETT kuralı yine eniyi çözümü garanti etmemektedir.

Örnek 4

$n = 3$ olan problemin verileri $s_1 = 12$, $s_2 = 4$, $s_3 = 15$, $p_1 = 15$, $p_2 = 14$, $p_3 = 20$, $d_1 = 23$, $d_2 = 20$, $d_3 = 19$ saattir. Öğrenme etkisi % 80 için ($a = -0.322$) problem EDD yöntemiyle çözüldüğünde $L_{\max} = 52.62$ saat ve sıra 3-2-1 olmaktadır. eniyi sonuç ise $L_{\max} = 50.42$ saat ile 2-3-1 sırası olmaktadır.

3.5. Maksimum erken bitirmenin enküçüklenmesi

Tek makineli maksimum erken bitirme ($1//E_{\max}$) probleminin eniyi çözümü klasik durumda enküçük gevşek zaman (EGZ) kuralı ile bulunmaktadır. İşlem zamanları öğrenme etkili olduğunda ise MST kuralı eniyi sonucu vermeyi garanti etmez (Eren ve Güner, 2004b). Hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğunda ise EGZ kuralı yine eniyi çözümü garanti etmemektedir.

Örnek 5

$n = 3$ olan problemin verileri $s_1 = 12$, $s_2 = 20$, $s_3 = 30$, $p_1 = 10$, $p_2 = 13$, $p_3 = 22$, $d_1 = 50$, $d_2 = 100$, $d_3 = 118$ saattir. Öğrenme etkisi % 80 için ($a = -0.322$) problem EGZ yöntemiyle çözüldüğünde $E_{\max} = 50$ saat ve sıra 1-3-2 olmaktadır. eniyi sonuç ise $E_{\max} = 49$ saat ile 1-2-3 sırası olmaktadır.

3.6. Geciken iş sayısının enküçüklenmesi

Tek makineli sistemde geciken iş sayısı ($1//n_T$) problemi klasik durumda Moore algoritması (1968) eniyi çözümler bulunmaktadır. İşlem zamanları öğrenme etkili olduğunda ise Moore algoritması (1968) eniyi sonucu vermeyi garanti etmez (Mosheiov and Sidney; 2005). Hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğunda ise Moore algoritması (1968) yine eniyi çözümü garanti etmemektedir.

Örnek 6

$n = 3$ olan problemin verileri $s_1 = 12$, $s_2 = 13$, $s_3 = 15$, $p_1 = 15$, $p_2 = 17$, $p_3 = 13$, $d_1 = 50$, $d_2 = 54$, $d_3 = 80$ dir. Geciken iş sayısı Moore Algoritması (1968) ile çözüldüğünde 1-3-2 sıralaması ile geciken iş sayısı 2 olarak bulunur. Eniyi sonuç ise 1-2-3 sıralaması ile geciken iş olmamaktadır.

Bulunan sonuçlar toplu olarak Tablo 4’de gösterilmiştir. Tablo 4’de görüldüğü gibi $1//C_{\max}$ ve $1//\sum C$ problemleri işlem zamanları veya hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğunda polinom zamanda çözen yöntemler mevcutken $1//\sum wC$, $1//L_{\max}$, $1//E_{\max}$ ve $1//n_T$ problemleri için polinom zamanda çözen bir algoritma henüz bulunamamıştır.

Tablo 4.
Temel tek makineli çizelgeleme problemlerinde toplu sonuçlar

Problem	öğrenme etkisiz	öğrenme etkili	
	Klasik durum	İşlem zamanları	Hazırlık zamanları
$1//C_{\max}$	Rassal	SPT	SST
$1//\sum C$	SPT	Atama	Atama
$1//\sum wC$	WSPT	?	?
$1//L_{\max}$	EDD	?	?
$1//E_{\max}$	MST	?	?
$1//n_T$	Moore	?	?

4. SONUÇ

Bu çalışmada tek makineli çizelgeleme probleminde hazırlık zamanlarının öğrenme etkili olduğu durumda maksimum tamamlanma zamanı, toplam tamamlanma zamanı, ağırlıklı toplam tamamlanma zamanı, maksimum gecikme, maksimum erken bitirme ve geciken iş sayısı performans ölçütleri incelenmiştir. Maksimum tamamlanma zamanı EHZ yöntemiyle, toplam tamamlanma zamanı atama yöntemiyle eniyi çözümleri verdiği gösterilmiştir. Bunun yanında ağırlıklı toplam tamamlanma zamanı, maksimum gecikme, maksimum erken bitirme ve geciken iş sayısını ölçütlerinin ise klasik durumda optimal olarak çözen yöntemlerin, hazırlık zamanları öğrenme etkili olduğunda eniyi çözümleri garanti etmediği örneklerle gösterilmiştir.

Bu çalışmada sadece tek makineli çizelgeleme problemleri hazırlık zamanlarının öğrenme etkili olduğu durumda incelenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda çok makineli çizelgeleme problemleri incelenebilir.

Ayrıca eniyi çözüm sonucunu garanti etmeyen problemler için polinom zamanda çözebilecek algoritmalar olup olmadığı araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Biskup D., (1999), “Single machine scheduling with learning considerations”, European Journal of Operational Research, 115, 173-178.
2. Biskup D., Simons D., (2004), “Common due date scheduling with autonomous and induced learning”, European Journal of Operational Research, 159, 606-616.
3. Cheng M.B., Sun S.J., Yu Y., (2007), “A note on flow shop scheduling problems with a learning effect on no-idle dominant machines” Applied Mathematics and Computation, in print.

4. Cheng T.C.E., Wang G., (2000), "Single machine scheduling with learning effect considerations", *Annals of Operations Research*, 98, 273-290.
5. Eren T., Güner E., (2002), "İşe bağımlı öğrenme etkili çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir matematiksel model", *Teknoloji Dergisi*, 3-4, 121-129.
6. Eren T., Güner E., (2003), "Akış tipi çizelgeleme problemlerinde işe-bağımlı öğrenme etkisi", *K.H.O. Savunma Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 1-11.
7. Eren T., Güner E., (2004a), "Öğrenme etkili akış tipi çizelgeleme probleminde ortalama akış zamanının enküçüklenmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 119-124.
8. Eren T., Güner E., (2004b), "Öğrenme etkisinin çizelgeleme problemlerine uygulanması", 10. Ergonomi Kongresi, 7-9 Ekim, Bursa. 61.
9. Eren T., Güner E., (2004c), "Öğrenme etkisinin iki ölçütlü paralel makinalı çizelgeleme problemlerinde uygulanması", *YA/EM'2004, XXIV. Ulusal Kongresi*, 15-18 Haziran Gaziantep-Adana. 473-475.
10. Eren T., Güner E., (2005a), "Öğrenme etkili çizelgeleme probleminde maksimum gecikmenin enküçüklenmesi için çözüm yaklaşımları", 4. Üretim Araştırmaları Kongresi, 26-28 Kasım, İstanbul.
11. Eren T., Güner E., (2005b), "Öğrenme etkili iki ölçütlü paralel makineli çizelgeleme problemlerinin çözümü için tamsayı programlama modeli", 4. İstatistik Kongresi, Antalya, 12-15 Mayıs.
12. Eren T., Güner E., (2005c), "A bicriteria parallel machine scheduling problem with a learning effect: Total completion times and maximum tardiness", 9th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology", 26-30 September, Antalya, Turkey.
13. Eren T., (2007) "Öğrenme etkili çizelgeleme problemi: Geciken iş sayısı minimizasyonu" *Teknoloji Dergisi*, basımda.
14. Eren T., Güner E., (2007), "Minimizing total tardiness in a scheduling problem with a learning effect", *Applied Mathematical Modelling*, Volume 31, No:7, pp. 1351-1361.
15. Kuo W.H., Yang D.L., (2007), "Single machine scheduling with past-sequence-dependent setup times and learning effects", *Information Processing Letters*, in print.
16. Lee W.-C. (2004), "A note on deteriorating jobs and learning in single-machine scheduling problems", *International Journal of Business and Economics*, 3, 83-89.
17. Lee W.-C., Wu C.-C. (2004), "Minimizing total completion time in a two-machine flowshop with a learning effect", *International Journal of Production Economics*, 88, 85-93.
18. Lee W.-C., Wu C.-C., Sung H.-J., (2004), "A bi-criterion single-machine scheduling problem with learning considerations", *Acta Informatica*, 40, 303-315.
19. Mosheiov G., (2001), "Scheduling problems with learning effect", *European Journal of Operational Research*, 132, 687-693.
20. Mosheiov G., (2001), "Parallel machine scheduling with learning effect", *Journal of the Operational Research Society*, 52, 1165-1169.
21. Mosheiov G., Sidney J.B., (2003), "Scheduling with general job-dependent learning curves", *European Journal of Operational Research*, 147, 665-670.
22. Mosheiov G., Sidney J.B., (2005), "Note on scheduling with general learning curves to minimize the number of tardy jobs", *Journal of the Operational Research Society*, 56, 110-112.
23. Moore J.M., (1968), "An n jobs, one machine sequencing algorithm for minimizing the number of late jobs", *Management Science*, 15 (1), 102-109.
24. Wu C.-C., Lee W.-C., Chen T., (2007), "Heuristic algorithms for solving the maximum, lateness scheduling problem with learning considerations", *Computers & Industrial Engineering*, in print.