

**ÖĞRENME VE BOZULMA ETKİLERİ ALTINDA HAZIRLIK
ZAMANLI PARALEL MAKİNELİ ERKEN
TAMAMLANMA/GECİKME ÇİZELGELEME PROBLEMİ**

M.Duran TOKSARI

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2008

ANKARA

M.Duran TOKSARI tarafından hazırlanan ÖĞRENME VE BOZULMA ETKİLERİ ALTINDA HAZIRLIK ZAMANLI PARALEL MAKİNELİ ERKEN TAMAMLANMA/GECİKME ÇİZELGELEME PROBLEMİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ertan GÜNER
Tez Danışmanı, Endüstri Müh. Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.
Prof. Dr. Ertan GÜNER
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.
Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.
Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Gaziantep Ü.
Prof. Dr. Türkay DERELİ
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Gaziantep Ü.

Tarih: 17/10/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

M.Duran TOKSARI

**ÖĞRENME VE BOZULMA ETKİLERİ ALTINDA HAZIRLIK ZAMANLI
PARALEL MAKİNELİ ERKEN TAMAMLANMA/GECİKME
ÇİZELGELEME PROBLEMİ
(Doktora Tezi)**

M.Duran TOKSARI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2008**

ÖZET

Bu çalışma, öğrenme ve bozulma etkileri altında, Geçmiş Sıra Bağımlı Hazırlık Zamanlı (GSBHZ), paralel makine Erken tamamlanma/Gecikme (E/G) problemine ışık tutmaktadır. Doğrusal ve doğrusal olmayan bozulma ile pozisyon bağımlı ve zaman bağımlı öğrenme etkileri ele alınmıştır. Bütün işler ortak teslim tarihine sahiptir ve öğrenme ve bozulma etkileri eş zamanlı düşünülmüştür. Öğrenme etkisi altındaki bir işin işlem zamanı, işin çizelgedeki pozisyonuna bağlı olarak azalan bir fonksiyon ile bozulma etkisi altındaki bir işin işlem zamanı ise işin başlangıç zamanına bağlı artan bir fonksiyon ile tanımlanabilir. Bunun yanında, GSBHZ mevcut iş kümesinden çizelgelenen işlere bağlı olarak tanımlanan yeni hazırlık zamanı biçimidir. Bu çalışmada öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li E/G çizelgeleme probleminin optimum çözümünün, mevcut kabul edilebilir durumlar altında V-biçimli olduğu gösterilmiştir. Mevcut problemin matematiksel modeli oluşturulmuş ve büyük boyutlu test problemlerinin çözümü için bir algoritma önerilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.141
Anahtar Kelimeler : Öğrenme etkisi, bozulma etkisi, erken tamamlanma gecikme, geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı, çizelgeleme
Sayfa Adedi : 197
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ertan GÜNER

**PARALLEL MACHINE EARLINESS/TARDINESS SCHEDULING
PROBLEM WITH SETUP TIMES UNDER THE EFFECTS OF LEARNING
AND DETERIORATION**

(Ph. D. Thesis)

M.Duran TOKSARI

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2008

ABSTRACT

This study sheds light on parallel machine Earliness/Tardiness (E/T) scheduling problem with Past Sequence Dependent Setup Times (PSDST) under the effects of learning and deterioration. We considered linear and nonlinear deterioration and position based and time based learning effect. All jobs have common due-date, and effects of learning and deterioration were considered simultaneously. By the effects of learning and deterioration, we mean that the processing time of a job is defined by decreasing function of its position in the sequence and increasing function of its execution start time, respectively. However, PSDST is a new form of setup times which depend on all already scheduled jobs from the current batch. In this study, we show that optimal solution for E/T scheduling problem with PSDST under effects of learning and deterioration is V-shape schedule under certain agreeable conditions. A mathematical model for the problem under study and proposed an algorithm to solve large test problems was designed.

Science Code : 906.1.141

Key Words : Learning effect, deterioration effect, earliness tardiness, past sequence dependent setup time, scheduling

Page Number : 197

Adviser : Prof. Dr. Ertan GÜNER

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Ertan GÜNER'e, Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN ve Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU'na, University of Sydney'de ki tez çalıőmalarımda tecrübelerinden faydalandığım Dr. Daniel ORON' a ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan başta babam Prof. Dr. Ali TOKSARI, annem Gülen TOKSARI ve eşim Elif TOKSARI olmak üzere tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. PROBLEMİN TANIMLANMASI	14
4. PROBLEMİN KARIŞIK TAMSAYILI MATEMATİKSEL MODELİ	18
5. V-BİÇİMLİ ÖZELLİK	29
6. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME	63
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	76
EK-1 Karışık tamsayılı matematiksel modelin LINGO kodları	76
EK-2 Modellerin fonksiyon grafikleri	79
EK-3. Uygulama çalışmasından elde edilen sonuçların çizelgeleri.....	81
ÖZGEÇMİŞ	197

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Problem özelliklerinin tanımlanması	81
Çizelge 2.2. E/G çizelgeleme problemi, öğrenme etkisi, bozulma etkisi ve GSBHZ üzerine yapılan çalışmaların literatür araştırması	81

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 6.1. Önerilen algoritma	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
d	ortak teslim tarihi
M_j	j makinesindeki çizelgenin başlangıç zamanı
t_{rj}	j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin başlangıç zamanı
p_{rj}	j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin temel işlem zamanı
$p_{[r]j}$	j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin öğrenme ve bozulma etkisi altındaki işlem zamanı
$C_{[r]j}$	j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin öğrenme ve bozulma etkisi altındaki tamamlanma zamanı
$s_{[r]j}$	j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı
γ	geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı sabiti
α	bozulma oranı
b	üstel bozulma oranı
a	öğrenme indeksi
E_{rj}	j makinesinde r sırasında yapılan işin erken tamamlanma süresi
T_{rj}	j makinesinde r sırasında yapılan işin gecikme süresi
A	işin erken tamamlanma maliyeti
B	işin gecikme maliyeti

Kısaltmalar**Açıklama****TZÜ**

Tam Zamanında Üretim

E/G

Erken tamamlanma/Gecikme

GSBHZ

Geçmiş Sıra Bağımlı Hazırlık Zamanı

YÖ

Yardımcı Önerme

1. GİRİŞ

Çizelgeleme, kıt kaynakların görevlere tahsis edilmesini ele alan, bir ya da daha fazla amacı gerçekleştirmeyi hedefleyen bir karar verme problemidir. Bu yönü ile üretim planlamada çok önemli bir yere sahip olan çizelgelemede, kaynak olarak sınırlı kapasitedeki makineler; görev olarak da ürünler, işler yada kıt kaynak kullanımı gerektiren herhangi bir şey olarak tanımlanabilir. Her görev belirli bir öncelik seviyesine, en erken mümkün başlama zamanına ve bir teslim tarihine sahip olabilir. Farklı istekler doğrultusunda çizelgelemenin amaçları değişik biçimler alabilir. Çizelgeleme teorisi ile ilgili literatürün önemli bölümü toplam akış zamanı, geciken iş sayısı, toplam gecikme gibi düzenleyici ölçüt ağırlıklıdır. Toplam gecikme ölçütü, teslim tarihlerine uyuma ilişkin göstergeleri sağlarken; erken tamamlanan işlere ilişkin sonuçları göz ardı eder ve sadece geç tamamlanan işlerin cezaları ile ilgilenir. Tam Zamanında Üretim (TZÜ) konusuna olan artan ilgi ile birlikte bu eğilim değişmeye başlamıştır.

TZÜ'nün dağıtım stratejisi imalat bölümü için bazı zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Bir TZÜ'nün çizelgeleme yapısında, erken biten işler teslim tarihlerine kadar üreticinin elinde kalır. Bu durumda ürünün bozulmasından kaynaklanan maliyetler ile depolama veya sigorta gibi maliyetler ortaya çıkar. Buna ilaveten, biten mal stoku dolaylı olarak fırsat maliyeti taşıyan verimsiz bir yatırım olarak da ifade edilebilir. Diğer yandan, teslim tarihlerinden sonra tamamlanan işler müşteri tatminsizliği, sözleşme cezaları, satış kayıpları veya itibar kaybına yol açar. TZÜ kavramının benimsenmesi durumunda, ideal bir çizelge için tüm işlerin teslim tarihlerine yakın zamanlarda tamamlanması talep edilir. İşlerin erken veya geç tamamlanmasının cezalandırıldığı çizelgeleme modeli Erken tamamlanma/Gecikme (E/G) çizelgeleme problemi olarak tanımlanır. E/G problemi, 1990 yılına kadar en küçük ağırlıklandırılmış mutlak sapma problemi olarak bilinmekte iken 1990 yılından sonra bu problem, E/G problemi olarak tanımlanmaktadır.

E/G problemlerinin önemli özel bir durumu, ortak teslim tarihinden işin tamamlanma zamanlarının mutlak sapmasının toplamının en küçüklenmesini ele alır. Bu durumda,

işlere ait teslim tarihleri $(d_j, (j = 1,2,3,\dots,n))$ birbirine eşittir. Bu problem için, ortak teslim tarihinin çizelgenin ortasında bulunduğu bir çizelgenin oluşturulması arzu edilecektir. Eğer ortak teslim tarihi (d) yeterince büyükse, problem *kısıtlandırılmamış* E/G problemi adını alır. Aksi durumda, *kısıtlandırılmış* E/G problemidir. Kısıtlandırılmış ortak teslim tarihinin probleme dahil edilmesi, problemin zorluğunu önemli ölçüde arttırır.

Endüstriyel üretim ortamlarında, sıradaki bir işin işlenmesi için makinenin hazırlanmasına ihtiyaç duyulur. E/G literatürünün çoğunda makinenin, işleri işlemek üzere daima hazır olduğu ve hazırlığa ihtiyaç duymadığı varsayılır. Bazılarında ise, hazırlık süresi işlem süresinin içinde yer alır. İkinci durum ilkinden çok farklı değildir, çünkü her iki durumda da makinenin işlerin sırasına bakılmaksızın yani sıradan-bağımsız olarak aynı hazırlık süresini gerektirdiği varsayılır. Bazı durumlarda hazırlık süresi sıradaki pozisyonundan bağımsız olarak belli bir iş için aynı kalabilirken; çoğu zaman henüz tamamlanan işin tipi, işlenecek olan iş kadar makinenin hazırlık süresini etkileyebilir.

E/G problemi değişik şartlar altında incelenebilir. Çok-makinelili (paralel makinelili, akış tipi, atölye tipi v.b.) veya tek-makinelili sistemde E/G'nin en küçüklenmesi amaçlanabilir. Kullanılan teslim tarihleri, işe bağlı veya ortak olabilir. E/G cezaları her iş için eşit, eşit olmayan veya işe-bağımlı olabilir. Bu yönleri ile E/G problemleri çizelgeleme literatüründe çok geniş bir yelpazeye sahiptir.

Geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı (GSBHZ), çizelgelenen işlere bağımlı yeni bir hazırlık zamanı formudur. Herhangi bir sırada işlem gören işe ait GSBHZ, kendinden önce çizelgelenen işlerin işlem zamanları toplamının bir fonksiyonu ile hesaplanır. GSBHZ ile yapılan çalışmaların hepsinde tek makine ortamı ele alınmıştır.

Geleneksel çizelgelemede dikkate alınan genel bir varsayımda, verilen bir ürünün üretim zamanı üretim sırasındaki pozisyonundan bağımsız olarak ele alınmasıdır. Fakat bazı üretim ortamlarında, üretim tesisi zamanla sürekli olarak gelişir. Sonuç

olarak, yapılan bir işin işlem zamanı, ne kadar geç çizelgelenirse o kadar azalır. Bu olgu literatürde “öğrenme etkisi” olarak bilinir.

Çizelgelemede öğrenme etkisi, tek bir makine veya benzer işleri yapan paralel makinelerin bulunduğu birçok üretim ortamındaki siparişlerin karşılanması esnasında ortaya çıkabilir. Birçok durumda, işler çeşitli parti büyüklüğüne veya ürünü oluşturan ve aralarında farklılıklar olan parçalardan dolayı farklı normal işlem zamanlarına sahip olabilir. Bunun yanısıra, bir iş işlem sıklığı arttıkça öğrenmeden dolayı işçinin işe olan kabiliyeti de sürekli olarak gelişir.

Çizelgeleme ortamında öğrenme etkisi altındaki işin işlem zamanı, o işin çizelgelemedeki pozisyonuna bağlı olarak azalan fonksiyonda modellenirken; bozulma etkisi altındaki işin işlem zamanı, o işin başlangıç zamanının artan bir fonksiyonu olarak modellenir. Literatürde kullanılan öğrenme etkisi yapıları pozisyona bağlı, zamana bağlı ve işlem zamanlarının toplamına bağlı öğrenme etkileri olarak sınıflandırılabilir. Bunun yanında, literatürde kullanılan bozulma etkileri ise doğrusal, parçalı doğrusal ve doğrusal olmayan yapılara sahiptir.

Bu nedenlerle bu tez çalışmasında, günümüzde çizelgeleme literatüründe ve imalat sistemlerinde çok önemli bir yere sahip olan E/G problemi, öğrenme ve bozulma etkileri altında, ortak teslim tarihli ve paralel makineli çizelgeleme ortamında incelenecektir. Çalışmada ele alınan problemde, ayrıca işler için hazırlık zamanının yer almadığı durum ile GSBHZ’ye sahip olduğu durum da dikkate alınacaktır.

Çalışmada, iki öğrenme etkisi ve iki bozulma etkisinin birleşimlerinden elde edilen dört farklı model dikkate alınarak bu modellerdeki değişimlerin sonuca etkisi analiz edilecektir. Bu modellerde, amaç fonksiyonu olarak E/G problemi alınmış ve paralel makine ortamı düşünülmüştür. Bunların yanında, günümüze kadar üzerinde çok az çalışma yapılan GSBHZ bu modeller ile birlikte ele alınmış ve bir işin hazırlık zamanı kendisinden önce işlem gören işlerin öğrenme ve bozulma etkileri altındaki işlem zamanları toplamı ile elde edilmiştir. Bu açılarından yapılan bu çalışmanın sonuçlarının, çizelgeleme literatürüne katkılar yapması hedeflenmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, literatürde mevcut olan E/G problemleri, GSBHZ, öğrenme etkisi ve bozulma etkisi üzerine yapılan çalışmalar incelenecektir. Bu bölümde ortak teslim tarihinden sapmaların en küçüklenmesi, GSBHZ, pozisyona, zamana ve işlem zamanlarının toplamına bağlı öğrenme etkileri ile doğrusal, parçalı doğrusal ve doğrusal olmayan bozulma etkisi yapıları üzerine yapılan çalışmalar analiz edilecektir.

Üçüncü bölümde, bu tez çalışmasında ele alınacak farklı öğrenme ve bozulma etkileri altında, ortak teslim tarihli, paralel makineli E/G probleminin hazırlık zamanı içermeyen ve GSBHZ içeren modelleri tanımlanacak ve detaylı biçimde sunulacaktır.

Dördüncü bölümde, ele alınan problemin matematiksel modeli oluşturulacaktır. Çalışmada ele alınan pozisyon ve zaman bağımlı öğrenme etkileri ile doğrusal ve doğrusal olmayan bozulma etkilerinin birleşimlerinden oluşan dört farklı model ve bu modellerin GSBHZ altında ki durumları incelenecektir. Bu modellerden elde edilen işlem zamanı ve tamamlanma zamanı formülasyonları sunulacaktır.

Beşinci bölümde, bir önceki bölümde ele alınan modellerin ortak teslim tarihli, paralel makineli E/G problemi uygulanmasında elde edilecek optimum çözümünün V-biçimli olacağı ispatlanacaktır.

Altıncı bölüm ise uygulama çalışmalarını içermektedir. Bu bölümde, ele alınan problemin önceki bölümlerde tanımlanan farklı modellerinin çözümü için, V-biçimli çözümler arasından iyi çözümleri elde edebilen bir algoritma önerilecektir. Bu algoritma, E/G probleminin kısıtlandırılmamış veya kısıtlandırılmış olduğuna karar verebilmekte ve problemin her iki versiyonuna bağlı olarak etkin çözümler üretebilmektedir. Önerilen algoritma kullanılarak 10 işli test probleminden, 1000 işli test problemine kadar yedi farklı test problem seti için çözümler elde edilmiştir.

Son olarak, yedinci bölümde, çalışmanın sonuçları, literatüre katkıları ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tez çalışmasında incelenecek problemin özellikleri üzerine yapılan çalışmalara ait literatür incelenecektir. Ele alınan paralel makine E/G problemi, GSBHZ içermekte ve bu çizelgeleme ortamında öğrenme ve bozulma etkilerinin olduğu varsayılmaktadır.

En genel ifade ile E/G problemlerinde ideal çizelge: işleri teslim tarihine yakın zamanlarda bitirmekle elde edilecektir [1]. E/G problemleri için basit sonuçlardan bazıları, bütün işlerin ortak teslim tarihlerine sahip olduğu modeller için türetilen sonuçlardır. Bir çok araştırmacı çalışmasında değinmiştir ki, ortak teslim tarihi, bir çok ürünün tek bir müşterisinin olduğu durumu temsil etmekte veya bir montaj ortamında, aşamalardaki gecikmelerden kaçınmak için montaj bileşenlerinin aynı zamanda hazır olma gerekliliği durumunda dikkate alınır [2-9]. Farklı teslim tarihlerine izin veren daha genel bir model ve bu tür problemlere ait çözümler, ortak teslim tarihli problem çözümlerinden belirgin şekilde farklılık gösterir. Atölye tipi veya siparişe göre üretim yapan imalat sistemlerinde, müşteri ve tedarikçi arasındaki anlaşmaya bağlı olarak belirlenen farklı teslim tarihleri yaklaşımı kullanılmıştır [4, 10-18]. İdeal çizelge, bütün teslim tarihlerinin tam olarak karşılandığı hedefine ulaşmaktır.

E/G literatüründe diğer önemli varsayım, amaç fonksiyonunda kullanılan ceza maliyet fonksiyonlarının tipini içerir. Araştırmacılar tarafından çalışılan bu maliyet fonksiyonları temel olarak üç grupta incelenebilir. Bunlar, işe bağımlı erken tamamlanma ve gecikme maliyeti [2, 4-5, 14, 19], eşit olmayan ceza maliyeti [3, 21] ve işe bağımlı oranlanabilen ceza maliyeti [6, 10, 12, 16] olarak sınıflandırılabilir. Maliyet fonksiyonunun belirlenmesinde, erken tamamlanma ve gecikme için farklı ceza maliyet fonksiyonlarının belirlenmesi daha uygun olacaktır. Çünkü, bazen gecikme ve erken tamamlanma aynı oranda arzu edilmeyebilir.

Literatürde karşılaşılan çalışmalarda, hazırlık zamanlarının kullanılması önemli bir yer tutmaktadır. Bazı çalışmalarda hazırlık zamanları bağımsızken [8]; bazı

çalışmalarda işlerin sırasına bağlı olarak makine hazırlık zamanlarının değişmesi olarak tanımlanan, bağımlı hazırlık zamanları kullanılmıştır [14, 20]. Bu tez çalışmasında yer alan GSBHZ ise ilk olarak Koulamas ve Kyparisis [21] tarafından 2008 yılında önerilmiş ve hazırlık zamanlarının izelgelenen işlere bağımlı yeni bir formu olarak dūřün÷lmüşt÷r. Koulamas ve Kyparisis [21], en b÷y÷k tamamlanma zamanını en k÷ç÷kleme, toplam tamamlanma zamanını en k÷ç÷kleme ve teslim tarihinden sapmaları en k÷ç÷kleme amaçları için GSBHZ’li standart tek makineli çizelgeleme problemlerini, polinomial zamanda özebilmiřlerdir. Kou ve Yang [22], pozisyon bağımlı öğrenme etkili çizelgeleme problemlerinde GSBHZ kullanmışlar ve Koulamas ve Kyparisis [21] tarafından çalışılan problemler için polinomial zamanlı öz÷mler elde etmişlerdir. Wang [23] ise zaman bağımlı öğrenme etkili çizelgeleme problemlerinde GSBHZ kullanmış ve benzer problemler üzerinde çalışmıştır. Literatürde çok yeni bir hazırlık zamanı tanımlaması olması sebebi ile üzerinde az sayıda çalışma olan GSBHZ ile yapılan son alışma, Biskup ve Hermann [24] tarafından teslim tarihi problemleri üzerine gerçekleştirilmiştir. Günümüze kadar yapılan GSBHZ’lı çizelgeleme problemleri, tek makine ortamında ele alınmıştır.

E/G probleminde toplam ceza maliyetini en k÷ç÷kleme için bazı çalışmalarda çok makine ortamı ele alınmıştır [4-6, 9-10, 13-15, 17]. Literatür incelendiğinde, erken tamamlanma ve gecikme problemlerinde toplam ceza maliyetini en k÷ç÷kleme için benzer olmayan çok makine üzerinde işlerin çizelgelenmesi ile az sayıda çalışma olduğu gör÷lmektedir [4, 13-14, 17].

Klasik izelgeleme teorisinde, işlem zamanları sabit dūř÷n÷l÷r. Fakat pratikte, zamanla işlem zamanları azalan veya artan y÷nde davranış gösterebilir. Bir izelgede, bir iřin gerçek işlem zamanı bozulma etkisinden dolayı iřin başlangıç zamanının artan bir fonksiyonu olarak modellenebilir. Bu modellerin uygulamaları konusunda, Mosheiov [25], kötüye giden hava şartlarında veya karanlığın zamanla arttığı durumda bir nesnenin aranmasını, bozulma etkisine örnek olarak göstermiştir. Bunun yanında, Gupta ve Gupta [26], bir külçenin frezelenmesini örnek vermiştir. Frezenin önünde bekleyen külçenin sıcaklığı zamanla azalacak ve frezelemeden önce

külçenin tekrardan ısıtılması gerekecektir. Diğer bir ifade ile iş geciktikçe işlem zamanı işin başlangıç zamanına bağlı olarak artacaktır. Kunnathur ve Gupta [27], yangın söndürme faaliyetini örnek göstermiştir. İtfaiye yangına ne kadar erken müdahale eder ise sarf edeceği çaba o kadar düşecekken; gecikme oldukça söndürmek için gereken zaman ve çaba artacaktır. Bu örnekte de yine işlem zamanı işlemin başlangıç anına göre değişiklik gösterecektir. Bozulma etkisinin diğer pratik uygulamaları; finans yönetimi ve savunma yönetimidir [28].

Alidaee ve Womer [29], bozulan işlerin modellenmesini üç farklı tipte sınıflamıştır. Bunlar: doğrusal, parçalı doğrusal ve doğrusal olmayan fonksiyonlardır. Literatürde bu üç farklı model içinde çalışmalar yer almaktadır. Mosheiov [30], benzer işlem zamanlarının ve doğrusal farklı bozulma oranlarının bulunduğu bir çizelgeleme ortamında en küçük toplam tamamlanma zamanı problemi üzerinde çalışmıştır.

Cheng ve Ding [31], başlangıç zamanına bağlı görevlerin bir seti için çizelgeleme problemleri ailesini doğrusal bozulma etkisi altında ele almıştır. Bachman ve ark. [32], işlem zamanının doğrusal bir fonksiyon olduğunda toplam ağırlıklandırılmış tamamlanma zamanının NP-zor olduğunu kanıtlamışlardır. Ng ve ark. [33] ise tek makinede toplam tamamlanma zamanının doğrusal işlem zamanı ile en küçüklenmesini amaçlamışlardır. Wang ve Xia [34], beklemez akış tipi çizelgeleme probleminde doğrusal bozulma fonksiyonunu kullanmışlardır. Hsu ve Lin [35], aynı modeli en büyük gecikme problemi için ele almışlar ve dal-sınır algoritması ile optimum çözümler üretmişlerdir. Cheng ve Ding [36], yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda, bir işin başlangıç süresi, önceden belirlenen bozulma tarihini aşiyor ise o iş bozulmuş kabul edilir. Cheng ve Ding [36], tek makine çizelgeleme problemleri için iş bozulma tarihleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Wang [37], doğrusal bozulma etkisi altında ve bazı makineler arasında ki üstünlük ilişkilerinin bulunduğu akış tipi çizelgeleme ortamında, en son işin tamamlanma zamanını ve tamamlanma zamanının toplamını en küçükleyen polinomial algoritmalar önermiştir. Wang ve ark. [38], iki makineli akış tipi çizelgeleme problemi için toplam tamamlanma zamanını en küçükleyecek dal-sınır algoritması geliştirmişlerdir.

Parçalı doğrusal modeller önceden kararlaştırılan zamanda işlerin yetiştirilemediği ve ek zamanlara ihtiyacın duyulduğu durumlar için geliştirilmiştir. Sundararghavan ve Kunnathur [39], parçalı doğrusal model altında, son işin tamamlanma zamanının ve toplam ağırlıklandırılmış tamamlanma zamanının en küçüklenmesi için optimal ve sezgisel modeller geliştirmişlerdir. Mosheiov [40], yine parçalı doğrusal model altında, tek ve çok makine için son işin tamamlanma zamanını en küçükleyen sezgisel metotlar üzerinde çalışmıştır.

Literatürde doğrusal olmayan modelin kullanımı daha sınırlıdır. Gupta ve Gupta [26], polinomal işlem zaman fonksiyonlu bozulma etkisi altında, son işin tamamlanma zamanını en küçükleme problemi için dal-sınır metodu ve sezgisel algoritmalar kullanmışlardır. Browne ve Yechiali [41] ise üstel işlem zamanı için son işin tamamlanma zamanını en küçükleme çalışmışlardır. Voutsinas ve Pappis [42], doğrusal olmayan modele yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. “İşin değeri” ismini verdikleri kritik çizelgeleme parametresi tanımlamışlar ve bunun zamanla üstel dağılım ile bozulduğunu kabul etmişlerdir. Amaç; işlerin toplam değerini en büyükmektir.

Geleneksel çizelgelemede genel varsayım, verilen bir ürünün üretim zamanı, üretim sırasındaki pozisyonundan bağımsızdır. Fakat bazı gerçek düzenlemelerde, üretim tesisi zamanla, sürekli olarak gelişir. Sonuç olarak, verilen bir ürünün üretim zamanı, eğer o iş daha sonra çizelgelense kısalmır. Bu olgu literatürde “*öğrenme etkisi olarak*” bilinir [43]. Öğrenme etkisi ilk olarak çizelgeleme problemlerinde Biskup [44] tarafından uygulanmıştır. Biskup’un çalışmasında, “*akış halindeki işlerin işlem zamanları, öğrenme etkisinden dolayı normal işlem zamanlarından daha küçük olacaktır*” varsayımı önerilmiştir. Mosheiov [43], farklı çizelgeleme problemleri üzerinde Biskup tarafından önerilen öğrenme etkisini incelemiştir.

Nadler ve Smith [45], özellikle makine atölyelerinde öğrenme eğrilerini ve elde edilen sonuçları analiz etmiştir. Bir ürünün imalatında kullanılan her bir temel işlemin, kendi öğrenme etkisine sahip olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Mosheiov ve Sidney [46], bazı durumlarda bazı işlerin üretim sürecindeki gelişmelerin diğer işlere oranla daha hızlı olabileceğini, bu nedenle her bir işin kendine ait öğrenme zamanı olması gerektiğini savunmuşlardır. Yani bütün işler için tek bir öğrenme oranı yerine, her iş için bir öğrenme oranı olması gerektiğini önermişlerdir.

Farklı bir öğrenme etkisi uygulaması olarak, Kuo ve Yang'ın çalışması [47] göze çarpmaktadır. Araştırmacılar, çalışmalarında kullandıkları öğrenme etkisini zaman bağımlı öğrenme etkisi olarak tanımlamışlardır. Öğrenme etkisi altında işlem zamanlarının belirlenmesi için kullanılan işlerin pozisyonlarının, o ana kadar çizelgelenen işlerin işlem zamanlarına bağlı olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmalarında, zaman bağımlı öğrenme etkisini tek makine ortamında toplam tamamlanma zamanlarının en küçüklenmesi problemine uygularken; diğer bir çalışmada yine tek makine ortamında en büyük tamamlanma zamanının en küçüklenmesi üzerinde çalışmışlardır [48]. Aynı araştırmacılar daha sonraki çalışmalarında, önceki çalışmalarında kullandıkları zaman bağımlı öğrenme etkisini kullanarak farklı çizelgeleme problemleri ve grup çizelgeleme problemi üzerinde uygulamalar yapmışlardır [49-50]. Lee ve Wu [51] ise grup çizelgeleme problemlerinde pozisyon bağımlı öğrenme etkisini kullanmıştır.

Koulamas ve Kyparisis [52], öğrenme etkisinin farklı bir modelini önermiştir. Bu öğrenme etkisi modelinde, bir işin öğrenme etkisi o iş çizelgelenene kadar çizelgelenmiş işlerin normal işlem zamanları toplamının bir fonksiyonudur. Koulamas ve Kyparisis [52], önerdikleri işlem zamanları toplamına bağlı öğrenme etkisini, tek makine ve iki makineli akış tipi çizelgeleme ortamında en büyük tamamlanma zamanı ve tamamlanma zamanları toplamının en küçüklenmesi ölçütlerine uygularken; Wang [53] aynı öğrenme etkisi yapısını tek makine ortamında farklı çizelgeleme ölçütleri üzerinde çalışmıştır.

Xu ve ark. [54], pozisyon bağımlı öğrenme etkili akış tipi çizelgeleme probleminin farklı performans ölçütleri için kötü durum analizini yapmışlardır. Cheng ve ark. [55], öğrenme etkilerinin birleşiminden yeni öğrenme etkisi elde etmişlerdir. İşlem

zamanları toplamı tabanlı öğrenme etkisi ile pozisyon tabanlı öğrenme etkilerinin birleşimi ile elde ettikleri yeni öğrenme etkisini, tek makine ortamında çizelgeleme problemlerine uygulamışlardır. Wu ve Lee [56], benzer bir birleşmeyi tek makine ortamında farklı çizelgeleme ölçütleri için ele almışlardır.

Wu ve ark. [57], öğrenme etkisinin mevcut olduğu bir çizelgeleme ortamında, en büyük gecikme probleminin en küçüklenmesi için dal sınır algoritması ve sezgisel yöntemler önermişlerdir.

Wu ve Lee [58], akış tipi çizelgelemede toplam tamamlanma zamanı problemi için Biskup [44] tarafından önerilen pozisyon bağımlı öğrenme etkisini kullanmıştır.

Eren ve Güner [59], öğrenme etkili toplam gecikmeyi en küçükleyecek 0-1 tamsayılı programı modelini geliştirmişlerdir. Bu çalışmada pozisyon bağımlı öğrenme etkisi modeli kullanılmıştır. Problemin büyük boyutlu uygulamalarının çözümü için Tabu arama, tavlama benzetimi ve rassal arama sezgiselleri kullanılmış ve 1000 işe kadar farklı boyutlu problemler test edilmiştir. Eren ve Güner [60], benzer metotları pozisyon bağımlı öğrenme etkisi kullanarak, çok ölçütlü akış tipi çizelgeleme problemi üzerinde uygulamıştır.

Eren [61], hazırlık zamanlarının da öğrenmeden etkileneceğini varsayarak hazırlık zamanlarına öğrenme etkisini uygulamıştır. Çok amaçlı paralel makine ortamını ele aldığı çalışmasında, amaç fonksiyonunu, ağırlıklandırmış tamamlanma zamanları toplamı ve toplam gecikmeden oluşturmuştur.

Bozulma ve öğrenme etkisini ayrı ayrı kullanan çalışmaların yanında literatürde az da olsa bu iki etkiyi aynı anda kullanan çalışmalar da mevcuttur. Wang [62], öğrenme ve bozulma etkisi altında tek makinede en büyük tamamlanma zamanını ve tamamlanma zamanları toplamını en küçüklemeyi amaçlamıştır. Cheng ve ark. [63], öğrenme ve bozulma etkisi altında tek makine ve iki makineli akış tipi çizelgeleme ortamında en büyük tamamlanma zamanının, tamamlanma zamanları toplamının, ağırlıklandırılmış tamamlanma zamanları toplamının ve en büyük gecikmenin en

küçüklenmesi ölçütleri için polinom zamanlı çözümler önermiştir. Wang ve Cheng [64], işlerin bozulması ve öğrenme etkisi altında tek makineli çizelgeleme probleminde, en büyük tamamlanma zamanını en küçüklemeyi amaçlamışlar ve problemin üç özel durumu için optimum algoritmalar geliştirmişlerdir.

Wang ve ark. [65], öğrenme ve bozulma etkisi altında akış tipi çizelgeleme ortamında, en büyük tamamlanma zamanının ve tamamlanma zamanları toplamının en küçüklemesi üzerinde çalışmışlardır. Toksarı ve Guner [66], öğrenme ve bozulma etkisi altında, sıra bağımlı hazırlık zamanlı paralel makine E/G problemi için bir matematiksel model önermişlerdir.

Tez çalışması, ortak teslim tarihli paralel makineli E/G problemini, pozisyon bağımlı veya zaman bağımlı öğrenme etkisi yapılarının ve doğrusal veya doğrusal olmayan bozulma etkisi yapılarının mevcut olduğu çizelgeleme ortamında incelemektedir. Çalışmada ele alınan bu problem modellerinde, işlerin hazırlık zamansız ve GSBHZ'ye sahip olduğu durumlar ele alınacaktır.

Yukarıda verilen literatür araştırması Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de gösterildiği gibi özetlenebilir.

Çizelge 2.1. Problem özelliklerinin tanımlanması

Özellik	Çizelge 2.2'de kullanılacak simgeler
<i>Öğrenme etkisi</i>	A
Pozisyon bağımlı öğrenme etkisi	A1
Zaman bağımlı öğrenme etkisi	A2
Nispi zaman bağımlı öğrenme etkisi	A3
<i>Bozulma etkisi</i>	B
Doğrusal bozulma etkisi	B1
Doğrusal olmayan bozulma etkisi	B2
<i>GSBHZ</i>	D

Çizelge 2.2. E/G çizelgeleme problemi, öğrenme etkisi, bozulma etkisi ve GSBHZ üzerine yapılan çalışmaların literatür araştırması

Öğrenme etkisi (A)			Bozulma etkisi (B)		GSBHZ (C)	Amaç fonksiyonu	Kaynak
(A1)	(A2)	(A3)	(B1)	(B2)			
					√	C_{maks} , $\sum C$	[21-23]
√					√	$\sum(\alpha E + \beta T + \gamma d)$	[22]
	√				√	$\sum C^2$, $\sum wC$, L_{maks}	[23]
					√	L_{maks} , T_{maks} , $\sum L$, $\sum T$, $\sum U$	[24]
			√			C_{maks}	[30-31, 34, 36- 37, 40]
			√			$\sum C$	[31, 33, 36, 38]
			√			L_{maks}	[34-35]
			√			$\sum wC$	[32, 34, 37, 39]
			√			$\sum L$, $\sum U$	[31]
				√		C_{maks}	[26, 41]
√						$\sum C$	[43-44, 46, 58]
√						C_{maks}	[44, 46]
√						L_{maks}	[57]
√						$\sum L$	[59]
√						$\sum(\alpha E + \beta T)$	[61]
√						$\sum(\alpha E + \beta T + \gamma C)$	[43-44, 46]
√						$\sum wC$, L_{maks} , $\sum U$	[44]
	√					$\sum C$	[47, 50]
	√					C_{maks}	[48, 50]
	√					$\sum C^2$, $\sum wC$, L_{maks}	[49]
√						C_{maks} , $\sum C$	[51, 60]
		√				C_{maks} , $\sum C$	[52]

Çizelge 2.2. (Devam) E/G çizelgeleme problemi, öğrenme etkisi, bozulma etkisi ve GSBHZ üzerine yapılan çalışmaların literatür araştırması

√			$\sum C^2, \sum wC,$ $L_{maks}, \sum U$	[53]
√			$\sum C, \sum wC,$ $\sum C^2$	[54]
√	√		$C_{maks}, \sum C,$ $\sum wC, L_{maks}$	[55]
√	√		$C_{maks}, \sum C,$ $\sum wC$	[56]
√	√		$C_{maks}, \sum C,$ $\sum wC, \sum C^2,$ L_{maks}	[62]
√		√	$C_{maks}, \sum C,$ $\sum wC, L_{maks}$	[63]
√	√		C_{maks}	[64]
√	√		$C_{maks}, \sum C$	[65]
√	√		$\sum(\alpha E + \beta T)$	[66]

3. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Bu bölümde, paralel makine ortamında, farklı öğrenme ve bozulma etkileri altında, GSBHZ'li ve ortak teslim tarihli E/G problemi detaylı biçimde sunulacaktır.

Bir j işinin erken ve geç tamamlanması sırasıyla E_j ve T_j ile gösterilir ise bu değerler şöyle tanımlanır;

$$E_j = \max\{0, d_j - C_j\} = (d_j - C_j)^+ \quad (3.1)$$

$$T_j = \max\{0, C_j - d_j\} = (C_j - d_j)^+ \quad (3.2)$$

Ortak erken tamamlanma cezası α ; geç tamamlanma cezası ise β 'dir. Ceza fonksiyonlarının doğrusal olduğu varsayımı altında bir S çizelgesi için temel E/G amaç fonksiyonu $f(S)$ şu şekilde yazılabilir;

$$f(S) = \sum_{j=1}^n [\alpha(d_j - C_j)^+ + \beta(C_j - d_j)^+] \quad \{\alpha, \beta > 0\} \quad (3.3)$$

yukarıda verilen tanımlar altında $f(S)$ 'nin genel formülü şu şekilde verilir;

$$f(S) = \sum_{j=1}^n (\alpha E_j + \beta T_j) \quad (3.4)$$

E/G problemlerinin önemli özel bir durumu, ortak teslim tarihinden işin tamamlanma zamanlarının mutlak sapmalarının toplamının en küçüklenmesini ele alır. Bu durumda, tüm d_j 'ler d 'ye eşittir ve teslim tarihinin işlerin ortasında yer aldığı bir çizelgenin oluşturulması arzu edilecektir. Eğer d yeterince büyük ise problem *kısıtlandırılmamış* bir teslim tarihi problemi; aksi durumda ise *kısıtlandırılmış* bir teslim tarihi problemini ifade eder.

Problemin kısıtlandırılmamış veya kısıtlandırılmış olduğunu belirlemek için Δ 'nın belirlenmesi gerekir [1]. Öncelikle çizelgelenecek işler en büyük işlem zamanlı iş en başa gelecek şekilde sıralanır ve elde edilen çizelgeden Δ , $\Delta = p_n + p_{n-2} + p_{n-4} + \dots$, şeklinde belirlenir. Problem kısıtlanmamış ise $d \geq \Delta$, kısıtlandırılmış ise $d < \Delta$ 'dır.

Bu çalışmada, işlem zamanının başlangıç zamanına bağlı olarak doğrusal arttığı doğrusal bozulma etkisi (Eş. 3.5) ve Alideae ve Womer [15] tarafından önerilen doğrusal olmayan bozulma etkisi (Eş. 3.6) kullanılacaktır.

$$P_r(t) = (p_r + \alpha t_r) \quad (3.5)$$

$$P_r(t) = (p_r + \alpha t_r^b) \quad (3.6)$$

burada t_r , r pozisyonundaki işin başlangıç zamanıdır ve p_r , r pozisyonunda işlem gören işin temel işlem zamanıdır. Eş. 3.5'de bozulma etkisi α ($\alpha > 0$) iken Eş. 3.6'da α ($\alpha > 0$)'nın yanında b ($b > 0$) doğrusal olmayan bozulma etkisidir. Bozulma etkisi sonucu ürünlerin ıskarta olması söz konusu değildir.

Diğer taraftan öğrenme etkisi olarak da iki farklı öğrenme etkisi yapısı ele alınacaktır. Birincisi, işin işlem zamanının benzer işlerin tekrarlanma sayısına bağlı olduğunu kabul eden ve en yaygın öğrenme etkisi olarak kullanılan Biskup'un pozisyon bağımlı öğrenme etkisidir [44] (Eş. 3.7). Diğeri ise bir işin işlem zamanının kendisinden önce çizelgelenen işlerin işlem zamanları toplamına bağlı olduğu zaman bağımlı öğrenme etkisidir [47] (Eş. 3.8).

$$p_{[r]} = (p_r \times r^a) \quad (3.7)$$

$$p_{[r]} = (1 + p_{[1]} + p_{[2]} + \dots + p_{[r-1]})^a p_r = \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]} \right)^a p_r \quad (3.8)$$

burada p_r , r pozisyonunda işlem gören işin temel işlem zamanı, $p_{[r]}$ ise r pozisyonunda işlem gören işin gerçek işlem zamanıdır. $a \leq 0$, öğrenme indeksidir.

Bu çalışmada, öğrenme ve bozulma etkisi eş zamanlı olarak ele alınmış ve yukarıda belirtilen etkilerden dört farklı model elde edilmiştir.

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times t_r)]r^a \quad (3.9)$$

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times t_r^b)]r^a \quad (3.10)$$

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times t_r)] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]} \right)^a \quad (3.11)$$

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times t_r^b)] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]} \right)^a \quad (3.12)$$

Eş. 3.9'da gösterilen Model 1, pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ile doğrusal bozulma etkisinin birleşiminden elde edilir. Eş. 3.10'da tanımlanan Model 2, pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ile doğrusal olmayan bozulma etkisinden elde edilmişken, Eş. 3.11'de ki Model 3, zaman bağımlı öğrenme etkisi ile doğrusal bozulma etkisinin birleşiminden elde edilmiştir. Eş. 3.12 ile gösterilen Model 4 ise, zaman bağımlı öğrenme etkisi ile doğrusal olmayan bozulma etkisinden elde edilmiştir.

t_r , r pozisyonundaki işin başlangıç zamanıdır ve $C_{[r-1]}$, $(r-1)$ pozisyonundaki işin tamamlanma zamanı ise, beklemesiz bir sistemde yukarıdaki modeller şu şekilde de ifade edilebilir

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times C_{[r-1]})]r^a \quad (3.13)$$

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times C_{[r-1]}^b)]r^a \quad (3.14)$$

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times C_{[r-1]})] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]} \right)^a \quad (3.15)$$

$$p_{[r]} = [p_r + (\alpha \times C_{[r-1]}^b)] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]} \right)^a \quad (3.16)$$

Aynı zamanda, bu çalışmada, Koulamas ve Kyparisis [21] tarafından önerilen GSBHZ kullanılmıştır. (s_r^{psd}) , r pozisyonunda çizelgelenen (J_r) işinin GSBHZ'dır ve şu şekilde formülize edilir;

$$s_1^{psd} = 0 \quad (3.17)$$

$$s_r^{psd} = \gamma \sum_{i=1}^{r-1} p_{[i]} \quad (3.18)$$

burada $\gamma \geq 0$ bir sabittir ve $p_{[i]}$, i pozisyonunda çizelgelenen işin gerçek işlem zamanıdır.

4. PROBLEMİN KARIŞIK TAMSAYILI MATEMATİKSEL MODELİ

Bu bölümde, öğrenme ve bozulma etkilerinin eş zamanlı etkisi altında, paralel makineli sıra bağımlı hazırlık zamanlı E/G probleminin, Bölüm 3’de sunulan modelleri için geliştirilen, tam sayılı matematiksel modeli ortaya konulacaktır. E/G probleminin tek makine ve kısıtlandırılmamış teslim tarihi için NP-Zor olduğu bilinmektedir [6]. Üzerinde çalışılan problemin çok makineli olması, hazırlık zamanları içermesi ve bozulma ve öğrenme etkisi altında olması düşünüldüğünde, çok karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

Problemin modellenmesinde en önemli zorluk, bozulma etkisinin, işin başlangıç zamanına bağlı olması ve işin işlem zamanını öğrenme etkisiyle eş zamanlı olarak etkilemesidir. Herhangi bir makine üzerinde işlem görecektir herhangi bir işin bozulma etkisinin belirlenmesi için o makinede ilgili işten önce gelen işin tamamlanma zamanının bilinmesi gerekir. Bunun nedeni, önceki işin tamamlanma zamanı beklemesiz bir modelde mevcut işin başlangıç zamanıdır. Öğrenme etkisinin belirlenmesi için ise makine üzerinde işlem sırası rol oynayacaktır.

Herhangi bir j makinesi için Bölüm 3’de tanımlanan modellerde, öğrenme ve bozulma etkileri altında, hazırlık zamansız ve GSBHZ’li işlem ve tamamlanma zamanlarının genelleştirilmiş formülleri aşağıda tanımlanan sekiz Yardımcı Önerme (YÖ) ile elde edilir.

Notasyonlar

M_j j makinesindeki çizelgenin başlangıç zamanı,

t_{rj} j makinesinde r ’inci sırada yapılan işin başlangıç zamanı,

p_{rj} j makinesinde r ’inci sırada yapılan işin temel işlem zamanı,

$p_{[r]j}$ j makinesinde r ’inci sırada yapılan işin öğrenme ve bozulma etkisi altındaki işlem zamanı,

$C_{[r]j}$ j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin öğrenme ve bozulma etkisi altındaki tamamlanma zamanı,

$s_{[r]j}$ j makinesinde r 'inci sırada yapılan işin geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı,

α bozulma oranı,

b üstel bozulma oranı,

a öğrenme indeksi,

Yardımcı Önerme 1. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj})]r^a$ için genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \text{ ve } p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \quad (4.1)$$

İspat

$$p_{[1]j} = [p_{1j} + (\alpha \times M_j)](1)^a = p_{1j} + (\alpha \times M_j)$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)$$

$$p_{[2]j} = [p_{2j} + (\alpha \times C_{[1]j})](2)^a$$

$$C_{[2]j} = \left[C_{[1]j} + p_{[2]j} = M_j + [p_{1j} + (\alpha \times M_j)](1)^a \right] + [p_{2j} + (\alpha \times C_{[1]j})](2)^a$$

$$p_{[3]j} = [p_{3j} + (\alpha \times C_{[2]j})](3)^a$$

$$C_{[3]j} = C_{[2]j} + p_{[3]j} = M_j + \left[[p_{1j} + (\alpha \times M_j)](1)^a + [p_{2j} + (\alpha \times C_{[1]j})](2)^a \right] + [p_{3j} + (\alpha \times C_{[2]j})](3)^a \text{ ise}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[\left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^r \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j).$$

Yardımcı Önerme 2. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj})]r^a$ için GSBHZ'li genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[\left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^r \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a \right] + \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \right] \text{ burada}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \text{ ve } C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} + (\alpha \times M_j) \quad (4.2)$$

İspat

$$s_{[1]j} = \gamma(0) = 0$$

$$s_{[2]j} = \gamma(p_{[1]j})$$

$s_{[3]j} = \gamma(p_{[1]j} + p_{[2]j})$ ise Yardımcı Önerme 1'den biliyoruz ki

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \text{ iken}$$

$$C_{[r]j} = \left[\left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^r \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a \right] \text{ ve}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \text{ 'dir.}$$

Bu durumda $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a$ ve

$$C_{[r]j} = \left[\left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^r \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a \right] + \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j).$$

Yardımcı Önerme 3. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj}^b)]r^a$ için genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \text{ ve } p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \quad (4.3)$$

İspat

Yardımcı Önerme 1’de kullanılan mekanizma kullanılır ise

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b).$$

Yardımcı Önerme 4. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj}^b)]r^a$ için GSBHZ’li genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)](k)^a \right] \right] \text{ burada}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \text{ ve } C_{[1]j} = M_j + s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \quad (4.4)$$

İspat

$$s_{[1]j} = \gamma(0) = 0$$

$$s_{[2]j} = \gamma(p_{[1]j})$$

$s_{[3]j} = \gamma(p_{[1]j} + p_{[2]j})$ ve Yardımcı Önerme 3'den biliyoruz ki

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \text{ iken}$$

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a \right] \text{ ve}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a$$

Bu durumda

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)](k)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b).$$

Yardımcı Önerme 5. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj}) \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]j} \right)^a]$ için genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \text{ ve}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \quad (4.5)$$

İspat

$$p_{[1]j} = [p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)](1)^a = p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)$$

$$p_{[2]j} = [p_{2j} + (\alpha \times C_{[1]j}^b)](1 + p_{[1]j})^a$$

$$C_{[2]j} = \left[\begin{array}{l} C_{[1]j} + p_{[2]j} = M_j + \left[p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] (1)^a + \\ \left[p_{2j} + (\alpha \times C_{[1]j}) \right] (1 + p_{[1]j})^a \end{array} \right]$$

$$p_{[3]j} = \left[p_{3j} + (\alpha \times C_{[2]j}) \right] (1 + p_{[1]j} + p_{[2]j})^a$$

$$C_{[3]j} = C_{[2]j} + p_{[3]j} = M_j + \left[\begin{array}{l} \left[p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] (1)^a + \left[p_{2j} + (\alpha \times C_{[1]j}) \right] (1 + p_{[1]j})^a + \\ \left[p_{3j} + (\alpha \times C_{[2]j}) \right] (1 + p_{[1]j} + p_{[2]j})^a \end{array} \right]$$

ise

$$p_{[r]j} = \left[p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[\begin{array}{l} M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) + \sum_{i=2}^r \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \end{array} \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j).$$

Yardımcı Önerme 6. Model $p_{[r]j} = \left[p_{rj} + (\alpha \times t_{rj}) \right] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]j} \right)^a$ için GSBHZ'li genel

formüller

$$C_{[r]j} = \left[\begin{array}{l} M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) + \sum_{i=2}^r \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{array} \right] \text{ burada}$$

$$p_{[r]j} = \left[p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \text{ ve}$$

$$C_{[1]j} = M_j + s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} + (\alpha \times M_j) \quad (4.6)$$

İspat

$$s_{[1]j} = \gamma(0) = 0$$

$$s_{[2]j} = \gamma(p_{[1]j})$$

$s_{[3]j} = \gamma(p_{[1]j} + p_{[2]j})$ ve Yardımcı Önerme 5'den biliyoruz ki

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \text{ iken}$$

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] \text{ ve}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \text{ 'dir.}$$

Bu durumda

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (r)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j).$$

Yardımcı Önerme 7. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj}^b)] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]j} \right)^a$ için genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \text{ ve}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \quad (4.7)$$

İspat

Yardımcı Önerme 5'de kullanılan mekanizma kullanılır ise

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] \text{ burada}$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b).$$

Yardımcı Önerme 8. Model $p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times t_{rj}^b)] \left(1 + \sum_{k=1}^{r-1} p_{[k]j}\right)^a$ için GSBHZ'li genel formüller

$$C_{[r]j} = \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \quad \text{burada}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \text{ ve}$$

$$C_{[1]j} = s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \quad (4.8)$$

İspat

$$s_{[1]j} = \gamma(0) = 0$$

$$s_{[2]j} = \gamma(p_{[1]j})$$

$s_{[3]j} = \gamma(p_{[1]j} + p_{[2]j})$ ve Yardımcı Önerme 7'den biliyoruz ki

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \text{ iken}$$

$$C_{[r]j} = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] \text{ ve}$$

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a$$

Bu durumda

$$p_{[r]j} = [p_{rj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \text{ ve}$$

$$C_{[r]j} = \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \quad \text{burada}$$

$$C_{[1]j} = s_{[1]j} + p_{[1]j} = M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b).$$

Bu ispatları tamamlar. \square

Bu bilgiler ışığında, bozulma ve öğrenme etkisi altında geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanlı, n işli, m paralel makineli E/G probleminin tamsayı doğrusal olmayan modeli şu şekilde oluşturulur.

Ek notasyonlar

$$X_{irj} = \begin{cases} 1 & \text{eger } i \text{ isi } j \text{ makinesi } r \text{ sirasinda yapilir ise,} \\ 0 & \text{aksi takdirde.} \end{cases} \quad (4.9)$$

E_{rj} j makinesinde r sırasında yapılan işin erken tamamlanma süresi,

A işin erken tamamlanma maliyeti,

T_{rj} j makinesinde r sırasında yapılan işin gecikme süresi,

B işin gecikme maliyeti,

$$\min \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^m (B \times T_{rj}) + (A \times E_{rj}) \quad (4.10)$$

kısıtlar

$$p_{[1]j} = \begin{cases} \sum_{i=1}^n [(p_i + (\alpha \times M_j))(1)^a] \times X_{irj} & \text{Eger Model 1 veya Model 3 tercih edilir ise,} \\ \sum_{i=1}^n [(p_i + (\alpha \times M_j^b))(1)^a] \times X_{irj} & \text{Eger Model 2 veya Model 4 tercih edilir ise,} \end{cases} \quad (j = 1, \dots, m) \quad (4.11)$$

$$p_{[r]j} = \begin{cases} \sum_{i=1}^n [(p_i + (\alpha \times C_{[r-1]j})) (r)^a] \times X_{ij} & \text{Eger Model 1 tercih edilir ise,} \\ \sum_{i=1}^n [(p_i + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)) (r)^a] \times X_{ij} & \text{Eger Model 2 tercih edilir ise,} \\ \sum_{i=1}^n [(p_i + (\alpha \times C_{[r-1]j})) (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a] \times X_{ij} & \text{Eger Model 3 tercih edilir ise,} \\ \sum_{i=1}^n [(p_i + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)) (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a] \times X_{ij} & \text{Eger Model 4 tercih edilir ise.} \end{cases}$$

$$(r = 2, \dots, n), (j = 1, \dots, m) \quad (4.12)$$

$$C_{[1]j} = M_j + p_{[1]j} \quad (j = 1, \dots, m) \quad (4.13)$$

$$C_{[r]j} = \begin{cases} C_{[r-1]j} + p_{[r]j}; & \text{Eger GSBHZ Yok ise,} \\ C_{[r-1]j} + p_{[r]j} + \gamma(C_{[r-1]j} - M_j); & \text{Eger GSBHZ Var ise.} \end{cases}$$

$$(r = 2, \dots, n), (j = 1, \dots, m) \quad (4.14)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, m), (r = 1, \dots, n) \quad (4.15)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^n X_{irj} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4.16)$$

$$X_{ij} + \sum_{I=1}^n X_{I,r+1,j} \leq 2 \quad (I \neq i), (i = 1, \dots, n), (r = 1, \dots, n-1), (j = 1, \dots, m) \quad (4.17)$$

$$X_{i,r+1,j} \leq \sum_{I=1}^n X_{I,rj} \quad (I \neq i), (i = 1, \dots, n), (r = 1, \dots, n-1), (j = 1, \dots, m) \quad (4.18)$$

$$\left(C_{[r]j} \times \sum_{i=1}^n X_{ij} \right) - T_{rj} + E_{rj} = \left(d \times \sum_{i=1}^n X_{ij} \right) \quad (r = 1, \dots, n), (j = 1, \dots, m) \quad (4.19)$$

Eş. 4.11, her bir makinenin ilk sırasında yapılan işin öğrenme ve bozulma etkisi altındaki işlem zamanını belirler iken Eş. 4.12, her bir makinenin ilk sıra dışında her bir sırasında yapılan işin öğrenme ve bozulma etkisi altındaki işlem zamanını belirler. Eş. 4.13, ilk sırada yapılan işin tamamlanma zamanını veren kısıttır. Bu kısıtta M_j , her makinede çizelge başlangıç zamanını belirtir. E/G problemlerinde her zaman için işin $t = 0$ zamanında başlaması optimum sonuç vermez. Eş. 4.14, yardımcı önermelerde tanımlanan modeller için ilk sıra dışındaki sırada yer alan işlerin tamamlanma zamanını verir iken Eş. 4.15, bir makinenin bir sırasında en fazla bir işin işlem göreceğini göstermektedir. Eş. 4.16, her işin işlem göreceğini gösteren kısıttır. Eş. 4.17, i işinin işlem gördüğü makinede kendinden hemen sonra en çok bir işin işlem görmesini garanti eder iken Eş. 4.18, bir makinede ilk sıra dışındaki herhangi bir sırada işlem gören i işinden hemen önce o makinede en az bir işin işlem göreceğini gösterir. Eş. 4.19, erken tamamlanma ve gecikmenin belirlendiği kısıttır.

5. V-BİÇİMLİ ÖZELLİK

Bu çalışmada kullanılan E/G çizelgeleme problemi farklı erken tamamlanma ve bozulma cezalarına ve ortak teslim tarihine sahiptir. A ve β sırasıyla erken tamamlanma ve gecikme cezaları olsun. Bu durumda oluşacak amaç fonksiyonu şu şekilde verilmiştir [2]

$$f(S) = \sum_{j=1}^n (AE_j + \beta T_j) \quad (5.1)$$

burada E_j ve T_j sırasıyla j işinin erken tamamlanma ve gecikme sürelerini verir.

Bu koşullar ele alındığında, öğrenme ve bozulma etkilerinin ortak birleşimleri altında, hazırlık zamansız ve GSBHZ'li E/G çizelgeleme problemini, aşağıda tanımlanan teoremler ile irdeleyebiliriz.

Teorem 1. $P \left[[p_r + (\alpha \times t_r)] r^a \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right. \right]$ problemi için optimum çözüm V-

biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r - 1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$), bozulma etkisini gösterecek ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında, j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 1'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))](r+1)^a \end{array} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))](r+1)^a \end{array} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] \right] + \text{ 'dır.}$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))](r+1)^a \end{array} \right] \right]$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \\ \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[u]_j}(\pi') = C_{[r+1]_j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j})](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j})](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]_j}(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{vj}(\pi') = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j})](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j})](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$E_{uj}(\pi') = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j})](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j})](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]_j}(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j})](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j})](r)^a \end{array} \right] \right] + \text{ 'dir.}$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j})](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j})](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]_j}(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right] \right]$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[A \times \left(\frac{(E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) -}{(E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi))} \right) \right] = A \times \left[\left(\frac{\left(\left(\frac{2 \times r^a}{\alpha \times r^a \times (r+1)^a} \right) + \right) - (r+1)^a}{\left(\frac{2 \times r^a}{\alpha \times r^a \times (r+1)^a} \right) - (r+1)^a} \right) \times (p_{uj} - p_{vj}) \right] \text{ 'dir.} \quad (5.2)$$

Biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır. Aynı zamanda biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ 'dir.

Bu durumda, $\lfloor A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi))) \rfloor \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılacaktır.

π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r - 1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$), bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında, j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 1'den

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))](r+1)^a \end{array} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$T_{uj}(\pi) = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] - d \text{ ve}$$

$$T_{vj}(\pi) = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))](r+1)^a \end{array} \right] - d.$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(B \times T_{uj}(\pi)) + (B \times T_{vj}(\pi)) =$$

$$B \times \left[\left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] + \right] - d \quad \text{'dir.}$$

$$B \times \left[\left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))](r+1)^a \end{array} \right] + \right] - d$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] + \quad \text{ve}$$

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right] +$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$T_{vj}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{array} \right] - d \quad \text{ve}$$

$$T_{uj}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right] - d.$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(B \times T_{vj}(\pi')) + (B \times T_{uj}(\pi')) =$$

$$B \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{aligned} \right] \right] + \text{'dir.}$$

$$B \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi'))](r+1)^a \end{aligned} \right] \right]$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[B \times \left(\begin{array}{c} (T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - \\ (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \end{array} \right) \right] = B \times \left[\left(\begin{array}{c} ((2 \times r^a) + \\ (\alpha \times r^a \times (r+1)^a)) - (r+1)^a \end{array} \right) \times (p_{vj} - p_{uj}) \right] \text{'dir. (5.3)}$$

Biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır. Aynı zamanda biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ 'dir.

Bu durumda, $[B \times ((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)))] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 2. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r) \right] r^a + s_r^{psd} \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right|$ problemi için optimum

çözüm V -biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v

işi $(r-1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$), bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda, pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanlı tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 2'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a \end{aligned} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a \\ & + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \right] +$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a \end{aligned} \right] \right] \text{, dir.}$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a \end{aligned} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{[v]j}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{[u]j}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi))](r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j})](k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j})](k)^a \end{aligned} \right] \right] +$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi))](r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j})](k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})](i)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})](r)^a \end{aligned} \right] \right], \text{ dir.}$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[A \times \begin{pmatrix} (E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \end{pmatrix} \right] = A \times \begin{pmatrix} (((2 \times r^a) + \gamma) + (\alpha \times r^a \times (r+1)^a)) \\ -(r+1)^a \end{pmatrix} \times (p_{uj} - p_{vj}), \text{ dir.} \quad (5.4)$$

Biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha, \gamma \leq 1$ 'dir.

Bu durumda, $[A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)))] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark şu şekilde elde edilir

$$\left[B \times \begin{pmatrix} (T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - \\ (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \end{pmatrix} \right] = B \times \left[\begin{pmatrix} (((2 \times r^a) + \gamma) + (\alpha \times r^a \times (r+1)^a)) \\ -(r+1)^a \end{pmatrix} \times (p_{vj} - p_{uj}) \right]. \quad (5.5)$$

Biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha, \gamma \leq 1$ 'dir.

Bu durumda, $[B \times ((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)))] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 3. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r^b) \right] r^a \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right.$ problemi için optimum çözüm V -biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r-1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$) ve ($b > 0$) bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 3'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi))](r+1)^a \end{array} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi))](r+1)^a \end{array} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{array} \right] \right] + \text{ 'dır.}$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi))](r+1)^a \end{array} \right] \right]$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{vj}(\pi') = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{array} \right] \text{ ve}$$

$$E_{uj}(\pi') = d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{array} \right] \right] + \text{ 'dir.}$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{array}{l} [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi'))](r+1)^a \end{array} \right] \right]$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[\begin{array}{l} A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi))) \end{array} \right] = A \times \left[\begin{array}{l} [(2r^a - (r+1)^a)(p_{uj} - p_{vj})] + \\ [(\alpha \times (r+1)^a)(C_{[u]j}^b(\pi) - C_{[v]j}^b(\pi'))] \end{array} \right] \text{ 'dir.} \quad (5.6)$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(x^z - y^z) \geq 0$ 'dir. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[u]j}^b(\pi) - C_{[v]j}^b(\pi'))] \geq 0$ 'dir. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dir.

Bu durumda, $[A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)))] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[B \times \left(\frac{(T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi))}{(T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi))} \right) \right] = B \times \left[\frac{[(2r^a - (r+1)^a)(p_{vj} - p_{uj})] + [(\alpha \times (r+1)^a)(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi'))]}{[(2r^a - (r+1)^a)(p_{vj} - p_{uj})] + [(\alpha \times (r+1)^a)(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi'))]} \right] \text{dir.} \quad (5.7)$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(y^z - x^z) \leq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi'))] \leq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $[B \times ((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)))] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 4. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r^b) \right] r^a + s_r^{psd} \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right|$ problemi için optimum

çözüm V-biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r-1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$) ve $(b > 0)$, bozulma etkisini gösterebilir. J_u işinin başlangıç zamanı M ile gösterilsin. Bu durumda, pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanlı tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 4'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve} \\ C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a \end{aligned} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a \\ & + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve} \\ E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \right] +$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a \end{aligned} \right] \right], \text{dır.}$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi)) \right] (r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \gamma \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a \end{aligned} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{[v]j}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (i)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (k)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{[u]j}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi))](r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)](k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)](k)^a \end{aligned} \right] \right] +$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi))](r+1)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_{kj} + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)](k)^a + \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)](i)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)](r)^a \end{aligned} \right] \right], \text{ dir.}$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[\begin{array}{c} (E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \end{array} \right] = A \times \left[\begin{array}{c} [(2 + \gamma) \times (r^a) - (r+1)^a] \times (p_{uj} - p_{vj}) + \\ [(r+1)^a \times (\alpha \times (C_{[u]j}^b(\pi) - C_{[v]j}^b(\pi')))] \end{array} \right], \text{ dir. (5.8)}$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(x^z - y^z) \geq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha, \gamma \leq 1$ iken $[(C_{[u]j}^b(\pi) - C_{[v]j}^b(\pi'))] \geq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $\left[A \times \left((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \right) \right] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[B \times \left(\begin{array}{l} (T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - \\ (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \end{array} \right) \right] = B \times \left[\begin{array}{l} \left[\left[(2 + \gamma) \times (r^a) \right] - (r + 1)^a \right] \times (p_{vj} - p_{uj}) \right] + \\ (r + 1)^a \times \left[\left[\alpha \times (C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi')) \right] \right] \end{array} \right], \text{ dir. (5.9)}$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(y^z - x^z) \leq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $\left[(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi')) \right] \leq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r + 1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $\left[B \times \left((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \right) \right] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 5. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r) \right] \left(1 + \sum_{i=1}^{r-1} p_{[i]j} \right)^a \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right.$ problemi için optimum

çözüm V-biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r - 1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$), bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde

işlem gören J_u ve J_v işlerinin tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 5'den

$$C_{[r]j} = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^r [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] \text{ ise}$$

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \left[[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right]$$

$$C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \left[[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \left[[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))] (1 + C_{[u]j}(\pi) - M_j)^a \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \left[[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] \text{ ve}$$

$$E_{vj}(\pi) = d - \left[[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \left[[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \left[[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))] (1 + C_{[u]j}(\pi) - M_j)^a \right]$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] +$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (1 + C_{[u]j}(\pi) - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] \text{ 'dır.}$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right]$$

ve

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \\ & \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j)^a \right] \end{aligned} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{vj}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{uj}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi')) + (A \times E_{vj}(\pi')) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] \right] +$$

$$\left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi')) \right] (1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ 'dir.}$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[A \times \left(\begin{aligned} & (E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ & (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \end{aligned} \right) \right] = A \times \left[\begin{aligned} & \left[2 \times (p_{uj} - p_{vj}) \times (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] (1 + C_{[u]j}(\pi') - M_j)^a \Big] - \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ 'dir. (5.10)}$$

Biliyoruz ki $a \leq 0$ ve $r < R$ iken $(r^a - R^a) > 0$ 'dır. Aynı zamanda biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi'))] \leq 0$ 'dır.

Bu durumda, $[A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)))] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise toplam ceza fonksiyonu

$$\left[B \times \left(\begin{array}{c} (T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - \\ (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \end{array} \right) \right] = B \times \left[\begin{array}{c} \left[2 \times (p_{vj} - p_{uj}) \times \left((1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right) \right] + \\ \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi)) \right] \left(1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j \right)^a \\ \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] \left(1 + C_{[u]j}(\pi') - M_j \right)^a \end{array} \right] \text{ 'dir. (5.11)}$$

Biliyoruz ki $a \leq 0$ ve $r < R$ iken $(r^a - R^a) > 0$ 'dır. Aynı zamanda biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $\left[C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi') \right] \leq 0$ 'dır.

Bu durumda, $\left[B \times \left((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \right) \right] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 6. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r) \right] \left(1 + \sum_{i=1}^{r-1} p_{[i]j} \right)^a + s_r^{psd} \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right|$ problemi için optimum çözüm V -biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r - 1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$), bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda, pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanlı tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 6'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \right] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[\gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] \end{aligned} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \right] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[\gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j}) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[\gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] \end{aligned} \right]$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$\begin{aligned}
 & (A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) = \\
 & A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] \right] + \\
 & A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j})] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma [p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] \right] \text{ 'dir.}
 \end{aligned}
 \right.
 \end{aligned}$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$G_{[v]j}(\pi') = G_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j})] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{[v]j}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right]$$

ve

$$E_{[u]j}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j})] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right]$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$\begin{aligned}
 & (A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) = \\
 & A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] \right] + \\
 & A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & [M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j)] + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j})] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j})] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j})] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j})] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] \right] \text{ 'dir.}
 \end{aligned}
 \right.
 \end{aligned}$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[A \times \left(\begin{aligned} & (E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ & (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \end{aligned} \right) \right] = A \times \left[\begin{aligned} & [(2 + \gamma) \times (p_{uj} - p_{vj}) \times (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a] + \\ & [p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi))] (1 + C_{[u]j}(\pi') - M_j)^a \Big] - \\ & [p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi))] (1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ 'dir.} \quad (5.12)$$

Biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha, \gamma \leq 1$ 'dir.

Bu durumda, $[A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)))] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark şu şekilde elde edilir

$$\left[B \times \left(\begin{array}{c} (T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - \\ (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \end{array} \right) \right] = B \times \left[\begin{array}{c} \left[(2 + \gamma) \times (p_{vj} - p_{uj}) \times \left((1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right) \right] + \\ \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}(\pi)) \right] \left(1 + C_{[v]j}(\pi') - M_j \right)^a \\ \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}(\pi)) \right] \left(1 + C_{[u]j}(\pi') - M_j \right)^a \end{array} \right] - \quad (5.13)$$

Biliyoruz ki $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha, \gamma \leq 1$ 'dir.

Bu durumda, $\left[B \times \left((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \right) \right] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 7. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r^b) \left(1 + \sum_{i=1}^{r-1} p_{[i]j} \right)^a \right] \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij})$ problemi için optimum

çözüm V-biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r - 1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$) ve $(b > 0)$ bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 7'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \text{ ve} \\ C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \end{aligned} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \text{ ve} \\ E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) = \\ A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] + \text{ 'dır.} \\ A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right]$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]j}(\pi') = C_{[r]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[u]j}(\pi') = C_{[r+1]j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b) \right] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a \end{aligned} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{vj}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{uj}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b) \right] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] + \text{ 'dır.}$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b) \right] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right]$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[A \times \left(\begin{aligned} & (E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ & (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \end{aligned} \right) \right] = A \times \left[\begin{aligned} & \left[2 \times (p_{uj} - p_{vj}) \times (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[u]j}^b(\pi') - M_j)^a - \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}^b(\pi') - M_j)^a \end{aligned} \right] \text{ 'dır. (5.14)}$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(x^z - y^z) \geq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[u]j}^b(\pi) - C_{[v]j}^b(\pi'))] \geq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $[A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)))] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[B \times \left(\begin{array}{l} (T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - \\ (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)) \end{array} \right) \right] = B \times \left[\begin{array}{l} \left[2 \times (p_{vj} - p_{uj}) \times ((1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a) \right] + \\ \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}^b(\pi') - M_j)^a \\ \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[u]j}^b(\pi') - M_j)^a \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right], \text{ dir. (5.15)}$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(y^z - x^z) \leq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi'))] \leq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $[B \times ((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)))] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

Teorem 8. $P \left[p_r + (\alpha \times t_r^b) \left(1 + \sum_{i=1}^{r-1} p_{[i]j} \right)^a + s_r^{psd} \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (AE_{ij} + \beta T_{ij}) \right. \right]$ problemi için

optimum çözüm V-biçimlidir: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, p_j

işlem zamanlarının azalan sırasında; teslim tarihinden sonra başlayan işler ise, p_j işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

İspat. π çizelgesinde ki komşu iki iş J_u ve J_v ($v = u + 1$) ve bu işlerin işlem zamanları arasındaki bağıntının $p_u \geq p_v$ olduğunu varsayalım. Bu işlerden u işi r ve v işi $(r - 1)$ pozisyonunda yapılsın. $a \leq 0$, öğrenme indeksini gösterirken α ($\alpha > 0$) ve ($b > 0$) bozulma etkisini gösterebilir ve J_u işinin başlangıç zamanı M olsun. Bu durumda pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ve doğrusal bozulma etkisi altında j makinesinde işlem gören J_u ve J_v işlerinin tamamlanma zamanı $C_{[u]j}$ ve $C_{[v]j}$ Yardımcı Önerme 8'den

$$C_{[u]j}(\pi) = C_{[r]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[v]j}(\pi) = C_{[r+1]j}(\pi) = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right]$$

olarak elde edilir ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{uj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{vj}(\pi) = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right].$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$(A \times E_{uj}(\pi)) + (A \times E_{vj}(\pi)) =$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] +$$

$$A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b) \right] (1 + C_{[u]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] \text{ 'dır.}$$

J_u ve J_v işlerinin yer değiştirilmesi ile elde edilen çizelge π' için J_u ve J_v işlerinin elde edilen tamamlanma zamanları

$$C_{[v]_j}(\pi') = C_{[r]_j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]_j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$C_{[u]_j}(\pi') = C_{[r+1]_j}(\pi') = \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]_j}^b) \right] (1 + C_{[v]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]_j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right]$$

ise işlerin erken tamamlanmaları şu şekilde belirlenir

$$E_{vj}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]_j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right] \text{ ve}$$

$$E_{uj}(\pi') = d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) \right] + \sum_{i=2}^{r-1} \left[p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]_j}^b) \right] (1 + C_{[v]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i \left[p_k + (\alpha \times C_{[k-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[k-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \left[p_i + (\alpha \times C_{[i-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[i-1]_j} - M_j)^a \Big] + \\ & \gamma \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]_j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]_j} - M_j)^a \Big] \end{aligned} \right]$$

Toplam ceza fonksiyonu ise

$$\begin{aligned}
 & (A \times E_{vj}(\pi')) + (A \times E_{uj}(\pi')) = \\
 & A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] + \\
 & A \times \left[d - \left[\begin{aligned} & \left[M_j + p_{1j} + (\alpha \times M_j^b) + \sum_{i=2}^{r-1} [p_{ij} + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b) \right] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a + \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b) \right] (1 + C_{[v]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{k=1}^i [p_k + (\alpha \times C_{[k-1]j}^b)] (1 + C_{[k-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma \sum_{i=1}^{r-1} [p_i + (\alpha \times C_{[i-1]j}^b)] (1 + C_{[i-1]j} - M_j)^a + \\ & \gamma [p_{vj} + (\alpha \times C_{[r-1]j}^b)] (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \end{aligned} \right] \right] \quad \text{'dir.}
 \end{aligned}$$

Çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[A \times \left(\begin{aligned} & (E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - \\ & (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)) \end{aligned} \right) \right] = A \times \left[\begin{aligned} & \left[(2 + \gamma) \times (p_{uj} - p_{vj}) \times (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \\ & \left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[u]j}^b(\pi') - M_j)^a - \\ & \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}^b(\pi') - M_j)^a \end{aligned} \right] \quad \text{'dir.} \quad (5.16)$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(x^z - y^z) \geq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[u]j}^b(\pi) - C_{[v]j}^b(\pi'))] \geq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $[A \times ((E_{uj}(\pi') + E_{vj}(\pi')) - (E_{uj}(\pi) + E_{vj}(\pi)))] \geq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinde veya öncesinde tamamlanan işler, işlem zamanlarının azalan sırasında sıralanırlar.

Benzer işlemler teslim tarihinden sonra başlayan işler için kullanılır ise çizelgelerin ceza fonksiyonları arasındaki fark

$$\left[B \times \left(\frac{(T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi))}{(T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi))} \right) \right] = B \times \left[\frac{\left[(2 + \gamma) \times (p_{vj} - p_{uj}) \times (1 + C_{[r-1]j} - M_j)^a \right] + \left[p_{uj} + (\alpha \times C_{[v]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[v]j}^b(\pi') - M_j)^a}{\left[p_{vj} + (\alpha \times C_{[u]j}^b(\pi)) \right] (1 + C_{[u]j}^b(\pi') - M_j)^a} \right] \right], \text{ dir. (5.17)}$$

x, y ve z pozitif sayılar ve $x \geq y$ iken $(y^z - x^z) \leq 0$ 'dır. Bu durumda $p_u \geq p_v$ ve $0 < \alpha \leq 1$ iken $[(C_{[v]j}^b(\pi) - C_{[u]j}^b(\pi'))] \leq 0$ 'dır. Aynı zamanda, biliyoruz ki $a \leq 0$ iken $(r^a - (r+1)^a) > 0$ 'dır.

Bu durumda, $[B \times ((T_{uj}(\pi') + T_{vj}(\pi')) - (T_{uj}(\pi) + T_{vj}(\pi)))] \leq 0$ sonucu elde edilir. Bu eşitsizliğin anlamı: teslim tarihinden sonra işlem gören işler, işlem zamanlarının artan sırasında sıralanırlar.

6. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, öncelikle Bölüm 4’de tanımlanan tamsayılı matematiksel modeller LINGO 8.0 paket programı ile kodlanmış ve OR-Library’den [67] alınan sch10.1 (10 işli ve $k=1$) test problemleri için program 20 saat koşturulmuştur. Bölüm 4’de iki farklı öğrenme ve iki farklı bozulma etkilerinin kombinasyonları altında elde edilen dört farklı işlem zamanlı ($p_{[r]}$) ve tamamlanma zamanlı ($C_{[r]}$) tamsayılı matematiksel modelin LINGO 8.0 kodları Ek 1’de sunulmuştur. Bu koşturmalar, aşağıda anlatılan büyük boyutlu problemler için önerilen, V-biçimli çözümler içinden optimum çözümü elde etmede kullanılan algoritmanın performansını değerlendirmede kullanılacaktır. Bu çalışmada ele alınan paralel makineli E/G problemi için ortak teslim tarihinin belirlenmesinde, Rios-Solis ve Sourd’un yaklaşımı [68] kullanılacaktır. Bu durumda, m makine sayısı ve h teslim tarihinin belirlenmesi için kullanılan bir katsayı iken ortak teslim tarihi

$$d = h \times \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{m} \text{ dir.} \quad (6.1)$$

Bu çalışmada önerilecek algoritma öncelikle, ortak teslim tarihi (d) ve Δ ’nın (Bkz. Bölüm 3) belirlenmesi sonucu problemin kısıtlandırılmış veya kısıtlandırılmamış olduğunu belirler. Algoritma bünyesinde hem kısıtlandırılmış hem de kısıtlandırılmamış problemlerin optimum çözümü için Baker [1] tarafından *tek makineli* E/G problemi için önerilen, *tam ağ kırılması* (*precise tie-breaking*) mekanizması ile çalışan, metotların revize edilmiş versiyonlarını içerir. Önerilen algoritma Şekil 6.1’de tanımlanmıştır.

Eş. (54) kullanılarak d ve Δ (Bölüm 3'e bak) belirlenir.

Eğer $d \geq \Delta$ ise problem *kısıtlandırılmamıştır*. Bu durumda *Yöntem 1* kullanılır.

Yöntem 1

Adım 1. B_j $\{j = 1, 2, \dots, m\}$, j makinesinde erken tamamlanan işler kümesi, A_j , j makinesinde geç tamamlanan işler kümesi olsun. Başlangıçta bütün B_j ve A_j kümeleri boş olsun ve bütün işler işlem zamanlarına göre azalan biçimde sıralansın.

Adım 2. $Min |B_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$ ve $Min |A_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$ belirle.

$Min |B_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$, j_1 makinesinde, $Min |A_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$, j_2 makinesinde olsun.

Eğer $\alpha \times (Min |B_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|) < \beta \times (1 + Min |B_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|)$ ise sıradaki i işini B_{j_1} setine ata ve $|B_{j_1}|$ 'i bir artır; aksi takdirde A_{j_2} setine ata ve $|A_{j_2}|$ 'i bir artır.

Adım 3. Bütün işler çizelgelene kadar Adım 2'yi tekrarla.

Eğer $d < \Delta$ ise problem *kısıtlandırılmıştır*. Bu durumda *Yöntem 2* kullanılır.

Yöntem 2

Adım 1. Bütün makineler için $L_j = d$ $\{j = 1, 2, \dots, m\}$ ve $R_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n p_j}{m} \right) - d$ olarak ayarlanır

ve bütün işler işlem zamanlarına göre azalan biçimde sıralansın.

Adım 2. $Max |L_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$ ve $Max |R_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$

belirle. $Max |L_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$, j_1 makinesinde, $Max |R_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|$, j_2 makinesinde olsun.

Eğer $\alpha \times (Max |L_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|) > \beta \times (Max |R_j, \{j = 1, 2, \dots, m\}|)$ ise sıradaki i işini B_{j_1} setine ata ve $L_{j_1} = L_{j_1} - p_{[i]}$; aksi takdirde A_{j_2} setine ata ve $R_{j_2} = R_{j_2} - p_{[i]}$.

Adım 3. Bütün işler çizelgelene kadar Adım 2'yi tekrarla.

Şekil 6.1. Önerilen algoritma

Önerilen algoritma Borland C++ Builder 6.0 ile kodlanmıştır. Çizelge 3.1 (Bkz. Ek 3), paralel makineli E/G problemlerinin OR_Library'den [68] alınan sch10.1, sch20.1, sch50.1, sch100.1, sch200.1, sch500.1 ve sch1000.1 test problemleri için *herhangi bir etki altında olmadan elde edilen en iyi değerlerini* vermektedir.

Algoritmanın performansını belirlemek için öncelikle sch10 problemi LINGO 8.0 kodları ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çizelge 3.2-3.5 (Bkz. Ek 3) gösteriyor ki, önerilen algoritma çok kısa zamanda çok büyük oranda LINGO ile elde edilen sonuçları elde edebilmektedir. Çizelge 3.6-3.21 (Bkz. Ek 3) ise büyük boyutlu problemler için önerilen algoritmanın elde ettiği sonuçları göstermektedir.

Heizer ve Render [69], farklı ürünler için farklı öğrenme oranlarının olduğunu göstermişlerdir. 1920 ve 1988 yılları arasında Birleşmiş Milletlerde öğrenme oranının farklı imalat endüstrileri için %70 ile %90 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Örneğin; çelik endüstrisinde %79 iken uçak imalatında %80 olarak tespit edilmiştir. Bunun dışında, öğrenme etkisinin ilk uygulayıcılarından olan Biskup [44], Mosheiov [43] ve Eren ve Güner [59]'de çalışmalarında %80'i ele almışlardır. Bu çalışmada bu nedenlerden dolayı, öğrenme oranı olarak %70 ve %80 ele alınmıştır. Böylece öğrenme oranındaki değişimlerin çözüm üzerine etkisi analiz edilebilecektir. Bozulma etkisi oranları için yapılan deneysel çalışmalarda [35, 70] (0,1] aralığında değerler seçilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada α bozulma oranı için 0,1 ve 0,2; b doğrusal olmayan bozulma oranı için ise 0,1 ve 0,5 değerleri seçilmiştir. Bozulma etkisi sonucu ürünlerin ıskarta olması söz konusu değildir. GSBHZ'nin parametresi olan γ değeri için 0,01 değeri alınmıştır. Ele alınan modellerin çok sayıda parametresinin olması nedeniyle bütün test problemleri için γ 'nın tek değeri olarak 0,01 kabul edilmiştir. Son olarak erken tamamlanma ve gecikme cezaları olarak sırasıyla 2 ile 3 ve 3 ile 2 ele alınacaktır.

Bölüm 3'de tanımlanan dört model (Bkz. Eş. 3.9-3.12) arasındaki ilişkiyi daha iyi açıklamak için Şekil 2.1-2.4'de (Bkz. Ek 2) $n = 100$ ve $p_i = 100$ $\{i = 1,2,\dots,100\}$ için sırasıyla dört modelin fonksiyon grafiği verilmiştir.

Şekil 2.1-2.4'den elde edilen sonuçları şu şekilde özetleyebiliriz

- Model 1 ve Model 3'ün fonksiyonları iş sayısına bağlı olarak artan özellik göstermektedir. Bunun sebebi: bozulma etkisinin doğrusal olması ve polinomial öğrenme etkisinden daha baskın olmasıdır.
- Model 2 ve Model 4'ün fonksiyonları iş sayısına bağlı olarak azalan özellik göstermektedir. Bunun sebebi: bozulma etkisinin doğrusal olmaması ve polinomial öğrenme etkisinin daha baskın olmasıdır.
- Model 1'deki artış eğilimi Model 3'den daha fazla olacaktır. Bunu nedeni: büyük işlem zamanları ele alındığında, zaman bağımlı öğrenme etkisinin etkinliğinin sıra bağımlı öğrenme etkisinin etkinliğinden daha fazla olmasıdır. Bu sonuç, Çizelge 3.2-3.21'de Model 1 ve Model 3 için elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.
- Model 2'deki azalış eğilimi Model 4'den daha az olacaktır. Bunu nedeni de: büyük işlem zamanları ele alındığında, zaman bağımlı öğrenme etkisinin etkinliğinin sıra bağımlı öğrenme etkisinin etkinliğinden daha fazla olmasıdır. Bu sonuç, Çizelge 3.2-3.21'de Model 1 ve Model 3 için elde edilen sonuçlar ile tutarlıdır.
- Model 1 ve Model 3'de en büyük artış öğrenme oranı = %80 ve $\alpha=0,2$ iken elde edilir. Çünkü bu durumda, öğrenme etkisi düşük etki yaparken bozulma etkisi yüksek etki yapmaktadır. Diğer taraftan, en düşük artış öğrenme oranı = %70 ve $\alpha=0,1$ iken elde edilir. Çünkü bu durumda, öğrenme etkisi yüksek etki yaparken bozulma etkisi düşük etki yapmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, Çizelge 3.2-3.21'de Model 1 ve Model 3 için elde edilen sonuçlar ile tutarlılık göstermektedir.

- Model 2 ve Model 4’de en büyük azalış öğrenme oranı = %70, $\alpha=0,1$ ve $b=0,1$ iken elde edilir. Çünkü bu durumda, öğrenme etkisi yüksek etki yaparken doğrusal olmayan bozulma etkisi düşük etki yapmaktadır. Diğer taraftan, en düşük azalış öğrenme oranı = %80, $\alpha=0,2$ ve $b=0,5$ iken elde edilir. Çünkü bu durumda, öğrenme etkisi düşük etki yaparken bozulma etkisi yüksek etki yapmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, Çizelge 3.2-3.21’de Model 2 ve Model 4 için elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 3.2-3.21’den elde edilen sonuçlar ile yukarıda maddeler halinde elde edilen sonuçların tutarlı olması, test problemleri üzerinde yapılmış olan deneysel çalışmaların anlamlılığını göstermektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

TZÜ kavramının benimsendiği üretim ortamlarında, ideal bir çizelge için tüm işlerin teslim tarihlerine yakın zamanlarda tamamlanması arzu edilir. Bu nedenle, işlerin erken ya da geç tamamlanmasının cezalandırıldığı çizelgeleme modeli bütün üretim tesisleri için önerilmelidir. Çizelgeleme literatüründe bu model E/G problemi olarak adlandırılmaktadır. E/G problemlerinin önemli özel bir yapısı, ortak teslim tarihinden işin tamamlanma zamanlarının mutlak sapmasının toplamının en küçüklenmesini ele alır. Bu yapıda, ortak teslim tarihinin çizelgenin ortasında olduğu bir çizelge oluşturulması arzu edilecektir.

Öğrenme ve bozulma etkilerinden dolayı üretimin performansındaki gelişme gerçekçidir ve önemlidir. Öğrenme ve bozulma etkisi son yıllarda araştırmacılar tarafından yaygın olarak dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada, E/G çizelgeleme problemi için öğrenme ve bozulma etkileri eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Öğrenme etkisi olarak sıra bağımlı ve zaman bağımlı öğrenme etkisi yapıları kullanılırken; bozulma etkisi olarak doğrusal ve doğrusal olmayan bozulma etkileri ele alınmıştır. Bunun yanında hazırlık zamanı olarak, çizelgelenen işlere bağımlı yeni bir hazırlık zamanı formu olan GSBHZ kullanılmıştır. Herhangi bir sırada işlem gören işin GSBHZ'si, kendinden önce çizelgelenen işlerin işlem zamanları toplamının bir fonksiyonuna göre belirlenir.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, gerek öğrenme etkisi gerekse bozulma etkisinin ayrı ayrı kullanıldığı çalışmaların çok büyük bir oranı tek makine ortamında düşünülmüştür. Aynı zamanda her etkinin bir arada kullanıldığı çok az sayıdaki çalışmada da ele alınan çizelgeleme ortamı tek makinedir. Hem öğrenme etkisinin hem de bozulma etkisinin eşzamanlı olarak kullanıldığı çalışmaların tamamında, sadece pozisyon bağımlı öğrenme etkisi ile doğrusal bozulma etkisinin birleşimi ele alınırken, E/G problemi üzerinde durulmamıştır.

Bu çalışma, iki öğrenme etkisi ve iki bozulma etkisinin birleşimlerinden elde edilen dört farklı modeli ele alarak, bu etkilerin değişimlerinin sonuca etkisini analiz

edebilmektedir. E/G probleminin ele alındığı modellerde paralel makine ortamı düşünülmüştür. Bunların yanında, günümüze kadar üzerinde çok az çalışma yapılan GSBHZ, bu modeller ile birlikte kullanılmış ve bir işin hazırlık zamanı, kendisinden önce işlem gören işlerin öğrenme ve bozulma etkileri altındaki işlem zamanları toplamı ile elde edilmiştir. Bu yönleri ile yapılan çalışmanın sonuçlarının, literatüre önemli katkılar yaptığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, öğrenme ve bozulma etkilerinin kombinasyonlarından elde edilen modeller altındaki E/G probleminin hem GSBHZ'siz hem de GSBHZ'li formları için optimum çözümün V-biçimli olduğu ispatlanmıştır. Çalışılan problemin karışık tam sayılı matematiksel modeli, LINGO paket programı ile modellenmiş ve OR-Library'den alınan sch10 problemi için koşturulmuştur. Büyük boyutlu problemler için literatürden alınan, tek makineli E/G problemlerin V-biçimli çözümleri için önerilen, algoritma üzerinde çalışılan problem için revize edilmiştir. Revize edilen algoritma, C++ kullanılarak kodlanmış ve sch10, sch50, sch100, sch500 ve sch1000 test problemleri için koşturulmuştur. Sch10 problemi için elde edilen LINGO sonuçları ve algoritma sonuçları karşılaştırılarak algoritmanın etkinliği gösterilmiştir. Son olarak, yapılan uygulama çalışmasında elde edilen sonuçlar ile modellerin grafiklerinden elde edilen yorumların örtüşmesi yapılan çalışmanın tutarlılığını göstermektedir.

Uygulama çalışmasında elde edilen sonuçlar gösteriyor ki;

- Büyük işlem zamanları ele alındığında, zaman bağımlı öğrenme etkisinin etkinliğinin sıra bağımlı öğrenme etkisinin etkinliğinden daha fazla olması nedeniyle Model 1'in fonksiyonundaki artış eğilimi Model 3'ün fonksiyonundaki artış eğiliminden fazla olurken Model 2'nin fonksiyonundaki azalış eğilimi Model 4'ün fonksiyonundaki azalış eğiliminden daha az olmaktadır.
- Hem Model 1'in hem de Model 3'ün fonksiyonlarındaki en büyük artış, öğrenme oranı = %80 ve $\alpha=0,2$ iken elde edilir. Diğer taraftan, en düşük artış, öğrenme

oranı = %70 ve $\alpha=0,1$ iken elde edilir. Bu sonuçlar, çizelgelerde gösterilen Model 1 ve Model 3 için elde edilmiş sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

- Hem Model 2'nin hem de Model 4'ün fonksiyonlarındaki en büyük azalış, öğrenme oranı = %70, $\alpha=0,1$ ve $b=0,1$ iken elde edilir. Diğer taraftan, en düşük azalış, öğrenme oranı = %80, $\alpha=0,2$ ve $b=0,5$ iken elde edilir. Bu sonuçlar, çizelgelerde gösterilen Model 2 ve Model 4 için elde edilmiş sonuçlar ile tutarlıdır.

Bu çalışmada önerilen öğrenme ve bozulma etkili modeller, diğer çizelgeleme ölçütleri için düşünülebilir. Ayrıca çalışmada yer alan öğrenme ve bozulma etkilerinden farklı yapıdaki öğrenme ve bozulma etkileri ile yapılacak uygulamalar gelecekte yapılması önerilen diğer çalışmalardır. Çok yeni bir hazırlık zamanı formu olan GSBHZ, önerilen yeni öğrenme etkisi ve/veya bozulma etkisi yapılarıyla birlikte düşünülerek yeni çalışmalar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Baker, K. R., "Elements of sequencing and scheduling", *HN: Kenneth R. Baker*, Hanover, 5.1-5.24 (1994).
2. Baker, K. R., Scudder, G. D., "Sequencing with earliness and tardiness penalties: A review", *Operations Research*, 38 (1): 22-36 (1990).
3. Zeng, W. X., Nagasawa, H., Nishiyama, N., "Single-machine scheduling for minimizing total cost with identical, asymmetrical earliness and tardiness penalties", *International Journal of Production Research*, 31 (7): 1611-1620 (1993).
4. Bank, J., Werner, F., "Heuristics algorithms for unrelated parallel machine scheduling with a common due date, release dates and linear earliness tardiness penalties", *Mathematical and Computer Modelling*, 33: 363-383 (2001).
5. Mosheiov, G., Shadmon, M., "Minmax earliness-tardiness costs with unit processing time jobs", *European Journal of Operational Research*, 130: 638-652 (2001).
6. Sun, H., Wang, G., "Parallel machine earliness and tardiness scheduling with proportional weights", *Computers and Operations Research*, 30: 801-808 (2003).
7. Sriyaarachchi, R. H., Wirth, A., "Earliness/tardiness scheduling with a common due date and family setups", *Computers and Industrial Engineering*, 47: 257-288 (2004).
8. Hino, C. M., Ronconi, D. P., Mendes, A. B., "Minimizing earliness and tardiness penalties in a single-machine problem with a common due date", *European Journal of Operational Research*, 160: 190-201 (2005).
9. Cheng, T. C. E., Chen, Z. L., "Parallel machine scheduling problems with earliness and tardiness penalties", *Journal of Operational Research Society*, 45 (6): 685-695 (1994).
10. Arkin, E. M., Roundy, R. O., "Weighted-tardiness scheduling on parallel machines with proportional weights", *Operations Research*, 39 (1): 64-81 (1991).
11. Kim, Y. D., Yano, C. A., "Minimizing mean tardiness and earliness in single-machine scheduling problems with unequal due dates", *Naval Research Logistics*, 41 (7): 913-933 (1994).
12. Szwarc, W., "Adjacent orderings in single-machine scheduling with earliness and tardiness penalties", *Naval Research Logistics*, 40 (2): 229-243 (1993).

13. Alidaee, B., Kochenberger, G. A., Ahmadian, A., "Minimization total absolute flow time deviation in single and multiple machine scheduling", *Journal of Operational Research Society*, 45 (9): 1077-1087 (1994).
14. Zhu, Z., Heady, R. B., "Minimizing the sum of earliness/tardiness in multi-machine scheduling: a mixed integer programming approach", *Computers and Industrial Engineering*, 38: 297-305 (2000).
15. Ventura, J. A., Kim, D., "Parallel machine scheduling with earliness-tardiness penalties and additional resource constraints", *Computers and Operations Research*, 30: 1945-1958 (2003).
16. Bauman, J., Jozefowska, J., "Minimizing the earliness-tardiness costs on a single machine", *Computers and Operations Research*, 33: 3219-3230 (2006).
17. Mosheiov, G., Oron, D., "Minmax scheduling with job-classes and earliness-tardiness costs", *European Journal of Operational Research*, 177 (1): 612-622 (2007).
18. Hendel, Y., Sourd, F., "An improved earliness-tardiness timing algorithm", *Computers and Operations Research*, 37 (10): 2931-2938 (2007).
19. Hendel, Y., Sourd, F., "Efficient neighborhood search for the one-machine earliness-tardiness scheduling problem", *European Journal of Operational Research*, 173: 108-119 (2006).
20. Sourd, F., "Earliness/tardiness scheduling with setup considerations", *Computers and Operations Research*, 32: 1849-1865 (2005).
21. Koulamas, C., Kyparisis, G. J., "Single machine scheduling problems with past-sequence-dependent setup times", *European Journal of Operational Research*, 187 (3): 1045-1049 (2006).
22. Kuo, W. H., Yang, D. L., "Single machine scheduling with past-sequence-dependent setup times and learning effects", *Information Processing Letters*, 102: 22-26 (2007).
23. Wang, J. B., "Single machine scheduling with past sequence dependent setup times and time dependent learning effect", *Computers and Industrial Engineering*, basımda (2008).
24. Biskup, D., Hermann, J., "Single machine scheduling againts due dates with past sequence dependent setup times", *European Journal of Operational Research*, 191(2): 587-592 (2008).
25. Mosheiov, G., "Λ-shaped policies to schedule deteriorating jobs", *Journal of Operational Research Society*, 47:1184-1191, (1996).

26. Gupta, J. N. D., Gupta, S.K., "Single facility scheduling with nonlinear processing times", *Computers and Industrial Engineering*, 14: 387-393 (1988).
27. Kunnatur, A. S., Gupta, S. K., "Minimizing the makespan with late starts penalties added the processing times in a single facility scheduling problem", *European Journal of Operational Research*, 47: 56-64 (1990).
28. Cheng, T. C. E., Ding, Q., Lin, B. M. T., "A concise survey on the scheduling problems with deteriorating processing times", *European Journal of Operational Research*, 152: 1-13 (2003).
29. Alidaee, B., Womer, N. K., "Scheduling with time dependent processing times: Review and extensions", *Journal of Operational Research Society*, 50 (7): 711-720 (1999).
30. Mosheiov, G., "Scheduling jobs under simple linear deterioration", *Computers and Operations Research*, 21 (6): 653-659 (1994).
31. Cheng, T. C. E., Ding, Q., "The complexity of scheduling starting time dependent tasks with release times", *Information Processing Letters*, 65 (2): 75-79 (1998).
32. Bachman, A., Cheng, T. C. E., Janiak, A., Ng, C. T., "Scheduling start time dependent jobs to minimize the total weighted completion time", *Journal of Operational Research Society*, 53 (6): 688-693 (2002).
33. Ng, C. T., Cheng, T. C. E., Bachman, A., "Three scheduling problems with deteriorating jobs to minimize the total completion time", *Information Processing Letters*, 81 (6): 327-333 (2002).
34. Wang, J. B., Xia, Z. Q., "Flow shop scheduling with deteriorating jobs under dominating machines", *Omega*, 34: 327-336 (2006).
35. Hsu, Y. S., Lin, B. M. T., "Minimization of maximum lateness under linear deterioration", *Omega*, 31: 459-469 (2003).
36. Cheng, T. C. E., Ding, Q., "Single machine scheduling with step-deteriorating processing times", *European Journal of Operational Research*, 134: 623-630 (2001).
37. Wang, J. B., "Flow shop scheduling problems with decreasing linear deterioration under dominant machines", *Computers and Operations Research*, 34 (7): 2043-2058 (2006).
38. Wang, J. B., Ng, C. T. D., Cheng, T. C. E., Liu, L.L., "Minimizing total completion time in a two-machine flow shop with deteriorating jobs", *Applied Mathematics and Computation*, 180 (1): 185-193 (2006).

39. Sundararaghavan, P. S., Kunnathur, A. S., "Single machine scheduling with start time dependent processing time: Some solvable cases", *European Journal of Operational Research*, 78 (3): 394-403 (1994).
40. Mosheiov, G., "Scheduling jobs with step-deterioration: Minimizing makespan on a single and multi-machine", *Computers and Industrial Engineering*, 28 (4): 869-879 (1995).
41. Browne, S., Yechiali, U., "Scheduling deteriorating jobs on a single processor", *Operations Research*, 38: 495-498 (1990).
42. Voutsinas, G. T., Pappis, C. P., "Scheduling jobs with values exponentially deteriorating over time", *International Journal of Production Economics*, 79: 163-169 (2002).
43. Mosheiov, G., "Scheduling problems with a learning effect", *European Journal of Operational Research*, 132: 687-693 (2001).
44. Biskup, D., "Single-machine scheduling with learning considerations", *European Journal of Operational Research*, 115: 173-178 (1999).
45. Nadler, G., Smith, W. D., "Manufacturing progress functions for types of processes", *International Journal of Production Research*, 2: 115-135 (1963).
46. Mosheiov, G., Sidney, J. B., "Scheduling with general job-dependent learning curves", *European Journal of Operational Research*, 147: 665-670 (2003).
47. Kuo, W. H., Yang, D. L., "Minimizing the total completion time in a single machine scheduling problem with a time-dependent learning effect", *European Journal of Operational Research*, 174 (2): 1184-1190 (2006).
48. Kuo, W. H., Yang, D. L., "Minimizing the makespan in a single machine scheduling problem with a time-based learning effect", *Information Processing Letters*, 97 (2): 64-67 (2006).
49. Kuo, W. H., Yang, D. L., "Single machine scheduling problems with the time-dependent learning effect", *Computers & Mathematics with Applications*, 53 (11): 1733-1739 (2007).
50. Kuo, W. H., Yang, D. L., "Single-machine group scheduling with a time-dependent learning effect", *Computers and Operations Research*, 33: 2099-2112 (2006).
51. Wu, C. C., Lee, W. C., "A note on single machine group scheduling problems with position based learning effect", *Applied Mathematical Modelling*, basımda (2008).

52. Koulamas, C., Kyparisis, G. J., "Single machine and two machine flowshop scheduling with general learning functions", *European Journal of Operational Research*, 178 (2): 402-407 (2007).
53. Wang, J. B., "Single machine scheduling with general learning functions", *Computers & Mathematics with Applications*, basımda (2008).
54. Xu, Z., Sun, L., Gong, J., "Worst-case analysis for flowshop scheduling with a learning effect", *International Journal of Production Economics*, 113 (2): 748-753 (2008).
55. Cheng, T. C. E., Wu, C. C., Lee, W. C., "Some scheduling problems with sum of processing times based and job position based learning effects", *Information Science*, 178 (11): 2476-2487 (2008).
56. Wu, C. C., Lee, W. C., "Single machine scheduling problems with a learning effect", *Applied Mathematical Modelling*, 32 (7): 1191-1197 (2008).
57. Wu, C. C., Lee, W. C., Chen, T., "Heuristic algorithms for solving the maximum lateness scheduling problem with learning consideration", *Computers and Industrial Engineering*, 52(1): 124-132 (2007).
58. Wu, C. C., Lee, W. C., "A note on the completion time problem in a permutation flowshop with a learning effect", *European Journal of Operational Research*, basımda (2007).
59. Eren, T., Güner, E., "Minimizing total tardiness in a scheduling problem with a learning effect", *Applied Mathematical Modelling*, 31 (7): 1351-1361 (2007).
60. Eren, T., Güner, E., "A bicriteria flowshop scheduling with a learning effect", *Applied Mathematical Modelling*, 32 (9): 1719-1733 (2008).
61. Eren, T., "A bicriteria parallel machine scheduling with a learning effect of setup and removal times", *Applied Mathematical Modelling*, basımda (2008).
62. Wang, J. B., "Single-machine scheduling problems with effects of learning and deterioration", *Omega*, 35 (4): 397-402 (2007).
63. Cheng, T. C. E., Wu, C. C., Lee, W. C., "Some scheduling problems with deteriorating jobs and learning effects", *Computers and Industrial Engineering*, 54 (4): 972-982 (2008).
64. Wang, X., Cheng, T. C. E., "Single machine scheduling with deteriorating jobs and learning effects to minimize the makespan", *European Journal of Operational Research*, 178 (1): 57-70 (2007).

65. Wang, J. B., Lin, L., Shan, F., “Flow shop scheduling with effects of learning and deterioration”, *Journal of Applied Mathematics and Computing*, 26 (1-2): 367-379 (2008).
66. Toksarı, M. D., Guner, E., “Minimizing the earliness/tardiness costs on parallel machine with learning effects and deteriorating jobs: a mixed nonlinear integer programming approach”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38 (7-8): 801-808 (2008).
67. İnternet : OR-Library, “Common due date scheduling problems”
<http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/schinfo.html> (2008).
68. Rios-Solis, Y. A., Sourd, F., “Exponential neighborhood search for a parallel machine scheduling problem”, *Computers and Operations Research*, 35: 1697-1712 (2008).
69. Heizer, J., Render, B., “Operations Management, 7th edition”, *Prentice-Hall*, New Jersey, 350-580 (2001).
70. Bachman, A., Cheng, T. C. E., Janiak, A., Ng, C. T., “Scheduling start time dependent jobs to minimize the weighted total completion time”, *Journal of Operational Research Society*, 53 (6): 668-693 (2002).

EKLER

EK-1 Karışık tamsayı matematiksel modelin LINGO kodları

```

MODEL:
    n=10;      ! Problemin boyutu;
    d=27;      ! Ortak teslim tarihi;
    A=2;      ! Erken tamamlanma cezası;
    B=3;      ! Gecikme cezası;
    Alfa=0.1; ! Bozulma oranı;
    ogrenme_orani=0.8; ! Öğrenme oranı;
    b=0.1;    ! Doğrusal olmayan bozulma oranı;
    Gama=0.01; ! Geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı
sabiti;

SETS:
    IS / 1.. 10/; ! I(I) = İşin numarası;
    POZISYON / 1.. 10/; ! P(R) = Pozisyonun numarası;
    MAKINE / 1.. 2/; ! M(J) = Makinenin numarası;

    LINK (IS, POZISYON, MAKINE) :
        X; ! X( I, R, J) = 1 Eğer I işi J Makinesinde R
            Sirasında yapılır ise, 0 Aksi takdirde;

    LINK1 (POZISYON, MAKINE) :
        ISLEM_ZAMANI, ! Öğrenme ve bozulma etkileri altındaki
            işlem zamanı;
        E, ! Erken tamamlanma süresi;
        T, ! Gecikme süresi;
    TAMAMLANMA_ZAMANI; ! Öğrenme ve bozulma etkileri altındaki
        tamamlanma zamanı;

    LINK2 (IS) :
        T_ISLEM_ZAMANI; ! Temel işlem zamanları;

    LINK3 (MAKINE) :
        M; ! Makinenin çizelge işlem zamanı;
ENDSETS

DATA: !Temel işlem zamanları;
    T_ISLEM_ZAMANI = 20 6 13 13 12 12 12 3 12 13;
ENDDATA

!Amaç Fonksiyonu;
MIN = @SUM( MAKINE (J) :
    @SUM( POZISYON (R) : (A*E (R, J) +B*T (R, J) ) ) );

!Eğer Model 1 kullanılır ise işlem zamanı;
@FOR( MAKINE ( J) :
    ISLEM_ZAMANI (1, J) = @SUM( IS ( I) :
    ((T_ISLEM_ZAMANI (I) + (Alfa *M (J))) * (1 ^ (@LOG (ogrenme_orani) / @LOG (2)))) *
    X ( I, 1, J) );
);
@FOR( MAKINE ( J) :
    @FOR( POZISYON ( R) |R#GT#1:
        ISLEM_ZAMANI (R, J) = @SUM( IS ( I) :
        ((T_ISLEM_ZAMANI (I) + (Alfa *TAMAMLANMA_ZAMANI (R-
        1, J))) * (R ^ (@LOG (ogrenme_orani) / @LOG (2)))) *X ( I, R, J) );
    );

```

EK-1 (Devam) Karışık tamsayı matematiksel modelin LINGO kodları

```

!Eğer Model 2 kullanılır ise işlem zamanı;
@FOR( MAKINE( J):
    ISLEM_ZAMANI(1,J)=@SUM( IS( I):
        ((T_ISLEM_ZAMANI(I)+(Alfa*(M(J)^b)))*(1^(@LOG(ogrenme_orani)/@LOG(2)
        ))) *X( I,1,J));
    );
@FOR( MAKINE( J):
    @FOR( POZISYON( R)|R#GT#1:
        ISLEM_ZAMANI(R,J)=@SUM( IS( I):
            ((T_ISLEM_ZAMANI(I)+(Alfa*(TAMAMLANMA_ZAMANI(R-
            1,J)^b)))*(R^(@LOG(ogrenme_orani)/@LOG(2)))) *X( I,R,J));
        ));

!Eğer Model 3 kullanılır ise işlem zamanı;
@FOR( MAKINE( J):
    ISLEM_ZAMANI(1,J)=@SUM( IS( I):
        ((T_ISLEM_ZAMANI(I)+(Alfa*M(J)))*(1^(@LOG(ogrenme_orani)/@LOG(2)))) *
        X( I,1,J));
    );
@FOR( MAKINE( J):
    @FOR( POZISYON( R)|R#GT#1:
        ISLEM_ZAMANI(R,J)=@SUM( IS( I):
            ((T_ISLEM_ZAMANI(I)+(Alfa*TAMAMLANMA_ZAMANI(R-
            1,J)))*((1+TAMAMLANMA_ZAMANI(R-1,J)-
            M(J))^(@LOG(ogrenme_orani)/@LOG(2)))) *X( I,R,J));
        ));

!Eğer Model 4 kullanılır ise işlem zamanı;
@FOR( MAKINE( J):
    ISLEM_ZAMANI(1,J)=@SUM( IS( I):
        ((T_ISLEM_ZAMANI(I)+(Alfa*(M(J)^b)))*(1^(@LOG(ogrenme_orani)/@LOG(2)
        ))) *X( I,1,J));
    );
@FOR( MAKINE( J):
    @FOR( POZISYON( R)|R#GT#1:
        ISLEM_ZAMANI(R,J)=@SUM( IS( I):
            ((T_ISLEM_ZAMANI(I)+(Alfa*(TAMAMLANMA_ZAMANI(R-
            1,J)^b)))*((1+TAMAMLANMA_ZAMANI(R-1,J)-
            M(J))^(@LOG(ogrenme_orani)/@LOG(2)))) *X( I,R,J));
        ));

!J Makinesinde 1.sırada işlem gören işin Tamamlanma zamanı;
@FOR( MAKINE( J):
    TAMAMLANMA_ZAMANI(1,J)=M(J)+ISLEM_ZAMANI(1,J);
);

!Geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı YOK iken Tamamlanma zamanı;
@FOR( MAKINE( J):
    @FOR( POZISYON( R)|R#GT#1:
        TAMAMLANMA_ZAMANI(R,J)=TAMAMLANMA_ZAMANI(R-
        1,J)+ISLEM_ZAMANI(R,J);
    ));

```

EK-1 (Devam) Karışık tamsayı matematiksel modelin LINGO kodları

```

!Geçmiş sıra bağımlı hazırlık zamanı VAR iken Tamamlanma zamanı;
@FOR( MAKINE( J):
    @FOR( POZISYON( R)|R#GT#1:
        TAMAMLANMA_ZAMANI(R,J)=TAMAMLANMA_ZAMANI(R-
1,J)+ISLEM_ZAMANI(R,J)+Gama*(TAMAMLANMA_ZAMANI(R-1,J)-M(J));
    ));

! Eş. 4.15;
@FOR( MAKINE( J):
    @FOR( POZISYON( R): @SUM( IS( I): X( I,R,J))<=1;
    ));

! Eş. 4.16;
@FOR( IS( I): @SUM( POZISYON( R): @SUM( MAKINE( J): X( I,R,J)))=1;
    ));

! Eş. 4.17;
@FOR( IS( I):
    @FOR( MAKINE( J): @FOR( POZISYON( R)|R#LT#n:
X( I,R,J)+@SUM( IS( K)|K#NE#I: X( K,R+1,J))<=2;
    ));

! Eş. 4.18;
@FOR( IS( I):
    @FOR( MAKINE( J): @FOR( POZISYON( R)|R#LT#n:
X( I,R+1,J)-@SUM( IS( K)|K#NE#I: X( K,R,J))<=0;
    ));

! Eş. 4.19;
    @FOR( POZISYON( R):
        @FOR( MAKINE( J):
            (TAMAMLANMA_ZAMANI(R,J)*@SUM( IS( I): X( I,R,J)))
T(R,J)+E(R,J)=(d*@SUM( IS( I): X( I,R,J)));
        ));

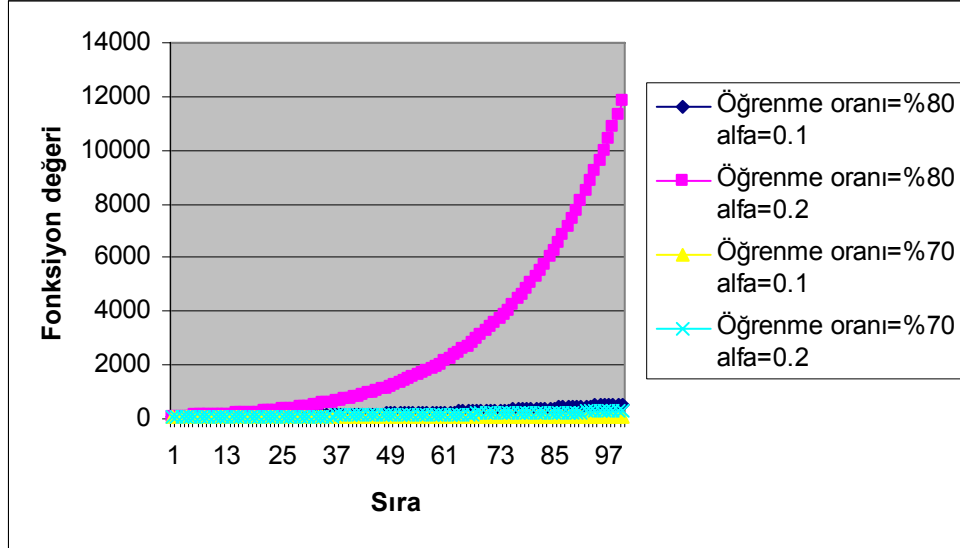
@FOR( LINK: @BIN( X));

END

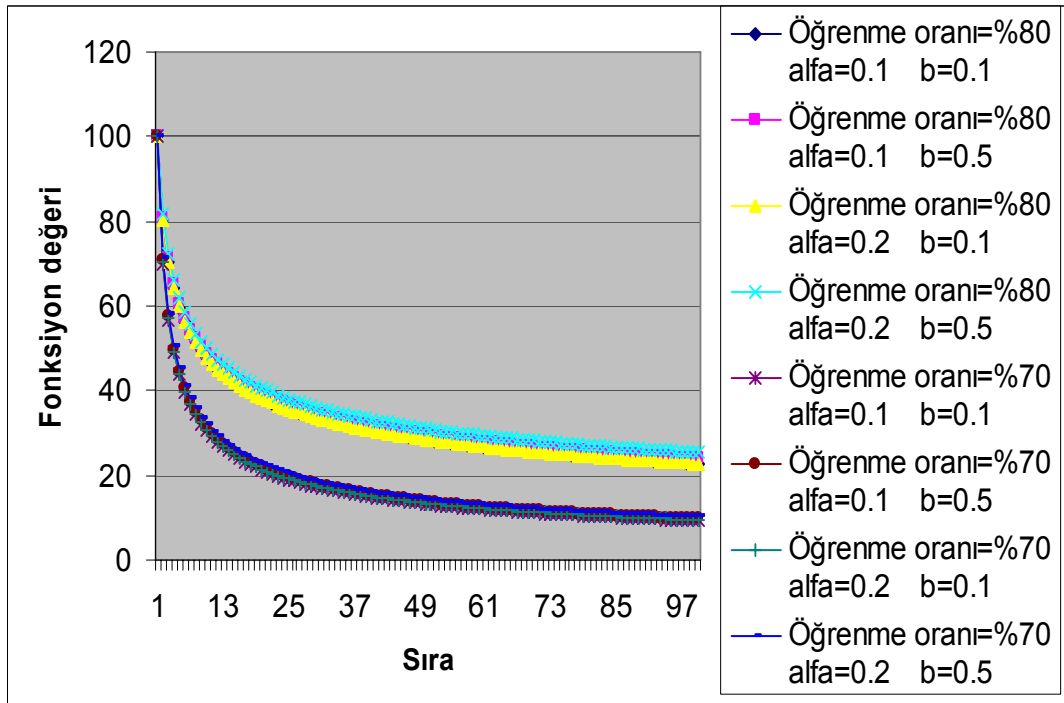
```

Not: Yukarıda ki kodlamada, yapılan çalışmada ele alınan dört model ve GSBHZ aynı anda gösterilmiştir. İstenilen model çalışılırken, LINGO kodlarının düzgün çalışması için, diğer modeller ve bu modellere ait parametreler çıkarılmalıdır. Örneğin; Model 1 çalıştırılacak ve GSBHZ kullanılmayacak ise diğer modeller (Model 2, Model 3 ve Model 4) için önerilen işlem zamanları ve GSBHZ’li tamamlanma zamanı eşitlikleri çıkarılmalıdır. Bunun yanında ilgili çalışma içermediği için doğrusal olmayan bozulma oranı (*b*) ve GSBHZ sabiti (*Gama*) da modelden çıkarılmalıdır.

EK-2 Modellerin fonksiyon grafikleri

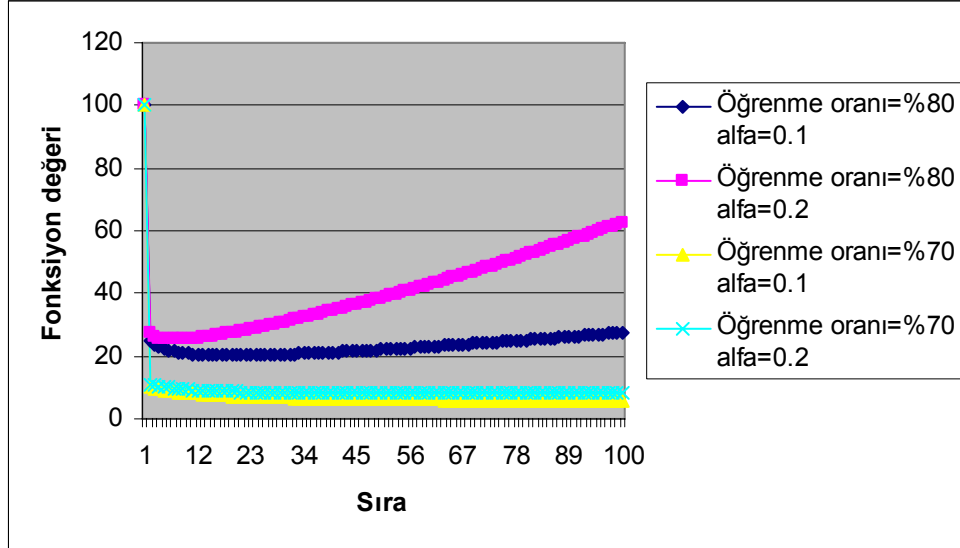


Şekil 2.1. Eş. 3.9.'da tanımlanan Model 1'in fonksiyon grafiği

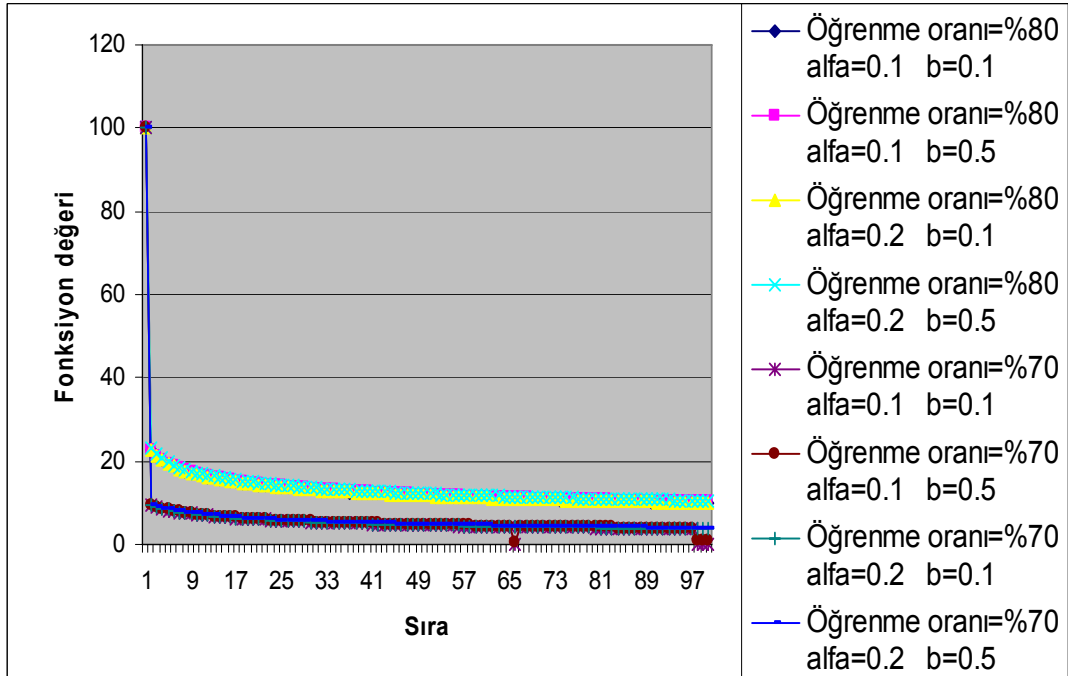


Şekil 2.2. Eş. 3.10.'da tanımlanan Model 2'nin fonksiyon grafiği

EK-2 (Devam) Modellerin fonksiyon grafikleri



Şekil 2.3. Eş. 3.11.'de tanımlanan Model 3'ün fonksiyon grafiği



Şekil 2.4. Eş. 3.12.'de tanımlanan Model 4'ün fonksiyon grafiği

EK-3. Uygulama çalışmasından elde edilen sonuçların çizelgeleri

Çizelge 3.1. Test problemlerinin öğrenme ve bozulma etkileri altında olmadan elde edilen en iyi değerleri

Problem	Ceza Maliyetleri	GSBHZ	Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Elde Edilen En İyi Değer
Sch10	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	428
				0,8	278
			4	0,4	243
				0,8	151
		Mevcut	2	0,4	439
				0,8	288
	4		0,4	246	
			0,8	155	
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	312
				0,8	367
			4	0,4	162
				0,8	151
		Mevcut	2	0,4	322
				0,8	376
4			0,4	164	
			0,8	154	
Sch20	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	1 121
				0,8	899
			4	0,4	686
				0,8	977
		Mevcut	2	0,4	1 201
				0,8	977
	4		0,4	701	
			0,8	434	
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	887
				0,8	1 188
			4	0,4	465
				0,8	547
		Mevcut	2	0,4	951
				0,8	1 255
4			0,4	481	
			0,8	568	

EK-3. (Devam) Uygulama çalışmasından elde edilen sonuçların çizelgeleri

Çizelge 3.1. (Devam) Test problemlerinin öğrenme ve bozulma etkileri altında olmadan elde edilen en iyi değerleri

Sch50	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	6 665
				0,8	6 104
		4	0,4	3 498	
			0,8	2 941	
		Mevcut	2	0,4	7 989
				0,8	7 531
	4		0,4	3 806	
			0,8	3 262	
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	5 613
				0,8	8 295
			4	0,4	2 826
				0,8	3 892
Mevcut		2	0,4	6 623	
			0,8	9 196	
4	0,4	3 081			
	0,8	4 109			
Sch100	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	27 881
				0,8	26 802
			4	0,4	14 266
				0,8	13 110
		Mevcut	2	0,4	39 336
				0,8	39 488
	4	0,4	17 019		
		0,8	15 942		
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	24 025
				0,8	36 883
			4	0,4	12 032
				0,8	17 909
Mevcut		2	0,4	32 471	
			0,8	44 216	
4	0,4	14 125			
	0,8	19 569			

EK-3. (Devam) Uygulama çalışmasından elde edilen sonuçların çizelgeleri

Çizelge 3.1. (Devam) Test problemlerinin öğrenme ve bozulma etkileri altında olmadan elde edilen en iyi değerleri

Sch200	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	100 854
				0,8	99 058
			4	0,4	50 959
				0,8	49 038
		Mevcut	2	0,4	189 333
				0,8	208 215
	4	0,4	72 394		
		0,8	73 638		
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	88 004
				0,8	136 739
			4	0,4	44 025
				0,8	67 364
Mevcut		2	0,4	152 652	
			0,8	201 704	
4	0,4	59 793			
	0,8	81 648			
Sch500	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	608 306
				0,8	605 483
			4	0,4	305 599
				0,8	301 426
		Mevcut	2	0,4	2 017 312
				0,8	2 506 113
	4	0,4	647 734		
		0,8	737 713		
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	534 648
				0,8	837 424
			4	0,4	267 341
				0,8	415 930
Mevcut		2	0,4	1 560 409	
			0,8	2 020 109	
4	0,4	517 027			
	0,8	679 157			

EK-3. (Devam) Uygulama çalışmasından elde edilen sonuçların çizelgeleri

Çizelge 3.1. (Devam) Test problemlerinin öğrenme ve bozulma etkileri altında olmadan elde edilen en iyi değerleri

Sch1000	A=2 B=3	Mevcut değil	2	0,4	2 486 490
				0,8	2 486 502
			4	0,4	1 245 913
				0,8	1 240 554
		Mevcut	2	0,4	14 293 465
				0,8	18 913 089
			4	0,4	4 126 680
				0,8	5 081 539
	A=3 B=2	Mevcut değil	2	0,4	2 188 123
				0,8	3 446 237
			4	0,4	1 094 086
				0,8	1 717 704
		Mevcut	2	0,4	10 717 034
				0,8	13 920 737
4	0,4	3 177 162			

Çizelge 3.2. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	428						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	345	345	0,44
			0,2	Model içermiyor	%80	422	422	0,26
			0,1	Model içermiyor	%70	272	272	0,31
			0,2	Model içermiyor	%70	325	325	0,89
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	277	277	0,90
			0,1	0,5	%80	288	288	0,52
			0,2	0,1	%80	282	282	0,26
			0,2	0,5	%80	305	305	0,44
			0,1	0,1	%70	221	221	0,70
			0,1	0,5	%70	229	229	0,46
			0,2	0,1	%70	224	224	0,45
			0,2	0,5	%70	235	235	0,78
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	194	194	0,78
			0,2	Model içermiyor	%80	226	226	0,84
			0,1	Model içermiyor	%70	114	116	0,51
			0,2	Model içermiyor	%70	130	130	0,29
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	163	163	0,66
			0,1	0,5	%80	167	167	0,81
			0,2	0,1	%80	164	164	0,27
			0,2	0,5	%80	174	174	0,84
			0,1	0,1	%70	98	98	0,78
			0,1	0,5	%70	100	100	0,34
			0,2	0,1	%70	98	98	0,31
			0,2	0,5	%70	103	103	0,52

Çizelge 3.2. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	278						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	263	263	0,47
			0,2	Model içermiyor	%80	328	328	0,81
			0,1	Model içermiyor	%70	211	211	0,65
			0,2	Model içermiyor	%70	263	263	0,28
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	192	192	0,43
			0,1	0,5	%80	202	202	0,96
			0,2	0,1	%80	195	195	0,81
			0,2	0,5	%80	215	215	0,57
			0,1	0,1	%70	153	153	0,63
			0,1	0,5	%70	161	161	0,75
			0,2	0,1	%70	155	155	0,98
			0,2	0,5	%70	171	171	0,32
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	142	142	0,55
			0,2	Model içermiyor	%80	178	178	0,90
			0,1	Model içermiyor	%70	82	82	0,41
			0,2	Model içermiyor	%70	102	102	0,92
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	103	103	0,92
			0,1	0,5	%80	108	108	0,77
			0,2	0,1	%80	104	104	0,34
			0,2	0,5	%80	114	114	0,92
			0,1	0,1	%70	60	60	0,72
			0,1	0,5	%70	62	62	0,79
			0,2	0,1	%70	60	60	0,78
			0,2	0,5	%70	66	66	0,81

Çizelge 3.2. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	243						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	213	213	0,48
			0,2	Model içermiyor	%80	238	238	0,36
			0,1	Model içermiyor	%70	184	184	0,61
			0,2	Model içermiyor	%70	205	205	0,48
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	191	191	0,36
			0,1	0,5	%80	195	195	0,48
			0,2	0,1	%80	194	194	0,64
			0,2	0,5	%80	202	202	0,64
			0,1	0,1	%70	165	165	0,66
			0,1	0,5	%70	169	169	0,86
			0,2	0,1	%70	167	167	0,58
			0,2	0,5	%70	174	174	0,36
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	124	124	0,54
			0,2	Model içermiyor	%80	137	137	0,63
			0,1	Model içermiyor	%70	80	80	0,66
			0,2	Model içermiyor	%70	88	88	0,66
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	113	113	0,21
			0,1	0,5	%80	115	115	0,65
			0,2	0,1	%80	114	114	0,85
			0,2	0,5	%80	118	118	0,71
			0,1	0,1	%70	73	73	0,30
			0,1	0,5	%70	75	75	0,77
			0,2	0,1	%70	74	74	0,46
			0,2	0,5	%70	77	77	0,24

Çizelge 3.2. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	151						
			0,1	Model içermiyor	%80	131	131	0,78
			0,2	Model içermiyor	%80	162	162	0,78
			0,1	Model içermiyor	%70	109	109	0,78
			0,2	Model içermiyor	%70	127	127	0,80
			0,1	0,1	%80	106	106	0,27
			0,1	0,5	%80	110	110	0,51
			0,2	0,1	%80	108	108	0,30
			0,2	0,5	%80	115	115	0,23
			0,1	0,1	%70	92	92	0,39
			0,1	0,5	%70	95	95	0,37
			0,2	0,1	%70	93	93	0,37
			0,2	0,5	%70	99	99	0,53
			0,1	Model içermiyor	%80	66	66	0,49
			0,2	Model içermiyor	%80	78	78	0,49
			0,1	Model içermiyor	%70	39	39	0,93
			0,2	Model içermiyor	%70	46	46	0,79
			0,1	0,1	%80	55	55	0,21
			0,1	0,5	%80	57	57	0,62
			0,2	0,1	%80	56	56	0,62
			0,2	0,5	%80	59	60	0,37
			0,1	0,1	%70	32	32	0,45
			0,1	0,5	%70	33	33	0,45
			0,2	0,1	%70	33	33	0,29
			0,2	0,5	%70	35	35	0,47

Çizelge 3.3. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	439						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	356	356	0,47
			0,2	Model içermiyor	%80	435	435	0,71
			0,1	Model içermiyor	%70	281	281	0,87
			0,2	Model içermiyor	%70	329	329	0,70
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	286	286	0,84
			0,1	0,5	%80	298	298	0,82
			0,2	0,1	%80	291	291	0,77
			0,2	0,5	%80	309	309	0,72
			0,1	0,1	%70	230	230	0,36
			0,1	0,5	%70	237	237	0,67
			0,2	0,1	%70	233	233	0,78
			0,2	0,5	%70	244	244	0,44
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	203	203	0,44
			0,2	Model içermiyor	%80	236	236	0,84
			0,1	Model içermiyor	%70	123	123	0,84
			0,2	Model içermiyor	%70	139	139	0,79
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	171	171	0,35
			0,1	0,5	%80	176	176	0,55
			0,2	0,1	%80	173	173	0,63
			0,2	0,5	%80	182	182	0,64
			0,1	0,1	%70	106	106	0,81
			0,1	0,5	%70	108	108	0,37
			0,2	0,1	%70	106	106	0,89
			0,2	0,5	%70	111	112	0,89

Çizelge 3.3. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	288						
			0,1	Model içermiyor	%80	273	273	0,74
			0,2	Model içermiyor	%80	343	343	0,21
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	221	221	0,63
			0,2	Model içermiyor	%70	273	273	0,75
			0,1	0,1	%80	202	202	0,57
			0,1	0,5	%80	212	212	0,33
			0,2	0,1	%80	205	205	0,67
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	225	225	0,27
			0,1	0,1	%70	162	162	0,73
			0,1	0,5	%70	170	170	0,52
			0,2	0,1	%70	165	165	0,73
			0,2	0,5	%70	181	181	0,87
			0,1	Model içermiyor	%80	150	150	0,53
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	187	187	0,77
			0,1	Model içermiyor	%70	89	89	0,35
			0,2	Model içermiyor	%70	110	110	0,53
			0,1	0,1	%80	110	110	0,35
			0,1	0,5	%80	116	116	0,45
			0,2	0,1	%80	112	112	0,57
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	122	122	0,32
			0,1	0,1	%70	60	60	0,76
			0,1	0,5	%70	69	69	0,25
			0,2	0,1	%70	67	67	0,67
			0,2	0,5	%70	73	73	0,45

Çizelge 3.3. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	246						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	216	216	0,45
			0,2	Model içermiyor	%80	241	241	0,54
			0,1	Model içermiyor	%70	187	187	0,68
			0,2	Model içermiyor	%70	208	208	0,68
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	194	194	0,74
			0,1	0,5	%80	199	199	0,83
			0,2	0,1	%80	197	197	0,76
			0,2	0,5	%80	205	205	0,38
			0,1	0,1	%70	168	168	0,87
			0,1	0,5	%70	172	172	0,66
			0,2	0,1	%70	170	170	0,75
			0,2	0,5	%70	178	178	0,75
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	128	128	0,75
			0,2	Model içermiyor	%80	141	141	0,29
			0,1	Model içermiyor	%70	84	84	0,95
			0,2	Model içermiyor	%70	92	92	0,27
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	116	116	0,38
			0,1	0,5	%80	119	119	0,58
			0,2	0,1	%80	118	118	0,91
			0,2	0,5	%80	122	122	0,55
			0,1	0,1	%70	77	77	0,56
			0,1	0,5	%70	78	78	0,56
			0,2	0,1	%70	78	78	0,56
			0,2	0,5	%70	80	80	0,89

Çizelge 3.3. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	155						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	135	135	0,89
			0,2	Model içermiyor	%80	167	167	0,74
			0,1	Model içermiyor	%70	112	112	0,28
			0,2	Model içermiyor	%70	131	131	0,56
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	109	109	0,88
			0,1	0,5	%80	113	113	0,69
			0,2	0,1	%80	111	111	0,77
			0,2	0,5	%80	119	119	0,28
			0,1	0,1	%70	95	95	0,28
			0,1	0,5	%70	98	98	0,76
			0,2	0,1	%70	96	96	0,76
			0,2	0,5	%70	102	102	0,32
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	69	69	0,58
			0,2	Model içermiyor	%80	80	80	0,38
			0,1	Model içermiyor	%70	41	41	0,68
			0,2	Model içermiyor	%70	48	48	0,35
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	58	58	0,55
			0,1	0,5	%80	59	59	0,70
			0,2	0,1	%80	58	58	0,27
			0,2	0,5	%80	62	62	0,72
			0,1	0,1	%70	35	35	0,86
			0,1	0,5	%70	36	36	0,42
			0,2	0,1	%70	35	35	0,41
			0,2	0,5	%70	37	37	0,93

Çizelge 3.4. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	312						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	258	258	0,51
			0,2	Model içermiyor	%80	330	330	0,66
			0,1	Model içermiyor	%70	199	199	0,77
			0,2	Model içermiyor	%70	243	243	0,77
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	203	203	0,26
			0,1	0,5	%80	210	210	0,26
			0,2	0,1	%80	206	206	0,26
			0,2	0,5	%80	221	222	0,27
			0,1	0,1	%70	162	162	0,23
			0,1	0,5	%70	168	168	0,53
			0,2	0,1	%70	164	164	0,82
			0,2	0,5	%70	176	176	0,86
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	139	139	0,67
			0,2	Model içermiyor	%80	165	165	0,51
			0,1	Model içermiyor	%70	82	82	0,82
			0,2	Model içermiyor	%70	96	96	0,76
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	114	114	0,76
			0,1	0,5	%80	118	118	0,86
			0,2	0,1	%80	116	116	0,86
			0,2	0,5	%80	123	123	0,92
			0,1	0,1	%70	68	68	0,86
			0,1	0,5	%70	70	70	0,71
			0,2	0,1	%70	69	69	0,22
			0,2	0,5	%70	73	73	0,78

Çizelge 3.4. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	367						
			0,1	Model içermiyor	%80	340	340	0,44
			0,2	Model içermiyor	%80	408	408	0,36
			0,1	Model içermiyor	%70	177	177	0,36
			0,2	Model içermiyor	%70	336	336	0,36
			0,1	0,1	%80	265	265	0,82
			0,1	0,5	%80	275	275	0,87
			0,2	0,1	%80	268	268	0,63
			0,2	0,5	%80	289	289	0,85
			0,1	0,1	%70	214	214	0,77
			0,1	0,5	%70	222	222	0,48
			0,2	0,1	%70	216	216	0,48
			0,2	0,5	%70	234	234	0,94
			0,1	Model içermiyor	%80	182	182	0,48
			0,2	Model içermiyor	%80	222	222	0,58
			0,1	Model içermiyor	%70	105	105	0,57
			0,2	Model içermiyor	%70	127	127	0,46
			0,1	0,1	%80	140	140	0,66
			0,1	0,5	%80	146	146	0,52
			0,2	0,1	%80	142	142	0,52
			0,2	0,5	%80	152	152	0,52
			0,1	0,1	%70	82	82	0,69
			0,1	0,5	%70	84	84	0,89
			0,2	0,1	%70	82	82	0,82
			0,2	0,5	%70	88	88	0,21

Çizelge 3.4. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	162						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	142	142	0,35
			0,2	Model içermiyor	%80	159	159	0,76
			0,1	Model içermiyor	%70	122	122	0,96
			0,2	Model içermiyor	%70	136	136	0,97
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	127	127	0,85
			0,1	0,5	%80	130	130	0,97
			0,2	0,1	%80	129	129	0,38
			0,2	0,5	%80	135	135	0,38
			0,1	0,1	%70	110	110	0,38
			0,1	0,5	%70	112	112	0,54
			0,2	0,1	%70	111	111	0,76
			0,2	0,5	%70	116	116	0,46
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	83	83	0,97
			0,2	Model içermiyor	%80	91	91	0,27
			0,1	Model içermiyor	%70	53	53	0,97
			0,2	Model içermiyor	%70	58	58	0,39
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	75	75	0,82
			0,1	0,5	%80	76	76	0,57
			0,2	0,1	%80	76	76	0,55
			0,2	0,5	%80	79	79	0,42
			0,1	0,1	%70	49	49	0,57
			0,1	0,5	%70	50	50	0,57
			0,2	0,1	%70	49	49	0,83
			0,2	0,5	%70	51	51	0,41

Çizelge 3.4. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	151						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	138	138	0,26
			0,2	Model içermiyor	%80	159	159	0,25
			0,1	Model içermiyor	%70	120	120	0,84
			0,2	Model içermiyor	%70	136	136	0,84
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	119	119	0,92
			0,1	0,5	%80	123	123	0,91
			0,2	0,1	%80	121	121	0,58
			0,2	0,5	%80	128	128	0,45
			0,1	0,1	%70	104	104	0,45
			0,1	0,5	%70	107	107	0,98
			0,2	0,1	%70	105	105	0,98
			0,2	0,5	%70	111	111	0,48
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	73	73	0,21
			0,2	Model içermiyor	%80	84	84	0,81
			0,1	Model içermiyor	%70	43	43	0,77
			0,2	Model içermiyor	%70	50	50	0,77
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	62	62	0,28
			0,1	0,5	%80	64	64	0,83
			0,2	0,1	%80	63	63	0,87
			0,2	0,5	%80	67	67	0,41
			0,1	0,1	%70	37	37	0,71
			0,1	0,5	%70	38	38	0,35
			0,2	0,1	%70	37	37	0,43
			0,2	0,5	%70	39	39	0,48

Çizelge 3.5. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	322						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	268	268	0,48
			0,2	Model içermiyor	%80	342	342	0,59
			0,1	Model içermiyor	%70	206	206	0,44
			0,2	Model içermiyor	%70	253	253	0,79
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	210	210	0,79
			0,1	0,5	%80	218	218	0,28
			0,2	0,1	%80	213	213	0,74
			0,2	0,5	%80	230	230	0,79
			0,1	0,1	%70	169	169	0,97
			0,1	0,5	%70	175	175	0,71
			0,2	0,1	%70	171	171	0,47
			0,2	0,5	%70	183	183	0,38
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	147	147	0,55
			0,2	Model içermiyor	%80	174	174	0,24
			0,1	Model içermiyor	%70	89	89	0,98
			0,2	Model içermiyor	%70	104	104	0,98
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	121	121	0,85
			0,1	0,5	%80	125	125	0,85
			0,2	0,1	%80	123	123	0,52
			0,2	0,5	%80	130	130	0,57
			0,1	0,1	%70	74	74	0,51
			0,1	0,5	%70	77	77	0,42
			0,2	0,1	%70	75	75	0,43
			0,2	0,5	%70	79	79	0,77

Çizelge 3.5. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	376						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	351	351	0,72
			0,2	Model içermiyor	%80	418	418	0,64
			0,1	Model içermiyor	%70	287	288	0,63
			0,2	Model içermiyor	%70	346	346	0,34
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	275	275	0,58
			0,1	0,5	%80	286	286	0,66
			0,2	0,1	%80	279	279	0,68
			0,2	0,5	%80	300	300	0,74
			0,1	0,1	%70	223	223	0,26
			0,1	0,5	%70	232	232	0,32
			0,2	0,1	%70	226	226	0,22
			0,2	0,5	%70	244	244	0,62
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	191	191	0,66
			0,2	Model içermiyor	%80	231	231	0,80
			0,1	Model içermiyor	%70	113	113	0,88
			0,2	Model içermiyor	%70	136	136	0,88
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	148	148	0,85
			0,1	0,5	%80	154	154	0,71
			0,2	0,1	%80	150	150	0,96
			0,2	0,5	%80	161	161	0,96
			0,1	0,1	%70	89	89	0,22
			0,1	0,5	%70	92	92	0,22
			0,2	0,1	%70	89	89	0,22
			0,2	0,5	%70	95	95	0,74

Çizelge 3.5. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	164						
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	144	144	0,25
			0,2	Model içermiyor	%80	161	161	0,25
			0,1	Model içermiyor	%70	124	124	0,87
			0,2	Model içermiyor	%70	139	139	0,79
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	130	130	0,97
			0,1	0,5	%80	132	132	0,95
			0,2	0,1	%80	131	131	0,87
			0,2	0,5	%80	137	137	0,44
			0,1	0,1	%70	112	112	0,88
			0,1	0,5	%70	115	115	0,21
			0,2	0,1	%70	113	113	0,35
			0,2	0,5	%70	118	118	0,53
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	85	85	0,83
			0,2	Model içermiyor	%80	94	94	0,81
			0,1	Model içermiyor	%70	56	56	0,53
			0,2	Model içermiyor	%70	61	61	0,77
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	77	77	0,38
			0,1	0,5	%80	79	79	0,97
			0,2	0,1	%80	78	78	0,23
			0,2	0,5	%80	81	81	0,23
			0,1	0,1	%70	51	51	0,35
			0,1	0,5	%70	52	52	0,41
			0,2	0,1	%70	52	52	0,41
			0,2	0,5	%70	54	54	0,81

Çizelge 3.5. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch10.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Matematiksel model sonucu	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	154						
			0,1	Model içermiyor	%80	141	141	0,28
			0,2	Model içermiyor	%80	162	162	0,76
			0,1	Model içermiyor	%70	122	122	0,21
			0,2	Model içermiyor	%70	139	139	0,98
			0,1	0,1	%80	122	122	0,73
			0,1	0,5	%80	125	125	0,53
			0,2	0,1	%80	124	124	0,63
			0,2	0,5	%80	130	130	0,26
			0,1	0,1	%70	106	106	0,50
			0,1	0,5	%70	109	109	0,63
			0,2	0,1	%70	108	108	0,91
			0,2	0,5	%70	113	113	0,57
			0,1	Model içermiyor	%80	76	76	0,47
			0,2	Model içermiyor	%80	86	86	0,88
			0,1	Model içermiyor	%70	46	46	0,57
			0,2	Model içermiyor	%70	52	52	0,57
			0,1	0,1	%80	65	65	0,85
			0,1	0,5	%80	67	67	0,25
			0,2	0,1	%80	66	66	0,50
			0,2	0,5	%80	69	70	0,42
			0,1	0,1	%70	39	39	0,66
			0,1	0,5	%70	40	40	0,57
			0,2	0,1	%70	40	40	0,47
			0,2	0,5	%70	42	42	0,62

Çizelge 3.6. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	1121					
			0,1	Model içermiyor	%80	981	0,65
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	1728	0,72
			0,1	Model içermiyor	%70	651	0,65
			0,2	Model içermiyor	%70	987	0,59
			0,1	0,1	%80	620	0,40
			0,1	0,5	%80	658	0,46
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	631	0,59
			0,2	0,5	%80	707	0,37
			0,1	0,1	%70	435	1,03
			0,1	0,5	%70	462	0,78
			0,2	0,1	%70	442	0,65
			0,2	0,5	%70	496	0,92
			0,1	Model içermiyor	%80	523	0,72
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	684	0,66
			0,1	Model içermiyor	%70	286	0,59
			0,2	Model içermiyor	%70	368	0,83
			0,1	0,1	%80	374	0,78
			0,1	0,5	%80	393	0,74
			0,2	0,1	%80	379	0,58
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	416	0,55
			0,1	0,1	%70	211	0,48
			0,1	0,5	%70	221	0,86
			0,2	0,1	%70	214	0,63
			0,2	0,5	%70	233	0,63

Çizelge 3.6. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	899					
			0,1	Model içermiyor	%80	1024	0,63
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	1740	0,51
			0,1	Model içermiyor	%70	769	0,51
			0,2	Model içermiyor	%70	1072	0,98
			0,1	0,1	%80	554	0,42
			0,1	0,5	%80	604	0,56
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	565	0,73
			0,2	0,5	%80	665	0,27
			0,1	0,1	%70	414	0,99
			0,1	0,5	%70	450	1,06
			0,2	0,1	%70	421	1,06
			0,2	0,5	%70	494	0,90
			0,1	Model içermiyor	%80	546	0,81
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	766	0,37
			0,1	Model içermiyor	%70	298	1,04
			0,2	Model içermiyor	%70	413	0,93
			0,1	0,1	%80	293	0,65
			0,1	0,5	%80	318	0,99
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	298	0,88
			0,2	0,5	%80	348	0,56
			0,1	0,1	%70	163	0,63
			0,1	0,5	%70	177	1,03
			0,2	0,1	%70	166	0,42
			0,2	0,5	%70	193	0,82

Çizelge 3.6. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	686					
			0,1	Model içermiyor	%80	547	0,61
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	695	0,72
			0,1	Model içermiyor	%70	423	0,58
			0,2	Model içermiyor	%70	510	0,64
			0,1	0,1	%80	442	0,85
			0,1	0,5	%80	462	0,75
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	451	0,81
			0,2	0,5	%80	487	0,78
			0,1	0,1	%70	343	0,39
			0,1	0,5	%70	357	0,96
			0,2	0,1	%70	349	0,57
			0,2	0,5	%70	373	0,63
			0,1	Model içermiyor	%80	312	0,43
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	366	1,02
			0,1	Model içermiyor	%70	185	0,88
			0,2	Model içermiyor	%70	212	0,86
			0,1	0,1	%80	267	0,86
			0,1	0,5	%80	275	0,86
			0,2	0,1	%80	270	0,52
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	285	0,51
			0,1	0,1	%70	158	1,08
			0,1	0,5	%70	162	0,68
			0,2	0,1	%70	159	0,38
			0,2	0,5	%70	167	0,96

Çizelge 3.6. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	412					
			0,1	Model içermiyor	%80	429	0,78
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	622	0,78
			0,1	Model içermiyor	%70	346	0,47
			0,2	Model içermiyor	%70	455	0,36
			0,1	0,1	%80	291	0,39
			0,1	0,5	%80	309	0,56
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	296	0,67
			0,2	0,5	%80	334	0,82
			0,1	0,1	%70	235	0,37
			0,1	0,5	%70	250	0,99
			0,2	0,1	%70	239	0,50
			0,2	0,5	%70	269	0,81
			0,1	Model içermiyor	%80	223	1,09
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	292	1,09
			0,1	Model içermiyor	%70	125	1,03
			0,2	Model içermiyor	%70	163	0,75
			0,1	0,1	%80	149	0,61
			0,1	0,5	%80	159	0,61
			0,2	0,1	%80	152	0,69
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	171	0,96
			0,1	0,1	%70	84	0,72
			0,1	0,5	%70	89	1,05
			0,2	0,1	%70	86	1,05
			0,2	0,5	%70	96	0,44

Çizelge 3.7. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	1 201					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 082	0,44
			0,2	Model içermiyor	%80	1 876	0,34
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	707	0,87
			0,2	Model içermiyor	%70	1 096	0,96
			0,1	0,1	%80	671	0,97
			0,1	0,5	%80	711	0,78
			0,2	0,1	%80	682	0,76
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	762	0,78
			0,1	0,1	%70	481	0,26
			0,1	0,5	%70	509	0,50
			0,2	0,1	%70	489	0,45
			0,2	0,5	%70	545	0,46
			0,1	Model içermiyor	%80	572	0,46
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	741	0,69
			0,1	Model içermiyor	%70	326	0,59
			0,2	Model içermiyor	%70	414	0,59
			0,1	0,1	%80	414	0,47
			0,1	0,5	%80	434	0,47
			0,2	0,1	%80	420	0,52
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	459	0,46
			0,1	0,1	%70	245	0,63
			0,1	0,5	%70	256	0,64
			0,2	0,1	%70	248	0,60
			0,2	0,5	%70	269	0,66

Çizelge 3.7. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	977					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 095	0,72
			0,2	Model içermiyor	%80	1 910	0,87
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	840	0,38
			0,2	Model içermiyor	%70	1 140	0,64
			0,1	0,1	%80	626	0,94
			0,1	0,5	%80	678	0,78
			0,2	0,1	%80	637	0,81
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	741	0,72
			0,1	0,1	%70	476	0,78
			0,1	0,5	%70	515	0,51
			0,2	0,1	%70	485	0,35
			0,2	0,5	%70	561	0,65
			0,1	Model içermiyor	%80	605	0,74
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	837	0,58
			0,1	Model içermiyor	%70	345	0,37
			0,2	Model içermiyor	%70	468	0,54
			0,1	0,1	%80	341	0,94
			0,1	0,5	%80	368	0,81
			0,2	0,1	%80	346	0,65
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	400	0,71
			0,1	0,1	%70	201	0,73
			0,1	0,5	%70	216	0,95
			0,2	0,1	%70	204	0,77
			0,2	0,5	%70	233	0,44

Çizelge 3.7. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	701					
			0,1	Model içermiyor	%80	565	1,05
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	721	0,85
			0,1	Model içermiyor	%70	439	0,92
			0,2	Model içermiyor	%70	532	0,31
			0,1	0,1	%80	460	0,75
			0,1	0,5	%80	476	0,77
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	466	0,70
			0,2	0,5	%80	502	0,38
			0,1	0,1	%70	357	1,00
			0,1	0,5	%70	371	0,63
			0,2	0,1	%70	363	0,92
			0,2	0,5	%70	387	0,47
			0,1	Model içermiyor	%80	327	0,62
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	384	0,56
			0,1	Model içermiyor	%70	199	0,61
			0,2	Model içermiyor	%70	227	0,48
			0,1	0,1	%80	281	0,54
			0,1	0,5	%80	289	0,61
			0,2	0,1	%80	284	0,83
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	300	0,38
			0,1	0,1	%70	171	0,46
			0,1	0,5	%70	176	1,00
			0,2	0,1	%70	173	0,54
			0,2	0,5	%70	181	0,72

Çizelge 3.7. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	434					
			0,1	Model içermiyor	%80	453	0,57
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	659	0,78
			0,1	Model içermiyor	%70	365	0,55
			0,2	Model içermiyor	%70	482	0,79
			0,1	0,1	%80	310	0,54
			0,1	0,5	%80	330	0,63
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	316	0,86
			0,2	0,5	%80	354	0,84
			0,1	0,1	%70	253	0,67
			0,1	0,5	%70	269	0,60
			0,2	0,1	%70	258	0,56
			0,2	0,5	%70	288	0,98
			0,1	Model içermiyor	%80	239	0,89
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	310	0,43
			0,1	Model içermiyor	%70	140	0,61
			0,2	Model içermiyor	%70	179	0,61
			0,1	0,1	%80	165	0,99
			0,1	0,5	%80	175	0,55
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	168	0,75
			0,2	0,5	%80	187	0,64
			0,1	0,1	%70	98	0,59
			0,1	0,5	%70	103	1,02
			0,2	0,1	%70	99	0,66
			0,2	0,5	%70	110	0,81

Çizelge 3.8. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	887					
			0,1	Model içermiyor	%80	861	0,44
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	1367	0,72
			0,1	Model içermiyor	%70	613	0,81
			0,2	Model içermiyor	%70	886	0,94
			0,1	0,1	%80	521	0,82
			0,1	0,5	%80	560	0,76
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	532	0,62
			0,2	0,5	%80	609	0,82
			0,1	0,1	%70	381	0,81
			0,1	0,5	%70	409	0,78
			0,2	0,1	%70	389	0,81
			0,2	0,5	%70	444	0,95
			0,1	Model içermiyor	%80	458	0,95
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	628	0,77
			0,1	Model içermiyor	%70	250	0,79
			0,2	Model içermiyor	%70	334	0,73
			0,1	0,1	%80	300	0,66
			0,1	0,5	%80	319	1,01
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	305	0,78
			0,2	0,5	%80	343	0,82
			0,1	0,1	%70	169	0,45
			0,1	0,5	%70	179	0,91
			0,2	0,1	%70	172	0,66
			0,2	0,5	%70	192	0,84

Çizelge 3.8. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	1 188					
			0,1	Model içermiyor	%80	1280	0,83
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	1788	1,07
			0,1	Model içermiyor	%70	974	0,95
			0,2	Model içermiyor	%70	1340	0,72
			0,1	0,1	%80	761	0,66
			0,1	0,5	%80	815	1,08
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	773	0,56
			0,2	0,5	%80	880	0,55
			0,1	0,1	%70	580	0,55
			0,1	0,5	%70	621	0,78
			0,2	0,1	%70	589	0,82
			0,2	0,5	%70	669	0,88
			0,1	Model içermiyor	%80	658	0,42
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	899	1,00
			0,1	Model içermiyor	%70	357	0,68
			0,2	Model içermiyor	%70	480	1,08
			0,1	0,1	%80	391	0,91
			0,1	0,5	%80	417	0,63
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	396	0,55
			0,2	0,5	%80	448	0,67
			0,1	0,1	%70	219	0,47
			0,1	0,5	%70	232	0,35
			0,2	0,1	%70	221	0,49
			0,2	0,5	%70	248	0,58

Çizelge 3.8. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	465					
			0,1	Model içermiyor	%80	413	0,71
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	551	1,02
			0,1	Model içermiyor	%70	318	0,64
			0,2	Model içermiyor	%70	420	0,94
			0,1	0,1	%80	307	0,72
			0,1	0,5	%80	328	0,96
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	314	0,55
			0,2	0,5	%80	347	1,01
			0,1	0,1	%70	238	0,68
			0,1	0,5	%70	250	0,68
			0,2	0,1	%70	243	0,71
			0,2	0,5	%70	268	0,71
			0,1	Model içermiyor	%80	218	0,79
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	267	1,03
			0,1	Model içermiyor	%70	124	0,50
			0,2	Model içermiyor	%70	151	0,97
			0,1	0,1	%80	172	0,67
			0,1	0,5	%80	179	0,55
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	175	0,57
			0,2	0,5	%80	189	0,96
			0,1	0,1	%70	99	0,55
			0,1	0,5	%70	103	0,62
			0,2	0,1	%70	100	0,62
			0,2	0,5	%70	108	0,62

Çizelge 3.8. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	547					
			0,1	Model içermiyor	%80	540	0,42
			0,2	Model içermiyor	%80	699	0,44
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	445	0,71
			0,2	Model içermiyor	%70	554	0,62
			0,1	0,1	%80	402	0,69
			0,1	0,5	%80	421	0,88
			0,2	0,1	%80	408	0,81
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	445	0,87
			0,1	0,1	%70	333	0,95
			0,1	0,5	%70	348	0,95
			0,2	0,1	%70	338	1,06
			0,2	0,5	%70	368	1,01
			0,1	Model içermiyor	%80	272	1,06
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	342	0,89
			0,1	Model içermiyor	%70	152	0,75
			0,2	Model içermiyor	%70	191	0,85
			0,1	0,1	%80	199	0,77
			0,1	0,5	%80	209	0,45
			0,2	0,1	%80	202	0,45
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	220	1,00
			0,1	0,1	%70	112	0,55
			0,1	0,5	%70	117	0,99
			0,2	0,1	%70	114	0,77
			0,2	0,5	%70	124	0,62

Çizelge 3.9. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	951					
			0,1	Model içermiyor	%80	933	0,58
			0,2	Model içermiyor	%80	1 474	0,62
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	668	0,78
			0,2	Model içermiyor	%70	962	0,78
			0,1	0,1	%80	571	1,06
			0,1	0,5	%80	611	0,56
			0,2	0,1	%80	582	0,71
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	662	0,55
			0,1	0,1	%70	426	0,92
			0,1	0,5	%70	455	1,06
			0,2	0,1	%70	434	0,58
			0,2	0,5	%70	492	0,41
			0,1	Model içermiyor	%80	505	0,47
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	684	0,91
			0,1	Model içermiyor	%70	289	0,75
			0,2	Model içermiyor	%70	379	0,61
			0,1	0,1	%80	338	0,57
			0,1	0,5	%80	358	0,52
			0,2	0,1	%80	344	0,61
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	384	0,56
			0,1	0,1	%70	202	0,79
			0,1	0,5	%70	213	0,32
			0,2	0,1	%70	205	0,61
			0,2	0,5	%70	226	0,79

Çizelge 3.9. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	1 255					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 362	0,52
			0,2	Model içermiyor	%80	1 911	0,77
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	1 049	0,31
			0,2	Model içermiyor	%70	1 419	1,00
			0,1	0,1	%80	835	1,02
			0,1	0,5	%80	891	0,75
			0,2	0,1	%80	847	0,81
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	958	0,86
			0,1	0,1	%70	645	0,53
			0,1	0,5	%70	687	0,98
			0,2	0,1	%70	654	0,72
			0,2	0,5	%70	737	0,47
			0,1	Model içermiyor	%80	718	0,81
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	968	0,69
			0,1	Model içermiyor	%70	406	0,58
			0,2	Model içermiyor	%70	537	0,82
			0,1	0,1	%80	440	0,72
			0,1	0,5	%80	468	0,66
			0,2	0,1	%80	446	0,54
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	501	0,63
			0,1	0,1	%70	257	0,76
			0,1	0,5	%70	272	0,76
			0,2	0,1	%70	260	0,91
			0,2	0,5	%70	290	1,07

Çizelge 3.9. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	481					
			0,1	Model içermiyor	%80	432	0,76
			0,2	Model içermiyor	%80	573	0,89
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	334	1,06
			0,2	Model içermiyor	%70	440	1,06
			0,1	0,1	%80	322	0,75
			0,1	0,5	%80	339	0,96
			0,2	0,1	%80	329	0,69
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	362	0,77
			0,1	0,1	%70	251	0,69
			0,1	0,5	%70	264	1,03
			0,2	0,1	%70	257	0,64
			0,2	0,5	%70	283	0,58
			0,1	Model içermiyor	%80	232	0,58
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	282	0,65
			0,1	Model içermiyor	%70	138	0,72
			0,2	Model içermiyor	%70	165	0,59
			0,1	0,1	%80	186	0,61
			0,1	0,5	%80	193	0,93
			0,2	0,1	%80	189	0,85
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	204	0,72
			0,1	0,1	%70	112	0,72
			0,1	0,5	%70	116	0,84
			0,2	0,1	%70	114	0,96
			0,2	0,5	%70	122	0,85

Çizelge 3.9. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch20.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	434					
			0,1	Model içermiyor	%80	453	0,57
			0,2	Model içermiyor	%80	659	0,78
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	365	0,55
			0,2	Model içermiyor	%70	482	0,79
			0,1	0,1	%80	310	0,54
			0,1	0,5	%80	330	0,63
			0,2	0,1	%80	316	0,86
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	354	0,84
			0,1	0,1	%70	253	0,67
			0,1	0,5	%70	269	0,60
			0,2	0,1	%70	258	0,56
			0,2	0,5	%70	288	0,98
			0,1	Model içermiyor	%80	239	0,89
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	310	0,43
			0,1	Model içermiyor	%70	140	0,61
			0,2	Model içermiyor	%70	179	0,61
			0,1	0,1	%80	165	0,99
			0,1	0,5	%80	175	0,55
			0,2	0,1	%80	168	0,75
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	187	0,64
			0,1	0,1	%70	98	0,59
			0,1	0,5	%70	103	1,02
			0,2	0,1	%70	99	0,66
			0,2	0,5	%70	110	0,81

Çizelge 3.10. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	6 665					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	7 381	1,05
			0,2	Model içermiyor	%80	21 039	0,68
			0,1	Model içermiyor	%70	4 118	0,39
			0,2	Model içermiyor	%70	7 120	0,59
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	2 911	0,37
			0,1	0,5	%80	3 226	1,11
			0,2	0,1	%80	2 968	0,96
			0,2	0,5	%80	3 593	0,40
			0,1	0,1	%70	1 784	0,39
			0,1	0,5	%70	1 976	0,68
			0,2	0,1	%70	1 819	0,39
			0,2	0,5	%70	2 200	0,91
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	3 851	0,89
			0,2	Model içermiyor	%80	5 780	0,54
			0,1	Model içermiyor	%70	1 947	0,89
			0,2	Model içermiyor	%70	2 750	0,93
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	1 874	0,78
			0,1	0,5	%80	2 039	0,99
			0,2	0,1	%80	1 903	0,80
			0,2	0,5	%80	2 226	1,06
			0,1	0,1	%70	1 030	0,58
			0,1	0,5	%70	1 112	0,61
			0,2	0,1	%70	1 045	0,90
			0,2	0,5	%70	1 203	0,88

Çizelge 3.10. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	6 104					
			0,1	Model içermiyor	%80	8 764	0,83
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	25 189	0,73
			0,1	Model içermiyor	%70	5 670	0,75
			0,2	Model içermiyor	%70	8 694	0,37
			0,1	0,1	%80	2 970	0,37
			0,1	0,5	%80	3 392	0,37
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	3 028	0,37
			0,2	0,5	%80	3 864	0,44
			0,1	0,1	%70	1 936	0,67
			0,1	0,5	%70	2 202	0,85
			0,2	0,1	%70	1 972	0,46
			0,2	0,5	%70	2 500	1,06
			0,1	Model içermiyor	%80	4 647	1,06
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	7 599	0,63
			0,1	Model içermiyor	%70	2 349	0,87
			0,2	Model içermiyor	%70	3 460	0,87
			0,1	0,1	%80	1 654	1,01
			0,1	0,5	%80	1 874	0,87
			0,2	0,1	%80	1 683	0,87
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	2 115	0,36
			0,1	0,1	%70	892	0,34
			0,1	0,5	%70	1 002	0,64
			0,2	0,1	%70	907	0,68
			0,2	0,5	%70	1 121	0,56

Çizelge 3.10. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	3 498					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 038	0,34
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	5 729	0,64
			0,1	Model içermiyor	%70	2 003	0,92
			0,2	Model içermiyor	%70	2 922	0,85
			0,1	0,1	%80	1 832	0,85
			0,1	0,5	%80	1 957	1,04
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	1 864	0,88
			0,2	0,5	%80	2 112	0,71
			0,1	0,1	%70	1 246	0,69
			0,1	0,5	%70	1 331	1,13
			0,2	0,1	%70	1 268	0,59
			0,2	0,5	%70	1 437	1,11
			0,1	Model içermiyor	%80	1 696	0,83
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 241	0,58
			0,1	Model içermiyor	%70	916	0,63
			0,2	Model içermiyor	%70	1 187	0,59
			0,1	0,1	%80	1 132	0,59
			0,1	0,5	%80	1 194	1,13
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	1 147	0,74
			0,2	0,5	%80	1 269	0,68
			0,1	0,1	%70	643	0,49
			0,1	0,5	%70	675	0,49
			0,2	0,1	%70	651	1,16
			0,2	0,5	%70	713	0,66

Çizelge 3.10. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	2 941					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 461	0,93
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 531	0,98
			0,1	Model içermiyor	%70	2 527	0,82
			0,2	Model içermiyor	%70	3 600	0,82
			0,1	0,1	%80	1 715	0,44
			0,1	0,5	%80	1 888	0,93
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	1 748	0,49
			0,2	0,5	%80	2 091	0,66
			0,1	0,1	%70	1 240	0,81
			0,1	0,5	%70	1 362	0,37
			0,2	0,1	%70	1 263	1,18
			0,2	0,5	%70	1 505	0,46
			0,1	Model içermiyor	%80	1 856	0,97
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 651	0,99
			0,1	Model içermiyor	%70	995	0,55
			0,2	Model içermiyor	%70	1 403	0,37
			0,1	0,1	%80	912	0,37
			0,1	0,5	%80	1 001	1,01
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	929	0,37
			0,2	0,5	%80	1 102	0,72
			0,1	0,1	%70	504	1,01
			0,1	0,5	%70	550	0,37
			0,2	0,1	%70	512	0,48
			0,2	0,5	%70	602	0,90

Çizelge 3.11. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	7 989					
			0,1	Model içermiyor	%80	9 295	0,73
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	25 266	0,37
			0,1	Model içermiyor	%70	4 939	0,81
			0,2	Model içermiyor	%70	9 148	0,61
			0,1	0,1	%80	3 555	0,33
			0,1	0,5	%80	3 913	0,61
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	3 621	1,13
			0,2	0,5	%80	4 331	0,41
			0,1	0,1	%70	2 300	0,80
			0,1	0,5	%70	2 526	1,13
			0,2	0,1	%70	2 342	0,41
			0,2	0,5	%70	2 787	1,12
			0,1	Model içermiyor	%80	4 551	0,80
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 706	0,41
			0,1	Model içermiyor	%70	2 426	1,11
			0,2	Model içermiyor	%70	3 387	0,65
			0,1	0,1	%80	2 299	0,65
			0,1	0,5	%80	2 491	0,35
			0,2	0,1	%80	2 334	0,35
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	2 710	0,33
			0,1	0,1	%70	1 337	0,78
			0,1	0,5	%70	1 436	0,61
			0,2	0,1	%70	1 355	0,53
			0,2	0,5	%70	1 547	0,58

Çizelge 3.11. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	7 531					
			0,1	Model içermiyor	%80	10 811	0,58
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	30 766	0,89
			0,1	Model içermiyor	%70	7 116	1,18
			0,2	Model içermiyor	%70	10 582	0,38
			0,1	0,1	%80	3 896	0,56
			0,1	0,5	%80	4 369	0,57
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	3 964	1,03
			0,2	0,5	%80	4 894	0,41
			0,1	0,1	%70	2 659	0,39
			0,1	0,5	%70	2 968	0,85
			0,2	0,1	%70	2 702	0,92
			0,2	0,5	%70	3 313	0,86
			0,1	Model içermiyor	%80	5 511	0,92
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	8 301	0,75
			0,1	Model içermiyor	%70	2 972	0,56
			0,2	Model içermiyor	%70	4 244	0,92
			0,1	0,1	%80	2 206	0,92
			0,1	0,5	%80	2 459	1,15
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	2 241	0,63
			0,2	0,5	%80	2 736	0,72
			0,1	0,1	%70	1 267	0,39
			0,1	0,5	%70	1 398	0,91
			0,2	0,1	%70	1 284	1,11
			0,2	0,5	%70	1 540	0,92

Çizelge 3.11. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	3 806					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 387	0,41
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 335	0,61
			0,1	Model içermiyor	%70	2 202	1,16
			0,2	Model içermiyor	%70	3 334	0,73
			0,1	0,1	%80	2 013	0,49
			0,1	0,5	%80	2 145	0,92
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	2 047	0,88
			0,2	0,5	%80	2 309	0,76
			0,1	0,1	%70	1 403	0,88
			0,1	0,5	%70	1 494	0,99
			0,2	0,1	%70	1 427	0,92
			0,2	0,5	%70	1 608	0,79
			0,1	Model içermiyor	%80	1 870	0,99
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 444	1,16
			0,1	Model içermiyor	%70	1 052	1,16
			0,2	Model içermiyor	%70	1 345	0,61
			0,1	0,1	%80	1 266	1,16
			0,1	0,5	%80	1 333	0,91
			0,2	0,1	%80	1 283	1,16
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	1 415	0,66
			0,1	0,1	%70	752	0,48
			0,1	0,5	%70	787	1,18
			0,2	0,1	%70	761	1,12
			0,2	0,5	%70	830	0,31

Çizelge 3.11. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	3 262					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 804	0,51
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	7 315	1,09
			0,1	Model içermiyor	%70	2 820	0,38
			0,2	Model içermiyor	%70	3 939	1,18
			0,1	0,1	%80	1 992	1,12
			0,1	0,5	%80	2 175	1,02
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	2 028	0,73
			0,2	0,5	%80	2 388	0,59
			0,1	0,1	%70	1 477	0,76
			0,1	0,5	%70	1 607	0,46
			0,2	0,1	%70	1 502	0,71
			0,2	0,5	%70	1 760	0,72
			0,1	Model içermiyor	%80	2 084	0,51
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 920	0,99
			0,1	Model içermiyor	%70	1 174	0,97
			0,2	Model içermiyor	%70	1 614	0,78
			0,1	0,1	%80	1 091	0,97
			0,1	0,5	%80	1 186	0,95
			0,2	0,1	%80	1 108	0,89
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	1 295	0,38
			0,1	0,1	%70	639	0,74
			0,1	0,5	%70	690	0,35
			0,2	0,1	%70	648	0,62
			0,2	0,5	%70	748	0,93

Çizelge 3.12. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	5 613					
			0,1	Model içermiyor	%80	6 805	0,54
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	17 129	0,72
			0,1	Model içermiyor	%70	4 070	0,55
			0,2	Model içermiyor	%70	6 864	0,58
			0,1	0,1	%80	2 646	0,75
			0,1	0,5	%80	2 953	1,02
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	2 702	0,43
			0,2	0,5	%80	3 315	0,37
			0,1	0,1	%70	1 707	1,19
			0,1	0,5	%70	1 900	0,98
			0,2	0,1	%70	1 742	1,05
			0,2	0,5	%70	2 128	0,35
			0,1	Model içermiyor	%80	3 491	0,92
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	5 376	0,85
			0,1	Model içermiyor	%70	1 765	0,85
			0,2	Model içermiyor	%70	2 559	0,62
			0,1	0,1	%80	1 596	0,62
			0,1	0,5	%80	1 755	1,02
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	1 624	0,99
			0,2	0,5	%80	1 939	0,95
			0,1	0,1	%70	869	1,06
			0,1	0,5	%70	949	1,01
			0,2	0,1	%70	884	0,88
			0,2	0,5	%70	1 040	0,57

Çizelge 3.12. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	8 295					
			0,1	Model içermiyor	%80	10 772	0,93
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	20 789	0,55
			0,1	Model içermiyor	%70	7 320	0,74
			0,2	Model içermiyor	%70	11 064	0,69
			0,1	0,1	%80	4 166	0,77
			0,1	0,5	%80	4 666	0,78
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	4 236	0,84
			0,2	0,5	%80	5 225	0,69
			0,1	0,1	%70	2 757	1,08
			0,1	0,5	%70	3 079	0,59
			0,2	0,1	%70	2 801	0,93
			0,2	0,5	%70	3 441	0,86
			0,1	Model içermiyor	%80	5 752	0,34
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	11 536	0,42
			0,1	Model içermiyor	%70	2 912	1,07
			0,2	Model içermiyor	%70	4 216	0,74
			0,1	0,1	%80	2 272	0,63
			0,1	0,5	%80	2 525	0,56
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	2 306	0,39
			0,2	0,5	%80	2 801	1,51
			0,1	0,1	%70	1 228	1,17
			0,1	0,5	%70	1 353	0,51
			0,2	0,1	%70	1 245	0,91
			0,2	0,5	%70	1 489	0,75

Çizelge 3.12. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	2 826					
			0,1	Model içermiyor	%80	2 753	0,98
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	4 873	0,44
			0,1	Model içermiyor	%70	1 898	0,31
			0,2	Model içermiyor	%70	2 814	1,09
			0,1	0,1	%80	1 576	1,09
			0,1	0,5	%80	1 700	1,09
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	1 607	0,53
			0,2	0,5	%80	1 855	0,41
			0,1	0,1	%70	1 118	0,88
			0,1	0,5	%70	1 205	0,99
			0,2	0,1	%70	1 140	0,32
			0,2	0,5	%70	1 314	0,71
			0,1	Model içermiyor	%80	1 473	0,32
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 047	0,37
			0,1	Model içermiyor	%70	795	0,35
			0,2	Model içermiyor	%70	1 072	1,04
			0,1	0,1	%80	913	0,71
			0,1	0,5	%80	976	0,89
			0,2	0,1	%80	929	0,51
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	1 052	0,69
			0,1	0,1	%70	510	0,32
			0,1	0,5	%70	543	0,35
			0,2	0,1	%70	518	0,57
			0,2	0,5	%70	582	0,87

Çizelge 3.12. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	3 892					
			0,1	Model içermiyor	%80	4 373	0,57
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 309	0,88
			0,1	Model içermiyor	%70	3 233	0,96
			0,2	Model içermiyor	%70	4 749	0,57
			0,1	0,1	%80	2 348	1,04
			0,1	0,5	%80	2 544	0,94
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	2 386	0,74
			0,2	0,5	%80	2 774	0,93
			0,1	0,1	%70	1 729	1,15
			0,1	0,5	%70	1 870	0,34
			0,2	0,1	%70	1 756	1,13
			0,2	0,5	%70	2 036	1,06
			0,1	Model içermiyor	%80	2 271	0,51
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 185	0,72
			0,1	Model içermiyor	%70	1 215	0,85
			0,2	Model içermiyor	%70	1 674	0,64
			0,1	0,1	%80	1 220	0,64
			0,1	0,5	%80	1 316	0,81
			0,2	0,1	%80	1 238	0,64
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	1 427	0,75
			0,1	0,1	%70	674	0,65
			0,1	0,5	%70	724	0,98
			0,2	0,1	%70	683	0,43
			0,2	0,5	%70	780	1,18

Çizelge 3.13. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	6 623					
			0,1	Model içermiyor	%80	8 255	0,76
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	20 317	0,82
			0,1	Model içermiyor	%70	4 674	0,98
			0,2	Model içermiyor	%70	8 416	0,51
			0,1	0,1	%80	3 263	0,51
			0,1	0,5	%80	3 607	0,74
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	3 327	0,85
			0,2	0,5	%80	4 012	0,84
			0,1	0,1	%70	2 213	0,96
			0,1	0,5	%70	2 435	1,13
			0,2	0,1	%70	2 254	0,38
			0,2	0,5	%70	2 696	0,89
			0,1	Model içermiyor	%80	4 133	0,89
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 241	0,37
			0,1	Model içermiyor	%70	2 207	0,78
			0,2	Model içermiyor	%70	3 124	0,88
			0,1	0,1	%80	1 994	0,67
			0,1	0,5	%80	2 176	0,75
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	2 027	0,79
			0,2	0,5	%80	2 386	0,81
			0,1	0,1	%70	1 160	0,74
			0,1	0,5	%70	1 255	0,72
			0,2	0,1	%70	1 177	1,14
			0,2	0,5	%70	1 363	1,02

Çizelge 3.13. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	9 196					
			0,1	Model içermiyor	%80	11 881	0,66
			0,2	Model içermiyor	%80	24 422	1,08
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	8 460	0,43
			0,2	Model içermiyor	%70	11 984	1,04
			0,1	0,1	%80	5 212	1,12
			0,1	0,5	%80	5 765	1,14
			0,2	0,1	%80	5 292	0,82
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	6 381	0,79
			0,1	0,1	%70	3 577	0,75
			0,1	0,5	%70	3 945	0,99
			0,2	0,1	%70	3 629	1,15
			0,2	0,5	%70	4 358	0,79
			0,1	Model içermiyor	%80	6 717	0,31
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	11 956	1,01
			0,1	Model içermiyor	%70	3 609	0,52
			0,2	Model içermiyor	%70	5 096	0,65
			0,1	0,1	%80	2 897	0,34
			0,1	0,5	%80	3 183	0,34
			0,2	0,1	%80	2 936	0,78
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	3 497	0,43
			0,1	0,1	%70	1 653	0,63
			0,1	0,5	%70	1 801	0,74
			0,2	0,1	%70	1 673	0,85
			0,2	0,5	%70	1 961	0,61

Çizelge 3.13. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	3 081					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 055	0,65
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	5 342	0,74
			0,1	Model içermiyor	%70	2 102	0,58
			0,2	Model içermiyor	%70	3 141	0,75
			0,1	0,1	%80	1 755	0,84
			0,1	0,5	%80	1 886	0,96
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	1 788	0,66
			0,2	0,5	%80	2 049	0,51
			0,1	0,1	%70	1 276	0,51
			0,1	0,5	%70	1 369	0,99
			0,2	0,1	%70	1 300	0,75
			0,2	0,5	%70	1 485	1,09
			0,1	Model içermiyor	%80	1 641	1,07
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 249	1,02
			0,1	Model içermiyor	%70	928	0,35
			0,2	Model içermiyor	%70	1 228	0,36
			0,1	0,1	%80	1 045	0,36
			0,1	0,5	%80	1 111	0,97
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	1 061	1,11
			0,2	0,5	%80	1 193	0,96
			0,1	0,1	%70	618	0,64
			0,1	0,5	%70	654	0,61
			0,2	0,1	%70	627	0,88
			0,2	0,5	%70	697	0,97

Çizelge 3.13. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch50.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	4 109					
			0,1	Model içermiyor	%80	4 702	0,56
			0,2	Model içermiyor	%80	6 839	0,71
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	3 534	0,65
			0,2	Model içermiyor	%70	4 899	0,79
			0,1	0,1	%80	2 647	0,48
			0,1	0,5	%80	2 851	1,08
			0,2	0,1	%80	2 687	0,56
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	3 092	1,07
			0,1	0,1	%70	1 985	1,21
			0,1	0,5	%70	2 134	0,57
			0,2	0,1	%70	2 014	0,84
			0,2	0,5	%70	2 311	0,77
			0,1	Model içermiyor	%80	2 518	0,75
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 487	0,83
			0,1	Model içermiyor	%70	1 409	0,92
			0,2	Model içermiyor	%70	1 904	0,90
			0,1	0,1	%80	1 412	0,58
			0,1	0,5	%80	1 515	0,37
			0,2	0,1	%80	1 431	1,14
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	1 635	0,57
			0,1	0,1	%70	821	0,92
			0,1	0,5	%70	875	0,71
			0,2	0,1	%70	831	0,71
			0,2	0,5	%70	938	0,92

Çizelge 3.14. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	27 881					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	47 579	0,46
			0,2	Model içermiyor	%80	228 610	0,94
			0,1	Model içermiyor	%70	10 787	0,77
			0,2	Model içermiyor	%70	41 546	1,26
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	9 981	0,95
			0,1	0,5	%80	11 503	0,75
			0,2	0,1	%80	10 179	0,68
			0,2	0,5	%80	13 254	0,76
			0,1	0,1	%70	5 446	1,14
			0,1	0,5	%70	6 270	0,57
			0,2	0,1	%70	5 554	1,46
			0,2	0,5	%70	7 179	1,00
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	19 836	0,74
			0,2	Model içermiyor	%80	24 669	0,78
			0,1	Model içermiyor	%70	7 813	0,81
			0,2	Model içermiyor	%70	8 410	0,80
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	6 712	0,75
			0,1	0,5	%80	7 533	0,80
			0,2	0,1	%80	6 817	1,04
			0,2	0,5	%80	8 419	0,54
			0,1	0,1	%70	3 536	0,64
			0,1	0,5	%70	3 921	1,12
			0,2	0,1	%70	3 586	1,30
			0,2	0,5	%70	4 331	0,79

Çizelge 3.14. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	26 802					
			0,1	Model içermiyor	%80	56 233	0,62
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	285 911	0,77
			0,1	Model içermiyor	%70	29 331	0,91
			0,2	Model içermiyor	%70	48 509	0,88
			0,1	0,1	%80	10 579	0,76
			0,1	0,5	%80	12 653	0,57
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	10 784	0,63
			0,2	0,5	%80	14 888	1,38
			0,1	0,1	%70	6 100	0,79
			0,1	0,5	%70	7 275	0,77
			0,2	0,1	%70	6 212	0,82
			0,2	0,5	%70	8 513	1,08
			0,1	Model içermiyor	%80	25 165	0,79
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	38 428	1,33
			0,1	Model içermiyor	%70	11 775	0,48
			0,2	Model içermiyor	%70	17 816	0,75
			0,1	0,1	%80	6 212	1,45
			0,1	0,5	%80	7 324	0,93
			0,2	0,1	%80	6 321	1,43
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	8 486	1,43
			0,1	0,1	%70	3 219	0,82
			0,1	0,5	%70	3 747	1,06
			0,2	0,1	%70	3 270	0,80
			0,2	0,5	%70	4 290	0,48

Çizelge 3.14. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	14 266					
			0,1	Model içermiyor	%80	15 074	0,65
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	42 053	0,96
			0,1	Model içermiyor	%70	8 649	1,03
			0,2	Model içermiyor	%70	14 178	1,21
			0,1	0,1	%80	6 233	0,85
			0,1	0,5	%80	6 877	1,05
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	6 348	1,03
			0,2	0,5	%80	7 624	0,67
			0,1	0,1	%70	3 820	0,76
			0,1	0,5	%70	4 213	0,89
			0,2	0,1	%70	3 891	0,80
			0,2	0,5	%70	4 667	0,53
			0,1	Model içermiyor	%80	8 038	0,97
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	11 983	1,00
			0,1	Model içermiyor	%70	4 059	0,92
			0,2	Model içermiyor	%70	5 696	1,38
			0,1	0,1	%80	3 989	1,08
			0,1	0,5	%80	4 320	1,12
			0,2	0,1	%80	4 047	1,08
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	4 697	1,14
			0,1	0,1	%70	2 195	0,86
			0,1	0,5	%70	2 358	0,92
			0,2	0,1	%70	2 224	1,01
			0,2	0,5	%70	2 540	1,00

Çizelge 3.14. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	13 110					
			0,1	Model içermiyor	%80	18 074	0,51
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	50 252	1,28
			0,1	Model içermiyor	%70	11 820	1,28
			0,2	Model içermiyor	%70	17 891	1,32
			0,1	0,1	%80	6 316	1,08
			0,1	0,5	%80	7 174	0,87
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	6 432	1,08
			0,2	0,5	%80	8 131	1,08
			0,1	0,1	%70	4 094	1,12
			0,1	0,5	%70	4 635	1,14
			0,2	0,1	%70	4 166	1,01
			0,2	0,5	%70	5 241	0,72
			0,1	Model içermiyor	%80	9 641	0,95
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	15 773	0,88
			0,1	Model içermiyor	%70	4 860	0,92
			0,2	Model içermiyor	%70	7 121	1,45
			0,1	0,1	%80	3 525	1,13
			0,1	0,5	%80	3 968	1,37
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	3 584	1,30
			0,2	0,5	%80	4 453	0,78
			0,1	0,1	%70	1 899	0,71
			0,1	0,5	%70	2 119	0,70
			0,2	0,1	%70	1 928	1,56
			0,2	0,5	%70	2 357	0,90

Çizelge 3.15. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	39 336					
			0,1	Model içermiyor	%80	71 280	0,46
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	318 630	0,93
			0,1	Model içermiyor	%70	20 067	0,75
			0,2	Model içermiyor	%70	64 700	1,05
			0,1	0,1	%80	14 379	1,38
			0,1	0,5	%80	16 343	0,76
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	14 644	0,52
			0,2	0,5	%80	18 578	0,88
			0,1	0,1	%70	8 628	1,19
			0,1	0,5	%70	9 760	0,64
			0,2	0,1	%70	8 781	1,43
			0,2	0,5	%70	11 001	0,98
			0,1	Model içermiyor	%80	26 154	1,29
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	37 636	1,25
			0,1	Model içermiyor	%70	12 816	0,68
			0,2	Model içermiyor	%70	18 819	1,35
			0,1	0,1	%80	9 489	0,65
			0,1	0,5	%80	10 573	1,14
			0,2	0,1	%80	9 630	0,97
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	11 744	0,85
			0,1	0,1	%70	5 335	0,97
			0,1	0,5	%70	5 872	0,98
			0,2	0,1	%70	5 405	0,53
			0,2	0,5	%70	6 445	0,71

Çizelge 3.15. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	39 488					
			0,1	Model içermiyor	%80	85 151	0,88
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	404 108	0,74
			0,1	Model içermiyor	%70	34 959	1,41
			0,2	Model içermiyor	%70	73 905	1,19
			0,1	0,1	%80	16 898	1,19
			0,1	0,5	%80	19 500	1,23
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	17 173	1,25
			0,2	0,5	%80	22 264	0,68
			0,1	0,1	%70	10 551	0,92
			0,1	0,5	%70	12 121	0,88
			0,2	0,1	%70	10 711	0,68
			0,2	0,5	%70	13 809	0,69
			0,1	Model içermiyor	%80	34 302	0,95
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	46 469	0,52
			0,1	Model içermiyor	%70	19 021	0,78
			0,2	Model içermiyor	%70	26 508	0,71
			0,1	0,1	%80	9 894	0,84
			0,1	0,5	%80	11 322	0,71
			0,2	0,1	%80	10 037	0,64
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	12 815	0,55
			0,1	0,1	%70	5 487	0,83
			0,1	0,5	%70	6 202	1,17
			0,2	0,1	%70	5 558	1,35
			0,2	0,5	%70	6 940	1,42

Çizelge 3.15. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	17 019					
			0,1	Model içermiyor	%80	18 873	0,94
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	50 472	1,13
			0,1	Model içermiyor	%70	10 325	0,69
			0,2	Model içermiyor	%70	18 129	0,78
			0,1	0,1	%80	7 552	0,99
			0,1	0,5	%80	8 284	1,15
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	7 686	0,82
			0,2	0,5	%80	9 133	1,05
			0,1	0,1	%70	4 867	1,09
			0,1	0,5	%70	5 328	0,85
			0,2	0,1	%70	4 952	0,85
			0,2	0,5	%70	5 860	1,03
			0,1	Model içermiyor	%80	9 472	1,03
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	13 893	0,98
			0,1	Model içermiyor	%70	5 034	1,31
			0,2	Model içermiyor	%70	6 944	0,85
			0,1	0,1	%80	4 858	1,32
			0,1	0,5	%80	5 244	0,77
			0,2	0,1	%80	4 926	0,81
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	5 683	1,37
			0,1	0,1	%70	2 817	0,71
			0,1	0,5	%70	3 017	0,67
			0,2	0,1	%70	2 852	0,63
			0,2	0,5	%70	3 236	0,62

Çizelge 3.15. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	15 942					
			0,1	Model içermiyor	%80	21 996	1,42
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	61 387	0,54
			0,1	Model içermiyor	%70	14 834	1,23
			0,2	Model içermiyor	%70	21 449	0,84
			0,1	0,1	%80	8 190	1,42
			0,1	0,5	%80	9 151	1,12
			0,2	0,1	%80	8 326	0,82
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	10 218	0,88
			0,1	0,1	%70	5 553	1,42
			0,1	0,5	%70	6 182	0,91
			0,2	0,1	%70	5 640	1,46
			0,2	0,5	%70	6 884	1,22
			0,1	Model içermiyor	%80	11 416	1,02
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	17 189	0,59
			0,1	Model içermiyor	%70	6 131	1,44
			0,2	Model içermiyor	%70	8 743	0,94
			0,1	0,1	%80	4 644	0,92
			0,1	0,5	%80	5 153	1,43
			0,2	0,1	%80	4 712	1,43
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	5 709	1,04
			0,1	0,1	%70	2 655	0,66
			0,1	0,5	%70	2 919	0,88
			0,2	0,1	%70	2 691	0,69
			0,2	0,5	%70	3 204	0,47

Çizelge 3.16. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	24 025					
			0,1	Model içermiyor	%80	42 259	0,53
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	180 311	0,98
			0,1	Model içermiyor	%70	15 358	0,71
			0,2	Model içermiyor	%70	39 045	0,76
			0,1	0,1	%80	9 342	0,76
			0,1	0,5	%80	10 846	1,48
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	9 536	0,77
			0,2	0,5	%80	12 542	1,31
			0,1	0,1	%70	5 386	0,62
			0,1	0,5	%70	6 231	0,64
			0,2	0,1	%70	5 495	0,57
			0,2	0,5	%70	7 182	0,96
			0,1	Model içermiyor	%80	18 740	0,57
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	25 003	1,17
			0,1	Model içermiyor	%70	8 546	0,96
			0,2	Model içermiyor	%70	13 063	0,77
			0,1	0,1	%80	5 895	0,96
			0,1	0,5	%80	6 700	0,57
			0,2	0,1	%80	5 998	0,59
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	7 582	0,77
			0,1	0,1	%70	3 104	1,33
			0,1	0,5	%70	3 489	1,44
			0,2	0,1	%70	3 153	1,02
			0,2	0,5	%70	3 903	0,62

Çizelge 3.16. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	36 883					
			0,1	Model içermiyor	%80	58 106	0,74
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	205 494	1,05
			0,1	Model içermiyor	%70	47 727	0,69
			0,2	Model içermiyor	%70	54 799	1,29
			0,1	0,1	%80	14 886	0,46
			0,1	0,5	%80	17 436	0,75
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	15 140	1,01
			0,2	0,5	%80	20 190	1,11
			0,1	0,1	%70	8 695	1,06
			0,1	0,5	%70	10 152	0,88
			0,2	0,1	%70	8 838	1,08
			0,2	0,5	%70	11 733	1,09
			0,1	Model içermiyor	%80	31 531	1,09
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	55 523	1,21
			0,1	Model içermiyor	%70	14 814	1,47
			0,2	Model içermiyor	%70	22 244	1,01
			0,1	0,1	%80	8 603	0,46
			0,1	0,5	%80	9 931	0,66
			0,2	0,1	%80	8 733	0,78
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	11 324	0,69
			0,1	0,1	%70	4 469	1,32
			0,1	0,5	%70	5 097	1,13
			0,2	0,1	%70	4 530	0,66
			0,2	0,5	%70	5 746	0,91

Çizelge 3.16. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	12 032					
			0,1	Model içermiyor	%80	14 117	1,48
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	34 897	1,42
			0,1	Model içermiyor	%70	8 548	1,32
			0,2	Model içermiyor	%70	14 041	1,12
			0,1	0,1	%80	5 667	1,45
			0,1	0,5	%80	6 293	1,34
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	5 778	0,49
			0,2	0,5	%80	7 030	0,87
			0,1	0,1	%70	3 649	0,87
			0,1	0,5	%70	4 044	0,51
			0,2	0,1	%70	3 720	0,78
			0,2	0,5	%70	4 509	0,75
			0,1	Model içermiyor	%80	7 283	0,75
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	11 149	0,58
			0,1	Model içermiyor	%70	3 672	0,58
			0,2	Model içermiyor	%70	5 288	0,61
			0,1	0,1	%80	3 398	0,98
			0,1	0,5	%80	3 719	1,14
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	3 454	0,97
			0,2	0,5	%80	4 088	0,57
			0,1	0,1	%70	1 849	0,86
			0,1	0,5	%70	2 009	0,86
			0,2	0,1	%70	1 877	0,98
			0,2	0,5	%70	2 190	0,85

Çizelge 3.16. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	17 909					
			0,1	Model içermiyor	%80	22 658	0,92
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	41 950	0,77
			0,1	Model içermiyor	%70	15 533	1,39
			0,2	Model içermiyor	%70	23 265	0,80
			0,1	0,1	%80	8 861	0,85
			0,1	0,5	%80	9 921	1,32
			0,2	0,1	%80	9 006	1,32
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	11 105	0,62
			0,1	0,1	%70	5 823	1,07
			0,1	0,5	%70	6 505	0,78
			0,2	0,1	%70	5 915	1,15
			0,2	0,5	%70	7 270	0,84
			0,1	Model içermiyor	%80	12 257	0,58
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	25 444	0,58
			0,1	Model içermiyor	%70	6 211	1,48
			0,2	Model içermiyor	%70	9 009	1,43
			0,1	0,1	%80	4 860	1,47
			0,1	0,5	%80	5 394	1,11
			0,2	0,1	%80	4 930	1,47
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	5 979	1,02
			0,1	0,1	%70	2 622	1,23
			0,1	0,5	%70	2 887	1,13
			0,2	0,1	%70	2 657	0,69
			0,2	0,5	%70	3 172	1,03

Çizelge 3.17. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	32 471					
			0,1	Model içermiyor	%80	60 176	1,03
			0,2	Model içermiyor	%80	249 170	0,56
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	22 555	0,56
			0,2	Model içermiyor	%70	56 754	1,49
			0,1	0,1	%80	13 592	0,79
			0,1	0,5	%80	15 480	0,81
			0,2	0,1	%80	13 842	0,46
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	17 595	0,92
			0,1	0,1	%70	8 545	0,76
			0,1	0,5	%70	9 659	1,44
			0,2	0,1	%70	8 694	1,24
			0,2	0,5	%70	10 907	0,57
			0,1	Model içermiyor	%80	24 524	0,57
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	34 443	0,98
			0,1	Model içermiyor	%70	11 982	0,80
			0,2	Model içermiyor	%70	17 829	1,15
			0,1	0,1	%80	8 480	0,97
			0,1	0,5	%80	9 509	1,28
			0,2	0,1	%80	8 613	0,77
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	10 634	0,78
			0,1	0,1	%70	4 793	0,48
			0,1	0,5	%70	5 307	0,52
			0,2	0,1	%70	4 860	1,12
			0,2	0,5	%70	5 861	1,32

Çizelge 3.17. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	44 216					
			0,1	Model içermiyor	%80	75 749	1,13
			0,2	Model içermiyor	%80	283 826	1,03
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	50 402	1,03
			0,2	Model içermiyor	%70	69 425	0,51
			0,1	0,1	%80	22 278	0,51
			0,1	0,5	%80	25 416	1,12
			0,2	0,1	%80	22 610	0,92
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	28 758	1,44
			0,1	0,1	%70	13 930	1,12
			0,1	0,5	%70	15 853	0,66
			0,2	0,1	%70	14 127	1,41
			0,2	0,5	%70	17 923	1,12
			0,1	Model içermiyor	%80	39 722	0,57
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	60 040	0,94
			0,1	Model içermiyor	%70	20 528	1,25
			0,2	Model içermiyor	%70	29 619	1,49
			0,1	0,1	%80	12 903	1,49
			0,1	0,5	%80	14 579	1,16
			0,2	0,1	%80	13 071	0,90
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	16 337	0,63
			0,1	0,1	%70	7 129	0,98
			0,1	0,5	%70	7 965	0,98
			0,2	0,1	%70	7 212	1,13
			0,2	0,5	%70	8 831	1,11

Çizelge 3.17. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	14 125					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	17 032	1,13
			0,2	Model içermiyor	%80	41 345	1,19
			0,1	Model içermiyor	%70	10 145	1,05
			0,2	Model içermiyor	%70	17 127	1,05
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	6 935	1,44
			0,1	0,5	%80	7 638	1,52
			0,2	0,1	%80	7 062	1,12
			0,2	0,5	%80	8 462	0,63
			0,1	0,1	%70	4 683	0,74
			0,1	0,5	%70	5 136	0,62
			0,2	0,1	%70	4 766	0,88
			0,2	0,5	%70	5 669	1,14
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	8 599	0,66
			0,2	Model içermiyor	%80	12 923	1,32
			0,1	Model içermiyor	%70	4 576	0,54
			0,2	Model içermiyor	%70	6 443	1,21
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	4 214	1,21
			0,1	0,5	%80	4 581	0,84
			0,2	0,1	%80	4 279	0,59
			0,2	0,5	%80	5 004	1,27
			0,1	0,1	%70	2 442	0,84
			0,1	0,5	%70	2 632	0,92
			0,2	0,1	%70	2 476	0,76
			0,2	0,5	%70	2 847	1,11

Çizelge 3.17. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch100.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	19 569					
			0,1	Model içermiyor	%80	24 719	1,48
			0,2	Model içermiyor	%80	49 186	1,05
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	22 761	1,12
			0,2	Model içermiyor	%70	24 901	1,41
			0,1	0,1	%80	11 084	0,55
			0,1	0,5	%80	12 257	1,23
			0,2	0,1	%80	11 251	0,57
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	13 561	0,57
			0,1	0,1	%70	7 560	0,95
			0,1	0,5	%70	8 342	0,57
			0,2	0,1	%70	7 669	1,13
			0,2	0,5	%70	9 215	0,67
			0,1	Model içermiyor	%80	14 359	0,95
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	26 069	0,56
			0,1	Model içermiyor	%70	7 695	0,75
			0,2	Model içermiyor	%70	10 877	0,69
			0,1	0,1	%80	6 186	0,89
			0,1	0,5	%80	6 793	1,47
			0,2	0,1	%80	6 268	0,69
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	7 458	0,71
			0,1	0,1	%70	3 523	0,74
			0,1	0,5	%70	3 836	0,46
			0,2	0,1	%70	3 565	0,64
			0,2	0,5	%70	4 176	0,55

Çizelge 3.18. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	100 854					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	410 905	1,74
			0,2	Model içermiyor	%80	4 575 312	1,45
			0,1	Model içermiyor	%70	148 413	1,21
			0,2	Model içermiyor	%70	299 502	1,04
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	29 359	1,79
			0,1	0,5	%80	36 168	1,14
			0,2	0,1	%80	30 032	1,33
			0,2	0,5	%80	43 843	1,64
			0,1	0,1	%70	14 177	1,16
			0,1	0,5	%70	17 442	1,09
			0,2	0,1	%70	14 502	1,01
			0,2	0,5	%70	21 120	1,42
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	53 441	1,74
			0,2	Model içermiyor	%80	195 801	1,56
			0,1	Model içermiyor	%70	40 794	0,97
			0,2	Model içermiyor	%70	64 785	0,99
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	21 165	0,97
			0,1	0,5	%80	25 095	1,13
			0,2	0,1	%80	21 553	0,97
			0,2	0,5	%80	29 291	1,65
			0,1	0,1	%70	10 684	1,72
			0,1	0,5	%70	12 455	1,26
			0,2	0,1	%70	10 860	1,55
			0,2	0,5	%70	14 249	0,80

Çizelge 3.18. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	99 058					
			0,1	Model içermiyor	%80	513 292	0,94
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	5 999 130	1,03
			0,1	Model içermiyor	%70	123 052	1,65
			0,2	Model içermiyor	%70	349 282	1,78
			0,1	0,1	%80	31 928	1,19
			0,1	0,5	%80	41 450	1,04
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	32 641	1,09
			0,2	0,5	%80	51 447	1,72
			0,1	0,1	%70	16 316	1,64
			0,1	0,5	%70	20 992	1,52
			0,2	0,1	%70	16 661	1,79
			0,2	0,5	%70	25 952	1,56
			0,1	Model içermiyor	%80	131 307	1,66
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	209 484	1,59
			0,1	Model içermiyor	%70	55 371	1,05
			0,2	Model içermiyor	%70	90 625	1,05
			0,1	0,1	%80	19 944	1,54
			0,1	0,5	%80	25 344	0,77
			0,2	0,1	%80	20 350	1,69
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	30 772	1,39
			0,1	0,1	%70	9 878	1,28
			0,1	0,5	%70	12 327	1,22
			0,2	0,1	%70	10 063	1,16
			0,2	0,5	%70	14 732	1,39

Çizelge 3.18. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	50 959					
			0,1	Model içermiyor	%80	89 097	1,75
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	430 523	0,91
			0,1	Model içermiyor	%70	21 291	1,08
			0,2	Model içermiyor	%70	78 154	1,11
			0,1	0,1	%80	18 271	0,76
			0,1	0,5	%80	21 145	0,84
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	18 656	0,76
			0,2	0,5	%80	24 455	1,25
			0,1	0,1	%70	9 978	1,66
			0,1	0,5	%70	11 538	1,72
			0,2	0,1	%70	10 188	1,65
			0,2	0,5	%70	13 264	1,44
			0,1	Model içermiyor	%80	36 695	1,46
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	48 906	0,99
			0,1	Model içermiyor	%70	16 997	1,65
			0,2	Model içermiyor	%70	25 523	1,65
			0,1	0,1	%80	12 500	0,89
			0,1	0,5	%80	14 079	1,40
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	12 710	1,61
			0,2	0,5	%80	15 788	1,54
			0,1	0,1	%70	6 643	1,30
			0,1	0,5	%70	7 391	0,84
			0,2	0,1	%70	6 743	1,52
			0,2	0,5	%70	8 191	1,66

Çizelge 3.18. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	49 038					
			0,1	Model içermiyor	%80	108 218	1,09
			0,2	Model içermiyor	%80	558 218	0,87
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	56 924	0,93
			0,2	Model içermiyor	%70	93 848	0,82
			0,1	0,1	%80	19 493	0,77
			0,1	0,5	%80	23 554	1,53
			0,2	0,1	%80	19 907	0,76
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	27 932	0,69
			0,1	0,1	%70	11 276	0,87
			0,1	0,5	%70	13 538	0,72
			0,2	0,1	%70	11 502	0,77
			0,2	0,5	%70	15 996	0,76
			0,1	Model içermiyor	%80	47 894	1,15
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	74 106	1,22
			0,1	Model içermiyor	%70	22 644	1,03
			0,2	Model içermiyor	%70	34 323	0,96
			0,1	0,1	%80	11 541	1,69
			0,1	0,5	%80	13 761	1,72
			0,2	0,1	%80	11 764	1,67
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	16 081	1,70
			0,1	0,1	%70	6 002	0,87
			0,1	0,5	%70	7 066	1,60
			0,2	0,1	%70	6 109	1,76
			0,2	0,5	%70	8 159	0,91

Çizelge 3.19. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	189 333					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	813 237	0,95
			0,2	Model içermiyor	%80	8 825 697	1,56
			0,1	Model içermiyor	%70	130 796	1,76
			0,2	Model içermiyor	%70	630 336	1,06
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	56 313	1,04
			0,1	0,5	%80	67 243	1,19
			0,2	0,1	%80	57 450	1,75
			0,2	0,5	%80	78 925	1,24
			0,1	0,1	%70	31 826	1,32
			0,1	0,5	%70	37 626	1,59
			0,2	0,1	%70	32 433	1,64
			0,2	0,5	%70	44 048	0,76
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	126 962	1,24
			0,2	Model içermiyor	%80	382 203	1,32
			0,1	Model içermiyor	%70	70 655	0,97
			0,2	Model içermiyor	%70	86 562	1,07
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	38 302	1,65
			0,1	0,5	%80	44 670	1,08
			0,2	0,1	%80	38 947	1,19
			0,2	0,5	%80	51 432	1,14
			0,1	0,1	%70	20 923	0,95
			0,1	0,5	%70	23 992	0,97
			0,2	0,1	%70	21 234	1,03
			0,2	0,5	%70	27 113	0,89

Çizelge 3.19. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	208 215					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	1 051 040	1,19
			0,2	Model içermiyor	%80	11 585 685	1,61
			0,1	Model içermiyor	%70	177 820	1,74
			0,2	Model içermiyor	%70	765 619	1,77
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	72 009	1,48
			0,1	0,5	%80	86 334	1,56
			0,2	0,1	%80	73 212	0,81
			0,2	0,5	%80	100 772	1,71
			0,1	0,1	%70	41 850	1,53
			0,1	0,5	%70	50 000	1,01
			0,2	0,1	%70	42 496	0,88
			0,2	0,5	%70	58 453	1,62
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	176 304	1,59
			0,2	Model içermiyor	%80	388 328	1,57
			0,1	Model içermiyor	%70	93 381	1,69
			0,2	Model içermiyor	%70	136 578	1,74
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	43 589	1,13
			0,1	0,5	%80	51 927	1,05
			0,2	0,1	%80	44 244	1,12
			0,2	0,5	%80	60 277	1,20
			0,1	0,1	%70	23 392	0,83
			0,1	0,5	%70	27 440	1,55
			0,2	0,1	%70	23 704	1,27
			0,2	0,5	%70	31 449	1,43

Çizelge 3.19. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	72 394					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	133 734	1,21
			0,2	Model içermiyor	%80	600 312	1,02
			0,1	Model içermiyor	%70	38 278	1,57
			0,2	Model içermiyor	%70	121 830	1,42
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	26 349	1,63
			0,1	0,5	%80	30 044	1,40
			0,2	0,1	%80	26 865	1,75
			0,2	0,5	%80	34 247	1,19
			0,1	0,1	%70	15 834	1,66
			0,1	0,5	%70	17 972	1,71
			0,2	0,1	%70	16 134	1,45
			0,2	0,5	%70	20 319	1,71
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	48 115	1,33
			0,2	Model içermiyor	%80	73 472	1,36
			0,1	Model içermiyor	%70	23 921	1,16
			0,2	Model içermiyor	%70	35 028	1,33
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	17 653	1,28
			0,1	0,5	%80	19 734	1,63
			0,2	0,1	%80	17 934	1,31
			0,2	0,5	%80	21 984	1,22
			0,1	0,1	%70	9 995	1,52
			0,1	0,5	%70	11 035	1,46
			0,2	0,1	%70	10 136	1,37
			0,2	0,5	%70	12 147	1,55

Çizelge 3.19. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	73 638					
			0,1	Model içermiyor	%80	165 101	1,46
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	788 879	1,18
			0,1	Model içermiyor	%70	66 538	1,36
			0,2	Model içermiyor	%70	144 706	0,84
			0,1	0,1	%80	31 756	1,62
			0,1	0,5	%80	36 835	1,50
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	32 309	0,99
			0,2	0,5	%80	42 225	1,21
			0,1	0,1	%70	19 960	1,22
			0,1	0,5	%70	23 024	0,95
			0,2	0,1	%70	20 283	0,88
			0,2	0,5	%70	26 321	0,92
			0,1	Model içermiyor	%80	66 895	0,79
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	88 601	1,12
			0,1	Model içermiyor	%70	32 214	1,21
			0,2	Model içermiyor	%70	46 538	1,10
			0,1	0,1	%80	18 733	1,03
			0,1	0,5	%80	21 578	1,21
			0,2	0,1	%80	19 027	1,37
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	24 549	0,87
			0,1	0,1	%70	10 463	0,93
			0,1	0,5	%70	11 897	1,67
			0,2	0,1	%70	10 609	1,20
			0,2	0,5	%70	13 377	1,73

Çizelge 3.20. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	88 004					
			0,1	Model içermiyor	%80	343 172	0,97
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 616 349	1,75
			0,1	Model içermiyor	%70	66 819	1,49
			0,2	Model içermiyor	%70	265 695	1,66
			0,1	0,1	%80	27 947	0,89
			0,1	0,5	%80	34 793	1,74
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	28 616	0,85
			0,2	0,5	%80	42 325	0,77
			0,1	0,1	%70	14 309	1,26
			0,1	0,5	%70	17 709	1,32
			0,2	0,1	%70	14 642	1,44
			0,2	0,5	%70	21 437	1,48
			0,1	Model içermiyor	%80	98 762	1,26
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	169 211	1,52
			0,1	Model içermiyor	%70	39 614	1,36
			0,2	Model içermiyor	%70	63 521	1,01
			0,1	0,1	%80	18 851	1,10
			0,1	0,5	%80	22 756	1,14
			0,2	0,1	%80	19 234	1,45
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	26 854	1,79
			0,1	0,1	%70	9 529	1,63
			0,1	0,5	%70	11 319	1,15
			0,2	0,1	%70	9 708	1,50
			0,2	0,5	%70	13 154	1,22

Çizelge 3.20. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	136 739					
			0,1	Model içermiyor	%80	409 173	1,27
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	4 047 426	1,33
			0,1	Model içermiyor	%70	191 033	1,35
			0,2	Model içermiyor	%70	306 247	0,83
			0,1	0,1	%80	45 059	1,69
			0,1	0,5	%80	56 802	1,29
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	45 942	1,62
			0,2	0,5	%80	69 142	1,37
			0,1	0,1	%70	23 327	1,48
			0,1	0,5	%70	29 226	1,07
			0,2	0,1	%70	23 763	1,25
			0,2	0,5	%70	35 485	0,96
			0,1	Model içermiyor	%80	206 976	1,10
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	245 127	1,21
			0,1	Model içermiyor	%70	69 190	1,16
			0,2	Model içermiyor	%70	105 986	0,92
			0,1	0,1	%80	27 690	0,99
			0,1	0,5	%80	34 148	1,15
			0,2	0,1	%80	28 175	1,28
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	40 672	1,56
			0,1	0,1	%70	13 755	1,77
			0,1	0,5	%70	16 678	1,74
			0,2	0,1	%70	13 976	1,34
			0,2	0,5	%70	19 564	1,68

Çizelge 3.20. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	44 025					
			0,1	Model içermiyor	%80	79 796	1,68
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	344 430	0,90
			0,1	Model içermiyor	%70	28 838	1,77
			0,2	Model içermiyor	%70	74 579	1,42
			0,1	0,1	%80	17 148	1,14
			0,1	0,5	%80	20 048	1,49
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	17 534	1,53
			0,2	0,5	%80	23 328	1,56
			0,1	0,1	%70	9 893	0,91
			0,1	0,5	%70	11 522	0,95
			0,2	0,1	%70	10 111	1,20
			0,2	0,5	%70	13 362	1,23
			0,1	Model içermiyor	%80	35 481	1,31
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	48 323	0,92
			0,1	Model içermiyor	%70	16 275	1,07
			0,2	Model içermiyor	%70	25 027	1,06
			0,1	0,1	%80	10 974	1,12
			0,1	0,5	%80	12 557	1,18
			0,2	0,1	%80	11 183	1,01
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	14 293	1,64
			0,1	0,1	%70	5 799	1,58
			0,1	0,5	%70	6 563	1,43
			0,2	0,1	%70	5 902	0,97
			0,2	0,5	%70	7 385	1,71

Çizelge 3.20. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	67 364					
			0,1	Model içermiyor	%80	109 529	1,22
			0,2	Model içermiyor	%80	399 133	1,17
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	88 472	1,46
			0,2	Model içermiyor	%70	103 020	1,35
			0,1	0,1	%80	27 399	1,28
			0,1	0,5	%80	32 335	1,19
			0,2	0,1	%80	27 904	1,21
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	37 665	1,42
			0,1	0,1	%70	16 061	1,27
			0,1	0,5	%70	18 876	1,06
			0,2	0,1	%70	16 344	1,19
			0,2	0,5	%70	21 937	1,33
			0,1	Model içermiyor	%80	59 658	1,10
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	103 788	1,71
			0,1	Model içermiyor	%70	28 234	1,62
			0,2	Model içermiyor	%70	42 417	1,56
			0,1	0,1	%80	15 951	1,64
			0,1	0,5	%80	18 565	1,49
			0,2	0,1	%80	16 214	1,50
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	21 310	1,61
			0,1	0,1	%70	8 316	0,86
			0,1	0,5	%70	9 564	0,93
			0,2	0,1	%70	8 441	1,04
			0,2	0,5	%70	10 853	1,52

Çizelge 3.21. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	152 652					
			0,1	Model içermiyor	%80	655 008	1,56
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 969 962	1,28
			0,1	Model içermiyor	%70	132 921	0,94
			0,2	Model içermiyor	%70	525 848	0,87
			0,1	0,1	%80	54 487	1,32
			0,1	0,5	%80	64 879	1,24
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	55 554	1,62
			0,2	0,5	%80	76 143	1,59
			0,1	0,1	%70	32 267	0,89
			0,1	0,5	%70	37 931	1,22
			0,2	0,1	%70	32 848	1,34
			0,2	0,5	%70	44079	1,11
			0,1	Model içermiyor	%80	121 063	1,60
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	299 105	1,56
			0,1	Model içermiyor	%70	66 855	1,27
			0,2	Model içermiyor	%70	64 149	1,34
			0,1	0,1	%80	34 936	1,64
			0,1	0,5	%80	40 930	1,29
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	35 533	1,34
			0,2	0,5	%80	47 229	1,17
			0,1	0,1	%70	19 220	0,96
			0,1	0,5	%70	22 116	1,21
			0,2	0,1	%70	19 511	1,33
			0,2	0,5	%70	25 098	0,91

Çizelge 3.21. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	201 704					
			0,1	Model içermiyor	%80	760 969	1,21
			0,2	Model içermiyor	%80	7 772 654	1,08
			0,1	Model içermiyor	%70	219 557	1,02
			0,2	Model içermiyor	%70	573 667	1,14
			0,1	0,1	%80	92 003	1,30
			0,1	0,5	%80	109 170	1,23
			0,2	0,1	%80	93 432	1,42
			0,2	0,5	%80	126 610	1,36
			0,1	0,1	%70	53 397	1,65
			0,1	0,5	%70	63 257	1,48
			0,2	0,1	%70	54 175	1,54
			0,2	0,5	%70	73 521	1,16
			0,1	Model içermiyor	%80	232 411	1,09
			0,2	Model içermiyor	%80	347 279	1,64
			0,1	Model içermiyor	%70	113 273	1,79
			0,2	Model içermiyor	%70	219 176	1,21
			0,1	0,1	%80	55 306	1,37
			0,1	0,5	%80	64 998	1,25
			0,2	0,1	%80	56 064	1,31
			0,2	0,5	%80	74 760	1,36
			0,1	0,1	%70	29 595	1,19
			0,1	0,5	%70	34 285	0,92
			0,2	0,1	%70	29 956	1,09
			0,2	0,5	%70	38 957	1,18

Çizelge 3.21. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	59 793					
			0,1	Model içermiyor	%80	113 988	1,57
			0,2	Model içermiyor	%80	476 335	1,79
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	42 617	1,66
			0,2	Model içermiyor	%70	108 763	1,23
			0,1	0,1	%80	25 152	1,38
			0,1	0,5	%80	28 792	1,27
			0,2	0,1	%80	25 651	1,23
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	32 881	1,18
			0,1	0,1	%70	15 878	1,56
			0,1	0,5	%70	18 026	1,30
			0,2	0,1	%70	16 174	1,75
			0,2	0,5	%70	20 440	0,94
			0,1	Model içermiyor	%80	46 487	0,93
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	66 823	1,32
			0,1	Model içermiyor	%70	14 537	1,46
			0,2	Model içermiyor	%70	21 508	1,54
			0,1	0,1	%80	15 899	1,30
			0,1	0,5	%80	17 919	0,88
			0,2	0,1	%80	16 169	0,95
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	20 134	0,79
			0,1	0,1	%70	9 050	1,36
			0,1	0,5	%70	10 066	1,41
			0,2	0,1	%70	9 187	1,29
			0,2	0,5	%70	11 163	1,18

Çizelge 3.21. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch200.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	81 648					
			0,1	Model içermiyor	%80	144 456	1,09
			0,2	Model içermiyor	%80	552 083	0,89
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	93 460	1,33
			0,2	Model içermiyor	%70	132 824	1,26
			0,1	0,1	%80	41 539	1,15
			0,1	0,5	%80	47 598	1,26
			0,2	0,1	%80	42 198	1,13
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	54 060	1,37
			0,1	0,1	%70	26 130	1,28
			0,1	0,5	%70	29 841	1,16
			0,2	0,1	%70	26 521	0,89
			0,2	0,5	%70	33 843	1,24
			0,1	Model içermiyor	%80	100 587	0,98
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	112 514	0,86
			0,1	Model içermiyor	%70	39 168	1,31
			0,2	Model içermiyor	%70	56 563	1,26
			0,1	0,1	%80	24 232	1,62
			0,1	0,5	%80	27 523	1,57
			0,2	0,1	%80	24 571	1,78
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	30 977	1,52
			0,1	0,1	%70	13 475	1,36
			0,1	0,5	%70	15 127	1,21
			0,2	0,1	%70	13 643	1,09
			0,2	0,5	%70	16 842	1,16

Çizelge 3.22. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	608 306					
			0,1	Model içermiyor	%80	18 070 776	1,53
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 106 695 411	1,49
			0,1	Model içermiyor	%70	558 559	2,07
			0,2	Model içermiyor	%70	7 283 644	1,58
			0,1	0,1	%80	133 300	1,58
			0,1	0,5	%80	184 979	1,58
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	136 718	1,94
			0,2	0,5	%80	239 867	1,12
			0,1	0,1	%70	54 359	1,21
			0,1	0,5	%70	75 274	1,36
			0,2	0,1	%70	55 747	1,02
			0,2	0,5	%70	97 500	1,19
			0,1	Model içermiyor	%80	911 621	1,87
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	4 434 625	2,34
			0,1	Model içermiyor	%70	330 473	2,34
			0,2	Model içermiyor	%70	167 875	1,51
			0,1	0,1	%80	103 693	1,28
			0,1	0,5	%80	135 174	1,58
			0,2	0,1	%80	105 825	2,46
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	166 615	1,40
			0,1	0,1	%70	48 577	1,62
			0,1	0,5	%70	61 541	1,54
			0,2	0,1	%70	49 480	1,26
			0,2	0,5	%70	74 229	1,62

Çizelge 3.22. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	605 483					
			0,1	Model içermiyor	%80	23 548 424	1,09
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	267 0156 082	2,08
			0,1	Model içermiyor	%70	954 053	1,27
			0,2	Model içermiyor	%70	8 833 453	1,22
			0,1	0,1	%80	147 141	1,81
			0,1	0,5	%80	218 807	1,66
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	150 791	1,54
			0,2	0,5	%80	292 094	1,81
			0,1	0,1	%70	63 528	1,57
			0,1	0,5	%70	93 160	1,44
			0,2	0,1	%70	65 012	1,51
			0,2	0,5	%70	123 910	1,63
			0,1	Model içermiyor	%80	1 142 732	1,55
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	4 279 240	1,37
			0,1	Model içermiyor	%70	330 473	2,19
			0,2	Model içermiyor	%70	762 005	2,22
			0,1	0,1	%80	98 956	1,77
			0,1	0,5	%80	141 816	2,30
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	101 204	1,41
			0,2	0,5	%80	182 846	1,94
			0,1	0,1	%70	45 524	1,88
			0,1	0,5	%70	63 421	2,27
			0,2	0,1	%70	46 474	2,15
			0,2	0,5	%70	80 009	1,36

Çizelge 3.22. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	305 599					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 832 171	2,09
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	30 421 949	2,41
			0,1	Model içermiyor	%70	168 307	1,72
			0,2	Model içermiyor	%70	1 219 059	1,72
			0,1	0,1	%80	83 114	1,61
			0,1	0,5	%80	105 479	1,61
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	85 106	1,61
			0,2	0,5	%80	129 774	2,11
			0,1	0,1	%70	38 547	1,39
			0,1	0,5	%70	48 682	1,25
			0,2	0,1	%70	39 468	1,25
			0,2	0,5	%70	60 025	2,11
			0,1	Model içermiyor	%80	208 253	1,23
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	807 985	2,14
			0,1	Model içermiyor	%70	133 539	2,19
			0,2	Model içermiyor	%70	31 558	1,81
			0,1	0,1	%80	61 251	2,23
			0,1	0,5	%80	74 208	1,47
			0,2	0,1	%80	62 429	1,24
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	87 894	2,15
			0,1	0,1	%70	30 424	2,18
			0,1	0,5	%70	36 168	1,34
			0,2	0,1	%70	30 953	1,34
			0,2	0,5	%70	41 909	2,15

Çizelge 3.22. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	301 426					
			0,1	Model içermiyor	%80	2 333 427	2,15
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	39 844 611	2,22
			0,1	Model içermiyor	%70	389 511	2,41
			0,2	Model içermiyor	%70	1 435 979	1,81
			0,1	0,1	%80	90 938	2,03
			0,1	0,5	%80	121 793	1,31
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	93 052	1,26
			0,2	0,5	%80	153 970	1,44
			0,1	0,1	%70	44 674	1,75
			0,1	0,5	%70	59 210	1,52
			0,2	0,1	%70	45 654	1,66
			0,2	0,5	%70	74 542	1,18
			0,1	Model içermiyor	%80	423 300	1,31
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	810 609	1,34
			0,1	Model içermiyor	%70	182 336	2,40
			0,2	Model içermiyor	%70	350 163	2,34
			0,1	0,1	%80	57 922	2,4
			0,1	0,5	%80	75 713	1,86
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	59 154	1,72
			0,2	0,5	%80	93 384	1,66
			0,1	0,1	%70	28 234	1,54
			0,1	0,5	%70	36 161	1,60
			0,2	0,1	%70	28 785	1,49
			0,2	0,5	%70	43 838	1,25

Çizelge 3.23. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	2 017 312					
			0,1	Model içermiyor	%80	82 558 911	2,28
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	12 286 324 628	2,29
			0,1	Model içermiyor	%70	3 125 246	1,49
			0,2	Model içermiyor	%70	33 384 122	1,54
			0,1	0,1	%80	447 204	1,26
			0,1	0,5	%80	569 207	1,66
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	456 522	2,41
			0,2	0,5	%80	689 124	2,21
			0,1	0,1	%70	232 452	2,04
			0,1	0,5	%70	294 232	2,14
			0,2	0,1	%70	236 948	2,02
			0,2	0,5	%70	357 118	2,33
			0,1	Model içermiyor	%80	3 619 253	2,39
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	14 532 644	1,29
			0,1	Model içermiyor	%70	405 734	1,32
			0,2	Model içermiyor	%70	1 129 310	1,29
			0,1	0,1	%80	309 657	1,24
			0,1	0,5	%80	387 630	1,29
			0,2	0,1	%80	315 226	1,31
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	464 157	1,60
			0,1	0,1	%70	160 155	1,32
			0,1	0,5	%70	195 702	1,32
			0,2	0,1	%70	162 690	1,32
			0,2	0,5	%70	230 523	1,41

Çizelge 3.23. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	2 506 113					
			0,1	Model içermiyor	%80	107 937 761	1,72
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	15 481 426 268	1,58
			0,1	Model içermiyor	%70	3 815 113	1,98
			0,2	Model içermiyor	%70	41 923 782	1,25
			0,1	0,1	%80	616 550	2,47
			0,1	0,5	%80	766 661	2,39
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	624 408	1,35
			0,2	0,5	%80	898 650	1,22
			0,1	0,1	%70	321 567	1,61
			0,1	0,5	%70	406 180	2,25
			0,2	0,1	%70	326 391	2,52
			0,2	0,5	%70	488 688	2,33
			0,1	Model içermiyor	%80	3 760 428	2,25
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	15 005 560	2,53
			0,1	Model içermiyor	%70	932 489	2,44
			0,2	Model içermiyor	%70	1 332 110	2,57
			0,1	0,1	%80	386 397	2,20
			0,1	0,5	%80	483 418	2,42
			0,2	0,1	%80	391 970	2,22
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	574 123	2,24
			0,1	0,1	%70	194 795	2,13
			0,1	0,5	%70	240 202	2,13
			0,2	0,1	%70	197 283	1,34
			0,2	0,5	%70	282 765	2,23

Çizelge 3.23. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	647 734					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	4 135 696	2,07
			0,2	Model içermiyor	%80	70 029 085	1,31
			0,1	Model içermiyor	%70	519 316	2,06
			0,2	Model içermiyor	%70	2 929 970	1,61
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	179 691	1,85
			0,1	0,5	%80	218 162	1,86
			0,2	0,1	%80	183 405	1,98
			0,2	0,5	%80	258 576	1,69
			0,1	0,1	%70	99 769	1,71
			0,1	0,5	%70	119 792	1,64
			0,2	0,1	%70	101 703	2,47
			0,2	0,5	%70	141 719	2,31
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	537 714	2,05
			0,2	Model içermiyor	%80	1 750 513	1,41
			0,1	Model içermiyor	%70	250 714	1,58
			0,2	Model içermiyor	%70	201 417	1,74
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	123 075	1,41
			0,1	0,5	%80	145 962	2,10
			0,2	0,1	%80	125 218	2,01
			0,2	0,5	%80	169 957	2,12
			0,1	0,1	%70	66 521	2,15
			0,1	0,5	%70	77 448	2,06
			0,2	0,1	%70	67 544	2,06
			0,2	0,5	%70	88 389	2,13

Çizelge 3.23. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	737 713					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	5 428 591	2,47
			0,2	Model içermiyor	%80	91 486 955	2,54
			0,1	Model içermiyor	%70	664 643	2,63
			0,2	Model içermiyor	%70	3 619 560	1,33
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	235 042	1,61
			0,1	0,5	%80	285 054	2,20
			0,2	0,1	%80	238 969	1,66
			0,2	0,5	%80	334 411	1,86
			0,1	0,1	%70	133 442	1,92
			0,1	0,5	%70	161 549	1,82
			0,2	0,1	%70	135 504	1,45
			0,2	0,5	%70	190 345	1,54
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	640 075	1,43
			0,2	Model içermiyor	%80	1 774 048	1,34
			0,1	Model içermiyor	%70	327 902	2,03
			0,2	Model içermiyor	%70	446 200	1,52
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	143 605	1,74
			0,1	0,5	%80	173 314	2,31
			0,2	0,1	%80	145 770	1,55
			0,2	0,5	%80	202 643	1,38
			0,1	0,1	%70	76 107	1,44
			0,1	0,5	%70	90 382	1,18
			0,2	0,1	%70	77 120	2,14
			0,2	0,5	%70	104 340	2,20

Çizelge 3.24. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	534 648					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	14 365 942	1,48
			0,2	Model içermiyor	%80	1 681 599 151	1,89
			0,1	Model içermiyor	%70	639 357	1,77
			0,2	Model içermiyor	%70	5 976 211	1,92
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	128 315	1,63
			0,1	0,5	%80	180 090	1,74
			0,2	0,1	%80	131 741	1,77
			0,2	0,5	%80	235 365	2,48
			0,1	0,1	%70	55 645	2,42
			0,1	0,5	%70	77 329	2,42
			0,2	0,1	%70	57 086	2,16
			0,2	0,5	%70	100 429	1,51
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	835 672	2,06
			0,2	Model içermiyor	%80	3 234 386	1,28
			0,1	Model içermiyor	%70	329 397	1,54
			0,2	Model içermiyor	%70	303 128	1,09
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	93 317	1,37
			0,1	0,5	%80	124 650	1,52
			0,2	0,1	%80	95 444	1,52
			0,2	0,5	%80	156 022	2,17
			0,1	0,1	%70	43 975	2,00
			0,1	0,5	%70	57 265	2,39
			0,2	0,1	%70	44 898	2,18
			0,2	0,5	%70	70 081	2,42

Çizelge 3.24. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	837 424					
			0,1	Model içermiyor	%80	16 026 615	2,37
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	1 780 624 137	1,31
			0,1	Model içermiyor	%70	1 323 427	1,43
			0,2	Model içermiyor	%70	6 236 591	2,26
			0,1	0,1	%80	208 048	1,68
			0,1	0,5	%80	297 174	1,30
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	212 600	2,12
			0,2	0,5	%80	388 372	1,41
			0,1	0,1	%70	91 009	1,54
			0,1	0,5	%70	128 680	1,38
			0,2	0,1	%70	92 897	1,87
			0,2	0,5	%70	167 778	1,63
			0,1	Model içermiyor	%80	1 482 704	1,70
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 313 750	1,54
			0,1	Model içermiyor	%70	564 516	2,15
			0,2	Model içermiyor	%70	1 332 714	1,64
			0,1	0,1	%80	137 614	2,30
			0,1	0,5	%80	189 364	2,23
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	140 312	1,77
			0,2	0,5	%80	239 217	1,89
			0,1	0,1	%70	63 512	1,31
			0,1	0,5	%70	85 111	2,06
			0,2	0,1	%70	64 652	1,87
			0,2	0,5	%70	105 300	2,14

Çizelge 3.24. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	267 341					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 500 614	1,84
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	24 074 890	1,92
			0,1	Model içermiyor	%70	222 024	1,56
			0,2	Model içermiyor	%70	1 055 616	1,24
			0,1	0,1	%80	79 436	1,63
			0,1	0,5	%80	101 690	1,52
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	81 424	2,35
			0,2	0,5	%80	125 995	2,06
			0,1	0,1	%70	39 104	2,43
			0,1	0,5	%70	49 715	2,12
			0,2	0,1	%70	40 056	2,24
			0,2	0,5	%70	61 265	1,36
			0,1	Model içermiyor	%80	236 828	1,35
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	661 395	2,43
			0,1	Model içermiyor	%70	130 906	1,78
			0,2	Model içermiyor	%70	212 430	1,64
			0,1	0,1	%80	54 744	1,35
			0,1	0,5	%80	67 689	1,90
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	55 913	1,73
			0,2	0,5	%80	81 135	2,14
			0,1	0,1	%70	27 266	2,43
			0,1	0,5	%70	33 106	1,36
			0,2	0,1	%70	27 802	1,25
			0,2	0,5	%70	39 005	1,48

Çizelge 3.24. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	415 930					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 749 405	2,43
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	26 711 591	1,89
			0,1	Model içermiyor	%70	596 826	2,00
			0,2	Model içermiyor	%70	1 169 198	2,23
			0,1	0,1	%80	128 328	1,56
			0,1	0,5	%80	166 479	2,30
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	130 953	1,68
			0,2	0,5	%80	206 293	1,68
			0,1	0,1	%70	63 880	1,72
			0,1	0,5	%70	82 262	1,48
			0,2	0,1	%70	65 122	1,63
			0,2	0,5	%70	101 653	1,55
			0,1	Model içermiyor	%80	648 424	1,50
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	837 893	1,26
			0,1	Model içermiyor	%70	227 715	1,54
			0,2	Model içermiyor	%70	639 319	1,76
			0,1	0,1	%80	80 379	2,03
			0,1	0,5	%80	101 724	1,31
			0,2	0,1	%80	81 856	1,41
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	123 030	1,54
			0,1	0,1	%70	39 300	1,63
			0,1	0,5	%70	48 794	1,25
			0,2	0,1	%70	39 960	2,08
			0,2	0,5	%70	58 054	2,04

Çizelge 3.25. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	1 560 409					
			0,1	Model içermiyor	%80	65 362 530	2,04
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	9 821 488 718	2,38
			0,1	Model içermiyor	%70	2 670 082	2,40
			0,2	Model içermiyor	%70	26 717 109	2,22
			0,1	0,1	%80	440 864	2,34
			0,1	0,5	%80	557 671	2,36
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	449 423	2,14
			0,2	0,5	%80	676 501	1,58
			0,1	0,1	%70	239 290	1,54
			0,1	0,5	%70	297 920	2,03
			0,2	0,1	%70	243 479	2,12
			0,2	0,5	%70	358 572	1,95
			0,1	Model içermiyor	%80	2 739 539	1,59
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	10 249 077	1,78
			0,1	Model içermiyor	%70	480 863	1,94
			0,2	Model içermiyor	%70	997 476	1,91
			0,1	0,1	%80	287 205	2,15
			0,1	0,5	%80	359 015	2,08
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	292 217	1,37
			0,2	0,5	%80	430 491	1,44
			0,1	0,1	%70	149 508	1,25
			0,1	0,5	%70	182 231	1,38
			0,2	0,1	%70	151 800	1,61
			0,2	0,5	%70	214 117	1,54

Çizelge 3.25. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	2 020 109					
			0,1	Model içermiyor	%80	72 291 072	1,52
			0,2	Model içermiyor	%80	10 322 117 924	2,12
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	3 019 810	2,36
			0,2	Model içermiyor	%70	28 240 791	2,26
			0,1	0,1	%80	763 159	2,44
			0,1	0,5	%80	944 511	2,20
			0,2	0,1	%80	774 737	2,33
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	1 108 709	2,15
			0,1	0,1	%70	397 781	2,38
			0,1	0,5	%70	499 336	2,14
			0,2	0,1	%70	403 501	1,81
			0,2	0,5	%70	599 201	1,74
			0,1	Model içermiyor	%80	3 034 339	1,88
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	10 372 189	2,48
			0,1	Model içermiyor	%70	1 436 387	2,54
			0,2	Model içermiyor	%70	1 657 239	2,19
			0,1	0,1	%80	476 251	2,24
			0,1	0,5	%80	588 573	1,62
			0,2	0,1	%80	482 630	1,62
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	694 671	1,88
			0,1	0,1	%70	239 891	1,46
			0,1	0,5	%70	292 169	2,47
			0,2	0,1	%70	242 731	1,90
			0,2	0,5	%70	341 524	1,97

Çizelge 3.25. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	517 027					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 294 345	1,40
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	55 464 247	2,12
			0,1	Model içermiyor	%70	505 059	2,20
			0,2	Model içermiyor	%70	1 404 990	1,23
			0,1	0,1	%80	175 015	2,11
			0,1	0,5	%80	211 695	2,21
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	178 488	2,38
			0,2	0,5	%80	250 853	2,18
			0,1	0,1	%70	101 761	1,44
			0,1	0,5	%70	121 280	1,24
			0,2	0,1	%70	103 601	1,15
			0,2	0,5	%70	142 247	1,61
			0,1	Model içermiyor	%80	479 629	2,37
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	1 316 553	2,44
			0,1	Model içermiyor	%70	208 617	1,64
			0,2	Model içermiyor	%70	238 217	1,64
			0,1	0,1	%80	112 925	1,87
			0,1	0,5	%80	134 442	2,17
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	114 901	1,36
			0,2	0,5	%80	156 771	2,31
			0,1	0,1	%70	61 483	1,52
			0,1	0,5	%70	71 755	1,67
			0,2	0,1	%70	62 434	1,77
			0,2	0,5	%70	82 184	2,28

Çizelge 3.25. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch500.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	679 157					
			0,1	Model içermiyor	%80	3 794 204	2,11
			0,2	Model içermiyor	%80	61 154 833	1,99
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	735 214	2,25
			0,2	Model içermiyor	%70	2 593 867	1,53
			0,1	0,1	%80	297 700	2,02
			0,1	0,5	%80	357 608	1,73
			0,2	0,1	%80	302 354	1,51
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	417 616	1,54
			0,1	0,1	%70	168 771	2,34
			0,1	0,5	%70	202 690	2,28
			0,2	0,1	%70	171 243	2,34
			0,2	0,5	%70	237 589	2,41
			0,1	Model içermiyor	%80	771 352	1,57
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	1 429 857	2,48
			0,1	Model içermiyor	%70	396 968	1,69
			0,2	Model içermiyor	%70	690 249	1,79
			0,1	0,1	%80	180 770	1,63
			0,1	0,5	%80	215 266	1,64
			0,2	0,1	%80	183 269	2,10
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	249 534	2,01
			0,1	0,1	%70	95 575	1,59
			0,1	0,5	%70	112 100	1,59
			0,2	0,1	%70	96 747	1,24
			0,2	0,5	%70	128 361	1,39

Çizelge 3.26. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	2 486 490					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	1 135 054 846	2,35
			0,2	Model içermiyor	%80	4 436 335 597 890	2,94
			0,1	Model içermiyor	%70	4 896 338	2,27
			0,2	Model içermiyor	%70	146 025 867	3,15
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	437 827	2,48
			0,1	0,5	%80	678 746	2,54
			0,2	0,1	%80	449 624	2,36
			0,2	0,5	%80	931 135	2,95
			0,1	0,1	%70	156 632	3,18
			0,1	0,5	%70	242 133	2,26
			0,2	0,1	%70	160 831	2,51
			0,2	0,5	%70	331 549	2,48
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	9 604 299	2,35
			0,2	Model içermiyor	%80	56 224 212	2,84
			0,1	Model içermiyor	%70	1 705 341	2,80
			0,2	Model içermiyor	%70	1 464 284	3,28
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	357 829	3,12
			0,1	0,5	%80	509 481	3,09
			0,2	0,1	%80	365 556	3,06
			0,2	0,5	%80	655 865	3,04
			0,1	0,1	%70	157 239	3,22
			0,1	0,5	%70	215 389	3,24
			0,2	0,1	%70	160 314	2,40
			0,2	0,5	%70	269 968	2,54

Çizelge 3.26. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	2 486 502					
			0,1	Model içermiyor	%80	1 437 909 252	3,22
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	5 428 645 436 666	2,36
			0,1	Model içermiyor	%70	6 026 975	3,25
			0,2	Model içermiyor	%70	178 481 284	2,58
			0,1	0,1	%80	484 583	2,63
			0,1	0,5	%80	817 879	2,78
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	497 180	2,34
			0,2	0,5	%80	1 153 369	2,28
			0,1	0,1	%70	183 282	3,19
			0,1	0,5	%70	304 079	2,56
			0,2	0,1	%70	187 768	2,50
			0,2	0,5	%70	427 919	2,87
			0,1	Model içermiyor	%80	9 299 110	2,47
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	55 446 139	2,42
			0,1	Model içermiyor	%70	2 851 200	3,24
			0,2	Model içermiyor	%70	3 517 167	2,33
			0,1	0,1	%80	343 476	2,43
			0,1	0,5	%80	548 653	2,87
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	351 605	2,71
			0,2	0,5	%80	738 306	2,66
			0,1	0,1	%70	148 346	2,32
			0,1	0,5	%70	228 073	2,69
			0,2	0,1	%70	151 573	3,23
			0,2	0,5	%70	298 848	3,09

Çizelge 3.26. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	1 245 913					
			0,1	Model içermiyor	%80	36 695 024	2,45
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	4 263 083 367	2,55
			0,1	Model içermiyor	%70	1 126 888	2,58
			0,2	Model içermiyor	%70	14 734 352	2,99
			0,1	0,1	%80	272 955	2,58
			0,1	0,5	%80	377 691	3,16
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	279 827	3,25
			0,2	0,5	%80	488 955	2,81
			0,1	0,1	%70	111 303	3,02
			0,1	0,5	%70	153 666	2,61
			0,2	0,1	%70	114 095	3,22
			0,2	0,5	%70	198 677	2,20
			0,1	Model içermiyor	%80	1 826 748	2,21
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	8 888 653	3,13
			0,1	Model içermiyor	%70	671 739	2,59
			0,2	Model içermiyor	%70	317 163	2,83
			0,1	0,1	%80	211 333	2,87
			0,1	0,5	%80	274 823	2,88
			0,2	0,1	%80	215 592	2,88
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	338 274	2,81
			0,1	0,1	%70	98 830	2,54
			0,1	0,5	%70	124 928	2,63
			0,2	0,1	%70	100 632	2,63
			0,2	0,5	%70	150 479	2,49

Çizelge 3.26. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	1 240 554					
			0,1	Model içermiyor	%80	47 272 536	2,92
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	5 354 921 128	2,68
			0,1	Model içermiyor	%70	1 935 493	2,61
			0,2	Model içermiyor	%70	17 689 766	2,55
			0,1	0,1	%80	300 850	2,95
			0,1	0,5	%80	445 539	2,77
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	308 168	2,82
			0,2	0,5	%80	593 471	2,89
			0,1	0,1	%70	129 745	2,65
			0,1	0,5	%70	189 570	2,57
			0,2	0,1	%70	132 719	3,24
			0,2	0,5	%70	251 636	3,11
			0,1	Model içermiyor	%80	2 311 116	2,73
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	8 545 886	3,14
			0,1	Model içermiyor	%70	914 630	3,41
			0,2	Model içermiyor	%70	1 552 694	3,32
			0,1	0,1	%80	201 946	2,83
			0,1	0,5	%80	288 100	3,16
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	206 421	3,04
			0,2	0,5	%80	370 615	2,63
			0,1	0,1	%70	92 788	2,80
			0,1	0,5	%70	128 698	2,72
			0,2	0,1	%70	94 679	2,83
			0,2	0,5	%70	161 995	2,85

Çizelge 3.27. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	14 293 465					
			0,1	Model içermiyor	%80	24 691 975 728	3,26
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 537 407 807 058	3,44
			0,1	Model içermiyor	%70	71 348 592	3,52
			0,2	Model içermiyor	%70	2 511 051 417	3,36
			0,1	0,1	%80	2 516 911	3,61
			0,1	0,5	%80	3 321 147	3,58
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	2 568 721	3,79
			0,2	0,5	%80	4 445 675	3,88
			0,1	0,1	%70	1 205 322	2,57
			0,1	0,5	%70	1 615 794	2,21
			0,2	0,1	%70	1 228 539	3,19
			0,2	0,5	%70	2 011 263	2,68
			0,1	Model içermiyor	%80	73 438 647	2,62
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	359 218 321	2,92
			0,1	Model içermiyor	%70	5 496 671	2,99
			0,2	Model içermiyor	%70	15 478 737	2,53
			0,1	0,1	%80	1 767 973	2,68
			0,1	0,5	%80	2 343 266	2,78
			0,2	0,1	%80	1 800 222	2,17
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	2 875 676	3,32
			0,1	0,1	%70	867 622	3,98
			0,1	0,5	%70	1 124 263	3,36
			0,2	0,1	%70	881 607	3,45
			0,2	0,5	%70	1 360 360	2,16

Çizelge 3.27. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	18 913 089					
			0,1	Model içermiyor	%80	30 919 722 759	2,16
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	2 815 914 768 478	3,54
			0,1	Model içermiyor	%70	88 438 410	3,26
			0,2	Model içermiyor	%70	3 087 374 815	3,63
			0,1	0,1	%80	3 559 730	2,33
			0,1	0,5	%80	4 310 465	3,21
			0,2	0,1	%80	3 613 141	2,97
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	5 244 418	3,94
			0,1	0,1	%70	1 682 148	2,38
			0,1	0,5	%70	2 226 611	2,86
			0,2	0,1	%70	1 707 009	2,69
			0,2	0,5	%70	2 715 438	2,51
			0,1	Model içermiyor	%80	7 673 482	2,01
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	370 599 604	2,99
			0,1	Model içermiyor	%70	6 230 168	2,68
			0,2	Model içermiyor	%70	1 483 373	2,94
			0,1	0,1	%80	2 302 220	3,12
			0,1	0,5	%80	2 968 576	3,06
			0,2	0,1	%80	2 333 932	2,93
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	3 535 567	3,32
			0,1	0,1	%70	1 095 591	2,59
			0,1	0,5	%70	1 410 556	3,68
			0,2	0,1	%70	1 109 051	3,55
			0,2	0,5	%70	1 691 194	3,60

Çizelge 3.27. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	4 126 680					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	167 537 865	2,01
			0,2	Model içermiyor	%80	24 851 639 751	3,70
			0,1	Model içermiyor	%70	6 335 744	2,12
			0,2	Model içermiyor	%70	67 516 758	2,26
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	915 045	2,58
			0,1	0,5	%80	1 163 146	2,12
			0,2	0,1	%80	933 788	2,29
			0,2	0,5	%80	1 407 693	2,54
			0,1	0,1	%70	475 033	2,55
			0,1	0,5	%70	600 397	3,57
			0,2	0,1	%70	484 074	3,57
			0,2	0,5	%70	728 128	2,19
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	7 277 838	2,22
			0,2	Model içermiyor	%80	29 167 193	2,34
			0,1	Model içermiyor	%70	800 795	2,19
			0,2	Model içermiyor	%70	2 257 936	2,69
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	631 091	2,19
			0,1	0,5	%80	788 640	2,90
			0,2	0,1	%80	642 237	2,19
			0,2	0,5	%80	943 424	2,82
			0,1	0,1	%70	325 749	2,69
			0,1	0,5	%70	397 361	3,64
			0,2	0,1	%70	330 813	2,65
			0,2	0,5	%70	467 549	2,65

Çizelge 3.27. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=2$ ve $B=3$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	5 081 539					
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%80	216 666 421	3,31
			0,2	Model içermiyor	%80	31 042 550 891	2,73
			0,1	Model içermiyor	%70	7 647 799	2,87
			0,2	Model içermiyor	%70	84 041 512	2,80
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,1	0,1	%80	1 251 253	2,76
			0,1	0,5	%80	1 554 853	2,51
			0,2	0,1	%80	1 271 027	2,60
			0,2	0,5	%80	1 822 424	2,56
			0,1	0,1	%70	651 092	2,33
			0,1	0,5	%70	822 146	3,43
			0,2	0,1	%70	660 767	3,29
			0,2	0,5	%70	988 967	3,33
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,1	Model içermiyor	%80	7 526 021	2,27
			0,2	Model içermiyor	%80	300 005 629	2,28
			0,1	Model içermiyor	%70	1 893 622	3,70
			0,2	Model içermiyor	%70	2 688 514	3,84
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,1	0,1	%80	783 655	3,84
			0,1	0,5	%80	978 956	2,33
			0,2	0,1	%80	794 781	2,13
			0,2	0,5	%80	1 161 630	2,24
			0,1	0,1	%70	394 424	2,48
			0,1	0,5	%70	485 669	2,59
			0,2	0,1	%70	399 391	2,61
			0,2	0,5	%70	571 214	2,39

Çizelge 3.28. Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları
(Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	2 188 123					
			0,1	Model içermiyor	%80	897 137 702	2,04
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 533 877 206 335	2,34
			0,1	Model içermiyor	%70	4 778 901	3,45
			0,2	Model içermiyor	%70	116 448 857	3,30
			0,1	0,1	%80	422 051	3,72
			0,1	0,5	%80	662 855	3,42
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	433 850	2,19
			0,2	0,5	%80	915 791	2,22
			0,1	0,1	%70	160 625	2,84
			0,1	0,5	%70	249 167	2,84
			0,2	0,1	%70	164 978	2,56
			0,2	0,5	%70	341 871	2,84
			0,1	Model içermiyor	%80	7 470 880	2,52
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	38 979 545	2,72
			0,1	Model içermiyor	%70	1 699 939	2,66
			0,2	Model içermiyor	%70	1 818 029	3,02
			0,1	0,1	%80	323 019	3,74
			0,1	0,5	%80	473 680	3,39
			0,2	0,1	%80	330 709	3,56
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	619 176	3,63
			0,1	0,1	%70	143 106	3,54
			0,1	0,5	%70	202 660	3,79
			0,2	0,1	%70	146 234	3,59
			0,2	0,5	%70	257 678	3,55

Çizelge 3.28. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	3 446 237					
			0,1	Model içermiyor	%80	959 893 105	3,81
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 619 118 127 711	3,33
			0,1	Model içermiyor	%70	6 599 600	3,54
			0,2	Model içermiyor	%70	120 089 078	3,63
			0,1	0,1	%80	685 959	2,72
			0,1	0,5	%80	1 102 030	3,07
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	701 719	3,47
			0,2	0,5	%80	1 521 083	3,82
			0,1	0,1	%70	262 770	2,54
			0,1	0,5	%70	416 865	3,27
			0,2	0,1	%70	268 498	3,70
			0,2	0,5	%70	574 858	2,90
			0,1	Model içermiyor	%80	8 581 097	2,28
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	38 358 964	2,56
			0,1	Model içermiyor	%70	2 838 596	2,63
			0,2	Model içermiyor	%70	5 687 855	2,90
			0,1	0,1	%80	478 535	2,93
			0,1	0,5	%80	727 487	2,01
			0,2	0,1	%80	488 360	3,71
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	959 220	2,31
			0,1	0,1	%70	207 375	2,24
			0,1	0,5	%70	304 148	3,91
			0,2	0,1	%70	211 264	3,40
			0,2	0,5	%70	390 859	2,55

Çizelge 3.28. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	1 094 086					
			0,1	Model içermiyor	%80	28 944 099	2,32
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 380 189 775	2,32
			0,1	Model içermiyor	%70	1 292 300	2,18
			0,2	Model içermiyor	%70	12 013 580	3,54
			0,1	0,1	%80	262 254	3,67
			0,1	0,5	%80	366 692	3,89
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	269 118	3,25
			0,2	0,5	%80	478 103	3,66
			0,1	0,1	%70	113 654	3,28
			0,1	0,5	%70	157 422	3,17
			0,2	0,1	%70	116 542	3,33
			0,2	0,5	%70	203 978	3,54
			0,1	Model içermiyor	%80	1 682 652	2,61
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 476 951	2,59
			0,1	Model içermiyor	%70	665 166	3,78
			0,2	Model içermiyor	%70	615 045	3,48
			0,1	0,1	%80	190 128	3,21
			0,1	0,5	%80	253 049	3,33
			0,2	0,1	%80	194 365	3,65
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	316 016	3,51
			0,1	0,1	%70	89 477	3,47
			0,1	0,5	%70	116 111	2,55
			0,2	0,1	%70	91 309	2,93
			0,2	0,5	%70	141 808	2,93

Çizelge 3.28. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	1 717 704					
			0,1	Model içermiyor	%80	32 179 012	2,55
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 570 896 258	3,32
			0,1	Model içermiyor	%70	2 693 916	3,32
			0,2	Model içermiyor	%70	12 505 017	3,12
			0,1	0,1	%80	425 569	3,09
			0,1	0,5	%80	605 347	2,85
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	434 687	2,79
			0,2	0,5	%80	789 282	2,22
			0,1	0,1	%70	185 891	3,75
			0,1	0,5	%70	261 890	3,75
			0,2	0,1	%70	189 676	3,68
			0,2	0,5	%70	340 750	2,02
			0,1	Model içermiyor	%80	3 012 210	3,67
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	6 642 939	2,12
			0,1	Model içermiyor	%70	1 142 675	3,94
			0,2	Model içermiyor	%70	2 711 002	3,69
			0,1	0,1	%80	281 118	3,69
			0,1	0,5	%80	385 019	2,27
			0,2	0,1	%80	286 501	2,55
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	485 157	2,39
			0,1	0,1	%70	129 583	2,51
			0,1	0,5	%70	172 864	2,59
			0,2	0,1	%70	131 853	2,30
			0,2	0,5	%70	213 319	2,25

Çizelge 3.29. Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,4 (KISITLI)	10 717 034					
			0,1	Model içermiyor	%80	19 590 007 279	2,04
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	3 629 420 870 427	2,34
			0,1	Model içermiyor	%70	57 052 018	3,45
			0,2	Model içermiyor	%70	1 993 590 521	3,30
			0,1	0,1	%80	2 477 797	3,72
			0,1	0,5	%80	3 266 023	3,42
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	2 524 572	2,19
			0,2	0,5	%80	4 016 948	2,22
			0,1	0,1	%70	1 235 041	2,84
			0,1	0,5	%70	1 620 221	2,84
			0,2	0,1	%70	1 256 198	2,56
			0,2	0,5	%70	2 001 239	2,84
			0,1	Model içermiyor	%80	51 710 014	2,52
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	246 783 120	2,72
			0,1	Model içermiyor	%70	4 730 215	2,66
			0,2	Model içermiyor	%70	11 494 390	3,02
			0,1	0,1	%80	1 640 177	3,74
			0,1	0,5	%80	2 165 587	3,39
			0,2	0,1	%80	1 668 487	3,56
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	2 664 626	3,63
			0,1	0,1	%70	809 086	3,54
			0,1	0,5	%70	1 038 654	3,79
			0,2	0,1	%70	821 344	3,59
			0,2	0,5	%70	1 252 617	3,55

Çizelge 3.29. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
2	0,8 (KISITLI)	13 920 737					
			0,1	Model içermiyor	%80	20 616 268 571	3,81
			0,2	Model içermiyor	%80	3 968 089 925 814	3,33
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,1	Model içermiyor	%70	60 453 378	3,54
			0,2	Model içermiyor	%70	2 059 266 264	3,63
			0,1	0,1	%80	4 332 648	2,72
			0,1	0,5	%80	5 370 465	3,07
			0,2	0,1	%80	4 395 528	3,47
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	5 786 203	3,82
			0,1	0,1	%70	2 049 940	2,54
			0,1	0,5	%70	2 705 053	3,27
			0,2	0,1	%70	2 079 188	3,70
			0,2	0,5	%70	3 304 058	2,90
			0,1	Model içermiyor	%80	52 714 755	2,28
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	248 135 072	2,56
			0,1	Model içermiyor	%70	7 342 832	2,63
			0,2	Model içermiyor	%70	12 251 728	2,90
			0,1	0,1	%80	2 791 537	2,93
			0,1	0,5	%80	3 568 217	2,01
			0,2	0,1	%80	2 827 498	3,71
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	4 244 409	2,31
			0,1	0,1	%70	1 329 130	2,24
			0,1	0,5	%70	1 690 573	3,91
			0,2	0,1	%70	1 344 398	3,40
			0,2	0,5	%70	2 015 924	2,55

Çizelge 3.29. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (a)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,4 (KISITLI)	3 177 162					
			0,1	Model içermiyor	%80	131 610 573	2,32
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	19 736 637 568	2,32
			0,1	Model içermiyor	%70	5 376 281	2,18
			0,2	Model içermiyor	%70	53 707 727	3,54
			0,1	0,1	%80	895 718	3,67
			0,1	0,5	%80	1 131 103	3,89
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,1	%80	912 858	3,25
			0,2	0,5	%80	1 370 348	3,66
			0,1	0,1	%70	485 084	3,28
			0,1	0,5	%70	603 333	3,17
			0,2	0,1	%70	493 472	3,33
			0,2	0,5	%70	725 586	3,54
			0,1	Model içermiyor	%80	5 499 058	2,61
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	20 532 566	2,59
			0,1	Model içermiyor	%70	972 923	3,78
			0,2	Model içermiyor	%70	2 004 470	3,48
			0,1	0,1	%80	582 642	3,21
			0,1	0,5	%80	726 807	3,33
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,1	%80	592 635	3,65
			0,2	0,5	%80	870 282	3,51
			0,1	0,1	%70	302 739	3,47
			0,1	0,5	%70	368 362	2,55
			0,2	0,1	%70	307 303	2,93
			0,2	0,5	%70	432 311	2,93

Çizelge 3.29. (Devam) Öğrenme ve bozulma etkileri altında GSBHZ'li Sch1000.1 problemi için matematiksel model ve önerilen algoritma sonuçları (Ceza değerleri: $A=3$ ve $B=2$)

Makine sayısı	Teslim tarihi katsayısı (h)	Çizelge 1 değeri	Bozulma oranı (α)	Bozulma oranı (b)	Öğrenme oranı	Algoritma sonucu	Hesaplama zamanı (sn)
4	0,8 (KISITLI)	4 099 971					
			0,1	Model içermiyor	%80	145 103 245	2,55
	Model 1 (Eş. 3.9.)		0,2	Model içermiyor	%80	20 697 052 693	3,32
			0,1	Model içermiyor	%70	6 074 657	3,32
			0,2	Model içermiyor	%70	56 620 634	3,12
			0,1	0,1	%80	1 546 957	3,09
			0,1	0,5	%80	1 913 640	2,85
			0,2	0,1	%80	1 570 159	2,79
	Model 2 (Eş. 3.10.)		0,2	0,5	%80	2 246 157	2,22
			0,1	0,1	%70	804 465	3,75
			0,1	0,5	%70	1 009 624	3,75
			0,2	0,1	%70	815 928	3,68
			0,2	0,5	%70	1 211 424	2,02
			0,1	Model içermiyor	%80	6 097 457	3,67
	Model 3 (Eş. 3.11.)		0,2	Model içermiyor	%80	20 759 078	2,12
			0,1	Model içermiyor	%70	2 919 644	3,94
			0,2	Model içermiyor	%70	3 361 538	3,69
			0,1	0,1	%80	964 924	3,69
			0,1	0,5	%80	1 190 839	2,27
			0,2	0,1	%80	977 631	2,55
	Model 4 (Eş. 3.12.)		0,2	0,5	%80	1 404 371	2,39
			0,1	0,1	%70	485 254	2,51
			0,1	0,5	%70	590 192	2,59
			0,2	0,1	%70	490 917	2,30
			0,2	0,5	%70	489 352	2,25

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TOKSARI, M.Duran
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 11.09.1979 Kayseri
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 231 74 00/2803
 Faks : 0 (312) 230 84 34
 e-mail : dtoksari@gazi.edu.tr, dtoksari@erciyes.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi/Endüstri Müh.	2004
Lisans	Erciyes Üniversitesi/ Endüstri Müh.	2002
Lise	Sümer Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002-2004	Erciyes Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2004-2008	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce