

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PERMUTASYON AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME İÇİN BİR
DEĞİŞKEN KOMŞULUK ARAMA YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UMUT METE

DENİZLİ, 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**PERMUTASYON AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME İÇİN BİR
DEĞİŞKEN KOMŞULUK ARAMA YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UMUT METE

DENİZLİ, KASIM - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

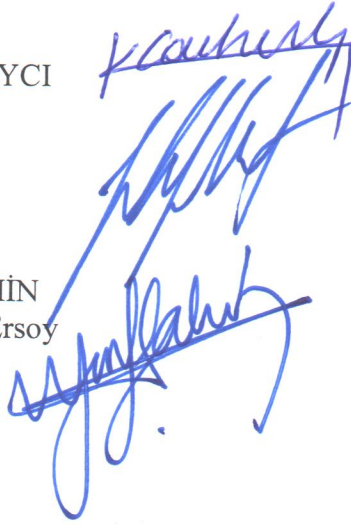
Umut METE tarafından hazırlanan "Permütasyon Akış Tipi Çizelgeleme İçin Bir Değişken Komşuluk Arama Yaklaşımı" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.11.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

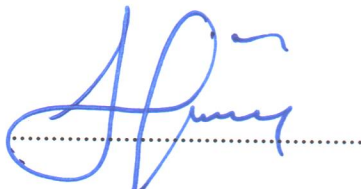
İmza

Danışman
Doç. Dr. Can Berk KALAYCI

Üye
Doç. Dr. Olcay POLAT
Pamukkale Üniversitesi
Üye
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ŞAHİN
Burdur Mehmet Akif Ersoy
Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.11/12/2019.. tarih ve .49/08.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



Umut METE

ÖZET

**PERMÜTASYON AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME İÇİN BİR DEĞİŞKEN KOMŞULUK
ARAMA YAKLAŞIMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
UMUT METE
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR CAN BERK KALAYCI)
DENİZLİ, KASIM - 2019**

Permütasyon akış tipi çizelgeleme, üretim planlama, üretim sistemi, lojistik ve bilgisayar tasarımı da dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Zamanlama alanındaki en rekabetçi kombinasyonel optimizasyon problemlerinden biri akış tipi çizelgelemedir. Bu tezde, permütasyon akış tipi çizelgelemede toplam akış zamanının en aza indirilmesi amaçlanarak, problemin çözümü için bir değişken komşuluk arama yaklaşımı uyarlanmıştır. Bu çözüm yaklaşımında, başlangıç çözümleri elde edebilmek için NEH algoritması kullanılırken, algoritmanın çalkalama ve yerel arama safhasında çeşitli komşuluk yapıları kullanılmıştır. Çalkalama ve yerel arama aşamasında hangi operatörlerin daha yüksek başarımlar gösterdiğine sonuçlarda yer verilmiştir. Ayrıca, uygulanan pertürbasyon yapısının hangi aşamada devreye alınması gerektiği üzerine istatistiksel testler yapılmıştır. Taillard deney setleri üzerinde elde edilen sonuçlar ile sınır değerleri aralarındaki sapma oranları verilmiştir ve rekabetçi yapısını göstermek amacıyla literatürdeki diğer başarılı algoritmalarla karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Permütasyon akış tipi çizelgeleme, Değişken Komşuluk Arama, Toplam Akış Süresi Minimizasyonu

ABSTRACT

A VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH APPROACH FOR PERMUTATION FLOW SHOP SCHEDULING

MSC. THESIS

UMUT METE

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
(SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. CAN BERK KALAYCI)
DENİZLİ, NOVEMBER 2019

Permutation flow-shop scheduling is used in many areas including production planning, production system, logistics and computer design. One of the most competitive combinatorial optimization problems in the field of scheduling is flow-shop scheduling. In this thesis, in order to minimize the total flow time in permutation flow-shop scheduling, a variable neighborhood search approach is adopted to solve the problem. In this solution approach, NEH algorithm is used to obtain initial solutions, while various neighboring structures are used during the shaking and local search phases of the algorithm. The results show which operators perform better during the shaking and local search phases. In addition, statistical tests were performed on which stage the perturbation structure should be triggered. The gaps between the results obtained on the Taillard test sets and the lower-bound values are given and compared with other successful algorithms in the literature in order to demonstrate the competitive structure of the proposed algorithm.

KEYWORDS : Permutation flow-shop scheduling, Variable Neighborhood Search, Total Flow Time Minimization

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	10
2. LİTERATÜR TARAMASI	12
2.1 Problem Tipine göre sınıflandırılması.....	12
2.1.1 Permütasyon Akış Tipi Çizelgeleme (PATÇ).....	15
2.2 Amaç Sayısına Göre Akış Tipi Çizelgeleme Problemi.....	17
2.2.1 Tek Amaçlı Çizelgeleme.....	17
2.2.2 Çok Amaçlı Çizelgeleme.....	18
2.3 Amaç Fonksiyonuna Göre Sınıflandırılması.....	23
2.3.1 İş Tamamlama Zamanı.....	23
2.3.2 Toplam Akış Zamanı.....	24
2.3.3 Enerji Tüketimi.....	24
2.3.4 Gecikme Süresi.....	24
2.4 Kullanılan Veri Setleri.....	27
2.5 Çözüm Yaklaşımlarına Göre Sınıflandırılması.....	29
2.5.1 Kesin Çözüm Bulma.....	30
2.5.2 Kesin Olmayan Çözüm Bulma.....	30
3. PERMÜTASYON TİPİ AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME PROBLEMİ	36
4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ALGORİTMALAR	38
4.1 NEH (Nawaz, Enscore ve Ham) Algoritması.....	38
4.2. Geliştirilen Çözüm Yaklaşımı.....	39
5. DENEYSEL SONUÇLAR	44
5.1 Parametre Testleri.....	44
5.2. Komşuluk Yapılarının Performans Testleri.....	51
5.3. Deneysel Sonuçlar ve Karşılaştırmalar.....	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
7. KAYNAKLAR	61
8. ÖZGEÇMİŞ	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Genel Literatür Hiyerarşisi.....	12
Şekil 4.1: Genel NEH Algoritması Adımları.....	38
Şekil 4.2: Genel Değişken Komşuluk Arama Algoritması Adımları (Hansen ve Mladenović, 2001)	39
Şekil 4.3: Geliştirilen çözüm yaklaşımı için sözde kod.....	40
Şekil 4.4: Değiştirme Komşuluk Yapısı (DEĞ)	41
Şekil 4.5: Yerleştirme Operatörü	41
Şekil 4.6: Kesilmiş NEH Operatörü	42
Şekil 4.7: Yık-Yap (YY) komşuluk yapısı.	42
Şekil 4.8: Tersine Çevirme (TER) Komşuluk Yapısı.....	43
Şekil 5.1: 20 İş 5 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	45
Şekil 5.2: 20 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	45
Şekil 5.3: 20 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	46
Şekil 5.4: 50 İş 5 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	46
Şekil 5.5: 50 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	47
Şekil 5.6: 50 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	47
Şekil 5.7: 100 İş 5 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	48
Şekil 5.8: 100 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	49
Şekil 5.9: 100 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	49
Şekil 5.10: 200 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	50
Şekil 5.11: 200 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: <i>ilimit</i>	50
Şekil 5.12: 20 İş İçin Operatör Performansları.....	51
Şekil 5.13: 50 İş İçin Operatör Performansları.....	52
Şekil 5.14: 100 İş İçin Operatör Performansları.....	52
Şekil 5.15: 200 İş İçin Operatör Performansları.....	53
Şekil 5.16: Tüm İşler İçin Komşuluk Yapıları Performans Göstergesi.....	53

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Problem Tipine Göre Sınıflaması	13
Tablo 2.2: Amaç Sayısına Göre Gruplandırma	18
Tablo 2.3: Problem Amaç Yöntemlerine Göre Çalışmaların Gruplandırılması	21
Tablo 2.4: Kullanılan Amaç Fonksiyonları	24
Tablo 2.5: Kullanılan Veri Seti	28
Tablo 2.6: Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırılması	30
Tablo 2.7: Kesin Olmayan Çözümlerin Sınıflandırılması	35
Tablo 5.1: Algoritmaların Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması	55
Tablo 5.2: Algoritmanın Ortalama Standart Sapmalarının Karşılaştırılması	55
Tablo 5.3: Deneysel Sonuç Değerleri	56

KISALTMALAR LİSTESİ

CDS	: Campbell, Dudek, Smith
DKA	: Değişken Komşuluk Arama,
DTA	: Dağılım Tahminlenmesi Algoritması
DPATÇ	: Dağıtılmış Permütasyon Akış Tipi Çizelgeleme
NEH	: Nawaz, Enscore, Ham
PAM	: Permütasyon Akış Mağazası
PATÇ	: Permütasyon Akış Tipi Çizelgeleme
PDATÇ	: Permütasyon Dışı Akış Tipi Çizelgeleme
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
YAKA	: Yapay Arı Kolonisi Algoritması

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Eğitimimde ve Tez çalışmalarımda bana yol gösteren ve bu tezin ortaya çıkmasında büyük pay sahibi olan Tez Danışmanım Doç. Dr. Can Berk KALAYCI başta olmak üzere bana eğitim veren tüm hocalarıma,

Kariyerim ve eğitim hayatım boyunca kazandığım deneyimlerde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, sahip olduğum huzur ve mutluluğu bana sağlayan aileme, tezin yazımı konusunda ufkumu açan değerli ablam Aslı METE'ye teşekkür ve saygılarımı sunarım.

1. GİRİŞ

Teknoloji ve bilimin her geçen gün ilerlemesiyle insanlar refaha kavuşurken, işletmelerde ise bu gelişmeler daha rekabetçi bir piyasanın oluşmasına neden olmaktadır. İşletmeler kendilerini tanımladıkları pazarda sahip oldukları paylarını ve oluşturulmuş müşteri kitlesini korumak isterken bununla birlikte yeni pazarlar bularak etki alanlarını artırmak ve müşteri kitlelerini artırmaya çalışmaktadırlar. Müşterilerin memnuniyetini sağlamaya yönelik üretilen ürün ve hizmetlerin müşteriye verilen teslimat zamanının içerisinde gerçekleştirilmesi de rekabetin korunması açısından önem arz etmektedir. İşletmelerin bu konuda başarılı olabilmesi için gelişecek durumlara tepki verebilen ve istenilen kapasitede bir sistemin kurulması gerekmektedir. Sistemin kurulması için ilk olarak yapılması gereken işletmeye uygun bir çizelgelemenin ortaya konulmasıdır.

Çizelgeleme problemi, öğelerin kendi aralarında veya çevresel öğelerle ilişkilendirilmesinden kaynaklı ortaya çıkan kısıtlamaların birleşimi sonucunda ortaya çıkan yapıdır. Bu yapı içindeki kısıtlamaların çokluğu çizelgelemenin karmaşıklığını arttırır. Gecikme kriteri, eş zamanlı iş kriteri, gibi öncelik belirten kısıtlamalar çizelgeleme problemlerindeki öncelikli problemlerdir. Bir programın çizelgelenmesi, operasyonun planlama ve yönetsel süreçlerinde en kritik konulardan biridir. Çizelgeleme, çalışma planındaki tek veya çoklu hedeflerde sınırlı kaynakların optimize edilme ve organize edilme sürecidir. Bu alandaki en zor sorunlardan biri, bir iş takımının bir dizi makinede işlenmesi gereken, her işin bir dizi ardışık işlem dizisi tarafından oluşturulduğu çizelgeleme sorunudur. Makinelerin sürekli olarak kullanılabilir ve kesintisiz olarak bir seferde bir işlemi işleyebilir olduğu varsayılır.

Üretimin devamlılığı ve düzenlemesi için üretim hatlarında çizelgelemelerin ortaya konulması üretim planlayıcıları için önem arz etmektedir. Çizelgelemenin oluşturulması ile üretime belirli bir düzen getirilmekte ve işlerin yavaşlamasına neden faaliyetlerden uzaklaşılarak işletmenin maliyetine etki eden unsurlar azaltılmaktadır. Bu tezde, permütasyon akış tipi çizelgeleme üzerinde durulmaktadır.

Tez çalışmasının amacı, permütasyon akış tipi çizelgeleme problemi hakkında nitelikli araştırma yapılarak, akış zamanı toplamının düşürülmesi, bu problemin çözümü ile ilgili etkin bir model geliştirilmesi ve ilgili veri seti üzerinde modelin test edilip literatürde geliştirilen diğer modellere rekabetçi bir çözüm yöntemi sunmaktır.

Tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Yapılan çalışmanın ikinci bölümünde permütasyon akış tipi çizelgelemeyle ilgili literatür taraması yapılmış ve yapılan tarama sonucu elde edilen bilgiler işlenmiştir. Çalışma için yazılmış makalelerden genel bir tarama yapılarak elde edilen analizler tablolaştırılarak özetlenmiştir.

Permütasyon akış tipi çizelgeleme probleminin genel matematiksel notasyonu amaç fonksiyonu ve kısıtları çalışmanın üçüncü bölümünde düzenlenerek verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde tasarlanan algoritmanın bileşenleri olan NEH ve değişken komşuluk arama algoritması ve bileşenleri hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca, geliştirilen çözüm yaklaşımı da detaylı olarak anlatılmıştır.

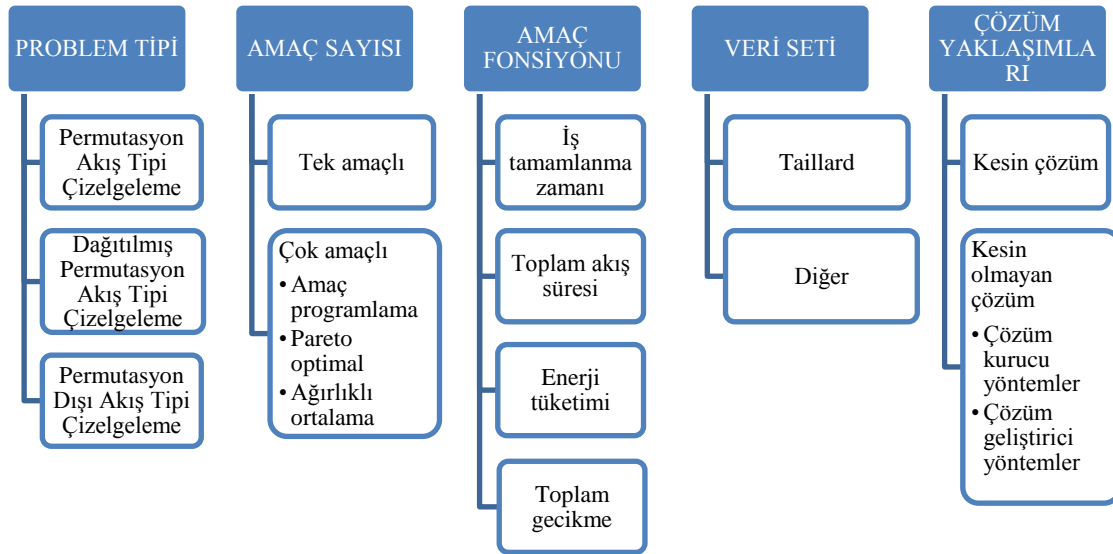
Geliştirilen modelin Taillard veri setleri üzerinde test edilmesi ile elde edilen sonuç verileri ile alt sınır değerlerinin kıyaslanmasıyla ilgili bilgiler beşinci bölümde incelenmiştir. Çalışmanın parametrelerinin ve sonlandırma koşullarının değiştirilmesi sonucunda elde edilen veriler yer almaktadır. Geliştirilen algoritmanın permütasyon akış tipi çizelgeleme probleminin üzerinde sınanması yapılmıştır. Çalışmada veri seti olarak Taillard'ın veri seti kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda operatörlerin durumları incelenerek en iyi sonuç veren operatör durumları ortaya çıkarılmıştır. Komşuluk yapıları iyileştirme durum miktarları ve sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar benzer çalışmalarla karşılaştırılarak algoritmanın geçerliliği ve güvenilirliği test edilmiştir.

Sonuç kısmında ise, yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar tartışılmış ve çalışma ile bağlantılı yapılabilecek çalışmalar konusunda öneride bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Çizelgeleme problemi, mevcut üretim kaynaklarının zaman zaman görevlerin yerine getirilmesi için tahsis edilmesi olarak tanımlanabilir (Baker, 1974). Literatür çalışmasında öncelikle incelenen problemin tiplerine göre, probleme ait optimizasyonu istenen amaçların sayılarına, problemde hangi unsurun iyileştirileceğine yönelik amaç fonksiyonlarının sınıflandırılması, geliştirilen modelin test edildiği veri setleri ve problemin çözümünde kullanılan çözüm yöntemlerinin bulunduğu 5 ana grup ile bunlara ait alt başlıkların hiyerarşik olarak sınıflandırılması yapılmıştır.

Yapılan sınıflandırma doğrultusunda bu tezin kapsamı, permütasyon akış tipi çizelgeleme problem tipinde, tek amaçlı, toplam akış süresinin minimizasyonu olan amaç fonksiyonlu, Taillard veri seti üzerinde çalışılmış ve çözüm yaklaşımı olarak kesin olmayan çözümler sınıfında kategorize edilebilir.



Şekil 2.1: Genel Literatür Hiyerarşisi.

2.1 Problem Tipine göre sınıflandırılması

Permütasyon akış tipi çizelgeleme problemlerinin işlenen literatür çalışmasında incelenen makalelerdeki problem tipleri sınıflandırılmıştır. Şekil 2.1. de

görüldüğü üzere permütasyon akış tipi çizelgeleme (PATÇ), dağıtılmış permütasyon akış tipi çizelgeleme (DPATÇ) ve permütasyon dışı akış tipi çizelgeleme (PDATÇ) olarak karşımıza çıkan üç farklı problem tipi vardır. Tablo 2.1 de taranan çalışmaların ait olduğu problem tipleri yıllar bazında ayrıntılı olarak listelenmiştir.

Tablo 2.1: Problem Tipine Göre Sınıflaması.

Yıllar	PATÇ	DPATÇ	PDATÇ
1986-1990	(J. N. D. Gupta ve Darrow, 1986), (Frieze ve Yadegar, 1989), (H. Das, Cummings, ve Le Van, 1990)		(Koulamas, 1998)
1991-1995	(Proust, Deschamps, ve Gupta, 1991), (Tandon, Cummings, ve LeVan, 1991), (Rahendran ve Chaudhuri, 1992), (Kim, 1993), (Lahiri, Rajendran, ve Narendran, 1993), (W. Han ve Dejax, 1994), (S. R. Das, Gupta, ve Khumawala, 1995)		
1996-2000	(Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1996), (J. N. D. Gupta, 1997), (Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1997), (Smutnicki, 1998), (Sivrikaya-Şerifoğlu ve Ulusoy, 1998), (Woo ve Yim, 1998), (Armentano ve Ronconi, 1999), (J. V. Moccellini ve Dos Santos, 2000), (Schaller, Gupta, ve Vakharia, 2000), (J. N. D. Gupta, Chen, Yap, ve Deshmukh, 2000)		
2001	(Gowrishankar, Rajendran, ve Srinivasan, 2001), (Rajendran ve Ziegler, 2001), (Koulamas ve Kyparisis, 2001)		
2002	(S. Liu ve Ong, 2002)		
2003	(Rajendran ve Ziegler, 2003)		(Pugazhendhi ve diğ., 2003)
2004	(Swaminathan, Fowler, Pfund, ve Mason, 2004), (Armentano ve Arroyo, 2004), (Rajendran ve Ziegler, 2004), (Iyer ve Saxena, 2004), (Pugazhendhi, Thiagarajan, Rajendran, ve Anantharaman, 2004)		
2005	(W. Zhang, Yin, Liu, ve Linn, 2005), (Rojanapibul ve Pichitlamken, 2005), (Ruiz, Maroto, ve Alcaraz, 2005), (Rajendran ve Ziegler, 2005), (J. M. Framinan, Leisten, ve Ruiz-Usano, 2005), (França, Gupta, Mendes, Moscato, ve Veltink, 2005), (Kumar, Ramanan, ve Sriskandarajah, 2005), (Varadharajan ve Rajendran, 2005)		
2006	(Yuan, Hennequin, Wang, ve Gao, 2006), (Huang, Luo, ve Yuan, 2006), (Fondreville, Oulamara, ve Portmann, 2006), (Gajpal ve Rajendran, 2006), (J. N. D. Gupta ve Schaller, 2006), (J. M. Framinan ve Leisten, 2006)		
2007	(He, Sun, ve Luo, 2007), (Swaminathan, Pfund, Fowler, Mason, ve Keha, 2007), (Huang, Luo, ve Yuan, 2007), (D. Laha ve Chakraborty, 2007), (K. C. Ying ve Lin, 2007), (Ruiz ve Stütze, 2007), (M. F. Tasgetiren, Liang, Sevkli, ve Gencyilmaz, 2007), (Chakraborty ve Laha, 2007), (Benbouzid-Sitayeb, Varnier, ve Zerhouni, 2007), (Pasia, Gandibleux, Doerner, ve Hartl, 2007)		

Tablo 2.1: Problem Tipine Göre Sınıflaması (Devamı).

Yıllar	PATÇ	DPATÇ	PDATÇ
2008	(Mirabi, Fatemi Ghomi, Jolai, ve Zandieh, 2008), (Sadjadi, Bouquard, ve Ziaee, 2008), (Dong, Huang, ve Chen, 2008), (Pan, Fatih Tasgetiren, ve Liang, 2008), (Kalczynski ve Kamburowski, 2008), (Benbouzid-Sitayeb, Ammi, Varnier, ve Zerhouni, 2008), (K. C. Ying, 2008), (Nagano, Ruiz, ve Lorena, 2008), (Saravanan, Noorul Haq, Vivekraj, ve Prasad, 2008), (Jarboui, Ibrahim, Siarry, ve Rebai, 2008), (Ruiz-Torres ve Centeno, 2008), (C. T. Tseng, Liao, ve Liao, 2008)		(K. C. Ying, 2008)
2009	(T. Y. Chen ve Chen, 2009), (Rajendran ve Ziegler, 2009), (Dong, Huang, ve Chen, 2009b), (Qiu, Yin, ve Zhou, 2009), (Perez-Gonzalez ve Framinan, 2009), (Y. Zhang, Li, ve Wang, 2009), (Dong, Huang, ve Chen, 2009a), (Rad, Ruiz, ve Boroojerdian, 2009), (Vallada ve Ruiz, 2009), (X. Wang ve Tang, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009b), (Wu ve Lee, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009a), (Dong ve diğ., 2009a)		
2010	(H. Liu ve Gao, 2010), (Tang ve Wang, 2010) , (Kellegöz, Toklu, ve Wilson, 2010), (Naderi, Ahmadi Javid, ve Jolai, 2010)	(H. Liu ve Gao, 2010), (Naderi ve Ruiz, 2010)	
2011	(Marmion, Dhaenens, Jourdan, Liefoghe, ve Verel, 2011), (Dong, Huang, ve Chen, 2011), (L. Li, Huo, ve Tang, 2011), (Mirabi, 2011), (H. Liu, Gao, ve Pan, 2011), (J. H. Duan, Zhang, Qiao, ve Li, 2011), (B. Wang ve Li, 2011), (Chung ve Tong, 2011), (Q. Liu, Ullah, ve Zhang, 2011)		(M. F. Tasgetiren, Q. K. Pan, P. N. Suganthan, ve T. Jin Chua, 2011)
2012	(W. Liu, 2012), (Z. Zhang ve Jing, 2012), (Sang ve Duan, 2012), (Ravetti, Riveros, Mendes, Resende, ve Pardalos, 2012), (M. F. Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Buyukdagli, 2012), (Y. M. Chen, Chen, Chang, ve Chen, 2012), (Chung ve Tong, 2012)		
2013	(M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Gao, Chen, ve Deng, 2013), (Costa, Cappadonna, ve Fichera, 2013), (Damodaran, Rao, ve Mestry, 2013), (Y. F. Liu ve Liu, 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013a), (Lee ve Chung, 2013), (Pan ve Ruiz, 2013), (Chang, Huang, Wu, ve Cheng, 2013), (M. F. Tasgetiren, Buyukdagli, Pan, ve Suganthan, 2013), (Tonge ve Kulkarni, 2013) , (Ziaee, 2013), (T. Chen ve Li, 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013a), (Rossi ve Lanzetta, 2013b), (Marinakis ve Marinaki, 2013b), (Pugazhenthii ve Anthony Xavior, 2013), (K. C. Ying ve Lin, 2013)	(Gao ve diğ., 2013)	
2014	(Naderi ve Ruiz, 2014), (Lee, Yeh, ve Chung, 2014), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2014), (Pan ve Ruiz, 2014), (J. Xu, Yin, Cheng, Wu, ve Gu, 2014), (D. Gupta, Nailwal, ve Sharma, 2014), (Krishnaraj, Pugazhendhi, Rajendran, ve Thiagarajan, 2014), (Keshavarz ve Salmasi, 2014), (L. Zhang ve Wu, 2014), (Balasundaram, Valavan, ve Baskar, 2014b), (Ceberio, Irurozki, Mendiburu, ve Lozano, 2014), (Sheng ve Gu, 2014), (Pugazhenthii ve Anthony Xavior, 2014), (Sajadi, Kashan, ve Khaledan, 2014), (Mascia, López-Ibáñez, Dubois-Lacoste, ve Stützle, 2014), (Saravanan, Joseph Dominic Vijayakumar, ve Srinivasan, 2014), (Balasundaram, Valavan, ve Baskar, 2014a), (Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014), (Hatami, Ruiz, ve Andres-Romano, 2014), (X. Liu, Jiao, ve Zhang, 2014)	(Naderi ve Ruiz, 2014)	(Rossi ve Lanzetta, 2014)

Tablo 2.1: Problem Tipine Göre Sınıflaması(Devamı).

Yıllar	PATÇ	DPATÇ	PDATÇ
2015	(Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015d), (Hamdi ve Loukil, 2015b), (J. J. Wang ve Zhang, 2015), (Lin ve Ying, 2015), (Hamdi, Oulamara, ve Loukil, 2015), (Hsu, Chang, ve Chen, 2015), (Cura, 2015), (J. M. Framinan ve Perez-Gonzalez, 2015), (Sioud, Gagné, ve Dort, 2015), (Hamdi ve Loukil, 2015a), (Neufeld, Gupta, ve Buscher, 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015c), (Amirian ve Sahraeian, 2015), (Dasgupta ve Das, 2015), (Hatami, Ruiz, ve Andrés-Romano, 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015b)		
2016	(Ince, Karabulut, Tasgetiren, ve Pan, 2016), (Fernandez-Viagas, Dios, ve Framinan, 2016), (Santucci, Baiocchi, ve Milani, 2016), (J. Xu ve diğ., 2016), (Bessedik, Benbouzid-Si Tayeb, Cheurfi, ve Blizak, 2016), (Bosman, Luong, ve Thierens, 2016), (Henneberg ve Neufeld, 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016), (Choi, 2016), (Mansouri ve Aktas, 2016), (X. Li ve Ma, 2016), (Abedinnia, Glock, ve Brill, 2016)	(B. Liu, Wang, ve Zhang, 2016), (W. Duan ve diğ., 2016)	
2017	(Sang, Pan, Duan, Li, ve Duan, 2017), (Bewoor, Chandra Prakash, ve Sapkal, 2017), (W. Liu, Jin, ve Price, 2017a), (Y. Wang ve Li, 2017), (Riahi, Khorramizadeh, Hakim Newton, ve Sattar, 2017), (Zangari, Mendiburu, Santana, ve Pozo, 2017), (M. F. Tasgetiren, Pan, Kizilay, ve Velez-Gallego, 2017), (J. Zheng, 2017), (Yang, Li, Wang, Liu, ve Luo, 2017), (Blot, Jourdan, ve Kessaci, 2017), (W. Liu, Jin, ve Price, 2017b), (Komaki ve Malakooti, 2017), (Dubois-Lacoste, Pagnozzi, ve Stützle, 2017), (Bargaoui, Driss, ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Kizilay, Pan, ve Suganthan, 2017), (Choi, 2017), (Liefvooghe, Derbel, Verel, Aguirre, ve Tanaka, 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Zhao, He, ve Liu, 2017)	(Bargaoui, Driss, ve diğ., 2017)	
2018	(G. Zhang, Xing, ve Cao, 2018), (Ladj, Tayeb, ve Varnier, 2018), (Hernando, Mendiburu, ve Lozano, 2018), (W. Liu, Jin, ve Price, 2018), (Dhouib, Teghem, ve Loukil, 2018), (Hatami, Calvet, Fernández-Viagas, Framiñán, ve Juan, 2018), (Peng, Pan, ve Zhang, 2018; Sang, Pan, Duan, ve Li, 2018), (J. H. Duan, Meng, Pan, ve Chen, 2018), (B. Wang, Huang, ve Li, 2018), (Wu ve diğ., 2018), (Irurozki, Ceberio, Santamaria, Santana, ve Mendiburu, 2018), (Y. Wang, Li, Ruiz, ve Sui, 2018), (Y. J. Zheng, Ling, ve Xue, 2018), (Aalvanger, Luong, Bosman, ve Thierens, 2018), (Muştu ve Eren, 2018), (Sioud ve Gagné, 2018), (Öztop, Fatih Tasgetiren, Türsel Eliiyi, ve Pan, 2018), (Blot, López-Ibáñez, Kessaci, ve Jourdan, 2018), (Baiocchi, Milani, ve Santucci, 2018), (X. Li, Jiang, ve Ruiz, 2018)		
2019	(Pagnozzi ve Stützle, 2019), (Pan, Gao, Wang, Liang, ve Li, 2019), (Ruiz, Pan, ve Naderi, 2019), (Nagano, Rossi, ve Martarelli, 2019), (Riahi, Newton, Su, ve Sattar, 2019), (Ramezani, Vali-Siar, ve Jalalian, 2019), (Blot, Kessaci, Jourdan, ve De Causmaecker, 2019)		

2.1.1 Permütasyon Akış Tipi Çizelgeleme (PATÇ)

Üretim planlama, üretim sistemi, lojistik ve bilgisayar tasarımı da dahil olmak üzere birçok alanda permütasyon akış tipi çizelgeleme uygulaması bulunmaktadır. Çizelgeleme alanındaki en rekabetçi kombinasyonel optimizasyon problemlerinden biri akış tipi çizelgelemedir. Bu problemin varsayımları

- Her iş tüm makinelerde işlem görmek zorundadır
- Bir anda, her makine en fazla bir işi işleyebilir ve her iş en fazla bir makinede işlenebilir.

- Önlemeye izin verilmez, başka bir deyişle, bir işlem başlatıldığında, bu makinede bir başkası çalıştırılmadan önce tamamlanması gerekir.
- Bir işten yapılan her işlem, her makinede belirli bir işlem süresi gerektirir; İşlem süresi pozitif, sabittir, önceden bilinir.

Literatürde çoğunlukla odaklanılan hedef, işlem süresinin küçültülmesi veya maksimum tamamlanma süresinin azaltılmasıdır. Akış tipi çizelgeleme problemlerinde önemli bir yeri bulunan PATÇ problemleri, özel bir sınıfa aittir. Diğer çizelgeleme problemlerinden farklı olmasının nedeni n adet iş m adet makinede işlenmesi süresince işlerin makinelerdeki sıralamaları aynıdır. Diğer çizelgeleme problemlerinde iş sırası her makine için farklıdır. Bu nedenle klasik çizelgelerde $n!^m$ adet çizelge var iken, PATÇ problemlerinde çizelge sayısı $n!$ olarak ortaya çıkmaktadır (Reza, Hejazi ve Saghafian, 2005).

PATÇ’de farklı makinalarda işlemlerin değiştirilmesine izin verilmesi daha basit bir yapı oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Klasik akış tipi çizelgeleme problemlerinde çoğul işlem adımları olması işlemlerin hesaplanmasında zorluk çıkarmaktadır. PATÇ’nin basit olan yapısı, genel akış tipi problemler için optimal bir çizelgeleme araştırılması yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Çizelgeleme problemini araştırılması işleminde optimal çözüm bulunması için klasik çizelgelerdeki $(n!)^m$ işlemin tek tek araştırılması zorluk çıkarmaktadır. PATÇ’de ise $(n!)$ adet işlemin araştırılması daha kolay olmaktadır. Optimal çözüm bulunması için Conway’in önerdiği iki teorem ele alınmaktadır. Bu işlemler bütün makinaların tek tek incelenmesi yerine ilk iki ve son iki makinelerde aynı işi yapmakta olan optimal bir çizelgeleme ortaya çıkarılır (Ying, 2008).

Ortaya çıkarılan teoremler incelendiğinde:

Teorem1: İş yapılarında tüm makinalarda aynı işlem aynı anda başlatıldığında m makinalı çizelgeleme problemi incelendiğinde, tamamlanma zamanının en aza indirilmesi göz önüne alındığında ilk iki makinanın incelenmesi yeterli olmaktadır.

Teorem2: Maksimum işlerin tamamlanan zamanının düşürülmesi göz önüne alan çizelgelerde aynı işi yapan son iki makinanın incelenmesinin dikkate alınması yeterli olacaktır (Gupta ve Stafford, 2006).

Göz önüne alınan teoremler işlem kolaylığı bakımından avantaj sağlamaktadır. Teoremler incelendiğinde farklı makinalar ve farklı işlerin tek tek incelenmesinde gerek kalmamaktadır. Teorem 1 incelendiğinde en iyi çizelgeleme bulunması için $(n!)^{m-1}$ tane çizelgelemenin yapılmasının yeterli olduğu görülmektedir. Teorem 2 incelendiğinden en iyi çizelgelemenin araştırılması için $(n!)^{m-2}$ tane çizelgelemenin yapılması yeterli olmaktadır (Baker ve Trietsch, 2009). Teoremler incelendiğinde ortaya çıkan sonuca göre elde edilen durumlar iki adet olmaktadır (Gupta ve Stafford, 2006):

- a) İki makineli ($m = 2$) ve düzenli bir performans ölçütünün en küçüklendiği durumlar,
- b) İki veya daha fazla ($m \geq 2$) makineli durumlar ve maksimum tamamlanma süresinin (C_{max}) en küçüklendiği durumlardır.

PATÇ probleminde temel amaç, bir ya da birden fazla performans ölçütünün düşürülmesine yarayan permütasyon iş setinin oluşturulmasıdır. İki makinanın olduğu sistemlerde en etkin optimal sonuçlar bulunabilmektedir. Makine sayısının ikiden fazla olduğu durumlarda etkin optimal zaman bulunamamaktadır (Lomnicki, 1965). Çözüme yaklaşılması için genellikle sezgisel ve metasezgisel yöntemler kullanılmaktadır.

2.2 Amaç Sayısına Göre Akış Tipi Çizelgeleme Problemi

2.2.1 Tek Amaçlı Çizelgeleme

Akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümünde yalnızca tek bir amacın optimizasyonuna odaklanılan çizelgeleme durumu mevcut olduğu durumlarda karşımıza çıkmaktadır. Genellikle iş tamamlanma zamanının en aza indirilmesi veya toplam akış süresinin en aza indirilmesi kriterinin çalışmalarda kullanıldığı görülmüştür.

Karmaşık problemlerin başlangıcında ele alınan bu adımda işlemde oluşturulan organizasyon bir amaç üzerinde planlanır. Üretim hattının oluşmasında tek bir kademenin bulunduğu çizelgelemede diğer tüm unsurlar bu kademenin işi oluşturma zamanına odaklı planlanır. Uygulamalarda elde edilen uygunluk değerlerinden en iyilerinin seçilimi ile birlikte çözüme ulaşmaya çalışılmakta ve zamanlama olarak süreyi daha etkin kullanma temelinde çalışma mantığı kurulan bu yapıda bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Tablo 2.2 de yıllar bazında tek amaca sahip olan çalışmalar liste halinde verilmiştir.

2.2.2 Çok Amaçlı Çizelgeleme

Çizelgeleme işleminde birden fazla amacın bulunduğu durumda kaynakların ve kısıtların bu duruma göre çizelgelenmesi gerekmektedir. Bu durumda elde edilecek olan iş sıralarından elde edilecek birden fazla uygunluk değerlerinin birlikte değerlendirilip en iyilenmesi gerekmektedir. Problemin karmaşıklık düzeyi tek amaçlı çizelgeleme yöntemlerine kıyasla daha fazladır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda geçmişe kıyasla daha fazla araştırılmaktadır. Kullanılan işlemler basamaklar halinde devam ettirilmektedir.

Çok yönlü problemlerin çözümü için kullanılan çok amaçlı işlemler problemin aşamalar halinde çözümünü sağlamaktadır. Problemlerin çözümünde basamaklar halinde işlemler uygulanarak problemin çözümü sağlanmaya çalışılmaktadır. İçerisinde birden fazla çözüm algoritması bulunmaktadır. Çözümün her adımında farklı sistemler uygulanarak çözüme en yakın yol sağlanmaktadır. Tablo 2.2 de birden fazla amaca sahip olan çalışmalar yıllar bazında dağıtılarak verilmiştir.

Tablo 2.2: Amaç Sayısına Göre Gruplandırma.

Yıl	Tek amaçlı çizelgeleme	Çok amaçlı çizelgeleme
1986	(J. N. D. Gupta ve Darrow, 1986),	
1989	(Frieze ve Yadegar, 1989),	
1990	(H. Das ve diğ., 1990),	
1991	(Proust ve diğ., 1991), (Tandon ve diğ., 1991),	
1992	(Rahendran ve Chaudhuri, 1992),	
1993	(Kim, 1993), (Lahiri ve diğ., 1993),	
1994	(W. Han ve Dejax, 1994),	

Tablo 2.2: Amaç Sayısına Göre Gruplandırma (Devamı).

Yıl	Tek amaçlı çizelgeleme	Çok amaçlı çizelgeleme
1995	(S. R. Das ve diğ., 1995),	
1996	(Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1996),	
1997	(J. N. D. Gupta, 1997),	(Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1997),
1998	(Smutnicki, 1998), (Sivrikaya-Şerifoğlu ve Ulusoy, 1998), (Koulamas, 1998), (Woo ve Yim, 1998),	
1999	(Armentano ve Ronconi, 1999),	
2000	(J. V. Moccellini ve Dos Santos, 2000), (Schaller ve diğ., 2000),	(J. N. D. Gupta ve diğ., 2000)
2001	(Gowrishankar ve diğ., 2001), (Rajendran ve Ziegler, 2001), (Koulamas ve Kyparisis, 2001),	
2002	(S. Liu ve Ong, 2002),	
2003	(Rajendran ve Ziegler, 2003),	(Pugazhendhi ve diğ., 2003),
2004	(Swaminathan ve diğ., 2004), (Armentano ve Arroyo, 2004), (Rajendran ve Ziegler, 2004), (Iyer ve Saxena, 2004), (Pugazhendhi ve diğ., 2004),	
2005	(W. Zhang ve diğ., 2005), (Rojanapibul ve Pichitlamken, 2005), (Ruiz ve diğ., 2005), (Rajendran ve Ziegler, 2005), (J. M. Framinan ve diğ., 2005), (França ve diğ., 2005), (Kumar ve diğ., 2005),	(Varadharajan ve Rajendran, 2005)
2006	(Yuan ve diğ., 2006), (Huang ve diğ., 2006), (Fondreville ve diğ., 2006), (Gajpal ve Rajendran, 2006), (J. N. D. Gupta ve Schaller, 2006), (J. M. Framinan ve Leisten, 2006),	
2007	(He ve diğ., 2007), (Swaminathan ve diğ., 2007), (Huang ve diğ., 2007), (D. Laha ve Chakraborty, 2007), (K. C. Ying ve Lin, 2007), (Ruiz ve Stütze, 2007), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2007), (Chakraborty ve Laha, 2007), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2007),	(Pasia ve diğ., 2007)
2008	(Mirabi ve diğ., 2008), (Sadjadi ve diğ., 2008), (Dong ve diğ., 2008), (Pan ve diğ., 2008), (Kalczyński ve Kamburowski, 2008), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2008), (K. C. Ying, 2008), (Nagano ve diğ., 2008), (Saravanan ve diğ., 2008), (Jarboui ve diğ., 2008), (Ruiz-Torres ve Centeno, 2008), (C. T. Tseng ve diğ., 2008)	
2009	(T. Y. Chen ve Chen, 2009), (Rajendran ve Ziegler, 2009), (Dong ve diğ., 2009b), (Qiu ve diğ., 2009), (Perez-Gonzalez ve Framinan, 2009), (Y. Zhang ve diğ., 2009), (Dong ve diğ., 2009a), (Rad ve diğ., 2009), (Vallada ve Ruiz, 2009), (X. Wang ve Tang, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009b), (Wu ve Lee, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009a),	
2010	(H. Liu ve Gao, 2010), (Tang ve Wang, 2010), (Naderi ve Ruiz, 2010), (Kellegöz ve diğ., 2010), (Naderi ve diğ., 2010),	
2011	(Marmion ve diğ., 2011), (Dong, Huang, ve diğ., 2011), (Dong ve diğ., 2009a), (J. H. Duan ve diğ., 2011), (B. Wang ve Li, 2011), (Chung ve Tong, 2011), (Q. Liu ve diğ., 2011), (M. F. Tasgetiren, Q. K. Pan, P. N. Suganthan, ve A. H. L. Chen, 2011), (L. Li ve diğ., 2011), (Mirabi, 2011), (H. Liu ve diğ., 2011)	

Tablo 2.2: Amaç Sayısına Göre Sınıflandırma (Devam).

Yıl	Tek amaçlı çizelgeleme	Çok amaçlı çizelgeleme
2012	(W. Liu, 2012), (Z. Zhang ve Jing, 2012), (Sang ve Duan, 2012), (Ravetti ve diğ., 2012), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2012), (Y. M. Chen ve diğ., 2012), (Chung ve Tong, 2012)	
2013	(Pugazhenthı ve Anthony Xavior, 2013), (K. C. Ying ve Lin, 2013), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Tonge ve Kulkarni, 2013), (Ziaee, 2013), (T. Chen ve Li, 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013a), (Rossi ve Lanzetta, 2013b), (Marinakis ve Marinaki, 2013b), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Gao ve diğ., 2013), (Costa ve diğ., 2013), (Damodaran ve diğ., 2013), (Y. F. Liu ve Liu, 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013a), (Lee ve Chung, 2013), (Pan ve Ruiz, 2013), (Chang ve diğ., 2013)	
2014	(Naderi ve Ruiz, 2014), (Lee ve diğ., 2014), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2014), (Pan ve Ruiz, 2014), (Rossi ve Lanzetta, 2014), (J. Xu ve diğ., 2014), (D. Gupta ve diğ., 2014), (Krishnaraj ve diğ., 2014), (Keshavarz ve Salmasi, 2014), (L. Zhang ve Wu, 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014b), (Ceberio ve diğ., 2014), (Sheng ve Gu, 2014), (Pugazhenthı ve Anthony Xavior, 2014), (Sajadi ve diğ., 2014), (Mascia ve diğ., 2014), (Saravanan ve diğ., 2014),	(Balasundaram ve diğ., 2014a), (Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014), (Hatami ve diğ., 2014), (X. Liu ve diğ., 2014)
2015	(Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015d), (Hamdi ve Loukil, 2015b), (J. J. Wang ve Zhang, 2015), (Lin ve Ying, 2015), (Hamdi ve diğ., 2015), (Hsu ve diğ., 2015), (Cura, 2015), (J. M. Framinan ve Perez-Gonzalez, 2015), (Sioud ve diğ., 2015), (Hamdi ve Loukil, 2015a), (Neufeld ve diğ., 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015c), (Amirian ve Sahraeian, 2015)	(Dasgupta ve Das, 2015), (Hatami ve diğ., 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015b),
2016	(B. Liu ve diğ., 2016), (Ince ve diğ., 2016), (Fernandez-Viagas ve diğ., 2016), (Santucci ve diğ., 2016), (J. Xu ve diğ., 2016), (Bessedik ve diğ., 2016), (Bosman ve diğ., 2016), (Henneberg ve Neufeld, 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016), (Choi, 2016)	(Mansouri ve Aktas, 2016), (X. Li ve Ma, 2016), (Abedinnia ve diğ., 2016)
2017	(Sang ve diğ., 2017), (Bewoor ve diğ., 2017), (W. Liu ve diğ., 2017a), (Y. Wang ve Li, 2017), (Riahi ve diğ., 2017), (Zangari ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Pan, ve diğ., 2017), (J. Zheng, 2017), (Yang ve diğ., 2017), (Blot ve diğ., 2017), (W. Liu ve diğ., 2017b), (Komaki ve Malakooti, 2017), (Dubois-Lacoste ve diğ., 2017), (Bargaoui, Driss, ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Kizilay, ve diğ., 2017), (Choi, 2017)	(Liefoghe ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Zhao ve diğ., 2017), (Bargaoui, Belkahla Driss, ve diğ., 2017)
2018	(G. Zhang ve diğ., 2018), (Ladj ve diğ., 2018), (Hernando ve diğ., 2018), (W. Liu ve diğ., 2018), (Dhouib ve diğ., 2018), (Hatami ve diğ., 2018), (Peng ve diğ., 2018; Sang ve diğ., 2018), (J. H. Duan ve diğ., 2018), (B. Wang ve diğ., 2018), (Wu ve diğ., 2018), (Irurozki ve diğ., 2018), (Y. Wang ve diğ., 2018), (Y. J. Zheng ve diğ., 2018), (Aalvanger ve diğ., 2018), (Muştı ve Eren, 2018), (Sioud ve Gagné, 2018), (Öztop ve diğ., 2018)	(Blot ve diğ., 2018), (Baiolletti ve diğ., 2018), (X. Li ve diğ., 2018),
2019	(Pagnozzi ve Stütze, 2019), (Pan ve diğ., 2019), (Ruiz ve diğ., 2019), (Nagano ve diğ., 2019), (Riahi ve diğ., 2019), (Ramezani ve diğ., 2019)	(Blot ve diğ., 2019)

Birden fazla amaca sahip çalışılan makalelerde problem amaç yöntemlerine ait çalışmalar Tablo 2.3 de verilmiştir. Yapılan çalışmanın ağırlıklı toplam, pareto tabanlı veya amaç programlama yöntemine göre çalıştığına dair olduğunu içeren veriler belirtilmiştir.

Tablo 2.3: Problem Amaç Yöntemlerine Göre Çalışmaların Gruplandırılması.

Yıllar	Amaç Programlama	Ağırlıklı Toplam	Pareto Tabanlı
1986-1990	(Frieze ve Yadegar, 1989), (H. Das ve diğ., 1990), (J. N. D. Gupta ve Darrow, 1986)		
1991-1995	(Kim, 1993), (S. R. Das ve diğ., 1995), (W. Han ve Dejax, 1994), (Morizawa ve diğ., 1994), (Lahiri ve diğ., 1993), (Rahendran ve Chaudhuri, 1992), (Tandon ve diğ., 1991)	(Proust ve diğ., 1991)	
1996-2000	(Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1997), (Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1996), (J. N. Gupta ve diğ., 1997), (J. V. Moccellini ve Dos Santos, 2000), (Schaller ve diğ., 2000), (J. N. D. Gupta ve diğ., 2000), (Armentano ve Ronconi, 1999), (Smutnicki, 1998), (Sivrikaya-Şerifoğlu ve Ulusoy, 1998), (Koulamas, 1998), (Woo ve Yim, 1998), (J. N. D. Gupta, 1997)		
2001	(Gowrishankar ve diğ., 2001), (Rajendran ve Ziegler, 2001), (Koulamas ve Kyparisis, 2001)		
2002	(S. Liu ve Ong, 2002)		
2003	(Rajendran ve Ziegler, 2003), (Pugazhendhi ve diğ., 2003)		
2004	(Armentano ve Arroyo, 2004), (Rajendran ve Ziegler, 2004), (Iyer ve Saxena, 2004), (Pugazhendhi ve diğ., 2004)	(Swaminathan ve diğ., 2004)	
2005	(W. Zhang ve diğ., 2005), (Ruiz ve diğ., 2005), (Kumar ve diğ., 2005), (Rojanapibul ve Pichitlamken, 2005), (Varadharajan ve Rajendran, 2005), (Rajendran ve Ziegler, 2005)	(J. M. Framinan ve diğ., 2005)	
2006	(Fondrevelle ve diğ., 2006), (Huang ve diğ., 2006), (J. N. D. Gupta ve Schaller, 2006), (Yuan ve diğ., 2006), (Gajpal ve Rajendran, 2006), (J. M. Framinan ve Leisten, 2006)		
2007	(He ve diğ., 2007), (Pasia ve diğ., 2007), (Ruiz ve Stützle, 2007), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2007), (Swaminathan ve diğ., 2007), (Huang ve diğ., 2007), (D. Laha ve Chakraborty, 2007), (K. C. Ying ve Lin, 2007), (Chakraborty ve Laha, 2007), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2007)		
2008	(Ruiz-Torres ve Centeno, 2008), (Baiocchi ve diğ., 2018), (Jarboui ve diğ., 2008), (C. T. Tseng ve diğ., 2008), (Mirabi ve diğ., 2008), (Sadjadi ve diğ., 2008), (Dong ve diğ., 2008), (Pan ve diğ., 2008), (Kalczynski ve Kamburowski, 2008), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2008), (K. C. Ying, 2008), (Nagano ve diğ., 2008), (Saravanan ve diğ., 2008)		

Tablo 2.3: Problem Amaç Yöntemlerine Göre Çalışmaların Gruplandırılması (Devamı).

Yıllar	Amaç Programlama	Ağırlıklı Toplam	Pareto Tabanlı
2009	(Dong ve diğ., 2009b), (T. Y. Chen ve Chen, 2009), (Qiu ve diğ., 2009), (Y. Zhang ve diğ., 2009), (Vallada ve Ruiz, 2009), (Rad ve diğ., 2009), (Rajendran ve Ziegler, 2009), (Perez-Gonzalez ve Framinan, 2009), (Dong ve diğ., 2009a), (X. Wang ve Tang, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009b), (Wu ve Lee, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009a)		
2010	(H. Liu ve Gao, 2010), (Tang ve Wang, 2010), (Naderi ve Ruiz, 2010), (Kellegöz ve diğ., 2010), (Naderi ve diğ., 2010)		
2011	(Marmion ve diğ., 2011), (Dong, Chen, ve diğ., 2011), (Dong, Huang, ve diğ., 2011), (J. H. Duan ve diğ., 2011), (Q. Liu ve diğ., 2011), (M. F. Tasgetiren, Q. K. Pan, P. N. Suganthan, ve T. Jin Chua, 2011), (L. Li ve diğ., 2011), (Mirabi, 2011), (H. Liu ve diğ., 2011), (B. Wang ve Li, 2011), (Chung ve Tong, 2011)		
2012	(W. Liu, 2012), (Z. Zhang ve Jing, 2012), (Sang ve Duan, 2012), (Ravetti ve diğ., 2012), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2012), (Y. M. Chen ve diğ., 2012), (Chung ve Tong, 2012)		
2013	(K. C. Ying ve Lin, 2013), (Tonge ve Kulkarni, 2013), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Ziaee, 2013), (Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Oner, 2013), (Y. Y. Han ve diğ., 2013), (Damodaran ve diğ., 2013), (Y. F. Liu ve Liu, 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013a), (Pan ve diğ., 2013), (Chang ve diğ., 2013), (Pugazhenthii ve Anthony Xavier, 2013), (T. Chen ve Li, 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013a), (Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Buyukdagli, 2013), (Costa ve diğ., 2013), (Gao ve diğ., 2013), (Lee ve Chung, 2013)		(Rossi ve Lanzetta, 2013b), (Marinakis ve Marinaki, 2013b)
2014	(Pan ve Ruiz, 2014), (Saravanan ve diğ., 2014), (Naderi ve Ruiz, 2014), (Lee ve diğ., 2014), (X. Liu ve diğ., 2014), (L. Zhang ve Wu, 2014), (Rossi ve Lanzetta, 2014), (Keshavarz ve Salmasi, 2014), (Ceberio ve diğ., 2014), (Sheng ve Gu, 2014), (Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014), (Sajadi ve diğ., 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014a), (Saravanan ve diğ., 2014), (D. Gupta ve diğ., 2014), (Krishnaraj ve diğ., 2014), (Sheng ve Gu, 2014), (Pugazhenthii ve Anthony Xavier, 2014), (J. Xu ve diğ., 2014), (Hatami ve diğ., 2014)	(Mascia ve diğ., 2014)	(Balasundaram ve diğ., 2014b), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2014)
2015	(Hamdi ve Loukil, 2015b), (Lin ve Ying, 2015), (Hamdi ve diğ., 2015), (Amirian ve Sahraeian, 2015), (Amirian ve Sahraeian, 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015b), (Hatami ve diğ., 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015a), (Lin ve Ying, 2015), (Hsu ve diğ., 2015), (Dasgupta ve Das, 2015), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015c), (Sioud ve diğ., 2015), (J. J. Wang ve Zhang, 2015), (Hamdi ve Loukil, 2015a), (Neufeld ve diğ., 2015)	(Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015d), (Cura, 2015), (J. M. Framinan ve Perez-Gonzalez, 2015)	

Tablo 2.3: Problem Amaç Yöntemlerine Göre Çalışmaların Gruplandırılması (Devamı).

Yıllar	Amaç Programlama	Ağırlıklı Toplam	Pareto Tabanlı
2016	(Ince ve diğ., 2016), (W. Duan ve diğ., 2016), (Santucci ve diğ., 2016), (Bessedik ve diğ., 2016), (Henneberg ve Neufeld, 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016), (Choi, 2016), (X. Li ve Ma, 2016), (Mansouri ve Aktas, 2016), (Abedinnia ve diğ., 2016), (B. Liu ve diğ., 2016), (J. Xu ve diğ., 2016)	(Bosman ve diğ., 2016)	(Bessedik ve diğ., 2016)
2017	(J. Zheng, 2017), (Yang ve diğ., 2017), (Komaki ve Malakooti, 2017), (Bewoor ve diğ., 2017), (Bargaoui, Belkahla Driss, ve diğ., 2017), (Riahi ve diğ., 2017), (Zangari ve diğ., 2017), (J. Zheng, 2017), (W. Liu ve diğ., 2017b), (Dubois-Lacoste ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Bargaoui, Driss, ve diğ., 2017), (Choi, 2017), (Sang ve diğ., 2017), (W. Liu ve diğ., 2017a), (Y. Wang ve Li, 2017), (M. F. Tasgetiren, Pan, ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Kizilay, ve diğ., 2017)	(Blot ve diğ., 2017), (Liefvooghe ve diğ., 2017)	
2018	(Aalvanger ve diğ., 2018), (Ladj ve diğ., 2018), (Hatami ve diğ., 2018), (Peng ve diğ., 2018), (Irurozki ve diğ., 2018), (Aalvanger ve diğ., 2018), (Muştı ve Eren, 2018), (Aalvanger ve diğ., 2018), (G. Zhang ve diğ., 2018), (Sang ve diğ., 2018), (B. Wang ve diğ., 2018), (Wu ve diğ., 2018), (Y. Wang ve diğ., 2018), (Y. J. Zheng ve diğ., 2018), (Sioud ve Gagné, 2018), (Öztop ve diğ., 2018), (Hernando ve diğ., 2018), (Dhouib ve diğ., 2018)	(J. H. Duan ve diğ., 2018), (Blot ve diğ., 2018)	(W. Liu ve diğ., 2018)
2019	(Pagnozzi ve Stützle, 2019), (Ruiz ve diğ., 2019), (Riahi ve diğ., 2019), (Blot ve diğ., 2019), (Pan ve diğ., 2019), (Nagano ve diğ., 2019), (Ramezian ve diğ., 2019)		

2.3 Amaç Fonksiyonuna Göre Sınıflandırılması

Akış tipi çizelgeleme problemleri, incelenen çalışmalarda yapılacak olan işin tamamlanma zamanının düşürülmesi, toplam akış süresinin en aza indirilmesi, toplam gecikmenin en aza indirilmesi, enerji tüketiminin düşürülmesi olmak üzere 4 basamakta incelenmiştir. Yapılan çalışmalar Tablo 2.4’de analiz edilmiştir.

2.3.1 İş Tamamlama Zamanı

Makineden yapılacak olan işlerin teker teker yapılma sürelerine bakılmasını baz almaktadır. Yapılan işlerin makineden çıkışlarında geçen sürenin bakılması ve sürenin kısaltılmasının amaçlanmasıdır. Makinada işin yapılış süresi ne kadar kısaltılırsa çizelgeleme işleminin başarısını arttırdığını gösterir.

2.3.2 Toplam Akış Zamanı

Yapılacak olan tüm işlem sırasının toplamda ne kadar sürede işlemde kaldığına bakılmasıdır. Yapılacak işlem makinalarda toplamda ne kadar süre kalmakta, bekleme süreleri ne kadar olmakta ve çıkış işlemi ne kadar sürede olmakta bütün bu değişkenlerin toplanarak işlemin tamamlanma süresinin elde edilmesi sağlanır. Toplam akış süresinin düşürülmesi işlemlerde daha fazla performans elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

2.3.3 Enerji Tüketimi

İşlemlerin bütün makine ve akışta kullanılan enerji miktarı çalışmanın performansını etkilemektedir. Yapılacak olan işlemde enerjinin düşürülmesi ya da düzenlenmesi verimliliği büyük oranda etkilemektedir. Çizelgeleme işleminde en az enerjiyle yüksek performans elde edilmesi için çeşitli çalışmalar ve algoritmalar düzenlenmektedir.

2.3.4 Gecikme Süresi

İşlemlerin yapılmasında oluşabilecek bekleme sürelerin düşürülmesini amaçlamaktadır. İşlemlerin makinaya giriş sırasında veya makinalar arasında yaşanan bekleme sürelerinin düşürülmesi verimliliği arttırmaktadır.

Tablo 2.4: Kullanılan Amaç Fonksiyonları.

Yıllar	İş tamamlama	Toplam Akış Zamanı Düşürülmesi	Enerji Tüketimi	Gecikme Süresi
1986-1990	(H. Das ve diğ., 1990), (Frieze ve Yadegar, 1989), (J. N. D. Gupta ve Darrow, 1986)			
1991-1995	(S. R. Das ve diğ., 1995), (W. Han ve Dejax, 1994), (Morizawa ve diğ., 1994), (Lahiri ve diğ., 1993), (Rahendran ve Chaudhuri, 1992), (Proust ve diğ., 1991), (Tandon ve diğ., 1991)	(Kim, 1993),		
1996-2000	(J. N. Gupta ve diğ., 1997), (Armentano ve Ronconi, 1999), (Smutnicki, 1998), (Koulamas, 1998), (Woo ve Yim, 1998), (Schaller ve diğ., 2000), (J. V. Moccellini ve Dos Santos, 2000), (Schaller ve diğ., 2000), (J. N. D. Gupta ve diğ., 2000), (Sivrikaya-Şerifoğlu ve Ulusoy, 1998), (J. N. D. Gupta, 1997), (Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1996), (Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1997)			

Tablo 2.4: Kullanılan Amaç Fonksiyonları (Devamı).

Yıllar	İş tamamlama	Toplam Akış Zamanı Düşürülmesi	Enerji Tüketimi	Gecikme Süresi
2001	(Gowrishankar ve diğ., 2001), (Koulamas ve Kyparisis, 2001)			
2002	(S. Liu ve Ong, 2002)			
2004	(Armentano ve Arroyo, 2004), (Rajendran ve Ziegler, 2004), (Swaminathan ve diğ., 2004), (Iyer ve Saxena, 2004), (Pugazhendhi ve diğ., 2004)	(Armentano ve Arroyo, 2004),		
2005	(Varadharajan ve Rajendran, 2005), (Ruiz ve diğ., 2005), (Rajendran ve Ziegler, 2005), (J. M. Framinan ve diğ., 2005), (Rojanapibul ve Pichitlamken, 2005), (França ve diğ., 2005), (Kumar ve diğ., 2005), (W. Zhang ve diğ., 2005)			
2006	(Gajpal ve Rajendran, 2006), (Yuan ve diğ., 2006), (J. M. Framinan ve Leisten, 2006)	(Fondrevelle ve diğ., 2006), (Huang ve diğ., 2006)		
2007	(Pasia ve diğ., 2007), (Ruiz ve Stütze, 2007), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2007), (Swaminathan ve diğ., 2007), (Huang ve diğ., 2007), (D. Laha ve Chakraborty, 2007), (K. C. Ying ve Lin, 2007), (Chakraborty ve Laha, 2007), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2007), (He ve diğ., 2007)			
2008	(Pan ve diğ., 2008), (Kalczynski ve Kamburowski, 2008), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2008), (Nagano ve diğ., 2008), (Saravanan ve diğ., 2008), (Jarboui ve diğ., 2008), (Sadjadi ve diğ., 2008), (Dong ve diğ., 2008), (K. C. Ying, 2008), (Ruiz-Torres ve Centeno, 2008), (C. T. Tseng ve diğ., 2008), (Mirabi ve diğ., 2008)			
2009	(T. Y. Chen ve Chen, 2009), (Rajendran ve Ziegler, 2009), (Dong ve diğ., 2009b), (Qiu ve diğ., 2009), (Perez-Gonzalez ve Framinan, 2009), (Y. Zhang ve diğ., 2009), (Dong ve diğ., 2009a), (Rad ve diğ., 2009), (Vallada ve Ruiz, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009a), (X. Wang ve Tang, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009b), (Wu ve Lee, 2009)			
2010	(H. Liu ve Gao, 2010), (Kellegöz ve diğ., 2010), (Tang ve Wang, 2010), (Naderi ve Ruiz, 2010)			
2011	(Marmion ve diğ., 2011), (Dong, Chen, ve diğ., 2011), (Dong, Huang, ve diğ., 2011), (M. F. Tasgetiren, Q. K. Pan, P. N. Suganthan, ve T. Jin Chua, 2011), (Mirabi, 2011), (Chung ve Tong, 2011), (Q. Liu ve diğ., 2011), (H. Liu ve diğ., 2011)	(B. Wang ve Li, 2011), (L. Li ve diğ., 2011), (J. H. Duan ve diğ., 2011)		

Tablo 2.4: Kullanılan Amaç Fonksiyonları (Devamı).

Yıllar	İş tamamlama	Toplam Akış Zamanı Düşürülmesi	Enerji Tüketimi	Gecikme Süresi
2012	(Z. Zhang ve Jing, 2012), (Sang ve Duan, 2012), (Ravetti ve diğ., 2012), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2012), (Naderi ve Salmasi, 2012), (Chung ve Tong, 2012)	(Y. M. Chen ve diğ., 2012), (W. Liu, 2012)		
2013	(K. C. Ying ve Lin, 2013), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Y. Y. Han ve diğ., 2013), (Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Oner, 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013a), (Rossi ve Lanzetta, 2013b), (Gao ve diğ., 2013), (Costa ve diğ., 2013), (Chang ve diğ., 2013), (Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Buyukdagli, 2013), (Tonge ve Kulkarni, 2013), (Damodaran ve diğ., 2013), (Y. F. Liu ve Liu, 2013)	(Ziaee, 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013a), (Pugazhenthii ve Anthony Xavior, 2013), (Pan ve diğ., 2013), (Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Buyukdagli, 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013b)		(Lee ve Chung, 2013), (T. Chen ve Li, 2013)
2014	(Naderi ve Ruiz, 2014), (L. Zhang ve Wu, 2014), (J. Xu ve diğ., 2014), (Krishnaraj ve diğ., 2014), (Sheng ve Gu, 2014), (Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014), (Sajadi ve diğ., 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014a), (Saravanan ve diğ., 2014), (Lee ve diğ., 2014), (Pan ve Ruiz, 2014), (D. Gupta ve diğ., 2014), (Keshavarz ve Salmasi, 2014), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2014), (X. Liu ve diğ., 2014), (Ceberio ve diğ., 2014), (Pugazhenthii ve Anthony Xavior, 2014)	(Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014), (Saravanan ve diğ., 2014), (Rossi ve Lanzetta, 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014b), (Hatami ve diğ., 2014),		
2015	(Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015b), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015d), (J. J. Wang ve Zhang, 2015), (Lin ve Ying, 2015), (Dasgupta ve Das, 2015), (J. M. Framinan ve Perez-Gonzalez, 2015), (Sioud ve diğ., 2015), (Hamdi ve Loukil, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015c), (Hamdi ve diğ., 2015), (Neufeld ve diğ., 2015), (Neufeld ve diğ., 2015), (Amirian ve Sahraeian, 2015)	(Hamdi ve Loukil, 2015b), (Amirian ve Sahraeian, 2015), (Hatami ve diğ., 2015), (Hsu ve diğ., 2015)		(Cura, 2015)
2016	(Ince ve diğ., 2016), (Fernandez-Viagas ve diğ., 2016), (Abedinnia ve diğ., 2016), (Bessedik ve diğ., 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016), (X. Li ve Ma, 2016), (W. Duan ve diğ., 2016), (Choi, 2016), (Mansouri ve Aktas, 2016), (B. Liu ve diğ., 2016)	(Henneberg ve Neufeld, 2016), (X. Li ve Ma, 2016), (Santucci ve diğ., 2016), (Bosman ve diğ., 2016), (J. Xu ve diğ., 2016)		

Tablo 2.4: Kullanılan Amaç Fonksiyonları (Devamı).

Yıllar	İş tamamlama	Toplam Akış Zamanı Düşürülmesi	Enerji Tüketimi	Gecikme Süresi
2017	(W. Liu ve diğ., 2017a), (Bargaoui, Belkahla Driss, ve diğ., 2017), (Zangari ve diğ., 2017), (Zhao ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Pan, ve diğ., 2017), (Komaki ve Malakooti, 2017), (Dubois-Lacoste ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Sang ve diğ., 2017), (J. Zheng, 2017), (Yang ve diğ., 2017), (Liefoghe ve diğ., 2017), (Choi, 2017), (Bargaoui, Belkahla Driss, ve diğ., 2017), (Blot ve diğ., 2017), (W. Liu ve diğ., 2017b)	(Bewoor ve diğ., 2017), (Dubois-Lacoste ve diğ., 2017), (Riahi ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Blot ve diğ., 2017)	(Bargaoui, Driss, ve diğ., 2017)	(Y. Wang ve Li, 2017)
2018	(G. Zhang ve diğ., 2018), (Ladj ve diğ., 2018), (W. Liu ve diğ., 2018), (Hatami ve diğ., 2018), (Sang ve diğ., 2018), (B. Wang ve diğ., 2018), (Wu ve diğ., 2018), (Y. Wang ve diğ., 2018), (Baiocchi ve diğ., 2018), (Muştu ve Eren, 2018), (Sioud ve Gagné, 2018), (Dhouib ve diğ., 2018), (J. H. Duan ve diğ., 2018), (Öztop ve diğ., 2018), (Y. J. Zheng ve diğ., 2018), (Blot ve diğ., 2018)	(Irurozki ve diğ., 2018), (Peng ve diğ., 2018), (Baiocchi ve diğ., 2018), (Aalvanger ve diğ., 2018), (Blot ve diğ., 2018), (Hernando ve diğ., 2018)		
2019	(Riahi ve diğ., 2019), (Blot ve diğ., 2019), (Ruiz ve diğ., 2019), (Ramezani ve diğ., 2019), (Pan ve diğ., 2019)	(Pagnozzi ve Stütze, 2019), (Nagano ve diğ., 2019)	(Ramezani ve diğ., 2019)	

2.4 Kullanılan Veri Setleri

Araştırmacılar üzerinde çalıştıkları algoritmaları çeşitli şartlara karşı değerlendirme ihtiyaçları duymaktadırlar. Geliştirilen algoritmaların iş ve makine sistemlerinde bir iş kümesinde değerlendirilmeleri için çeşitli türlerde veri setleri oluşturulmuştur. Bilinen veri setlerinden en yaygın kullanıma sahip olan veri seti Taillard veri seti olmuştur. Taillard oluşturduğu iş ve makine sistemleriyle algoritmaların bilgisayar üzerinde iş düzenlerinde denenmesine olanak sağlamaktadır.

Veri setlerin bir bölümü fabrika şartlarında da çalışılmak istenen alana özel geliştirilmektedir. Çalışılması gereken alana uygun veri setleri diğer veri setleri olarak adlandırılmaktadır. Çalışmalarda verilen bilgiler doğrultusunda tahmin, tarama yöntemiyle sektörel düzenlemeler için gerekli veri setleri diğer veri setlerine örnek olarak değerlendirilebilmektedir. Tablo 2.5’de literatürde en çok kullanılan veri seti olan Taillard veri seti ile diğer veri setlerini kullanarak geliştirdikleri algoritmaları test eden çalışmalar listelenmiştir.

Tablo 2.5: Kullanılan Veri Seti.

Yıllar	Taillard	ONVG, Fama & French ve DİĞER
1986-1990		(H. Das ve diğ., 1990), (Frieze ve Yadegar, 1989), (J. N. D. Gupta ve Darrow, 1986)
1991-1995		(S. R. Das ve diğ., 1995), (W. Han ve Dejax, 1994), (Morizawa ve diğ., 1994), (Kim, 1993), (Lahiri ve diğ., 1993), (Rahendran ve Chaudhuri, 1992), (Proust ve diğ., 1991), (Tandon ve diğ., 1991)
1996-2000	(J. N. Gupta ve diğ., 1997), (Woo ve Yim, 1998), (Armentano ve Ronconi, 1999), (Smutnicki, 1998), (Koulamas, 1998)	(J. V. Moccellini ve Dos Santos, 2000), (Schaller ve diğ., 2000), (J. N. D. Gupta ve diğ., 2000), (Sivrikaya-Şerifoğlu ve Ulusoy, 1998), (J. N. D. Gupta, 1997), (Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1996, 1997)
2001		(Gowrishankar ve diğ., 2001), (Rajendran ve Ziegler, 2001), (Koulamas ve Kyparisis, 2001)
2002	(S. Liu ve Ong, 2002)	
2003		(Rajendran ve Ziegler, 2003) , (Pugazhendhi ve diğ., 2003)
2004	(Armentano ve Arroyo, 2004), (Rajendran ve Ziegler, 2004)	(Swaminathan ve diğ., 2004), (Iyer ve Saxena, 2004), (Pugazhendhi ve diğ., 2004)
2005	(Varadharajan ve Rajendran, 2005), (Rajendran ve Ziegler, 2005), (J. M. Framinan ve diğ., 2005), (Ruiz ve diğ., 2005),	(W. Zhang ve diğ., 2005), (Kumar ve diğ., 2005), (Rojanapibul ve Pichitlamken, 2005), (França ve diğ., 2005)
2006	(Gajpal ve Rajendran, 2006), (Huang ve diğ., 2006)	(J. N. D. Gupta ve Schaller, 2006), (Yuan ve diğ., 2006), (Fondrevelle ve diğ., 2006), (J. M. Framinan ve Leisten, 2006)
2007	(Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2007), (Pasia ve diğ., 2007), (Ruiz ve Stütze, 2007), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2007)	(D. Laha ve Chakraborty, 2007), (He ve diğ., 2007), (Swaminathan ve diğ., 2007), (Huang ve diğ., 2007), (K. C. Ying ve Lin, 2007), (Chakraborty ve Laha, 2007)
2008	(Kalczynski ve Kamburowski, 2008), (Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2008), (Nagano ve diğ., 2008), (Saravanan ve diğ., 2008), (Pan ve diğ., 2008), (Jarboui ve diğ., 2008)	(Sadjadi ve diğ., 2008), (Dong ve diğ., 2008), (K. C. Ying, 2008), (Ruiz-Torres ve Centeno, 2008), (Mirabi ve diğ., 2008), (C. T. Tseng ve diğ., 2008)
2009	(Rajendran ve Ziegler, 2009), (Perez-Gonzalez ve Framinan, 2009), (Dong ve diğ., 2009a), (Rad ve diğ., 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009a), (T. Y. Chen ve Chen, 2009), (Dong ve diğ., 2009b), (Qiu ve diğ., 2009), (Y. Zhang ve diğ., 2009), (Vallada ve Ruiz, 2009)	(X. Wang ve Tang, 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009b), (Wu ve Lee, 2009),
2010	(Kellegöz ve diğ., 2010)	(Naderi ve Ruiz, 2010), (Naderi ve diğ., 2010), (X. Wang ve Tang, 2010)
2011	(Marmion ve diğ., 2011), (Dong, Chen, ve diğ., 2011), (J. H. Duan ve diğ., 2011), (M. F. Tasgetiren, Q. K. Pan, P. N. Suganthan, ve T. Jin Chua, 2011), (L. Li ve diğ., 2011)	(B. Wang ve Li, 2011), (Chung ve Tong, 2011), (Q. Liu ve diğ., 2011), (H. Liu ve diğ., 2011)
2012	(W. Liu, 2012), (Z. Zhang ve Jing, 2012), (Sang ve Duan, 2012), (Ravetti ve diğ., 2012), (Y. M. Chen ve diğ., 2012)	(M. F. Tasgetiren ve diğ., 2012), (Chung ve Tong, 2012)
2013	(T. Chen ve Li, 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013a), (K. C. Ying ve Lin, 2013), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Ziaee, 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013b), (Marinakis ve Marinaki, 2013b), (Y. Y. Han ve diğ., 2013), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2013), (Gao ve diğ., 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013a), (Chang ve diğ., 2013)	(Pugazhenthhi ve Anthony Xavior, 2013), (Damodaran ve diğ., 2013), (Lee ve Chung, 2013), (Tonge ve Kulkarni, 2013), (Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Buyukdagli, 2013), (Costa ve diğ., 2013), (Y. F. Liu ve Liu, 2013), (Pan ve diğ., 2013)

Tablo 2.5: Kullanılan Veri Seti (Devamı).

Yıllar	Taillard	ONVG, Fama & French ve DİĞER
2014	(J. Xu ve diğ., 2014), (Naderi ve Ruiz, 2014), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2014), (L. Zhang ve Wu, 2014), (Krishnaraj ve diğ., 2014), (Ceberio ve diğ., 2014), (Sheng ve Gu, 2014), (Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014), (Sajadi ve diğ., 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014a), (Saravanan ve diğ., 2014)	(Pan ve Ruiz, 2014), (Pugazhenthii ve Anthony Xavier, 2014), (Mascia ve diğ., 2014), (Rossi ve Lanzetta, 2014), (D. Gupta ve diğ., 2014), (Keshavarz ve Salmasi, 2014), (Hatami ve diğ., 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014b), (Lee ve diğ., 2014), (X. Liu ve diğ., 2014)
2015	(J. J. Wang ve Zhang, 2015), (Hamdi ve Loukil, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015c), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015b), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015d), (Hsu ve diğ., 2015), (Dasgupta ve Das, 2015), (Cura, 2015), (J. M. Framinan ve Perez-Gonzalez, 2015), (Sioud ve diğ., 2015)	(Neufeld ve diğ., 2015), (Amirian ve Sahraeian, 2015), (Hatami ve diğ., 2015), (Hamdi ve diğ., 2015)
2016	(Ince ve diğ., 2016), (Fernandez-Viagas ve diğ., 2016), (Abedinnia ve diğ., 2016), (Santucci ve diğ., 2016), (Bessedik ve diğ., 2016), (Bosman ve diğ., 2016), (Henneberg ve Neufeld, 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016), (X. Li ve Ma, 2016)	(B. Liu ve diğ., 2016), (J. Xu ve diğ., 2016), (W. Duan ve diğ., 2016), (Choi, 2016), (Mansouri ve Aktas, 2016)
2017	(W. Liu ve diğ., 2017a), (Y. Wang ve Li, 2017), (Zhao ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Pan, ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Kizilay, ve diğ., 2017), (Bewoor ve diğ., 2017), (Bargaoui, Belkahla Driss, ve diğ., 2017), (Riahi ve diğ., 2017), (Zangari ve diğ., 2017), (Blot ve diğ., 2017), (W. Liu ve diğ., 2017b), (Komaki ve Malakooti, 2017), (Dubois-Lacoste ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Bargaoui, Driss, ve diğ., 2017)	(Sang ve diğ., 2017), (Yang ve diğ., 2017), (Liefoghe ve diğ., 2017), (J. Zheng, 2017), (Choi, 2017)
2018	(G. Zhang ve diğ., 2018), (W. Liu ve diğ., 2018), (Sang ve diğ., 2018), (B. Wang ve diğ., 2018), (Wu ve diğ., 2018), (Y. Wang ve diğ., 2018), (Y. J. Zheng ve diğ., 2018), (Baiolletti ve diğ., 2018), (Sioud ve Gagné, 2018), (Ladj ve diğ., 2018), (Hatami ve diğ., 2018), (Peng ve diğ., 2018), (Irurozki ve diğ., 2018), (Aalvanger ve diğ., 2018), (Muştu ve Eren, 2018), (Blot ve diğ., 2018)	(Öztop ve diğ., 2018), (Hernando ve diğ., 2018), (Dhouib ve diğ., 2018), (J. H. Duan ve diğ., 2018), (X. Li ve diğ., 2018)
2019	(Pan ve diğ., 2019), (Blot ve diğ., 2019), (Ramezani ve diğ., 2019), (Pagnozzi ve Stütze, 2019), (Riahi ve diğ., 2019)	(Nagano ve diğ., 2019), (Ruiz ve diğ., 2019)

2.5. Çözüm Yaklaşımlarına Göre Sınıflandırılması

Çizelge probleminin çözülmesi için yöntemler iki ana başlığa ayrılmıştır. Yöntemlerden ilki kesin çözüme ulaşmadır. Kullanılan tekniklerle problemin çözümü için kesin sonuçlara ulaşılması amaçlanır. Problemin çözümü için en etkin değerlere ulaşılmaktadır. İkinci teknik ise çözüme yaklaşmadır. Çizelgeleme problemi için ulaşılabilecek değerler, kesin bir çözüm sunulmasa da çözüm için yaklaşık bir değer

oluşturur. Tablo 2.6’da araştırılan çalışmalar çözüm bulma yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır.

2.5.1 Kesin Çözüm Bulma

Kullanılan yöntemler problemin çözümünde kesin sonuçlar sağlamaktadır. Büyük problemlerde kesin sonuçların sağlanması mümkün olmadığı için, genellikle küçük boyuttaki problemlerde etkili olarak kullanılmaktadır. Kesin çözümün oluşturulması için uygulanan teknikler sonucu en uygun seviyeye çıkarmaktadır. Matematiksel yöntemlerden doğrusal, tamsayı veya kombinasyonel programlama ve dal-sınır algoritması kesin çözüm bulma metotlarına örnek verilebilir. Büyük boyutlu problemlerde sonuca ulaşılması çok uzun sürmektedir. Çözüm bulunacak problemin karmaşıklık düzeyi arttıkça, kesin çözüme ulaşılması imkansızlaşmaktadır.

Tablo 2.6: Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırılması.

Yıllar	Kesin Çözüm
1986-1990	(Frieze ve Yadegar, 1989), (J. N. D. Gupta ve Darrow, 1986)
1991-1995	(Smutnicki, 1998), (Proust ve diğ., 1991), (Tandon ve diğ., 1991)
1996-2000	(Schaller ve diğ., 2000), (Sivrikaya-Şerifoğlu ve Ulusoy, 1998), (J. N. D. Gupta, 1997), (Sharadapriyadarshini ve Rajendran, 1996, 1997)
2003	(Pugazhendhi ve diğ., 2003)
2005	(J. M. Framinan ve diğ., 2005)
2007	(Huang ve diğ., 2007), (D. Laha ve Chakraborty, 2007)
2008	(K. C. Ying, 2008), (Ruiz-Torres ve Centeno, 2008),
2010	(Naderi ve diğ., 2010),
2013	(Lee ve Chung, 2013)
2015	(Neufeld ve diğ., 2015), (Amirian ve Sahraeian, 2015),

2.5.2 Kesin Olmayan Çözüm Bulma

Kullanılan yöntemler büyük bir problemin çözüme yaklaşmasına olanak sağlamaktadır. Problemin çözüm yollarına göre en uygun sonuca yaklaşılmasını amaçlayan yöntemlerdir. Uygun sonuca en fazla yaklaşan teknik kabul görmektedir. Büyük problemlerin kesin çözüme ulaşılması pek mümkün olmadığı için çözüme en uygun değerlerde sezgisel ve metasezgisel yöntemlerle çalışılmaktadır.

Çözüm geliştirmeye yönelik sezgisel (metasezgisel) algoritmalar her türlü büyük problemlerde kesin sonuçlar veremeseler de en etkin ve çözüme en yakın sonuçları ortaya çıkarmakta ve verimli değerler ortaya koymaktadırlar (Talbi, 2002).

Kullanılan metasezgisel teknikler sadece probleme ait değil bütün benzer problemler için iyi sonuçlar verebilmektedir (Osman ve Laporte, 1996).

Akış tipi çizelgelemede oluşan problemlerin karmaşık ve büyük olması sezgisel ve metasezgisel yöntemlerin geliştirilmesini ortaya çıkarmıştır. Çizelgelemede karmaşıklık arttıkça uygun çözümlere yaklaşılması çok daha zor olmaktadır. Sezgisel yöntemler genelde iki grup halinde incelenmektedir: Sezgiseller çözüm kurucu ve çözüm geliştirici sezgisel olarak gruplanabilir (Ruiz ve diğ., 2005).

Çözüm kurucu sezgiseller genel özellikleri şu şekilde sıralanabilmektedir: Uygun çözümlerin bulunabilmesi için bir döngü halinde olmadan bir seferde araştırma yapmaktadır. Çözüm kurucu yöntemleri genel olarak küçük bir çözüm oluşturmakta ve basamaklar halinde çözüme yaklaştırmaya çalışılmaktadır. Bulunan her çözüm basamakları genel çözüme eklenerek en iyi sonuç elde edilmesi amaçlanmaktadır. İlk oluşturulan küçük çözüme hangi yeni bilgilerin ekleneceği sezgisel olarak belirlenmektedir. Oluşturulan her basamakta yeni çözüm parçacıkları genel çözüm için sezgisel olarak belirlenir ve genel çözüm parçacıkları kısmi bulunan çözüme eklenir.

Permütasyon çizelgeleme problemleri için çözüm arayışında ilk oluşturulan algoritma Johnson algoritmasıdır. Johnson algoritmasının ortaya çıkmasıyla birçok araştırmacı bu algoritmadan yola çıkarak yeni algoritmalar ortaya çıkarmıştır (Page, 1961; Dudek ve Teuton, 1964). Permütasyon çizelge problemlerinde n iş için m makine probleminde çözüm yollarıyla ilgili (Palmer, 1965), iş tamamlama zamanını en aza indirmek için çalışma yapmıştır. Yapılan her iş için bir ağırlık veya alan indeksi oluşturmuş ve buna göre bir sıralama ortaya koymuştur. Johnson algoritmasını inceleyerek (Campbell, Dudek ve Smith, 1970), CDS olarak tanımlanan ve bilinen algoritmayı oluşturmuşlardır. CDS algoritması temelde Johnson algoritması kullanmış ve sezgisel olarak geliştirmiştir. Kullanılan yöntemde iki farklı makine grubu oluşturulur ve makineler bu iki farklı gruba dahil edilir ve iki makinalı sistem olarak kabul edilir. İki makinalı sistem şeklinde uygulandığı için $m-1$ sayıda çizelgeleme oluşturulması yeterli olur. Oluşturulan algoritma Palmer'in oluşturduğu algoritmayla kıyaslanmıştır ve Palmer'in algoritmasından daha verimli sonuçlar elde etmiştir. Palmer'in indeks yöntemini temel alarak Gupta (1971), yapılan tekniklerle çözülemeyen m makinalı problemler için çözüm yaklaşımı sunan yeni sezgisel algoritmalar oluşturmuştur. Gupta (1972) çizelgeleme problemlerinin çözümü için n

iş ve m makine problemlerinin çözümü için üç farklı sezgisel algoritma ortaya koymuştur. Ortaya konulan üç algoritma tamamlanma zamanı ve ortalama akış süresi gibi kriterlerle CDS algoritmasıyla kıyaslanmış ve ortalama akış zamanı için iyi sonuçlar vermiştir. Yapılan araştırmalarla Johnson ve Palmer'in altyapısını kullanmayan yeni algoritmalar da ortaya konulmuştur. Temel almadan yeni üretilen ilk algoritma (King ve Spachis, 1980) yılında yapılmıştır. King ve Spachis, beklemez PATÇ için dağıtım kuralına bağlı beş farklı sezgisel algoritma geliştirmiştir. Farklı bir yaklaşım da (Hyer, 1982) tarafından sunulmuştur. İş tamamlama zamanını indirmek amacıyla gezgin satıcı probleminden yola çıkarak PATÇ için altı farklı algoritma geliştirmişler ve 50 iş 50 makineye kadar olan problemlerde yöntemleri test etmişlerdir. Hundal ve Rajgopal (1988), Palmer'in sezgisel yaklaşımını temel alarak CDS algoritmasının hızını örnekleyen başka bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritmanın hesaplama süresi oldukça düşük olması ile CDS algoritmasıyla kıyaslandığında daha verimli sonuçlar vermektedir. Yapılan deneme veri seti olarak 150 iş 20 makine şeklinde uygulanmıştır.

NEH (Nawaz, Ensore ve Ham) algoritması sezgisel problemlerin çözümünde kullanılmak için Nawaz, Ensore ve Ham tarafından geliştirilen ve tasarlanan bir algoritmadır. Liu ve diğ. (2018), Liu ve diğ. (2017a), Zheng (2017), Liu ve diğ. (2017b), Danilovic ve Ilic (2016), Sheng ve Gu (2014), Tonge ve Kulkarni (2013), Pugazhenthı ve Anthony Xavier (2014), Ying ve Lin (2013), Gao ve diğ., (2013), Liu ve Liu (2013), Sang ve Duan, (2012), Chung ve Tong (2012), Marmion ve diğ. (2011), Chung ve Tong (2011), Mirabi (2011), Rad ve diğ. (2009), Dong ve diğ. (2008), Kalczynski ve Kamburowski (2008), Nagano ve diğ. (2008), Chakraborty ve Laha (2007), Framinan ve Leisten (2006), Gajpal ve Rajendran (2006), Armentano ve Ronconi (1999), Koulamas (1998), Lahiri ve diğ. (1993) permütasyon çizelgeleme problemlerinde NEH algoritmasını başlangıç çözümü için temel alarak iş tamamlama zamanını düşürmek için algoritma geliştirmişlerdir.

Suliman (2000) iki adımdan oluşan bir çözüm algoritması geliştirmiştir. Birinci adımda CDS algoritmasıyla bir çizelgeleme sonucu bulunur. İkinci adımda birinci adımda bulunan çizelgelemeyle iş değişimi algoritmasıyla tamamlanma süresi kısaltılır. Pour (2001) akış zamanını düşüren bir algoritma geliştirmiştir. Tasarladığı algoritmayı çeşitli büyüklükte 2000 problemde denemiştir. Deneme sonucunda elde

edilen sonuçlarla üç farklı sezgisel yöntemle kıyaslamış ve büyük problemlerde tasarladığı algoritmanın daha verimli olduğunu kanıtlamıştır. Framinan, Leisten ve Rajendran (2003) tasarladıkları algoritmada NEH tekniğini kullanmışlardır. Kullandıkları teknikle akış zamanı toplamını, makinalardaki boş zaman toplamını ve tamamlanma süresini düşürmek amaçla yenilemiştir. Oluşturdukları algoritmada 177 farklı başlama sırası kurarak performansını değerlendirmişlerdir. Oluşturulan yeni algoritma önceden tasarlanan algoritmalara göre daha verimli olmuştur. Dong ve diğ. (2008) permütasyon çizelgeleme modelinin çözümü için NEH algoritmasını ele alarak NEH-D isimli yeni bir algoritma ortaya koymuşlardır. Tasarlanan algoritmada başlangıç işlemi için işlem zamanı ortalaması ve standart sapmalar hesaplanarak ele alınır. Oluşturulan teknikle tüm makinaların yoğunlukları eşitlenmiş olur. Tasarlanan algoritmanın değerlendirilmesi sonucunda 500 iş 20 makinaya kadar karşılaştırma yapıldığında NEH-D, NEH'ten daha iyi değerler vermiştir. Kalczynski ve Kamburowski (2008) permütasyon çizelgeleme problemleri için Johnson algoritmasını temel olarak bir bağ kurma kuralı ekleyerek yeni bir algoritma tasarlamışlardır. Oluşturulan algoritma tamamlanma süresini ve önceliği düzenlemeyi amaçlamaktadır. Tasarlanan algoritma NEH ile kıyaslanmıştır ve farklı büyüklükte problemler için oluşturulan algoritma daha iyi sonuçlar elde etmiştir.

Dipak Laha ve Sarin (2009) akış zamanının düşürülmesi için Framinan ve Leisten tasarladıkları algoritmayı düzenleyerek permütasyon çizelgeleme problemi için çözüm sağlamaya çalışmışlardır. Kullanılan algoritmanın performansını artırmıştır. Büyük ve küçük problemlerde daha verimli değerler oluşturmuştur. Ribas, Companys ve Tort-Martorell (2010) permütasyon çizelgeleme işlemi için üç adımlı bir yöntem ortaya çıkarmışlardır. Algoritmaların amacı tamamlanma süresini en aza indirmektir. İlk iki adımda NEH algoritması temel alınmıştır. Son adım iteratif bir yerel arama yöntemi içerir. Algoritma Taillard veri setiyle denemiş ve sonuçlarının verimli olduğu gözlenmiştir. Dipak Laha ve Chakravorty (2011) permütasyon çizelgeleme problemleri için işlerin iş tamamlama zamanını düşürecek bir algoritma geliştirmişlerdir. Tasarlanan algoritma popülasyonu temel olarak NEH algoritmasında eklenti kuralına dayanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanan algoritma Framinan–Leisten ve Woo–Yim tasarladığı algoritmalarla kıyaslanmıştır. Algoritmanın problemler karşısında Woo–Yim'in tasarladığı algoritmadan daha verimli olduğu görülmüştür. Algoritmanın kıyaslamada küçük problemlerde Framinan–Leisten sezgiselinden daha

iyi olduğu ortaya çıkmıştır. Algoritmanın büyük çaplı problemlerde daha kötü verim verdiği görülmüştür. Baker ve Altheimer (2012) işlem zamanları olasılıklı dağılımla belirlenen akış tipi çizelgeleme problemleri için sezgisel algoritmalar geliştirmişlerdir. Tamamlanma süresinin düşürülmesi için geliştirilmiş üç ayrı algoritmadan iki tanesi CDS ve Johnson yöntemlerine dayanmaktadır. Üçüncü sezgisel ise NEH algoritmasını temel almıştır. Çeşitli problemlerde test edilerek iyi sonuçlar ortaya konduğu gözlenmiştir.

Makine çizelgeleme problemleri ya da akış çizelgeleme problemleri için çok sayıda metasezgisel algoritma tasarlanmıştır. Zhao ve diğ. (2017) düzenlenmiş aç gözlü algoritma, Tonge ve Kulkarni (2013) evrimsel algoritma, Sheng ve Gu (2014), Nagano ve diğ. (2008), Pugazhenthı ve Anthony Xavier (2014) genetik algoritma, Danilovic ve Ilic (2016) genelleştirilmiş yapıcı algoritma, Gao ve diğ., (2013), Marmion ve diğ. (2011) yerel arama, Sang ve Duan, (2012) yapay arı kolonisi algoritması, Mirabi (2011), Gajpal ve Rajendran (2006) karınca kolonisi algoritması geliştirmişler ve Taillard veri seti üzerinde test etmişlerdir. Tablo 2.7’de kesin olmayan çözüm yöntemleri çözüm geliştirici ve çözüm kurucu olarak gruplanarak listelenmiştir.

Tablo 2.7: Kesin Olmayan Çözümlerin Sınıflandırılması.

Yıllar	Çözüm Geliştirici Sezgiseller	Çözüm Kurucu Sezgiseller
1996-2000	(J. N. Gupta ve diğ., 1997)	(Armentano ve Ronconi, 1999), (Koulamas, 1998), (Armentano ve Ronconi, 1999), (Smutnicki, 1998)
2004	(Rajendran ve Ziegler, 2004)	(Armentano ve Arroyo, 2004)
2005	(Rajendran ve Ziegler, 2005)	
2006	(Gajpal ve Rajendran, 2006), (Huang ve diğ., 2006)	(Gajpal ve Rajendran, 2006)
2007	(Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2007), (Pasia ve diğ., 2007), (Ruiz ve Stützle, 2007), (M. F. Tasgetiren ve diğ., 2007)	(Pasia ve diğ., 2007)
2008	(Benbouzid-Sitayeb ve diğ., 2008), (Nagano ve diğ., 2008), (Saravanan ve diğ., 2008), (Pan ve diğ., 2008), (Jarboui ve diğ., 2008)	(Kalczynski ve Kamburowski, 2008), (Nagano ve diğ., 2008)
2009	(T. Y. Chen ve Chen, 2009), (Qiu ve diğ., 2009), (Rajendran ve Ziegler, 2009), (Y. Zhang ve diğ., 2009), (Rajkumar ve Shahabudeen, 2009a)	(Rad ve diğ., 2009), (Dong ve diğ., 2009b)
2010	(Kellegöz ve diğ., 2010)	
2011	(Mirabi, 2011), (J. H. Duan ve diğ., 2011), (M. F. Tasgetiren, Q. K. Pan, P. N. Suganthan, ve T. Jin Chua, 2011), (L. Li ve diğ., 2011)	(Marmion ve diğ., 2011), (Dong, Huang, ve diğ., 2011), (Dong, Chen, ve diğ., 2011)
2012	(Y. M. Chen ve diğ., 2012), (W. Liu, 2012), (Z. Zhang ve Jing, 2012), (Sang ve Duan, 2012), (Ravetti ve diğ., 2012)	(Z. Zhang ve Jing, 2012)
2013	(Fatih Tasgetiren, Pan, Suganthan, ve Buyukdagli, 2013), (Marinakis ve Marinaki, 2013b), (Marinakis ve Marinaki, 2013a), (Rossi ve Lanzetta, 2013b), (Y. Y. Han ve diğ., 2013), (Rossi ve Lanzetta, 2013a), (Chang ve diğ., 2013)	(K. C. Ying ve Lin, 2013), (T. Chen ve Li, 2013), (Gao ve diğ., 2013), (Gao ve diğ., 2013)
2014	(L. Zhang ve Wu, 2014), (Naderi ve Ruiz, 2014), (Benbouzid-Si Tayeb ve Belkaaloul, 2014) (Ceberio ve diğ., 2014), (Balasundaram ve diğ., 2014a), (Sheng ve Gu, 2014), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2014)	
2015	(Lin ve Ying, 2015), (Dasgupta ve Das, 2015), (Cura, 2015), (Hsu ve diğ., 2015)	(Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015a), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015d), (Fernandez-Viagas ve Framinan, 2015c),
2016	(Ince ve diğ., 2016), (Abedinnia ve diğ., 2016), (Henneberg ve Neufeld, 2016), (Bosman ve diğ., 2016), (X. Li ve Ma, 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016)	(Danilovic ve Ilic, 2016), (Danilovic ve Ilic, 2016),
2017	(Bewoor ve diğ., 2017), (Dubois-Lacoste ve diğ., 2017), (Bargaoui, Belkahla Driss, ve diğ., 2017), (Blot ve diğ., 2017), (W. Liu ve diğ., 2017b), (Riahi ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Zangari ve diğ., 2017), (Zhao ve diğ., 2017), (M. F. Tasgetiren, Kizilay, ve diğ., 2017), (Y. Wang ve Li, 2017), (Marichelvam ve diğ., 2017)	(W. Liu ve diğ., 2017a), (Zhao ve diğ., 2017), (X. Li ve Ma, 2017), (Blot ve diğ., 2017)
2018	(Ladj ve diğ., 2018), (W. Liu ve diğ., 2018), (Aalvanger ve diğ., 2018), (Y. Wang ve diğ., 2018), (Irurozki ve diğ., 2018), (Peng ve diğ., 2018)	(W. Liu ve diğ., 2018), (Sang ve diğ., 2018), (Blot ve diğ., 2018)
2019	(Ramezani ve diğ., 2019), (Pagnozzi ve Stützle, 2019), (Andrade ve diğ., 2019)	(Pan ve diğ., 2019), (Ramezani ve diğ., 2019)

3. PERMÜTASYON TİPİ AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME PROBLEMİ

Permütasyon çizelgeleme problemi, bütün işlerin makinalara sıralı bir şekilde sürelerine bakılmadan art arda işlenmesi problemidir. Permütasyon çizelgelemede, problemlerin çizelgelemelerinin alınarak programlaması yeterli olmaktadır. Permütasyon akış tipi çizelgeleme probleminden akış süresinin düşürülmesi kriterinde, oluşturulacak bir n işi için $J = \{1,2,\dots,n\}$, aynı sıralama takip edilerek, bir sıra halindeki M makinesinde, $M = \{1,2,\dots,m\}$, Her iş için $j \in J$ ve $m \in M$ olduğunda toplam işlem süresi $p_{jl} > 0$ olmaktadır. İş işlemleri arasında beklemler ve kesintilere izin verilmez ve hesaplamadaki tüm birimler tamsayıdırlar. Herhangi bir S çizelgesi ele alındığında j işinin makinalardaki tamamlanma zamanının gösterilmesi c_{jl} olmaktadır (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019).

İndisler

$i, j \in N$	İşlem bilgileri (iş ve iş sırası)
m	Makine sayısı
$l \in M$	Makine sırası

Parametreler

c_{jl}	İşlerin süreleri
P_{il}	Yapılacak işlerin işlem sırası

Karar Değişkenleri

C_{jm}^{pos}	İşlerin bulunduğu pozisyon
x_{ij}	İşlerin sıra kararları

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar

$\min \sum_{j=1}^n C_{jm}^{pos}$	Amaç fonksiyonu, Tüm işlerdeki (1) toplam tamamlanma süresine en aza düşürmeyi amaçlar.
----------------------------------	---

k.a.

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j \in \{1, \dots, n\}, \quad \text{İş sıralarının belirlenmesi} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}, \quad \text{İşlerin sıralanması} \quad (3)$$

$$C_{jl}^{pos} \geq C_{j-1,l}^{pos} + \sum_{i=1}^n p_{il} X_{ij} \quad \forall j \in \{1, \dots, n\}, \quad \text{Önceki ve sonraki işin bir} \quad (4)$$

$$\forall l \in \{1, \dots, m\}, \quad \text{makinede aynı anda karşılaşmasını} \\ \text{önler}$$

$$C_{j,l+1}^{pos} \geq C_{jl}^{pos} + \sum_{i=1}^n p_{i,l+1} X_{ij} \quad \forall l \in \{1, \dots, m-1\}, \forall j \in \{1, \dots, n\}, \quad \text{İşin bitirilmeden önceki işin} \quad (5)$$

$$\text{makinarya alınmasını önler}$$

$$C_{jl}^{pos} \geq 0 \quad \forall l \in \{1, \dots, m\}, \quad \text{İş sıralarının başlangıç} \quad (6)$$

$$\forall j \in \{1, \dots, n\}, \quad \text{büyüklüğünü gösterir}$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in \{1, \dots, n\}, \quad \text{İş sıra karar kümesini gösterir} \quad (7)$$

Denklem (1) ile verilen amaç fonksiyonu tüm işlerin tamamlanma zamanlarının toplamını en aza indirmeyi amaçlar. Denklem (2) ve denklem (3) ile verilen kısıtlar her işin bir pozisyona atanmasını sağlar. Denklem (4) ile verilen kısıt, bir işin ve kendisinden sonra gelen işin bir makinede üst üste binmesini önler. Denklem (5) ile verilen kısıt, bir işin bir makinede önceki makinede tamamlanmasından önce işlenememesini sağlar. Denklem (6) ve denklem (7) ile verilen kısıtlar da değişkenlerin tanım alanını verir.

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN ALGORİTMALAR

4.1 NEH (Nawaz, Enscore ve Ham) Algoritması

NEH algoritması 1983 yılında, Nawaz, Enscore ve Ham tarafından maksimum tamamlanma zamanının düşürülmesi performans ölçütü permütasyon çizelgeleme problemi için önerilmiştir. NEH yönteminin temel düşüncesi, tüm makinelerdeki toplam işlem zamanı en yüksek olan işlere öncelik verilmesidir. Diğer bir deyişle, en büyük toplam işlem zamanına sahip işin diğer işlere göre öncelikli olması varsayımını gütmektedir. Genel NEH algoritmasının adımları verilmiştir (Nawaz, Enscore, ve Ham, 1983).

Algoritma: NEH

Başla

Yapılacak olan her işin makinelerdeki toplam yapılma süresi değerlerine göre en uzundan en kısaya sırala ve ilk iki işi çözüme ata.

Tüm işler yerleştirilene kadar tekrarla:

- i. Bir önceki adımda oluşturulan listeden ilk ikisi alınır ve olası iki çizelgeden en küçük maksimum tamamlanma zamanına sahip olan belirlenir. Takip eden iterasyonlarda belirlenen bu pozisyon sabitlenir ve listedeki toplam işlem zamanı en büyük olan diğer bir iş eklenir. Seçilen bu iş mümkün olan tüm pozisyonlara yerleştirilerek, kısmi maksimum tamamlanma zamanı en küçük olan çizelge seçilir.

Bitir

Şekil 4.1: Genel NEH Algoritması Adımları.

DKA kombinasyonel optimizasyon problemlerin çözümü için kullanılan metasezgisel bir yöntemdir. Değişken komşuluk arama algoritması ilk kez 1997 tarihinde Pierre Hansen ve Nenad Mladenovic araştırmaları sonucunda tasarlanmıştır (Mladenović ve Hansen, 1997). Değişken komşuluk arama algoritması çeşitli komşuluk yapıları kullanarak tek bir çözüme yönelik iteratif olarak çalışır.

N_k , ($k = 1, \dots, k_{max}$) ve $N_k(x)$ sırasıyla komşuluk yapıları kümesini ve x çözümünün k . komşuluktaki çözüm kümesini ifade ederken, DKA arama algoritmasının temel adımları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Algoritma: Değişken Komşuluk Arama

Başla

Komşuluk yapılarını belirle N_k , ($k = 1, \dots, k_{maks}$)

Başlangıç çözümünü ve durdurma koşulunu belirle

Durdurma koşulu gerçekleşinceye kadar aşağıdaki adımları tekrarla:

1. $k \leftarrow 1$ olarak belirle

2. $k = k_{maks}$ oluncaya kadar aşağıdaki adımları tekrarla

ii. Çalkalama: x çözümünün k .komşuluğuna ait bir x' çözümü oluştur ($x' : N_k(x)$)

iii. Yerel arama: Oluşturulan x' çözüme yerel arama uygula ve bulunan yerel en iyi çözümü x'' olarak belirle.

iv. Eğer bulunan yerel en iyi çözüm mevcut çözümden daha iyiyse, $x = x''$ yap ve aramaya başlangıç komşuluk yapısı ile devam et. Aksi takdirde, komşuluk yapısını bir arttır: $k \leftarrow k + 1$

Bitir

Şekil 4.2: Genel Değişken Komşuluk Arama Algoritması Adımları (Hansen ve Mladenović, 2001).

4.2. Geliştirilen Çözüm Yaklaşımı

Geliştirilen çözüm yaklaşımı için sözde kod Şekil 4.3’de verilmiştir. Başlangıç çözümü (W) NEH algoritması ile elde edilmektedir (Şekil 4.3, Adım 12).

Çalkalama aşamasında (Şekil 4.3, Adım 16), önceden belirlenen komşuluk yapılarından rassal sırada seçilen bir yapı ile yeni bir çözüm ($W_S: N_k(W)$) elde edilmektedir. Çalkalama aşamasında amaç komşuluk yapılarını kullanarak çözüm uzayında bir çözümden başka bir çözüme zıplamaktır. Bu sayede, mevcut çözüm komşuluğundaki bir alanda yerel arama yapılmasının zemini hazırlanmış olur.

```

1: Algoritma: DKA
2: Girdi: Veri seti
3: Çıktı: İş Akış Çizelgesi ( $W_{GB}$ : Bulunan en iyi çözüm)
4:  $W$ : Başlangıç çözümü
5:  $W_S$ : Çalkalama sonrasında elde edilen çözüm
6:  $W_L$ : Yerel arama sonrasında elde edilen çözüm
7:  $W_P$ : Pertürbasyon sonrasında elde edilen çözüm
8:  $W_{GB}$ : Global en iyi çözüm
9:  $ilimit$ : Pertürbasyon işleminin devreye alınması için belirlenen iterasyon limiti parametresi
10: Başla
11: Komşuluk yapılarını belirle  $N_k, k = 1, \dots, k_{maks}$ 
12: NEH algoritması ile bir başlangıç çözümü ( $W$ ) elde et.
13: Maksimum iterasyon sayısına ulaşıncaya kadar aşağıdaki adımları TEKRARLA
14:    $k \leftarrow 1$  olarak belirle
15:    $k = k_{maks}$  oluncaya kadar aşağıdaki adımları TEKRARLA
16:     Çalkalama:  $W$ 'nin  $k$ . komşuluğundan bir  $W_S$  çözümü oluştur( $W_S: N_k(W)$ )
17:     Eğer  $W_S$  çözümü  $W$ 'den daha iyi değil ise
18:       Yerel Arama:  $W_S$  çözümüne yerel arama uygula ve  $W_L$  çözümünü elde et ( $W_L: N_k(W_S)$ )
19:     Bitir eğer
20:     Eğer yerel arama VEYA çalkalama adımlarında bir iyileşme kaydedildi ise
21:        $W \leftarrow W_S$  VEYA  $W \leftarrow W_L$ 
22:        $k \leftarrow 1$ 
23:     Aksi halde
24:        $k \leftarrow k + 1$ 
25:     Bitir eğer
26:   Bitir
27:   Eğer  $W_{GB}$  iyileştirildi ise
28:      $W_{GB} \leftarrow W$  ve  $ilimit \leftarrow 0$ 
29:   Aksi halde
30:      $ilimit \leftarrow ilimit + 1$ 
31:   Bitir eğer
32:   Eğer  $ilimit > ilimit$  ise
33:      $W_{GB}$  çözümüne pertürbasyon uygula ve  $W_P$  çözümünü elde et
34:      $W \leftarrow W_P$ 
35:   Bitir eğer
36: Bitir

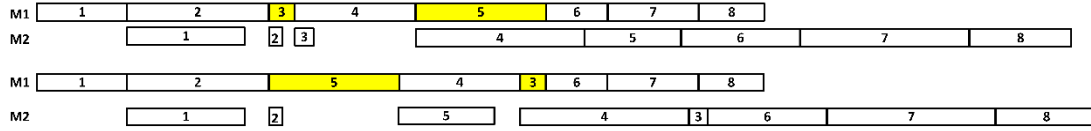
```

Şekil 4.3: Geliştirilen çözüm yaklaşımı için sözde kod.

Bu tezde geliştirilen DKA yaklaşımının çalkalama aşamasında kullanılan komşuluk yapıları (değiştirme (DEĞ), yerleştirme (YER), kesilmiş NEH (KNEH), yık-yap (YY) ve tersine çevirme(TER)) aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır:

▪ Değişirme (DEĞ) Komşuluk Yapısı

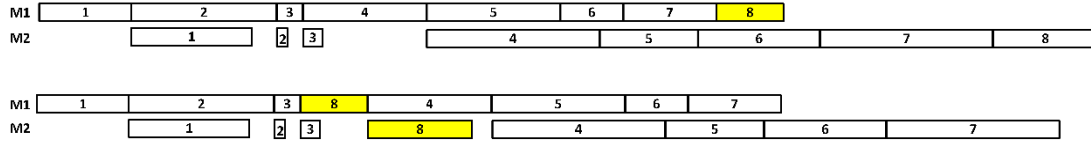
Değişirme komşuluk yapısı ile belirlenen çözümdeki (çizelgedeki) sıralamanın rasgele seçilen iki pozisyonundaki işlerin yer değiştirilmesi sağlanır (Taşgetiren, Sevkli, Liang ve Gençyılmaz, 2004). Şekil 4.4'te değişirme komşuluk yapısı örnek üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Değişirme Komşuluk Yapısı (DEĞ).

▪ Yerleştirme (YER) Komşuluk Yapısı

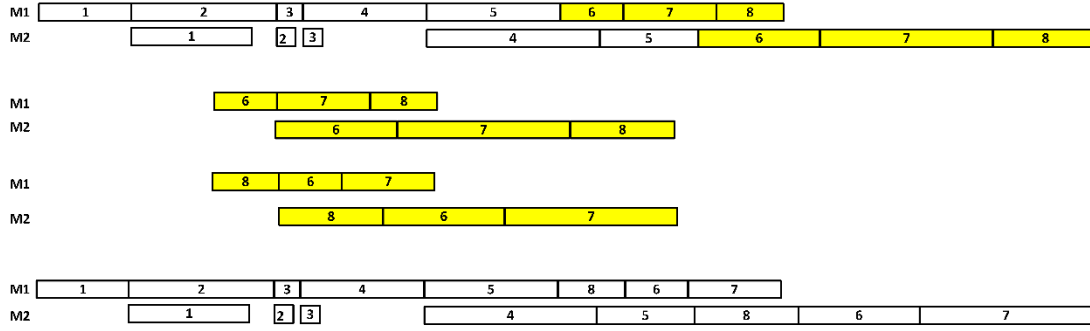
Yerleştirme komşuluk yapısı ile belirlenen çözümdeki (çizelgedeki) sıralamanın rasgele seçilen bir pozisyonundaki işin rasgele seçilen başka bir pozisyona yerleştirilmesi sağlanır (Mattila, Hyväluoma, Rossi, Aspnäs ve Westerholm, 2007). Şekil 4.5'te yerleştirme komşuluk yapısı örnek üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Yerleştirme Operatörü.

▪ Kesilmiş NEH (KNEH) Komşuluk Yapısı

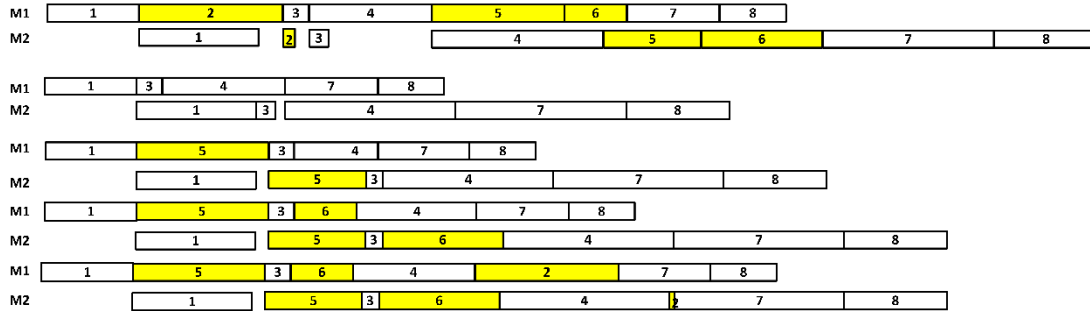
Kesilmiş NEH komşuluk yapısı ile rasgele iki pozisyon belirlenerek, bu iki pozisyon arasında kalan işler NEH algoritmasına tabi tutulur (Nishi, Hiranaka ve Inuiguchi, 2010). Şekil 4.6'da kesilmiş NEH komşuluk yapısı örnek üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Kesilmiş NEH Operatörü.

▪ Yık-Yap (YY) Komşuluk Yapısı

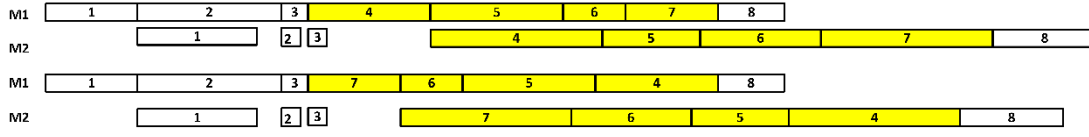
Yık-Yap komşuluk yapısı ile rassal olarak belirlenen üç farklı pozisyondaki işlerin mevcut çözümdeki (çizelgedeki) sıralamadan çıkarılıp, iş tamamlanma sürelerine göre tekrar en uygun pozisyona sırasıyla yerleştirilmesi sağlanır (Taşgetiren, Pan, Suganthan ve Chen, 2011). Şekil 4.7'de yık-yap komşuluk yapısı örnek üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.7: Yık-Yap (YY) komşuluk yapısı.

▪ Tersine Çevirme (TER) Komşuluk Yapısı

Tersine çevirme komşuluk yapısı ile belirlenen çözümdeki (çizelgedeki) sıralamanın rasgele seçilen iki pozisyonun arasındaki işlerin sıralamasının tersine çevrilmesi sağlanır (McGovern ve Gupta, 2004). Şekil 4.8'de tersine çevirme komşuluk yapısı örnek üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Tersine Çevirme (TER) Komşuluk Yapısı.

Yerel arama aşamasında (Şekil 4.3, Adım 18), çalkalama aşamasından gelen çözüme farklı bir komşuluk yapısı uygulanarak yeni bir çözüm elde edilir ($W_L: N_k(W_S)$). Yerel arama aşamasında ise, en iyi değiştirme (EDEĞ) ve en iyi yerleştirme (EYER) komşuluk yapıları kullanılmıştır.

- **En iyi değiştirme (EDEĞ) Komşuluk Yapısı**

En iyi değiştirme (EDEĞ) komşuluk yapısı, değiştirme (DEĞ) komşuluk yapısında yapılan değiştirme işlemi gibi davranır. Ancak, bu değiştirme işlemi rasgele belirlenen bir pozisyondaki işin değişebileceği en iyi işle değiştirilmesi ile tamamlanır.

- **En iyi yerleştirme (EYER) Komşuluk Yapısı**

En iyi yerleştirme (EYER) komşuluk yapısı, yerleştirme (YER) komşuluk yapısında yapılan yerleştirme işlemi gibi davranır. Ancak, bu yerleştirme işlemi rasgele belirlenen bir pozisyondaki işin yerleştirilebileceği en iyi pozisyona yerleştirilmesi ile tamamlanır (Taşgetiren ve diğ., 2004).

Pertürbasyon aşaması (Şekil 4.3, Adım 33) ile, algoritmanın yerel optimal noktalarından birisine takılmasının engellenmesi amaçlanır. Bu tezde, Yık-Yap (YY) komşuluk yapısı, pertürbasyon devreye alındığında bir kez o ana kadar bulunmuş en iyi çözüme (W_{GB}) uygulanarak yeni bir çözüm (W_P) elde edilir. Daha sonra, elde edilen bu çözümlerle algoritma kaldığı yerden çalışmaya devam eder. Bu sayede, eğer algoritma yerel optimal bir noktaya takılmış ise, bu noktadan sıyrılarak daha iyi bir çözüm arama çalışmasına devam eder.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Çalışmada veri seti olarak Taillard'ın veri seti kullanılmıştır (Taillard, 1990). Kullanılan veri setinde veriler 20'li, 50'li, 100'lü ve 200'lü iş durumlarında 20 replikasyon yapılarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu bölümde, parametre testleri, operatörlerin performansları ve literatürdeki bazı diğer çalışmalarla karşılaştırılmalı sonuçlar verilmiştir.

Öncelikle, geliştirilen çözüm yaklaşımının performansında önemli bir yere sahip olan pertürbasyon mekanizmasının devreye alınma sıklığının algoritmanın başarısı üzerindeki etkisi test edilmiştir.

İkinci olarak, hangi operatörlerin daha başarılı performans ortaya koyduğunu test etmek için iyileştirme başarıları incelenmiştir.

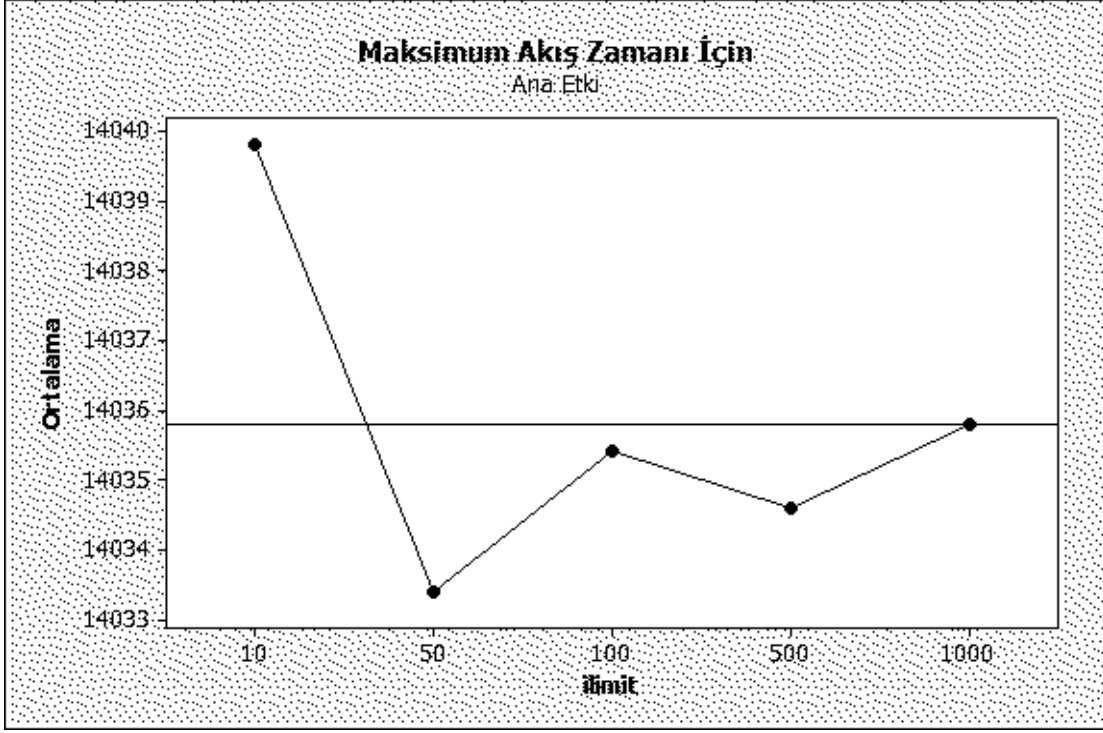
Son olarak, elde edilen sonuçların literatürdeki diğer bazı algoritmaların sonuçları ile karşılaştırması yapılarak geliştirilen çözüm yaklaşımının başarımı ortaya konulmuştur.

5.1 Parametre Testleri

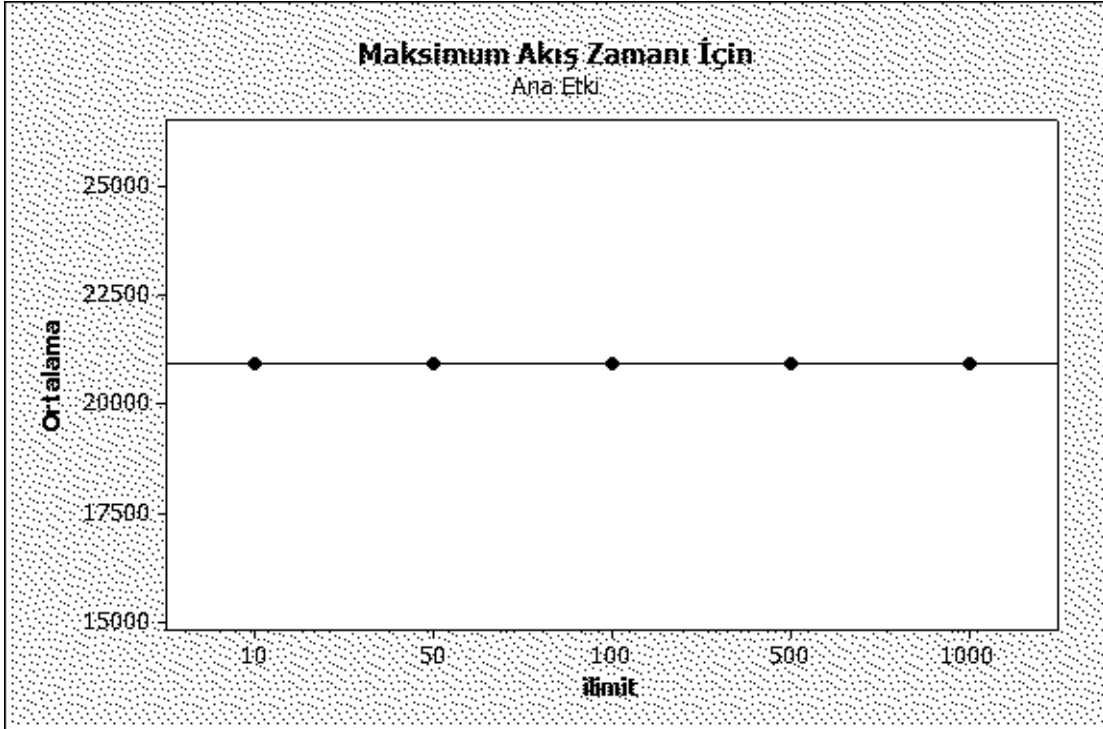
Geliştirilen çözüm yaklaşımının testlerinde, maksimum iterasyon sayısı (sonlandırma kriteri) 100.000 olarak sabitlenerek pertürbasyonun devreye alınma limitinin (*ilimit*) farklı değerlerinin algoritma performansı üzerindeki etkileri tüm veri setleri üzerinde 20 replikasyon yapılarak incelenmiştir.

20 iş 5 makine veri setinde yapılan 20 replikasyon sonucunda, *ilimit* değerinin 50 alınması durumunda toplam akış süresinin ortalama minimum değere ulaştığı görülmektedir. Daha küçük *ilimit* değeri göreceli olarak başarısız sonuç elde etmiş iken, daha büyük *ilimit* değerleri ortalama daha iyi başarı sağlanmıştır (Şekil 5.1).

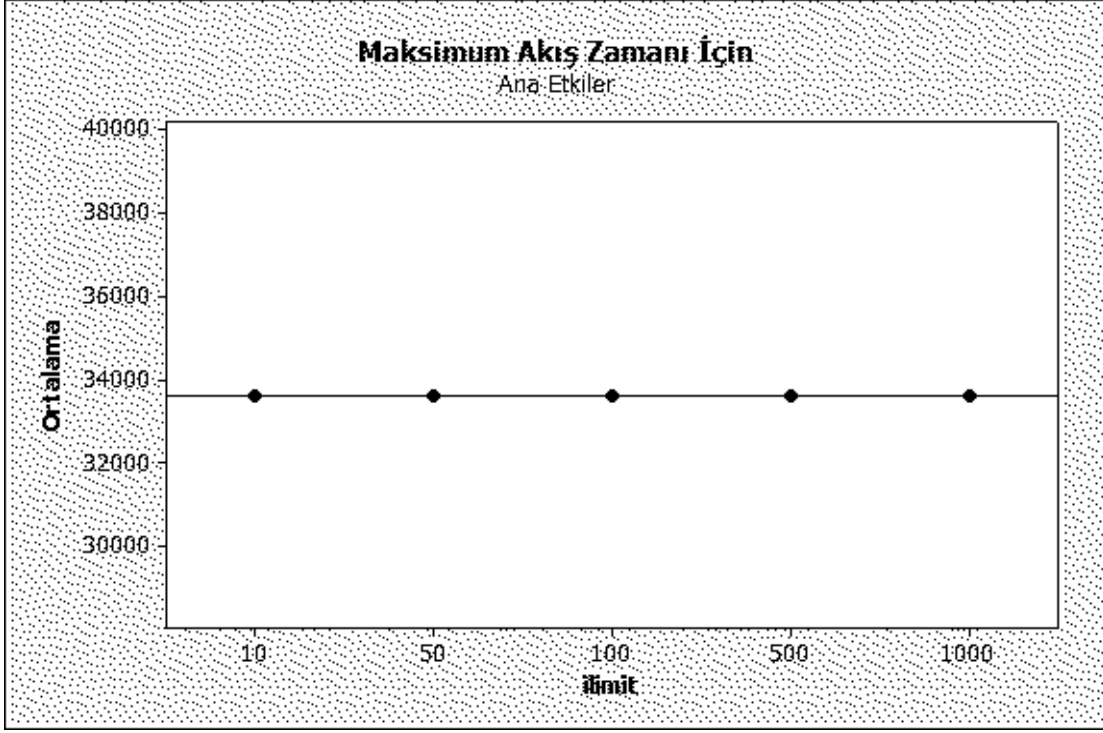
20 iş 10 makine veri setinde ve 20 iş 20 makine veri setinde ise, tüm *ilimit* değerleri aynı sonuca taşımıştır (Şekil 5.2 ve Şekil 5.3).



Şekil 5.1: 20 İş 5 Makina İçin Ortalamaya Etki: *limit*.

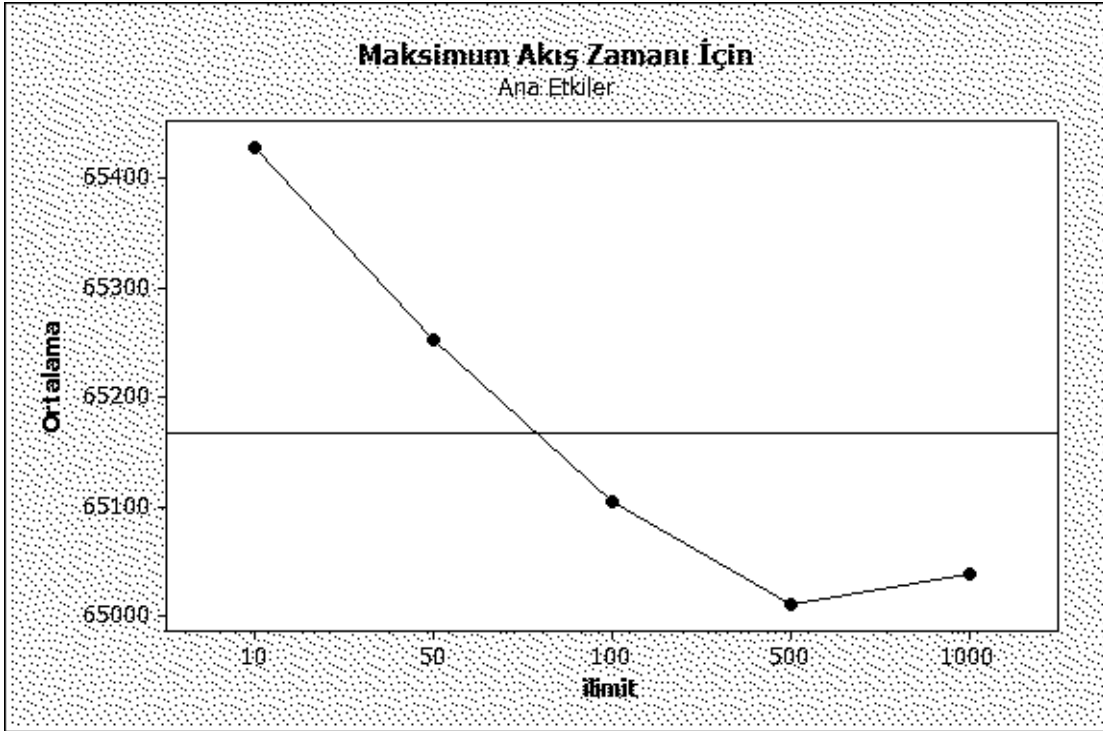


Şekil 5.2: 20 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: *limit*.

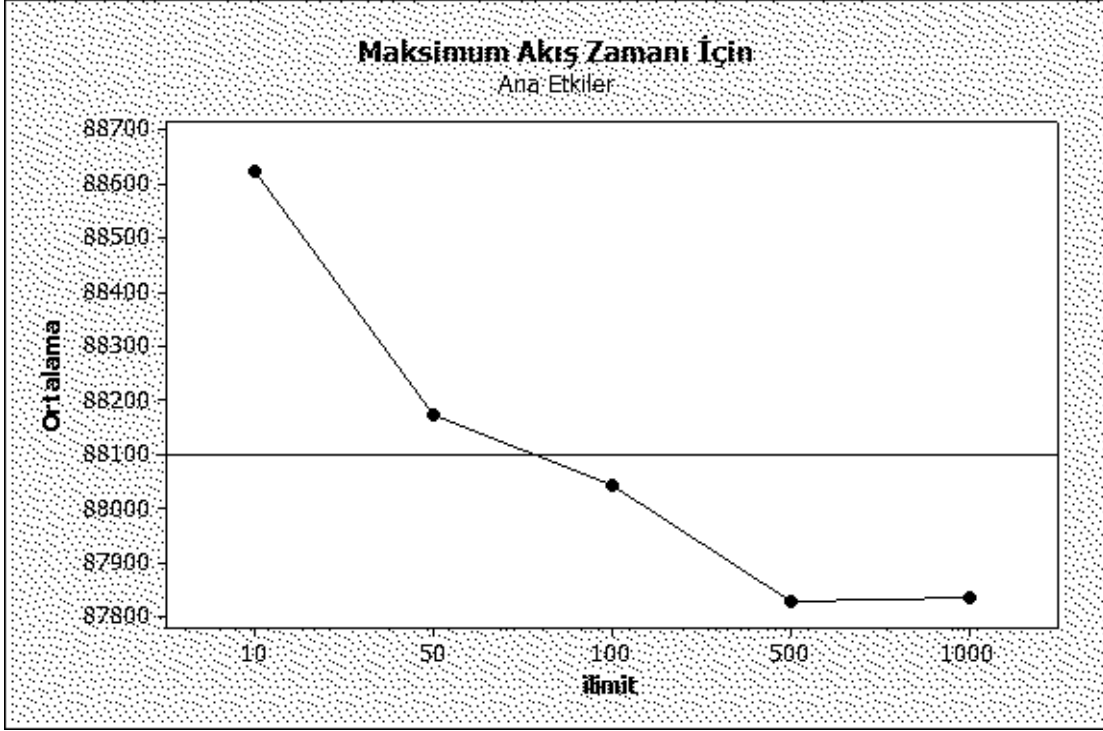


Şekil 5.3: 20 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.

50 iş 5 makine veri setinde ve 50 iş 10 makine veri setinde, *ilimit* değeri arttıkça, ortalama çözüm kalitesinde bir iyileşme gözlemlenmiştir (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5). Ancak, ortalamada en iyi toplam akış süresini 500 değeri vermiştir.

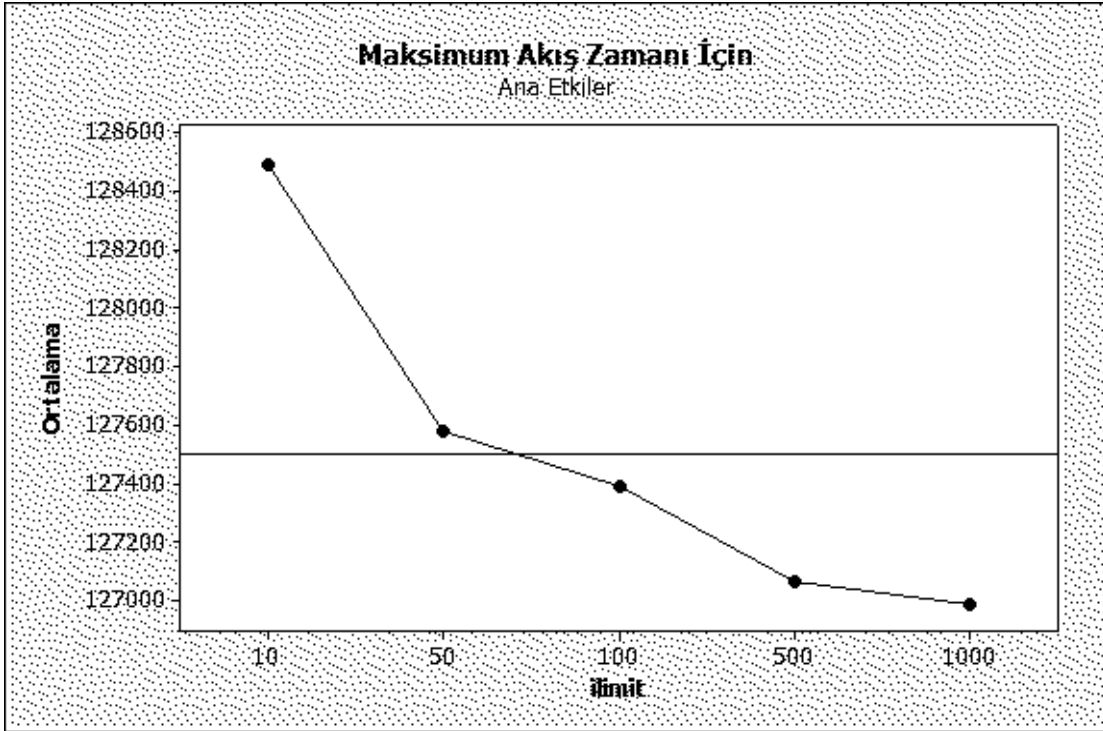


Şekil 5.4: 50 İş 5 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.



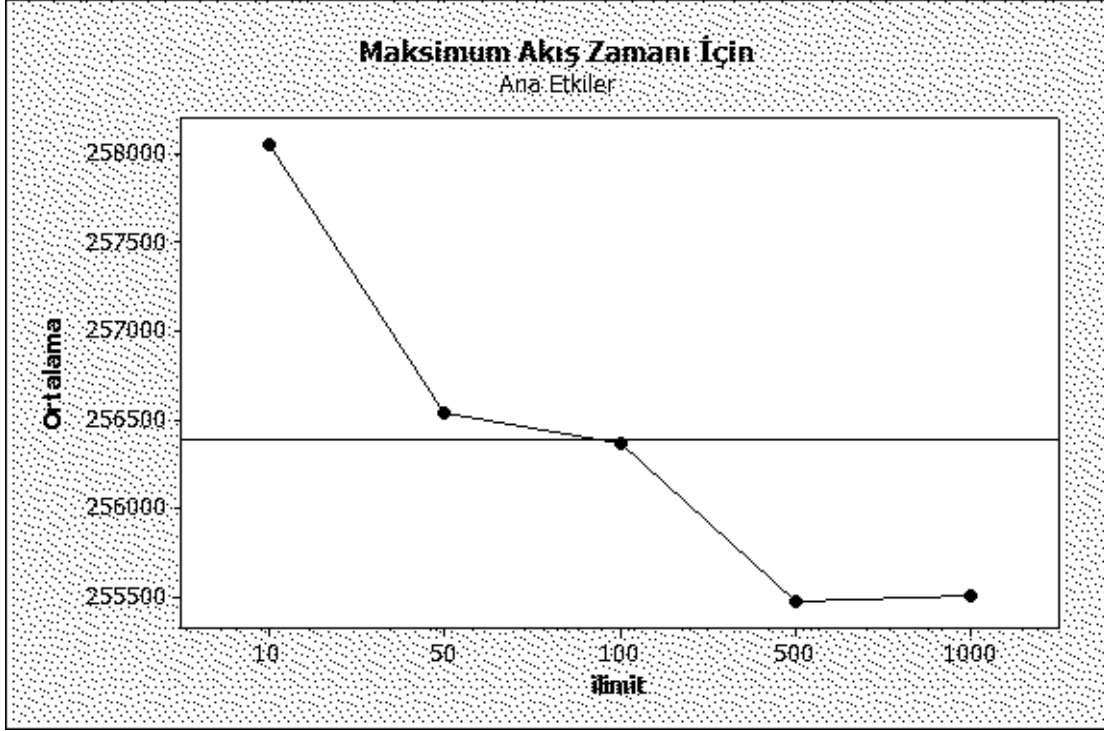
Şekil 5.5: 50 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.

50 iş 20 makine veri setinde de *ilimit* değeri artırıldıkça çözüm kalitesi iyileşmekte ve test edilen en büyük *ilimit* değeri en iyi sonucu vermiştir (Şekil 5.6).

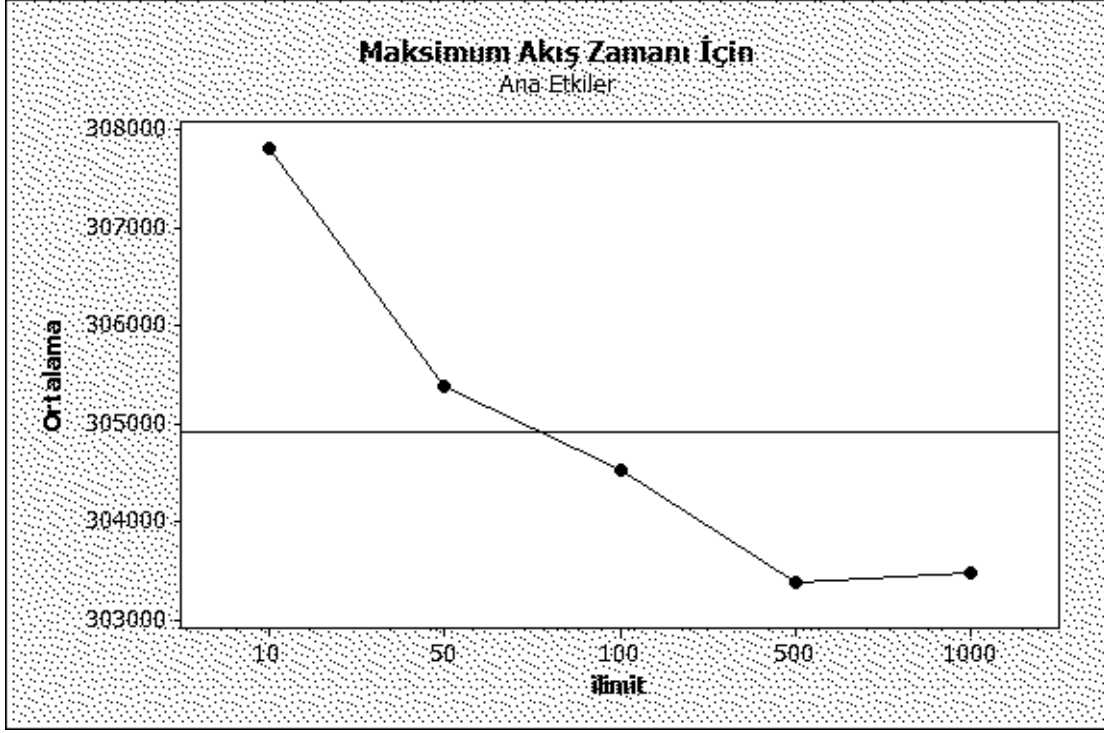


Şekil 5.6: 50 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.

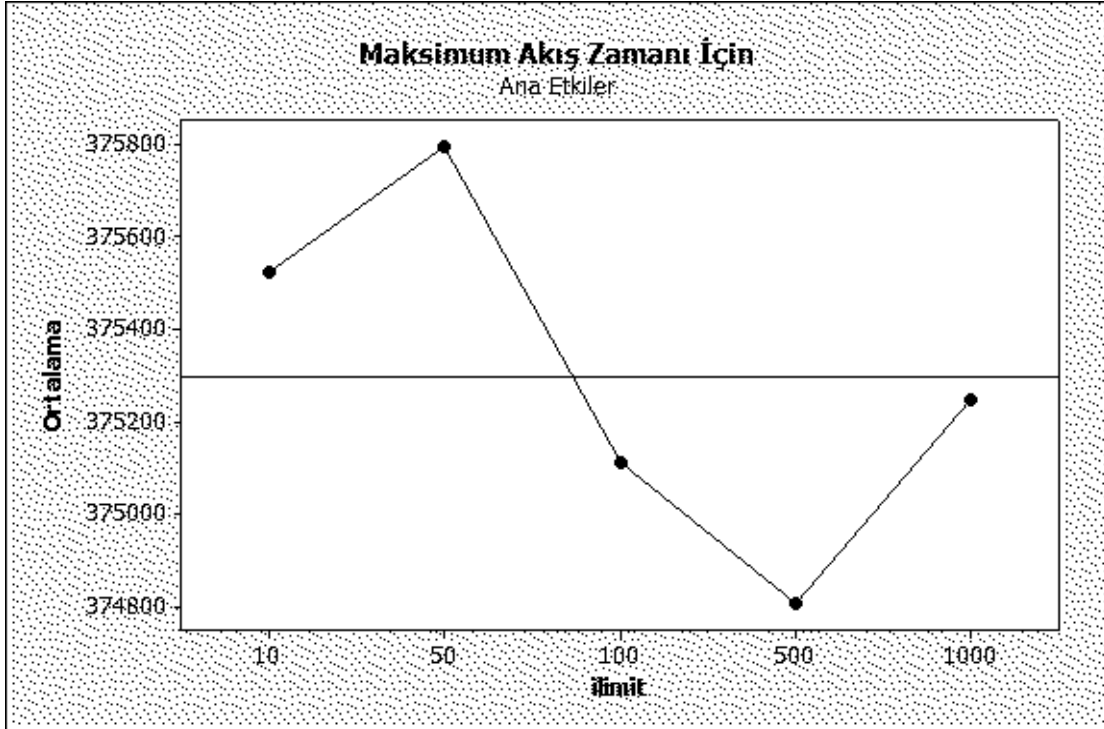
100 iş 5 makine veri setinde ve 100 iş 10 makine veri setinde, *ilimit* değeri arttıkça, ortalama çözüm kalitesinde bir iyileşme gözlemlenmiştir (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8). Ancak, ortalamada en iyi toplam akış süresini 500 değeri vermiştir. 100 iş 20 makine veri setinde de en iyi sonucu 500 değeri vermiştir (Şekil 5.9).



Şekil 5.7: 100 İş 5 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.

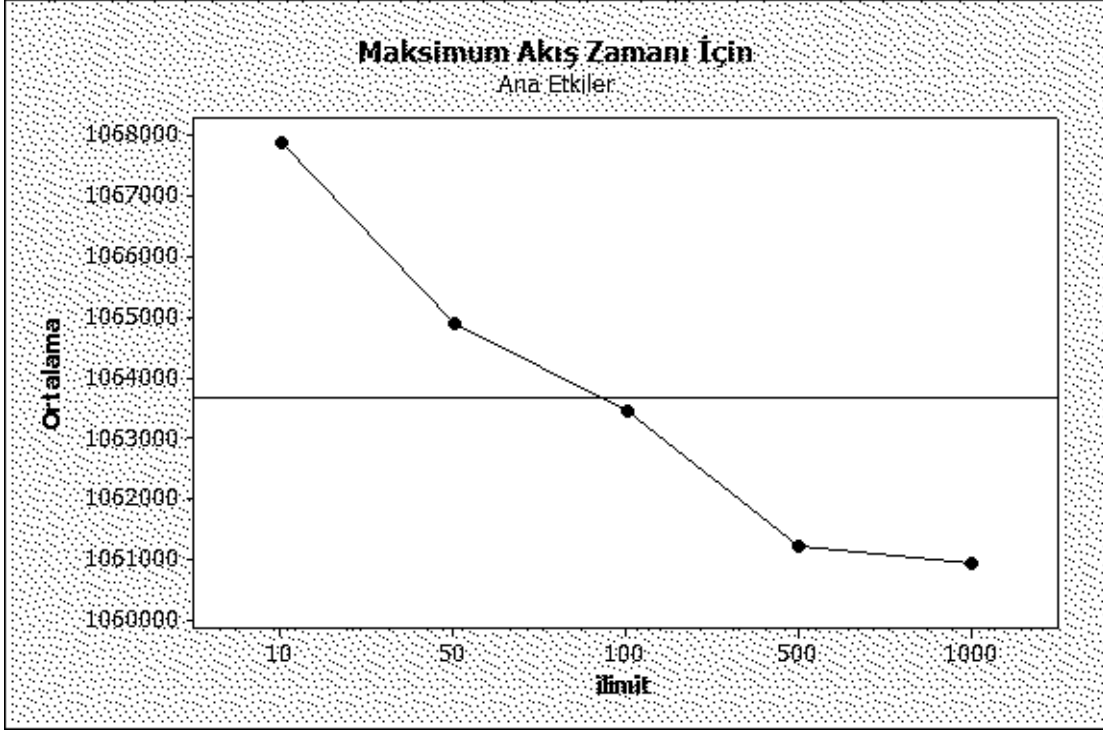


Şekil 5.8: 100 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.

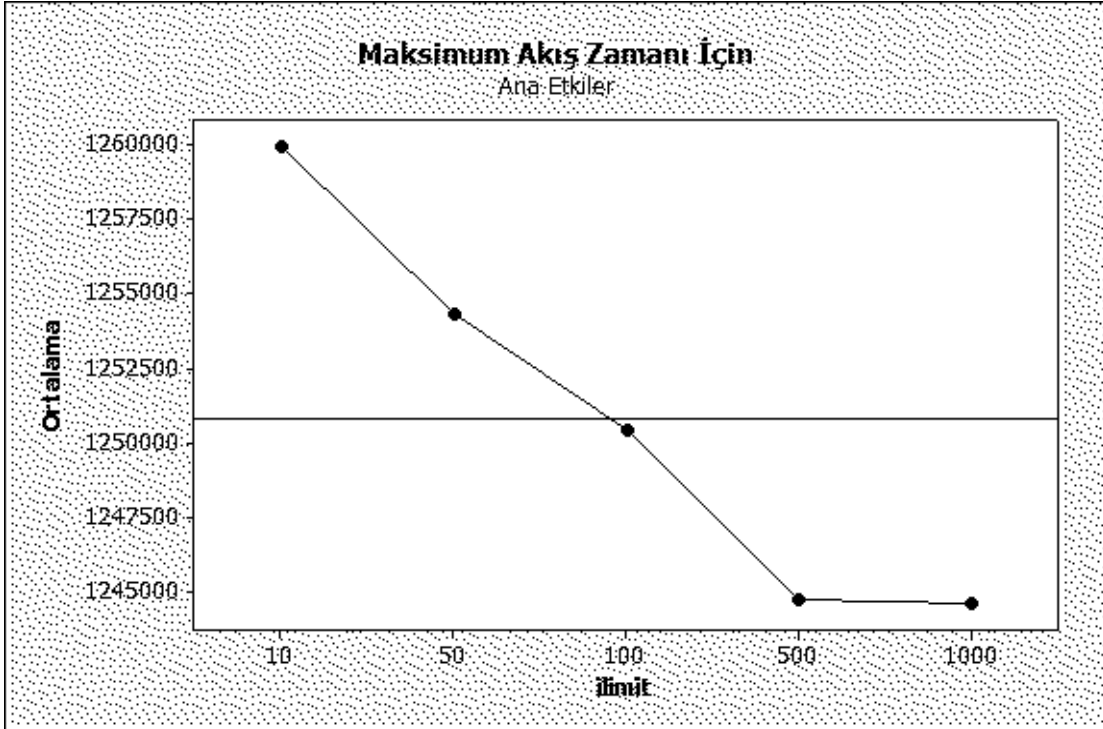


Şekil 5.9: 100 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: *ilimit*.

200 iş 10 makine ve 200 iş 20 makine veri setlerinde de *ilimit* değeri artırdıkça çözüm kalitesi iyileşmekte ve test edilen en büyük *ilimit* değeri en iyi sonucu vermiştir (Şekil 5.10 ve Şekil 5.11).



Şekil 5.10: 200 İş 10 Makina İçin Ortalamaya Etki: *limit*.

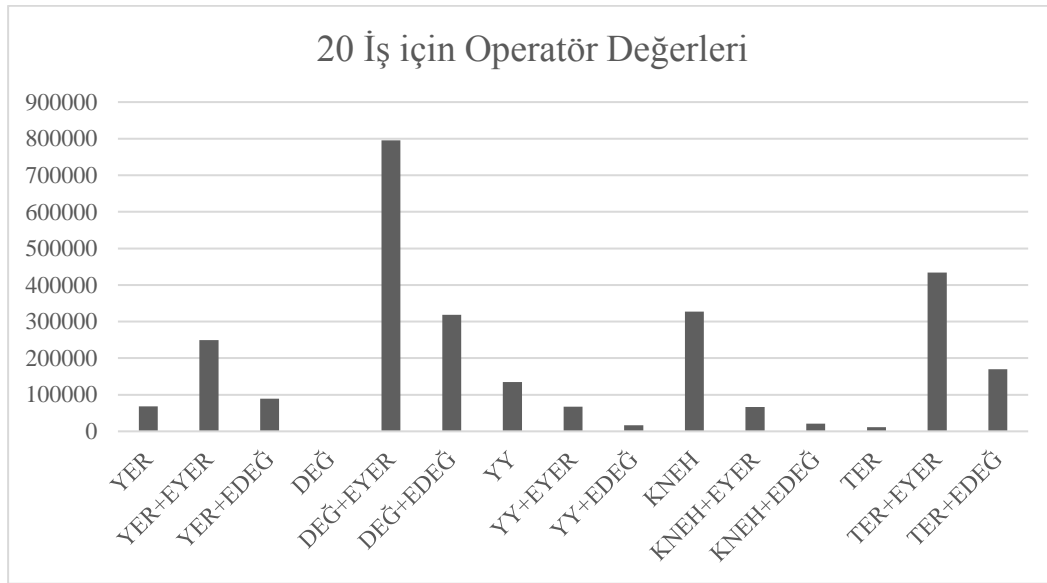


Şekil 5.11: 200 İş 20 Makina İçin Ortalamaya Etki: *limit*.

5.2. Komşuluk Yapılarının Performans Testleri

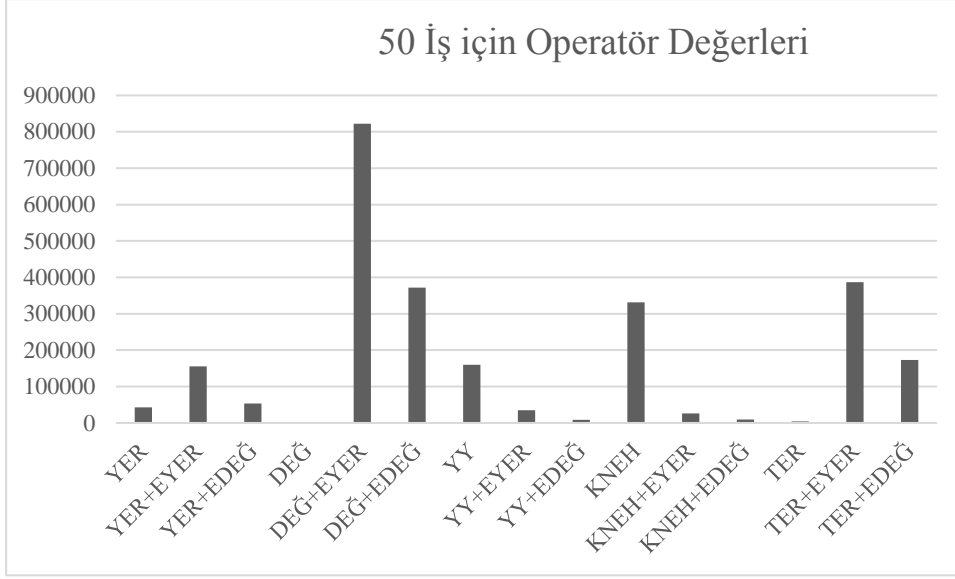
Komşuluk yapılarının performanslarının test edilebilmesi için, değişken komşuluk arama algoritması içerisinde yapılan her replikasyonda, komşuluk yapılarının rasgele sırada çağırılması sağlanmıştır. Bu yapı sayesinde, herhangi bir komşuluk yapısının diğerine bir önceliği tanımlanmamıştır. Algoritmanın çalışması boyunca komşuluk yapılarının yapmış olduğu her iyileştirme kaydedilmiş ve sayılmıştır. Toplam iyileştirme sayıları 20 iş, 50 iş, 100 iş ve 200 iş için sırasıyla Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de verilmiştir.

Çalkalama ve yerel arama aşamalarında sırasıyla uygulanan değiştirme (DEĞ) komşuluk yapısı ile en iyi yerleştirme (EYER) komşuluk yapılarının birlikte kullanımı toplamda 795069 iyileştirme sayısı ile en iyi komşuluk yapısı olarak öne çıkmaktadır. 50 iş, 100 iş ve 200 iş veri setlerinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır.



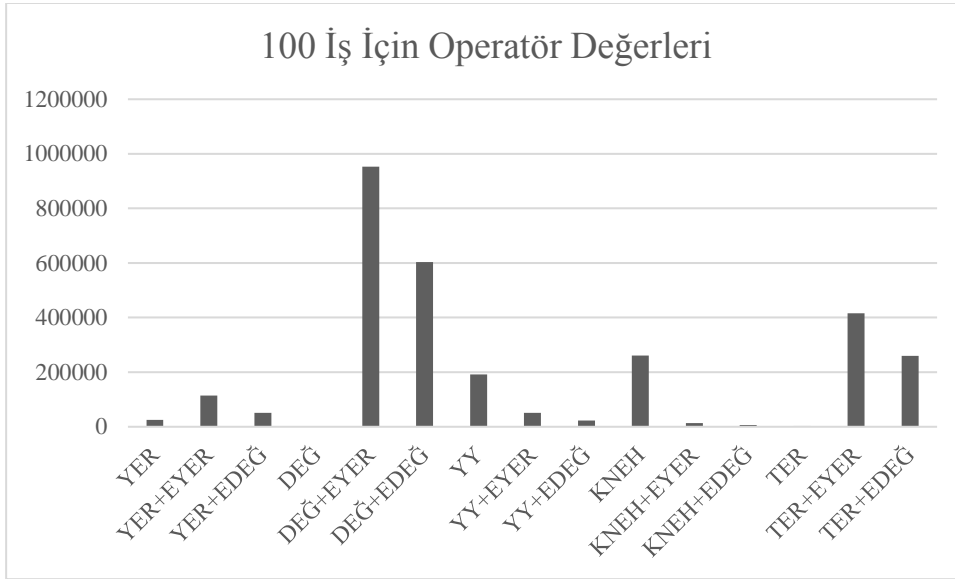
Şekil 5.12: 20 İş İçin Operatör Performansları.

YER: Yerleştirme, EYER: En iyi Yerleştirme, EDEĞ: En iyi Değiştirme, DEĞ: Değiştirme, YY: Yık-Yap, KNEH: Kesilmiş NEH.



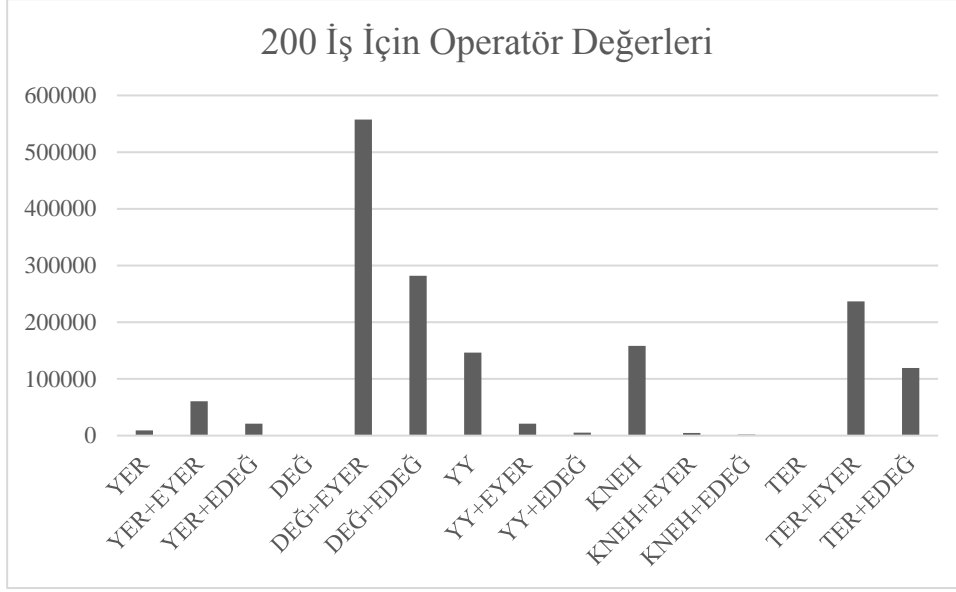
Şekil 5.13: 50 İş İçin Operatör Performansları.

YER: Yerleştirme, EYER: En iyi Yerleştirme, EDEĞ: En iyi Değiştirme, DEĞ: Değiştirme, YY: Yık-Yap, KNEH: Kesilmiş NEH.



Şekil 5.14: 100 İş İçin Operatör Performansları.

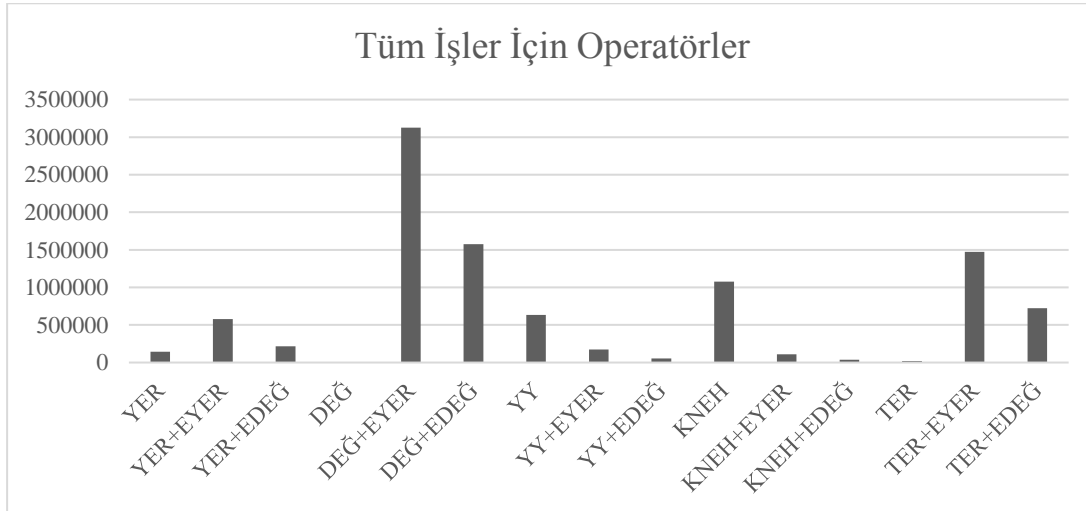
YER: Yerleştirme, EYER: En iyi Yerleştirme, EDEĞ: En iyi Değiştirme, DEĞ: Değiştirme, YY: Yık-Yap, KNEH: Kesilmiş NEH.



Şekil 5.15: 200 İş İçin Operatör Performansları.

YER: Yerleştirme, EYER: En iyi Yerleştirme, EDEĞ: En iyi Değiştirme, DEĞ: Değiştirme, YY: Yık-Yap, KNEH: Kesilmiş NEH.

Tüm işler için komşuluk yapılarının iyileştirme sayıları toplandığında, Şekil 5.16'da gösterildiği gibi, çalkalama ve yerel arama aşamalarındaki en iyi komşuluk yapısı kombinasyonu sırasıyla değiştirme (DEĞ) ve en iyi yerleştirme (EYER) ikilisi, değiştirme (DEĞ) ve en iyi değiştirme (EDEĞ) ikilisi, 2-opt ve en iyi yerleştirme (EYER) ikilisi, yerel arama uygulanmaksızın kesilmiş NEH (KNEH) komşuluk yapıları 1.000.000'un üzerinde iyileştirme sayısı ile öne çıkmaktadır.



Şekil 5.16: Tüm İşler İçin Komşuluk Yapıları Performans Göstergesi.

YER: Yerleştirme, EYER: En iyi Yerleştirme, EDEĞ: En iyi Değiştirme, DEĞ: Değiştirme, YY: Yık-Yap, KNEH: Kesilmiş NEH.

5.3. Deneysel Sonuçlar ve Karşılaştırmalar

Geliştirilen özüm yaklaşımı ile bulunan ortalama değerler ve standart sapma değerler, en iyi değerler sırasıyla Tablo 5.1, Tablo 5.2 ve Tablo 5.3’de verilmiştir. Ayrıca bu tablolara, ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Zhang ve diğ. 2009) alışmaları da karşılaştırma yapabilmek için eklenmiştir. Karşılaştırılan bu çalışmalar güncel literatürdeki toplam akış süresi minimizasyonundaki en başarılı algoritmalar olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 5.1’de bu tezde geliştirilen çözüm yaklaşımı ile diğer algoritmaların çeşitli veri setleri üzerindeki ortalama performansları ve bu tezdeki çalışma ile fark yüzdeleri verilmiştir. Koyu renkle işaretlenen yüzdeler, bu tezde geliştirilen çözüm yaklaşımının daha iyi performans sergilediği setlerdir. Tablo 5.2’de ise tüm algoritmaların alt sınır değerlerine göre standart sapma değerleri verilmiştir.

Andrade ve diğ., (2019) tarafından hesaplanan alt sınır değerleri bu tezde referans noktası olarak kullanılarak sınır değerlere olan uzaklıklar değerlendirilmiştir. Tablo 5.3’de bulunan en iyi değerler için tüm sonuçlar verilmiştir. Bu sonuçlar algoritmanın rekabetçi yapısını ve problemin çözümünde etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.1: Algoritmaların Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması.

Problem	Bu Çalışma (DKA)	HMSA	Fark Yüzdesi	HGA	Fark Yüzdesi	ACO	Fark Yüzdesi	BRKGA	Fark Yüzdesi
20 × 5	14035,80	13931,80	0,74	13931,80	0,74	13995	0,29	13931,80	0,74
20 × 10	20911,00	20003,20	4,34	20003,40	4,34	20068,7	4,03	20003,40	4,34
20 × 20	33623,00	32910,80	2,12	32910,80	2,12	32973,4	1,93	32910,80	2,12
50 × 5	65166,30	66279,30	-1,71	66504,50	-2,05	67039,4	-2,87	66276,90	-1,70
50 × 10	88100,36	85830,10	2,58	86308,80	2,03	87341,1	0,86	85819,10	2,59
50 × 20	127501,05	121260,50	4,89	121739,00	4,52	122901,2	3,61	121176,30	4,96
100 × 5	256384,03	239737,10	6,49	241005,50	6,00	243110,9	5,18	239485,90	6,59
100 × 10	304915,76	288704,40	5,32	290464,00	4,74	293735,4	3,67	287876,00	5,59
100 × 20	375295,38	374425,90	0,23	376468,40	-0,31	381669,1	-1,70	373180,70	0,56
200 × 10	1063663,35	1038469,20	2,37	1041106,80	2,12	1039575,9	2,26	1028070,50	3,35
200 × 20	1250798,12	1243474,00	0,59	1247318,90	0,28	1244611,6	0,49	1230435,10	1,63

ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Y. Zhang ve diğ., 2009).

Tablo 5.2: Algoritmanın Ortalama Standart Sapmalarının Karşılaştırılması.

Problem Setleri	Bu Çalışma (DKA)	HMAA	HGA	KKA	ÖRAGA
20 × 5	0	0	0	0,0454	0
20 × 10	0	0,0001	0	0,0326	0
20 × 20	0,3502	0,3502	0,3502	0,3699	0,3502
50 × 5	0,2331	0,2334	0,2682	0,3508	0,2331
50 × 10	0,6768	0,6781	0,7315	0,8661	0,6768
50 × 20	1,2153	1,2231	1,2674	1,3749	1,2153
100 × 5	0,2028	0,2135	0,2676	0,3573	0,2028
100 × 10	0,5843	0,6148	0,6795	0,7997	0,5843
100 × 20	1,2617	1,2993	1,3609	1,5179	1,2617
200 × 10	0,4151	0,5205	0,5472	0,5317	0,4151
200 × 20	1,0289	1,1458	1,1802	1,1560	1,0289

ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Y. Zhang ve diğ., 2009).

Tablo 5.3: Deneysel Sonuç Değerleri.

Veri Seti	Alt Sımr	Bu Çalışma (DKA)	Fark yüzdesi	ÖRAGA	Fark yüzdesi	HMAA	Fark yüzdesi	HGA	Fark yüzdesi
TA001	-	14033	-	14033	-	14033	-	14033	-
TA002	-	15151	-	15151	-	15151	-	15151	-
TA003	-	13301	-	13301	-	13301	-	13301	-
TA004	-	15447	-	15447	-	15447	-	15447	-
TA005	-	13529	-	13529	-	13529	-	13529	-
TA006	-	13123	-	13123	-	13123	-	13123	-
TA007	-	13548	-	13548	-	13548	-	13548	-
TA008	-	13948	-	13948	-	13948	-	13948	-
TA009	-	14295	-	14295	-	14295	-	14295	-
TA010	-	12943	-	12943	-	12943	-	12943	-
TA011	-	20911	-	20911	-	20911	-	20911	-
TA012	-	22440	-	22440	-	22440	-	22440	-
TA013	-	19833	-	19833	-	19833	-	19833	-
TA014	-	18710	-	18710	-	18710	-	18710	-
TA015	-	18641	-	18641	-	18641	-	18641	-
TA016	-	19245	-	19245	-	19245	-	19245	-
TA017	-	18363	-	18363	-	18363	-	18363	-
TA018	-	20241	-	20241	-	20239	-	20241	-
TA019	-	20330	-	20330	-	20330	-	20330	-
TA020	-	21320	-	21320	-	21320	-	21320	-
TA021	32409,65	33623	3,74	33623	3,74	33623	3,74	33623	3,74
TA022	30439,51	31587	3,77	31587	3,77	31587	3,77	31587	3,77
TA023	32695,65	33920	3,74	33920	3,74	33920	3,74	33920	3,74
TA024	30540,21	31661	3,67	31661	3,67	31661	3,67	31661	3,67
TA025	32684,98	34557	5,73	34557	5,73	34557	5,73	34557	5,73
TA026	32040,23	32564	1,63	32564	1,63	32564	1,63	32564	1,63
TA027	32221,97	32922	2,17	32922	2,17	32922	2,17	32922	2,17
TA028	31538,05	32412	2,77	32412	2,77	32412	2,77	32412	2,77
TA029	31926	33600	5,24	33600	5,24	33600	5,24	33600	5,24

ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Y. Zhang ve diğ., 2009)

Tablo 5.3: Deneysel Sonuç Değerleri (Devamı).

Veri Seti	Alt Sınır	Bu Çalışma (DKA)	Fark yüzdesi	ÖRAGA	Fark yüzdesi	HMAA	Fark yüzdesi	HGA	Fark yüzdesi
TA030	31477,2	32262	2,49	32262	2,49	32262	2,49		
TA031	63425,08	64803	2,17	64802	2,17	64803	2,17		
TA032	66309,69	68058	2,64	68051	2,63	68051	2,63	68298	3,00
TA033	61567,2	63292	2,80	63162	2,59	63162	2,59	63513	3,16
TA034	66458,52	68369	2,87	68226	2,66	68232	2,67	68571	3,18
TA035	67629,56	69351	2,55	69351	2,55	69352	2,55	69562	2,86
TA036	65901,21	66841	1,43	66841	1,43	66841	1,43	67111	1,84
TA037	64867,45	66261	2,15	66253	2,14	66253	2,14	66318	2,24
TA038	62908,35	64381	2,34	64332	2,26	64342	2,28	64418	2,40
TA039	61482,92	62981	2,44	62981	2,44	62981	2,44	63157	2,72
TA040	67123,46	68903	2,65	68770	2,45	68776	2,46	69141	3,01
TA041	81457,49	87283	7,15	87114	6,94	87132	6,97	87593	7,53
TA042	77769,23	82820	6,49	82820	6,49	82838	6,52	83517	7,39
TA043	75553,61	80010	5,90	79931	5,79	79942	5,81	80316	6,30
TA044	80360,36	86540	7,69	86446	7,57	86448	7,58	86453	7,58
TA045	80971,24	86424	6,73	86377	6,68	86377	6,68	86905	7,33
TA046	80746,51	86637	7,30	86587	7,23	86560	7,20	87008	7,75
TA047	83445,2	88750	6,36	88750	6,36	88756	6,36	89155	6,84
TA048	81293,29	86820	6,80	86727	6,68	86748	6,71	87192	7,26
TA049	79599,33	85666	7,62	85441	7,34	85502	7,42	86086	8,15
TA050	82597,34	88090	6,65	87998	6,54	87998	6,54	88363	6,98
TA051	110779,46	125850	13,60	125831	13,59	125834	13,59	125850	13,60
TA052	108234,5	119270	10,20	119247	10,17	119252	10,18	119442	10,35
TA053	105693,5	116459	10,19	116459	10,19	116488	10,21	117315	11,00
TA054	108682,29	120712	11,07	120261	10,65	120642	11,00	121114	11,44
TA055	104864,01	118379	12,89	118184	12,70	118264	12,78	118975	13,46
TA056	106614,11	120746	13,26	120586	13,11	120624	13,14	120955	13,45
TA057	109049,19	123170	12,95	122880	12,68	122956	12,75	123740	13,47
TA058	108754,38	122520	12,66	122489	12,63	122582	12,71	122940	13,04
TA059	107458,13	122073	13,60	121872	13,41	121972	13,51	122123	13,65
TA060	110327,42	124182	12,56	123954	12,35	123991	12,38	124936	13,24
TA061	248085,57	254205	2,47	253167	2,05	253344	2,12	254762	2,69

ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Y. Zhang ve diğ., 2009)

Tablo 5.3: Deneysel Sonuç Değerleri (Devamı).

Veri Seti	Alt Sınır	Bu Çalışma (DKA)	Fark yüzdesi	ÖRAGA	Fark yüzdesi	HMAA	Fark yüzdesi	HGA	Fark yüzdesi
TA062	237414,97	242587	2,18	241925	1,90	242392	2,10		
TA063	233236,38	237965	2,03	237832	1,97	237942	2,02	239173	2,55
TA064	223001,21	227583	2,05	227522	2,03	227892	2,19	228705	2,56
TA065	235251,37	240690	2,31	240301	2,15	240462	2,21	241432	2,63
TA066	227625,84	232914	2,32	232342	2,07	232464	2,13	233698	2,67
TA067	235913,31	240293	1,86	240366	1,89	240588	1,98	241650	2,43
TA068	225998,5	230877	2,16	230945	2,19	231179	2,29	232734	2,98
TA069	242577,86	247892	2,19	247526	2,04	248132	2,29	249920	3,03
TA070	238147,21	243277	2,15	242933	2,01	242976	2,03	244131	2,51
TA071	283005,2	298757	5,57	298385	5,43	298572	5,50	300507	6,18
TA072	259208,82	275362	6,23	273674	5,58	275289	6,20	277109	6,91
TA073	271813,41	289007	6,33	288114	6,00	289024	6,33	290468	6,86
TA074	283451,6	301442	6,35	301044	6,21	301986	6,54	303443	7,05
TA075	267821,37	285287	6,52	284233	6,13	285279	6,52	286647	7,03
TA076	253800,63	270546	6,60	269686	6,26	270582	6,61	272764	7,47
TA077	264572,14	280741	6,11	279463	5,63	280364	5,97	282373	6,73
TA078	273381,62	291828	6,75	290908	6,41	291192	6,51	293067	7,20
TA079	286021,91	302390	5,72	301970	5,58	302274	5,68	304330	6,40
TA080	276762,89	291690	5,39	291283	5,25	292482	5,68	293932	6,20
TA081	322937,7	367474	13,79	365463	13,17	367272	13,73	369652	14,47
TA082	331942,97	374511	12,82	372449	12,20	374316	12,77	376067	13,29
TA083	329667,79	371502	12,69	370027	12,24	371092	12,57	373199	13,20
TA084	332064,91	373435	12,46	372393	12,14	373189	12,38	374832	12,88
TA085	328577,91	368586	12,18	368915	12,28	369752	12,53	371268	12,99
TA086	327315,43	372992	13,95	370908	13,32	371726	13,57	375463	14,71
TA087	331099,33	375962	13,55	373408	12,78	375056	13,28	376353	13,67
TA088	339644,64	385896	13,62	384525	13,21	385643	13,54	387189	14,00
TA089	330702,73	376797	13,94	374423	13,22	376227	13,77	378657	14,50
TA090	339754,76	380122	11,88	379296	11,64	379986	11,84	382004	12,44
TA091	998469,9	1051045	5,27	1041023	4,26	1050422	5,20	1050564	5,22
TA092	988625,43	1040577	5,25	1028828	4,07	1040320	5,23	1040604	5,26

ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Y. Zhang ve diğ., 2009)

Tablo 5.3: Deneysel Sonuç Değerleri (Devamı).

Veri Seti	Alt Sınır	Bu Çalışma (DKA)	Fark yüzdesi	ÖRAGA	Fark yüzdesi	HMAA	Fark yüzdesi	HGA	Fark yüzdesi
TA093	1001693,83	1056510	5,47	1042357	4,06	1047646	4,59	1050785	4,90
TA094	984205,61	1040928	5,76	1025564	4,20	1034964	5,16	1038885	5,56
TA095	985397,3	1042986	5,84	1028963	4,42	1036842	5,22	1041510	5,69
TA096	957895,26	1013756	5,83	998340	4,22	1009862	5,43	1013421	5,80
TA097	1000477,26	1068736	6,82	1042570	4,21	1057424	5,69	1061285	6,08
TA098	1000307,85	1049213	4,89	1035915	3,56	1045822	4,55	1049007	4,87
TA099	975347,06	1032340	5,84	1015280	4,09	1026644	5,26	1026991	5,29
TA100	978537,5	1040644	6,35	1021865	4,43	1034746	5,74	1038016	6,08
TA101	1102941,86	1232542	11,75	1219341	10,55	1230464	11,56	1235238	11,99
TA102	1115381,71	1253664	12,40	1233161	10,56	1248672	11,95	1254529	12,48
TA103	1130764,69	1272800	12,56	1259605	11,39	1271564	12,45	1274798	12,74
TA104	1119826,64	1252221	11,82	1228027	9,66	1244964	11,17	1245656	11,24
TA105	1105327,45	1234770	11,71	1215854	10,00	1228542	11,15	1236246	11,84
TA106	1108726,36	1236840	11,56	1218757	9,92	1229766	10,92	1237754	11,64
TA107	1123430,72	1248053	11,09	1234330	9,87	1246852	10,99	1248821	11,16
TA108	1123984,67	1252229	11,41	1240105	10,33	1248628	11,09	1249644	11,18
TA109	1098798,57	1237016	12,58	1220058	11,04	1232306	12,15	1237428	12,62
TA110	1127270,58	1261603	11,92	1235113	9,57	1252982	11,15	1253075	11,16
TA111	6191253,65	6809726	9,99	6558109	5,93	6705548	8,31	6723143	8,59
TA112	6301558,79	6922204	9,85	6679339	6,00	6824970	8,31	6844840	8,62
TA113	6261525,71	6800143	8,60	6624644	5,80	6728052	7,45	6772110	8,15
TA114	6281508,02	6860852	9,22	6646006	5,80	6746172	7,40	6809460	8,40
TA115	6240001,85	6848279	9,75	6587110	5,56	6741782	8,04	6742209	8,05
TA116	6269214,53	6875708	9,67	6603291	5,33	6726842	7,30	6729388	7,34
TA117	6223303,96	6762578	8,67	6602685	6,10	6700552	7,67	6706950	7,77
TA118	6277413,77	6862875	9,33	6629065	5,60	6775842	7,94	6795769	8,26
TA119	6203828,97	6819169	9,92	6587638	6,19	6713432	8,21	6736573	8,59
TA120	6272934,31	6798034	8,37	6623849	5,59	6756392	7,71	6764295	7,83

ÖRAGA: Önyargılı Rasgele Anahtar Genetik Algoritma (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019), HMAA: Hibrit Maymun Arama Algoritması (Marichelvam, Tosun, ve Geetha, 2017), KKA: Karınca Kolonisi Algoritması (Rajendran ve Ziegler, 2005), HGA: Hibrit Genetik Algoritma (Y. Zhang ve diğ., 2009), Alt Sınır Değerleri (Andrade, Silva ve Pessoa, 2019).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, permütasyon akış tipi çizelgeleme problemi için toplam akış süresinin minimizasyonu amaçlanarak değişken komşuluk arama algoritması temelli bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. NEH çözüm kurucu sezgiseli başlangıç çözümünün oluşturulmasının yanında, değişken komşuluk arama algoritmasının komşuluk yapılarından birisi olarak kullanılmıştır.

Geliştirilen çözüm yaklaşımı literatürdeki bilinen deney setleri üzerinde çalıştırılmış ve literatürdeki diğer başarılı algoritmalarla toplam akış süresinin minimizasyonu amacı kullanılarak performansları karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, algoritmanın diğer algoritmalarla kıyasla rekabetçi bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Değişken komşuluk arama algoritması içerisinde kullanılan komşuluk yapıları karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda çalkalama aşamasında değiştirme operatörü ile birlikte yerel arama aşamasında en iyi yerleştirme komşuluk yapısı ve en iyi değiştirme komşuluk yapısının diğer komşuluk yapılarına kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür.

Değişken komşuluk arama algoritmasının yerel optimum noktalarına takılmasını engellemek için bir pertürbasyon mekanizması eklenmiştir. Bu mekanizma, algoritma belli bir iterasyon sayısı kadar iyileşme sağlayamaz ise devreye alınmaktadır. Parametre testleri sonuçlarına göre, pertürbasyonun erken devreye alınması ulaşılan çözüm kalitesini bozmakta ve algoritmaya iyileştirme için yeterince zaman tanımamaktadır.

Bu çalışma birçok yönden geliştirilebilir. Öncelikle, algoritmanın performansını artırmaya yönelik iyileştirmeler yapılabilir, bu problemi çözmeye daha etkin komşuluk yapıları kullanılarak daha rekabetçi bir algoritma literatüre kazandırılabilir. Ayrıca, melez akış tipi çizelgeleme problemlerini çözmek için önerilen algoritmayı kullanmak da önemli bir uygulama olabilir. Gerçek endüstriyel çizelgeleme problemlerine ve diğer planlama problemlerine de uygulanabilir.

7. KAYNAKLAR

Aalvanger, G. H., Luong, N. H., Bosman, P. A. N., ve Thierens, D. "Heuristics in permutation GOMEA for solving the permutation flowshop scheduling problem.", *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature* Springer, Cham 11101 (146-157), (2018).

Abedinnia, H., Glock, C. H., ve Brill, A. "New simple constructive heuristic algorithms for minimizing total flow-time in the permutation flowshop scheduling problem.", *Computers and Operations Research*, 74, 165-174. doi: 10.1016/j.cor.2016.04.007, (2016).

Amirian, H., ve Sahraeian, R. "Augmented ϵ -constraint method in multi-objective flowshop problem with past sequence set-up times and a modified learning effect.", *International Journal of Production Research*, 53(19), 5962-5976. doi: 10.1080/00207543.2015.1033033, (2015).

Andrade, C. E., Silva, T., ve Pessoa, L. S. "Minimizing flowtime in a flowshop scheduling problem with a biased random-key genetic algorithm.", *Expert Systems with Applications*, 128, 67-80 (2019).

Armentano, V. A., ve Arroyo, J. E. C. "An application of a multi-objective tabu search algorithm to a bicriteria flowshop problem.", *Journal of Heuristics*, 10(5), 463-481. doi: 10.1023/B:HEUR.0000045320.79875.e3, (2004).

Armentano, V. A., ve Ronconi, D. P. "Tabu search for total tardiness minimization in flowshop scheduling problems.", *Computers and Operations Research*, 26(3), 219-235. doi: 10.1016/S0305-0548(98)00060-4, (1999).

Baiocchi, M., Milani, A., ve Santucci, V. "MOEA/DEP: An algebraic decomposition-based evolutionary algorithm for the multiobjective permutation flowshop scheduling problem.", *10782 Lecture Notes in Computer Science* Springer, Cham 132-145, (2018).

Baker, Kenneth R. "Introduction to sequencing and scheduling, John Willy & Sons." *New York* (1974).

Baker, K. R., ve Altheimer, D. "Heuristic solution methods for the stochastic flow shop problem.", *European Journal of Operational Research*, 216(1), 172-177, (2012).

Baker, K. R., ve Trietsch, D. "Safe scheduling: Setting due dates in single-machine problems.", *European Journal of Operational Research*, 196(1), 69-77, (2009).

Balasundaram, R., Valavan, D., ve Baskar, N. "Heuristic based approach for bi-criteria optimization of minimizing makespan and total flow time of flowshop scheduling.", *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 14(2), 1-11, (2014a).

Balasundaram, R., Valavan, D., ve Baskar, N. "Minimizing total flow time in permutation flowshop scheduling by two-phase approach.", *International Review of Mechanical Engineering*, 8(3), 631-637, (2014b).

Bargaoui, H., Belkahla Driss, O., ve Ghédira, K. "A novel chemical reaction optimization for the distributed permutation flowshop scheduling problem with makespan criterion.", *Computers and Industrial Engineering*, 111, 239-250. doi: 10.1016/j.cie.2017.07.020, (2017).

Bargaoui, H., Driss, O. B., ve Ghédira, K. "Towards a Distributed Implementation of Chemical Reaction Optimization for the Multi-factory Permutation Flowshop Scheduling Problem", *Prodecia Computer Science* 1121531-1541 (2017).

Benbouzid-Si Tayeb, F., ve Belkaaloul, W. "Towards an artificial immune system for scheduling jobs and preventive maintenance operations in flowshop problems", *IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 1065-1070, (2014).

Benbouzid-Sitayeb, F., Ammi, I., Varnier, C., ve Zerhouni, N. "Applying ant colony optimization for the joint production and preventive maintenance scheduling problem in the flowshop sequencing problem", *3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications*, p 1-6 (2008).

Benbouzid-Sitayeb, F., Varnier, C., ve Zerhouni, N. "Proposition of new genetic operator for solving joint production and maintenance scheduling: Application to the flow shop problem", *International Conference on Service Systems and Service Management* Vol. 1, pp. 607-613 (2007).

Bessedik, M., Benbouzid-Si Tayeb, F., Cheurfi, H., ve Blizak, A. "An immunity-based hybrid genetic algorithms for permutation flowshop scheduling problems.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85(9-12), 2459-2469. doi: 10.1007/s00170-015-8052-8, (2016).

Bewoor, L. A., Chandra Prakash, V., ve Sapkal, S. U. "Evolutionary hybrid particle swarm optimization algorithm for solving NP-hard no-wait flow shop scheduling problems.", *Algorithms*, 10, 4. doi: 10.3390/a10040121, (2017).

Blot, A., Jourdan, L., ve Kessaci, M. E. "Automatic design of multi-objective local search algorithms case study on a bi-objective permutation flowshop scheduling problem.", *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 227-234, (2017).

Blot, A., Kessaci, M. É., Jourdan, L., ve De Causmaecker, P. "Adaptive multi-objective local search algorithms for the permutation flowshop scheduling problem.", *Lectural Notes in Computer Science*, 11353 241-256, (2019).

Blot, A., López-Ibáñez, M., Kessaci, M. É., ve Jourdan, L. "New initialisation techniques for multi-objective local search: Application to the bi-objective

permutation flowshop.", *Lectural Notes in Computer Science 11101* 323-334, (2018)

Bosman, P. A. N., Luong, N. H., ve Thierens, D. "Expanding from discrete cartesian to permutation Gene-Pool Optimal Mixing Evolutionary Algorithms.", *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 637-644, (2016).

Ceberio, J., Irurozki, E., Mendiburu, A., ve Lozano, J. A. "A distance-based ranking model estimation of distribution algorithm for the flowshop scheduling problem.", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 18(2), 286-300. doi: 10.1109/TEVC.2013.2260548, (2014).

Chakraborty, U. K., ve Laha, D. "An improved heuristic for permutation flowshop scheduling.", *International Journal of Information and Communication Technology*, 1(1), 89-97. doi: 10.1504/IJICT.2007.013279, (2007).

Chang, P. C., Huang, W. H., Wu, J. L., ve Cheng, T. C. E. "A block mining and re-combination enhanced genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem.", *International Journal of Production Economics*, 141(1), 45-55. doi: 10.1016/j.ijpe.2012.06.007, (2013).

Chen, C.-L., Vempati, V. S., ve Aljaber, N. "An application of genetic algorithms for flow shop problems.", *European Journal of Operational Research*, 80(2), 389-396, (1995).

Chen, T., ve Li, X. "Integrated iterated local search for the permutation flowshop problem with tardiness minimization.", *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2802-2807, (2013).

Chen, T. Y., ve Chen, C. L. "New particle swarm optimization algorithm for makespan minimization in permutation flowshop sequencing.", In *2009 Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC)* (pp. 868-871) (2009).

Chen, Y. M., Chen, M. C., Chang, P. C., ve Chen, S. H. "Extended artificial chromosomes genetic algorithm for permutation flowshop scheduling problems.", *Computers and Industrial Engineering*, 62(2), 536-545. doi: 10.1016/j.cie.2011.11.002, (2012).

Choi, S. W. "Heuristics for a two-machine permutation flowshop with limited queue time constraint and arrival times in a semiconductor manufacturing line.", *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(8), 5852-5855, (2016).

Choi, S. W. "Optimal scheduling algorithms to minimize total flowtime on a two-machine permutation flowshop with limited waiting times and ready times of jobs.", *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(15), 5101-5109, (2017).

Chung, Y. H., ve Tong, L. I. "Makespan minimization for m-machine permutation flowshop scheduling problem with learning considerations.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(1-4), 355-367. doi: 10.1007/s00170-011-3172-2, (2011).

Chung, Y. H., ve Tong, L. I. "Bi-criteria minimization for the permutation flowshop scheduling problem with machine-based learning effects.", *Computers and Industrial Engineering*, 63(1), 302-312. doi: 10.1016/j.cie.2012.03.009, (2012).

Costa, A., Cappadonna, F. A., ve Fichera, S. "A dual encoding-based meta-heuristic algorithm for solving a constrained hybrid flow shop scheduling problem.", *Computers and Industrial Engineering*, 64(4), 937-958. doi: 10.1016/j.cie.2013.01.004, (2013).

Cura, T. "An evolutionary algorithm for the permutation flowshop scheduling problem with total tardiness criterion.", *International Journal of Operational Research*, 22(3), 366-384. doi: 10.1504/IJOR.2015.068287, (2015).

Damodaran, P., Rao, A. G., ve Mestry, S. "Particle swarm optimization for scheduling batch processing machines in a permutation flowshop.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 64(5-8), 989-1000. doi: 10.1007/s00170-012-4037-z, (2013).

Danilovic, M., ve Ilic, O. "A generalized constructive algorithm using insertion-based heuristics.", *Computers and Operations Research*, 66, 29-43. doi: 10.1016/j.cor.2015.07.009, (2016).

Das, H., Cummings, P. T., ve Le Van, M. D. "Scheduling of serial multiproduct batch processes via simulated annealing.", *Computers and Chemical Engineering*, 14(12), 1351-1362. doi: 10.1016/0098-1354(90)80017-6, (1990).

Das, S. R., Gupta, J. N., ve Khumawala, B. M. "A savings index heuristic algorithm for flowshop scheduling with sequence dependent set-up times.", *Journal of the Operational Research Society*, 46(11), 1365-1373. doi: 10.1057/jors.1995.184, (1995).

Dasgupta, P., ve Das, S. "A discrete inter-species cuckoo search for flowshop scheduling problems.", *Computers and Operations Research*, 60, 111-120. doi: 10.1016/j.cor.2015.01.005, (2015).

Dhouib, E., Teghem, J., ve Loukil, T. "Non-permutation flowshop scheduling problem with minimal and maximal time lags: theoretical study and heuristic.", *Annals of Operations Research*, 267(1-2), 101-134. doi: 10.1007/s10479-018-2775-5, (2018).

Dong, X., Chen, P., ve Huang, H. "An improved iterated local search algorithm for the permutation flowshop problem with total flowtime.", *Vol. 122 LNEE*

(pp. 41-48), In *Advances in Automation and Robotics*, Vol. 1 (pp. 41-48). Springer, Berlin, Heidelberg (2011).

Dong, X., Huang, H., ve Chen, P. "An improved NEH-based heuristic for the permutation flowshop problem.", *Computers and Operations Research*, 35(12), 3962-3968. doi: 10.1016/j.cor.2007.05.005, (2008).

Dong, X., Huang, H., ve Chen, P. "An iterated local search algorithm for the permutation flowshop problem with total flowtime criterion.", *Computers and Operations Research*, 36(5), 1664-1669. doi: 10.1016/j.cor.2008.04.001, (2009a).

Dong, X., Huang, H., ve Chen, P. "Study on heuristics for the permutation flowshop with sequence dependent setup times.", In *2009 IEEE International Conference on Information Reuse & Integration* (pp. 417-421). IEEE (2009b).

Dong, X., Huang, H., ve Chen, P. "Study on iterated local search algorithm for permutation flowshop problem with total flowtime objective.", In *International Conference on Applied Informatics and Communication* Springer, Berlin, Heidelberg Vol. 225 *CCIS* (pp. 236-245), (2011).

Duan, J. H., Meng, T., Pan, Q. K., ve Chen, Q. D. "An effective fruit fly optimization algorithm for the hybrid flowshop scheduling problem.", In *2017 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD)* (pp. 930-934). IEEE (2018).

Duan, J. H., Zhang, M., Qiao, G. Y., ve Li, J. Q. "A genetic algorithm for permutation flowshop scheduling with total flowtime criterion.", In *2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* (pp. 1514-1517). IEEE. (2011).

Duan, W., Li, Z., Ji, M., Yang, Y., Wang, S., ve Liu, B. "A hybrid estimation of distribution algorithm for distributed permutation flowshop scheduling with flowline eligibility.", In *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 2581-2587). IEEE (2016).

Dubois-Lacoste, J., Pagnozzi, F., ve Stützle, T. "An iterated greedy algorithm with optimization of partial solutions for the makespan permutation flowshop problem.", *Computers and Operations Research*, 81, 160-166. doi: 10.1016/j.cor.2016.12.021, (2017).

Dudek, R. A., ve Teuton Jr, O. F. "Development of m-stage decision rule for scheduling n jobs through m machines.", *Operations Research*, 12(3), 471-497, (1964).

Fatih Tasgetiren, M., Pan, Q. K., Suganthan, P. N., ve Buyukdagli, O. "A variable iterated greedy algorithm with differential evolution for the no-idle permutation flowshop scheduling problem.", *Computers and Operations Research*, 40(7), 1729-1743. doi: 10.1016/j.cor.2013.01.005, (2013).

Fatih Tasgetiren, M., Pan, Q. K., Suganthan, P. N., ve Oner, A. "A discrete artificial bee colony algorithm for the no-idle permutation flowshop scheduling problem with the total tardiness criterion.", *Applied Mathematical Modelling*, 37(10-11), 6758-6779. doi: 10.1016/j.apm.2013.02.011, (2013).

Fernandez-Viagas, V., Dios, M., ve Framinan, J. M. "Efficient constructive and composite heuristics for the Permutation Flowshop to minimise total earliness and tardiness.", *Computers and Operations Research*, 75, 38-48. doi: 10.1016/j.cor.2016.05.006, (2016).

Fernandez-Viagas, V., ve Framinan, J. M. "On insertion tie-breaking rules in heuristics for the permutation flowshop scheduling problem.", *Computers and Operations Research*, 45, 60-67. doi: 10.1016/j.cor.2013.12.012, (2014).

Fernandez-Viagas, V., ve Framinan, J. M. "A bounded-search iterated greedy algorithm for the distributed permutation flowshop scheduling problem.", *International Journal of Production Research*, 53(4), 1111-1123. doi: 10.1080/00207543.2014.948578, (2015a).

Fernandez-Viagas, V., ve Framinan, J. M. "Efficient non-population-based algorithms for the permutation flowshop scheduling problem with makespan minimisation subject to a maximum tardiness.", *Computers and Operations Research*, 64, 86-96. doi: 10.1016/j.cor.2015.05.006, (2015b).

Fernandez-Viagas, V., ve Framinan, J. M. "NEH-based heuristics for the permutation flowshop scheduling problem to minimise total tardiness.", *Computers and Operations Research*, 60, 27-36. doi: 10.1016/j.cor.2015.02.002, (2015c).

Fernandez-Viagas, V., ve Framinan, J. M. "A new set of high-performing heuristics to minimise flowtime in permutation flowshops.", *Computers and Operations Research*, 53, 68-80. doi: 10.1016/j.cor.2014.08.004, (2015d).

Fondrevelle, J., Oulamara, A., ve Portmann, M. C. "Permutation flowshop scheduling problems with maximal and minimal time lags.", *Computers and Operations Research*, 33(6), 1540-1556. doi: 10.1016/j.cor.2004.11.006, (2006).

Framinan, J., Leisten, R., ve Rajendran, C. "Different initial sequences for the heuristic of Nawaz, Enscore and Ham to minimize makespan, idletime or flowtime in the static permutation flowshop sequencing problem.", *International Journal of Production Research*, 41(1), 121-148, (2003).

Framinan, J. M., ve Leisten, R. "A heuristic for scheduling a permutation flowshop with makespan objective subject to maximum tardiness.", *International Journal of Production Economics*, 99(1-2), 28-40. doi: 10.1016/j.ijpe.2004.12.004, (2006).

- Framinan, J. M., Leisten, R., ve Ruiz-Usano, R. "Comparison of heuristics for flowtime minimisation in permutation flowshops.", *Computers and Operations Research*, 32(5), 1237-1254. doi: 10.1016/j.cor.2003.11.002, (2005).
- Framinan, J. M., ve Perez-Gonzalez, P. "On heuristic solutions for the stochastic flowshop scheduling problem.", *European Journal of Operational Research*, 246(2), 413-420. doi: 10.1016/j.ejor.2015.05.006, (2015).
- França, P. M., Gupta, J. N. D., Mendes, A. S., Moscato, P., ve Veltink, K. J. "Evolutionary algorithms for scheduling a flowshop manufacturing cell with sequence dependent family setups.", *Computers and Industrial Engineering*, 48(3), 491-506. doi: 10.1016/j.cie.2003.11.004, (2005).
- Frieze, A. M., ve Yadegar, J. "A new integer programming formulation for the permutation flowshop problem.", *European Journal of Operational Research*, 40(1), 90-98. doi: 10.1016/0377-2217(89)90276-2, (1989).
- Gajpal, Y., ve Rajendran, C. "An ant-colony optimization algorithm for minimizing the completion-time variance of jobs in flowshops.", *International Journal of Production Economics*, 101(2), 259-272. doi: 10.1016/j.ijpe.2005.01.003, (2006).
- Gao, J., Chen, R., ve Deng, W. "An efficient tabu search algorithm for the distributed permutation flowshop scheduling problem.", *International Journal of Production Research*, 51(3), 641-651. doi: 10.1080/00207543.2011.644819, (2013).
- Gowrishankar, K., Rajendran, C., ve Srinivasan, G. "Flow shop scheduling algorithms for minimizing the completion time variance and the sum of squares of completion time deviations from a common due date.", *European Journal of Operational Research*, 132(3), 643-665. doi: 10.1016/S0377-2217(00)00170-3, (2001).
- Gupta, D., Nailwal, K. K., ve Sharma, S. "A heuristic for permutation flowshop scheduling to minimize makespan.", In *Proceedings of the Third International Conference on Soft Computing for Problem Solving* (pp. 423-432). Springer, New Delhi, (2014).
- Gupta, J., ve Stafford, E. "A comprehensive review and evaluation of permutation flowshop heuristics.", *Eur. J. Oper. Res*, 169(3), 699-711, (2006).
- Gupta, J. N. "A functional heuristic algorithm for the flowshop scheduling problem.", *Journal of the Operational Research Society*, 22(1), 39-47, (1971).
- Gupta, J. N. "Heuristic algorithms for multistage flowshop scheduling problem.", *AIIE Transactions*, 4(1), 11-18, (1972).
- Gupta, J. N., Hariri, A., ve Potts, C. N. "Scheduling a two-stage hybrid flow shop with parallel machines at the first stage.", *Annals of Operations Research*, 69, 171-191, (1997).

- Gupta, J. N. D. "A flowshop scheduling problem with two operations per job.", *International Journal of Production Research*, 35(8), 2309-2326. doi: 10.1080/002075497194868, (1997).
- Gupta, J. N. D., Chen, C. L., Yap, L. Y., ve Deshmukh, H. "Designing a tabu search algorithm to minimize total flow time in a flow shop.", *Arabian Journal for Science and Engineering*, 25(1 C), 79-94, (2000).
- Gupta, J. N. D., ve Darrow, W. P. "The two-machine sequence dependent flowshop scheduling problem.", *European Journal of Operational Research*, 24(3), 439-446. doi: 10.1016/0377-2217(86)90037-8, (1986).
- Gupta, J. N. D., ve Schaller, J. E. "Minimizing flow time in a flow-line manufacturing cell with family setup times.", *Journal of the Operational Research Society*, 57(2), 163-176. doi: 10.1057/palgrave.jors.2601971, (2006).
- Hamdi, I., ve Loukil, T. "Minimizing total tardiness in the permutation flowshop scheduling problem with minimal and maximal time lags.", *Operational Research*, 15(1), 95-114. doi: 10.1007/s12351-014-0166-5, (2015a).
- Hamdi, I., ve Loukil, T. "Upper and lower bounds for the permutation flowshop scheduling problem with minimal time lags.", *Optimization Letters*, 9(3), 465-482. doi: 10.1007/s11590-014-0761-7, (2015b).
- Hamdi, I., Oulamara, A., ve Loukil, T. "A branch and bound algorithm to minimise the total tardiness in the two-machine permutation flowshop scheduling problem with minimal time lags.", *International Journal of Operational Research*, 23(4), 387-405. doi: 10.1504/IJOR.2015.070142, (2015).
- Han, W., ve Dejax, P. An efficient heuristic based on machine workload for the flowshop scheduling problem with setup and removal. *Annals of Operations Research*, 50(1), 263-279. doi: 10.1007/BF02085643, (1994).
- Han, Y. Y., Liang, J. J., Pan, Q. K., Li, J. Q., Sang, H. Y., ve Cao, N. N. "Effective hybrid discrete artificial bee colony algorithms for the total flowtime minimization in the blocking flowshop problem.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(1-4), 397-414. doi: 10.1007/s00170-012-4493-5, (2013).
- Hansen, P., ve Mladenović, N. "Variable neighborhood search: Principles and applications.", *European Journal of Operational Research*, 130(3), 449-467, (2001).
- Hatami, S., Calvet, L., Fernández-Viagas, V., Framiñán, J. M., ve Juan, A. A. "A simheuristic algorithm to set up starting times in the stochastic parallel flowshop problem.", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 86, 55-71. doi: 10.1016/j.simpat.2018.04.005, (2018).

Hatami, S., Ruiz, R., ve Andres-Romano, C. "Simple constructive heuristics for the distributed assembly permutation flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times", *International Journal of Production Research*, 51(17), 5292-5308, (2014).

Hatami, S., Ruiz, R., ve Andrés-Romano, C. "Heuristics and metaheuristics for the distributed assembly permutation flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times.", *International Journal of Production Economics*, 169, 76-88. doi: 10.1016/j.ijpe.2015.07.027, (2015).

He, L., Sun, S., ve Luo, R. "A hybrid two-stage flowshop scheduling problem.", *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 24(01), 45-56, (2007).

Henneberg, M., ve Neufeld, J. S. "A constructive algorithm and a simulated annealing approach for solving flowshop problems with missing operations.", *International Journal of Production Research*, 54(12), 3534-3550. doi: 10.1080/00207543.2015.1082670, (2016).

Hernando, L., Mendiburu, A., ve Lozano, J. "A. Hill-Climbing Algorithm: Let's Go for a Walk before Finding the Optimum.", In *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 1-7). IEEE (2018).

Ho, J. C., ve Chang, Y.-L. "A new heuristic for the n-job, M-machine flowshop problem.", *European Journal of Operational Research*, 52(2), 194-202, (1991).

Hsu, C. Y., Chang, P. C., ve Chen, M. H. "A linkage mining in block-based evolutionary algorithm for permutation flowshop scheduling problem.", *Computers and Industrial Engineering*, 83, 159-171. doi: 10.1016/j.cie.2015.02.009, (2015).

Huang, M., Luo, R., ve Yuan, J. "Improved hybrid genetic algorithm for permutation flowshop scheduling.", *Zhongguo Jixie Gongcheng/China Mechanical Engineering*, 17(16), 1707-1710, (2006).

Huang, M., Luo, R., ve Yuan, J. "Heuristics for permutation flowshop scheduling with learning effect.", *Wuhan Ligong Daxue Xuebao (Jiaotong Kexue Yu Gongcheng Ban)/Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering)*, 31(5), 931-934, (2007).

Hundal, T. S., ve Rajgopal, J. "An extension of Palmer's heuristic for the flow shop scheduling problem.", *International Journal of Production Research*, 26(6), 1119-1124, (1988).

Hyer, N. L. "Education: MRP/GT: a framework for production planning and control of cellular manufacturing.", *Decision sciences*, 13(4), 681-701, (1982).

Ince, Y., Karabulut, K., Tasgetiren, M. F., ve Pan, Q. K. "A discrete artificial bee colony algorithm for the permutation flowshop scheduling problem with

sequence-dependent setup times.", In *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 3401-3408). IEEE (2016).

Irurozki, E., Ceberio, J., Santamaria, J., Santana, R., ve Mendiburu, A. "Algorithm 989: Perm_mateda: A matlab toolbox of estimation of distribution algorithms for permutation-based combinatorial optimization problems.", *ACM Transactions on Mathematical Software*, 44(4). doi: 10.1145/3206429, (2018).

Iyer, S. K., ve Saxena, B. "Improved genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem.", *Computers and Operations Research*, 31(4), 593-606. doi: 10.1016/S0305-0548(03)00016-9, (2004).

Jarboui, B., Ibrahim, S., Siarry, P., ve Rebai, A. "A combinatorial particle swarm optimisation for solving permutation flowshop problems." *Computers and Industrial Engineering*, 54(3), 526-538. doi: 10.1016/j.cie.2007.09.006, (2008).

Kalczynski, P. J., ve Kamburowski, J. "An improved NEH heuristic to minimize makespan in permutation flow shops.", *Computers and Operations Research*, 35(9), 3001-3008. doi: 10.1016/j.cor.2007.01.020, (2008).

Kellegöz, T., Toklu, B., ve Wilson, J. "Elite guided steady-state genetic algorithm for minimizing total tardiness in flowshops.", *Computers and Industrial Engineering*, 58(2), 300-306. doi: 10.1016/j.cie.2009.11.001, (2010).

Keshavarz, T., ve Salmasi, N. "Efficient upper and lower bounding methods for flowshop sequence-dependent group scheduling problems.", *European Journal of Industrial Engineering*, 8(3), 366-387. doi: 10.1504/EJIE.2014.060997, (2014).

Komaki, M., ve Malakooti, B. "General variable neighborhood search algorithm to minimize makespan of the distributed no-wait flow shop scheduling problem.", *Production Engineering*, 11(3), 315-329. doi: 10.1007/s11740-017-0716-9, (2017).

Koulamas, C. "A new constructive heuristic for the flowshop scheduling problem.", *European Journal of Operational Research*, 105(1), 66-71. doi: 10.1016/S0377-2217(97)00027-1, (1998).

Koulamas, C., ve Kyparisis, G. J. "Note on scheduling flowshops with flexible stage ordering.", *European Journal of Operational Research*, 129(1), 224-229. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00430-0, (2001).

Krishnaraj, J., Pugazhendhi, S., Rajendran, C., ve Thiagarajan, S. "A heuristic algorithm to minimise the total flowtime of jobs in permutation flowshops.", *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 17(4), 511-532. doi: 10.1504/IJISE.2014.063967, (2014).

Kumar, S., Ramanan, N., ve Sriskandarajah, C. "Minimizing cycle time in large robotic cells.", *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 37(2), 123-136. doi: 10.1080/07408170590885279, (2005).

Küçük, A. "Hemşire çizelgeleme problemlerinin genetik algoritmalarla optimizasyonu ve bir uygulama.", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir, (2016).

Ladj, A., Tayeb, F. B. S., ve Varnier, C. "Tailored Genetic Algorithm for Scheduling Jobs and Predictive Maintenance in a Permutation Flowshop", In *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (Vol. 1, pp. 524-531). IEEE (2018).

Laha, D., ve Chakraborty, U. K. "An efficient stochastic hybrid heuristic for flowshop scheduling.", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 20(6), 851-856. doi: 10.1016/j.engappai.2006.10.003, (2007).

Laha, D., ve Chakravorty, A. "A new heuristic for minimizing total completion time objective in permutation flow shop scheduling.", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53(9-12), 1189-1197, (2011).

Laha, D., ve Sarin, S. C. "A heuristic to minimize total flow time in permutation flow shop." *Omega*, 37(3), 734-739, (2009).

Lahiri, S., Rajendran, C., ve Narendran, T. T. "Evaluation of heuristics for scheduling in a flowshop: A case study.", *Production Planning and Control*, 4(2), 153-158. doi: 10.1080/09537289308919432, (1993).

Lee, W. C., ve Chung, Y. H. "Permutation flowshop scheduling to minimize the total tardiness with learning effects.", *International Journal of Production Economics*, 141(1), 327-334. doi: 10.1016/j.ijpe.2012.08.014, (2013).

Lee, W. C., Yeh, W. C., ve Chung, Y. H. "Total tardiness minimization in permutation flowshop with deterioration consideration.", *Applied Mathematical Modelling*, 38(13), 3081-3092. doi: 10.1016/j.apm.2013.11.031, (2014).

Li, L., Huo, J., ve Tang, O. "A hybrid flowshop scheduling problem for a cold treating process in seamless steel tube production.", *International Journal of Production Research*, 49(15), 4679-4700. doi: 10.1080/00207543.2010.495208, (2011).

Li, X., Jiang, Y., ve Ruiz, R. "Methods for Scheduling Problems Considering Experience, Learning, and Forgetting Effects.", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 48(5), 743-754. doi: 10.1109/TSMC.2016.2616158, (2018).

Lian, Z., Gu, X., ve Jiao, B. "A novel particle swarm optimization algorithm for permutation flow-shop scheduling to minimize makespan." *Chaos, Solitons ve Fractals*, 35(5), 851-861, (2008).

Liefooghe, A., Derbel, B., Verel, S., Aguirre, H., ve Tanaka, K. "A fitness landscape analysis of Pareto local search on bi-objective permutation flowshop scheduling problems.", In *International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization* (pp. 422-437). Springer, Cham, (2017)

Lin, S. W., ve Ying, K. C. "Order acceptance and scheduling to maximize total net revenue in permutation flowshops with weighted tardiness.", *Applied Soft Computing Journal*, 30, 462-474. doi: 10.1016/j.asoc.2015.01.069, (2015).

Liu, B., Wang, K., ve Zhang, R. "Variable neighborhood based memetic algorithm for distributed assembly permutation flowshop.", In *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 1682-1686). IEEE (2016).

Liu, H., ve Gao, L. "A discrete electromagnetism-like mechanism algorithm for solving distributed permutation flowshop scheduling problem, In *2010 International Conference on Manufacturing Automation* (pp. 156-163). IEEE. (2010).

Liu, H., Gao, L., ve Pan, Q. "A hybrid particle swarm optimization with estimation of distribution algorithm for solving permutation flowshop scheduling problem.", *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4348-4360. doi: 10.1016/j.eswa.2010.09.104, (2011).

Liu, Q., Ullah, S., ve Zhang, C. "An improved genetic algorithm for robust permutation flowshop scheduling.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(1-4), 345-354. doi: 10.1007/s00170-010-3149-6, (2011).

Liu, S., ve Ong, H. L. "A comparative study of algorithms for the flowshop scheduling problem.", *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 19(2), 205-222, (2002).

Liu, W. "An improved differential evolution for permutation flowshop scheduling problem with total flowtime criterion.", In *2012 3rd International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization* (Vol. 1, pp. 324-327). IEEE (2012).

Liu, W., Jin, Y., ve Price, M. "A new improved NEH heuristic for permutation flowshop scheduling problems.", *International Journal of Production Economics*, 193, 21-30. doi: 10.1016/j.ijpe.2017.06.026, (2017a).

Liu, W., Jin, Y., ve Price, M. "New scheduling algorithms and digital tool for dynamic permutation flowshop with newly arrived order.", *International Journal of Production Research*, 55(11), 3234-3248. doi: 10.1080/00207543.2017.1285077, (2017b).

- Liu, W., Jin, Y., ve Price, M. "New meta-heuristic for dynamic scheduling in permutation flowshop with new order arrival.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 98(5-8), 1817-1830. doi: 10.1007/s00170-018-2171-y, (2018).
- Liu, X., Jiao, X., ve Zhang, F. "Estimation of distribution algorithm for solving hybrid flow-shop scheduling problem.", In *Proceedings of 2nd International Conference on Information Technology and Electronic Commerce* (pp. 56-59). IEEE (2014).
- Liu, Y. F., ve Liu, S. Y. "A hybrid discrete artificial bee colony algorithm for permutation flowshop scheduling problem.", *Applied Soft Computing Journal*, 13(3), 1459-1463. doi: 10.1016/j.asoc.2011.10.024, (2013).
- Lomnicki, Z. "A branch-and-bound algorithm for the exact solution of the three-machine scheduling problem.", *Journal of the Operational Research Society*, 16(1), 89-100, (1965).
- Mansouri, S. A., ve Aktas, E. "Minimizing Energy consumption and makespan in a two-machine flowshop scheduling problem.", *Journal of the Operational Research Society*, 67(11), 1382-1394. doi: 10.1057/jors.2016.4, (2016).
- Marichelvam, M., Tosun, Ö., & Geetha, M. "Hybrid monkey search algorithm for flow shop scheduling problem under makespan and total flow time.", *Applied Soft Computing*, 55, 82-92, (2017).
- Marinakis, Y., ve Marinaki, M. "A hybrid particle swarm optimization algorithm for the permutation flowshop scheduling problem.", In *Optimization Theory, Decision Making, and Operations Research Applications* (pp. 91-101). Springer, New York, NY (2013a).
- Marinakis, Y., ve Marinaki, M. "Particle swarm optimization with expanding neighborhood topology for the permutation flowshop scheduling problem.", *Soft Computing*, 17(7), 1159-1173. doi: 10.1007/s00500-013-0992-z, (2013b).
- Marmion, M. E., Dhaenens, C., Jourdan, L., Liefvooghe, A., ve Verel, S. "On the neutrality of flowshop scheduling fitness landscapes.", In *International Conference on Learning and Intelligent Optimization* (pp. 238-252). Springer, Berlin, Heidelberg, (2011).
- Mascia, F., López-Ibáñez, M., Dubois-Lacoste, J., ve Stützle, T. "Grammar-based generation of stochastic local search heuristics through automatic algorithm configuration tools.", *Computers and Operations Research*, 51, 190-199. doi: 10.1016/j.cor.2014.05.020, (2014).
- Mattila, K., Hyväluoma, J., Rossi, T., Aspñäs, M., ve Westerholm, J. "An efficient swap algorithm for the lattice Boltzmann method.", *Computer Physics Communications*, 176(3), 200-210, (2007).

McGovern, S. M., & Gupta, S. M. "2-opt heuristic for the disassembly line balancing problem.", In *Environmentally conscious manufacturing iii* (Vol. 5262, pp. 71-84). International Society for Optics and Photonics, (2004).

Mirabi, M. "Ant colony optimization technique for the sequence-dependent flowshop scheduling problem.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 55(1-4), 317-326. doi: 10.1007/s00170-010-3037-0, (2011).

Mirabi, M., Fatemi Ghomi, S. M. T., Jolai, F., ve Zandieh, M. "Hybrid electromagnetism-like algorithm for the flowshop scheduling with sequence-dependent setup times.", *Journal of Applied Sciences*, 8(20), 3621-3629. doi: 10.3923/jas.2008.3621.3629, (2008).

Moccellin, J. V. "A new heuristic method for the permutation flow shop scheduling problem.", *Journal of the Operational Research Society*, 46(7), 883-886, (1995).

Moccellin, J. V., ve Dos Santos, M. O. "An adaptive hybrid metaheuristic for permutation flowshop scheduling.", *Control and Cybernetics*, 29(3), 757-771, (2000).

Morizawa, K., Nagasawa, H., ve Nishiyama, N. "Complex random sample scheduling and its application to an N/M/F/Fmax problem.", *Computers and Industrial Engineering*, 27(1-4), 23-26. doi: 10.1016/0360-8352(94)90228-3, (1994).

Muştu, S., ve Eren, T. "Maximum completion time under a learning effect in the permutation flowshop scheduling problem.", *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, 25(2), 156-174, (2018).

Naderi, B., Ahmadi Javid, A., ve Jolai, F. "Permutation flowshops with transportation times: Mathematical models and solution methods.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46(5-8), 631-647. doi: 10.1007/s00170-009-2122-8, (2010).

Nagano, M. S., Rossi, F. L., ve Martarelli, N. J. "High-performing heuristics to minimize flowtime in no-idle permutation flowshop.", *Engineering Optimization*, 51(2), 185-198. doi: 10.1080/0305215X.2018.1444163, (2019).

Nagano, M. S., Ruiz, R., ve Lorena, L. A. N. "A Constructive Genetic Algorithm for permutation flowshop scheduling.", *Computers and Industrial Engineering*, 55(1), 195-207. doi: 10.1016/j.cie.2007.11.018, (2008).

Nawaz, M., Ensore Jr, E. E., ve Ham, I. "A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem.", *Omega*, 11(1), 91-95, (1983).

Nawaz, M., Ensore, E., ve Ham, I. "A heuristic algorithm for the Flow shop problem.", *European J. Oper Res*, 91, 160-175, (1983).

- Neufeld, J. S., Gupta, J. N. D., ve Buscher, U. "Minimising makespan in flowshop group scheduling with sequence-dependent family set-up times using inserted idle times.", *International Journal of Production Research*, 53(6), 1791-1806. doi: 10.1080/00207543.2014.961209, (2015).
- Nishi, T., Hiranaka, Y., ve Inuiguchi, M. "Lagrangian relaxation with cut generation for hybrid flowshop scheduling problems to minimize the total weighted tardiness.", *Computers ve Operations Research*, 37(1), 189-198, (2010).
- Osman, I. H., ve Laporte, G. "Metaheuristics: A bibliography: Springer, October 1996, Volume 63, Issue 5, pp 511–623 (1996).
- Öztop, H., Fatih Tasgetiren, M., Türsel Eliiyi, D., ve Pan, Q. K. "Green Permutation Flowshop Scheduling: A Trade- off- Between Energy Consumption and Total Flow Time.", In *International Conference on Intelligent Computing* (pp. 753-759). Springer, Cham, (2018).
- Page, E. "An approach to the scheduling of jobs on machines.", *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 23(2), 484-492, (1961).
- Pagnozzi, F., ve Stützle, T. "Automatic design of hybrid stochastic local search algorithms for permutation flowshop problems.", *European Journal of Operational Research*, 276(2), 409-421. doi: 10.1016/j.ejor.2019.01.018, (2019).
- Palmer, D. "Sequencing jobs through a multi-stage process in the minimum total time—a quick method of obtaining a near optimum.", *Journal of the Operational Research Society*, 16(1), 101-107, (1965).
- Pan, Q. K., Fatih Tasgetiren, M., ve Liang, Y. C. "A discrete particle swarm optimization algorithm for the no-wait flowshop scheduling problem.", *Computers and Operations Research*, 35(9), 2807-2839. doi: 10.1016/j.cor.2006.12.030, (2008).
- Pan, Q. K., Gao, L., Wang, L., Liang, J., ve Li, X. Y. "Effective heuristics and metaheuristics to minimize total flowtime for the distributed permutation flowshop problem.", *Expert Systems with Applications*, 124, 309-324. doi: 10.1016/j.eswa.2019.01.062, (2019).
- Pan, Q. K., ve Ruiz, R. "A comprehensive review and evaluation of permutation flowshop heuristics to minimize flowtime.", *Computers and Operations Research*, 40(1), 117-128. doi: 10.1016/j.cor.2012.05.018, (2013).
- Pan, Q. K., ve Ruiz, R. "An effective iterated greedy algorithm for the mixed no-idle permutation flowshop scheduling problem.", *Omega (United Kingdom)*, 44, 41-50. doi: 10.1016/j.omega.2013.10.002, (2014).

Pan, Q. K., Wang, L., Mao, K., Zhao, J. H., ve Zhang, M. "An effective artificial bee colony algorithm for a real-world hybrid flowshop problem in steelmaking process.", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 10(2), 307-322. doi: 10.1109/TASE.2012.2204874, (2013).

Pasia, J. M., Gandibleux, X., Doerner, K. F., ve Hartl, R. F. "Local search guided by path relinking and heuristic bounds.", In *International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization* (pp. 501-515). Springer, Berlin, Heidelberg, (2007).

Peng, K., Pan, Q., ve Zhang, B. "An improved artificial bee colony algorithm for steelmaking–refining–continuous casting scheduling problem.", *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(8), 1727-1735. doi: 10.1016/j.cjche.2018.06.008, (2018).

Perez-Gonzalez, P., ve Framinan, J. M. "Scheduling permutation flowshops with initial availability constraint: Analysis of solutions and constructive heuristics.", *Computers and Operations Research*, 36(10), 2866-2876. doi: 10.1016/j.cor.2008.12.018, (2009).

Pour, H. D. "A new heuristic for the n-job, m-machine flow-shop problem.", *Production Planning ve Control*, 12(7), 648-653, (2001).

Proust, C., Deschamps, V., ve Gupta, J. N. D. "Flowshop scheduling with set-up, processing and removal times separated.", *International Journal of Production Research*, 29(3), 479-493. doi: 10.1080/00207549108930084, (1991).

Pugazhendhi, S., Thiagarajan, S., Rajendran, C., ve Anantharaman, N. "Performance enhancement by using non-permutation schedules in flowline-based manufacturing systems.", *Computers and Industrial Engineering*, 44(1), 133-157. doi: 10.1016/S0360-8352(02)00189-4, (2003).

Pugazhendhi, S., Thiagarajan, S., Rajendran, C., ve Anantharaman, N. "Relative performance evaluation of permutation and non-permutation schedules in flowline-based manufacturing systems with flowtime objective.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 23(11-12), 820-830. doi: 10.1007/s00170-003-1661-7, (2004).

Pugazhenth, R., ve Anthony Xavier, M. "Optimization of permutation flow shop with multi-objective criteria.", *International Journal of Applied Engineering Research*, 8(15), 1807-1813, (2013).

Pugazhenth, R., ve Anthony Xavier, M. A genetic algorithm applied heuristic to minimize the Makespan in a flow shop, *Procedia Engineering*, 97, 1735-1744 (2014).

Qiu, J., Yin, J., ve Zhou, D. An adaptive repulsive particle swarm optimization for makespan and maximum lateness minimization in the permutation

flowshop scheduling problem, In *2009 International Workshop on Intelligent Systems and Applications* (pp. 1-4). IEEE (2009).

Rad, S. F., Ruiz, R., ve Borojerdian, N. "New high performing heuristics for minimizing makespan in permutation flowshops.", *Omega*, 37(2), 331-345. doi: 10.1016/j.omega.2007.02.002, (2009).

Rahendran, C., ve Chaudhuri, D. "A multi-stage parallel-processor flowshop problem with minimum flowtime.", *European Journal of Operational Research*, 57(1), 111-122. doi: 10.1016/0377-2217(92)90310-6, (1992).

Rajendran, C. "Heuristics for scheduling in flowshop with multiple objectives.", *European Journal of Operational Research*, 82(3), 540-555, (1995).

Rajendran, C., ve Chaudhuri, D. "An efficient heuristic approach to the scheduling of jobs in a flowshop.", *European Journal of Operational Research*, 61(3), 318-325, (1992).

Rajendran, C., ve Ziegler, H. "A performance analysis of dispatching rules and a heuristic in static flowshops with missing operations of jobs.", *European Journal of Operational Research*, 131(3), 622-634. doi: 10.1016/S0377-2217(00)00105-3, (2001).

Rajendran, C., ve Ziegler, H. "Scheduling to minimize the sum of weighted flowtime and weighted tardiness of jobs in a flowshop with sequence-dependent setup times.", *European Journal of Operational Research*, 149(3), 513-522. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00485-X, (2003).

Rajendran, C., ve Ziegler, H. "Ant-colony algorithms for permutation flowshop scheduling to minimize makespan/total flowtime of jobs.", *European Journal of Operational Research*, 155(2), 426-438. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00908-6, (2004).

Rajendran, C., ve Ziegler, H. "Two ant-colony algorithms for minimizing total flowtime in permutation flowshops.", *Computers and Industrial Engineering*, 48(4), 789-797. doi: 10.1016/j.cie.2004.12.009, (2005).

Rajendran, C., ve Ziegler, H. "A multi-objective ant-colony algorithm for permutation flowshop scheduling to minimize the makespan and total flowtime of jobs.", In *Computational Intelligence in Flow Shop and Job Shop Scheduling* (pp. 53-99). Springer, Berlin, Heidelberg, (2009)

Rajkumar, R., ve Shahabudeen, P. "Bi-criteria improved genetic algorithm for scheduling in flowshops to minimise makespan and total flowtime of jobs.", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 22(10), 987-998. doi: 10.1080/09511920902993353, (2009a).

- Rajkumar, R., ve Shahabudeen, P. "An improved genetic algorithm for the flowshop scheduling problem.", *International Journal of Production Research*, 47(1), 233-249. doi: 10.1080/00207540701523041, (2009b).
- Ramezani, R., Vali-Siar, M. M., ve Jalalian, M. "Green permutation flowshop scheduling problem with sequence-dependent setup times: a case study.", *International Journal of Production Research*. doi: 10.1080/00207543.2019.1581955, (2019).
- Ravetti, M. G., Riveros, C., Mendes, A., Resende, M. G. C., ve Pardalos, P. M. "Parallel hybrid heuristics for the permutation flow shop problem.", *Annals of Operations Research*, 199(1), 269-284. doi: 10.1007/s10479-011-1056-3, (2012).
- Riahi, V., Khorramizadeh, M., Hakim Newton, M. A., ve Sattar, A. "Scatter search for mixed blocking flowshop scheduling.", *Expert Systems with Applications*, 79, 20-32. doi: 10.1016/j.eswa.2017.02.027, (2017).
- Riahi, V., Newton, M. A. H., Su, K., ve Sattar, A. "Constraint guided accelerated search for mixed blocking permutation flowshop scheduling.", *Computers and Operations Research*, 102, 102-120. doi: 10.1016/j.cor.2018.10.003, (2019).
- Ribas, I., Companys, R., ve Tort-Martorell, X. "Comparing three-step heuristics for the permutation flow shop problem.", *Computers ve Operations Research*, 37(12), 2062-2070, (2010).
- Rojanapibul, K., ve Pichitlamken, J. "Assessing risk in a job schedule: Integrating a scheduling heuristic and a simulation model to a spreadsheet.", In *Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005*. (pp. 5-pp). IEEE, (2005).
- Rossi, A., ve Lanzetta, M. "Nonpermutation flow line scheduling by ant colony optimization.", *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 27(4), 349-357. doi: 10.1017/S0890060413000176, (2013a).
- Rossi, A., ve Lanzetta, M. "Scheduling flow lines with buffers by ant colony digraph.", *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3328-3340. doi: 10.1016/j.eswa.2012.12.041, (2013b).
- Rossi, A., ve Lanzetta, M. "Native metaheuristics for non-permutation flowshop scheduling.", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(6), 1221-1233. doi: 10.1007/s10845-012-0724-8, (2014).
- Ruiz-Torres, A. J., ve Centeno, G. "Minimizing the number of late jobs for the permutation flowshop problem with secondary resources.", *Computers and Operations Research*, 35(4), 1227-1249. doi: 10.1016/j.cor.2006.07.013, (2008).

Ruiz, R., Maroto, C., ve Alcaraz, J. "Solving the flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times using advanced metaheuristics.", *European Journal of Operational Research*, 165(1), 34-54. doi: 10.1016/j.ejor.2004.01.022, (2005).

Ruiz, R., Pan, Q. K., ve Naderi, B. "Iterated Greedy methods for the distributed permutation flowshop scheduling problem.", *Omega (United Kingdom)*, 83, 213-222. doi: 10.1016/j.omega.2018.03.004, (2019).

Ruiz, R., ve Stützle, T. "A simple and effective iterated greedy algorithm for the permutation flowshop scheduling problem.", *European Journal of Operational Research*, 177(3), 2033-2049. doi: 10.1016/j.ejor.2005.12.009, (2007).

Sadjadi, S. J., Bouquard, J. L., ve Ziaee, M. "An ant colony algorithm for the flowshop scheduling problem.", *Journal of Applied Sciences*, 8(21), 3938-3944. doi: 10.3923/jas.2008.3938.3944, (2008).

Sajadi, S. M., Kashan, A. H., ve Khaledan, S. "A new approach for permutation flow-shop scheduling problem using league championship algorithm.", *Proceedings of CIE44 and IMSS*, 14, (2014).

Sang, H. Y., ve Duan, J. H. "An efficient discrete artificial bee colony algorithm for total flowtime lot-streaming flowshop.", In *2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery* (pp. 1585-1588). IEEE, (2012).

Sang, H. Y., Pan, Q. K., Duan, P. Y., ve Li, J. Q. "An effective discrete invasive weed optimization algorithm for lot-streaming flowshop scheduling problems.", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(6), 1337-1349. doi: 10.1007/s10845-015-1182-x, (2018).

Sang, H. Y., Pan, Q. K., Duan, P. Y., Li, J. Q., ve Duan, P. "A two-stage invasive weed optimization algorithm for distributed assembly permutation flowshop problem.", In *2017 Chinese Automation Congress (CAC)* (pp. 7051-7056). IEEE, (2017).

Santucci, V., Baiocchi, M., ve Milani, A. "Algebraic differential evolution algorithm for the permutation flowshop scheduling problem with total flowtime criterion.", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 20(5), 682-694. doi: 10.1109/TEVC.2015.2507785, (2016).

Saravanan, M., Joseph Dominic Vijayakumar, S., ve Srinivasan, R. "A multicriteria permutation flowshop scheduling problem with setup times.", *International Journal of Engineering and Technology*, 6(3), 1329-1339, (2014).

Saravanan, M., Noorul Haq, A., Vivekraj, A. R., ve Prasad, T. "Performance evaluation of the scatter search method for permutation flowshop sequencing

problems.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37(11-12), 1200-1208. doi: 10.1007/s00170-007-1053-5, (2008).

Schaller, J. E., Gupta, J. N. D., ve Vakharia, A. J. "Scheduling a flowline manufacturing cell with sequence dependent family setup times.", *European Journal of Operational Research*, 125(2), 324-339. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00387-2, (2000).

Sharadapriyadarshini, B., ve Rajendran, C. "Formulations and heuristics for scheduling in a buffer-constrained flowshop and flowline-based manufacturing cell with different buffer-space requirements for jobs: Part 1.", *International Journal of Production Research*, 34(12), 3465-3485. doi: 10.1080/00207549608905100, (1996).

Sharadapriyadarshini, B., ve Rajendran, C. "Formulations and heuristics for scheduling in a buffer-constrained flowshop and flowline-based manufacturing cell with different buffer-space requirements for jobs: Part 2.", *International Journal of Production Research*, 35(1), 101-122. doi: 10.1080/002075497196000, (1997).

Sheng, L., ve Gu, X. "A genetic algorithm with combined operators for permutation flowshop scheduling problems.", In *2014 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)* (pp. 65-70). IEEE, (2014).

Sioud, A., ve Gagné, C. "Enhanced migrating birds optimization algorithm for the permutation flow shop problem with sequence dependent setup times.", *European Journal of Operational Research*, 264(1), 66-73. doi: 10.1016/j.ejor.2017.06.027, (2018).

Sioud, A., Gagné, C., ve Dort, J. "A GISMOO algorithm for a multi-objective permutation flowshop with sequence-dependent setup times.", In *2015 7th International Joint Conference on Computational Intelligence (IJCCI)* (Vol. 1, pp. 116-121). IEEE, (2015).

Sivrikaya-Şerifoğlu, F., ve Ulusoy, G. "A bicriteria two-machine permutation flowshop problem.", *European Journal of Operational Research*, 107(2), 414-430. doi: 10.1016/S0377-2217(97)00338-X, (1998).

Smutnicki, C. "A two-machine permutation flow shop scheduling problem with buffers.", *OR Spectrum*, 20(4), 229-235, (1998).

Suliman, S. "A two-phase heuristic approach to the permutation flow-shop scheduling problem.", *International Journal of Production Economics*, 64(1-3), 143-152, (2000).

Swaminathan, R., Fowler, J. W., Pfund, M. E., ve Mason, S. J. "Minimizing total weighted tardiness in a dynamic flowshop with variable processing times.", In *IIE Annual Conference. Proceedings* (p. 1). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), (2004).

Swaminathan, R., Pfund, M. E., Fowler, J. W., Mason, S. J., ve Keha, A. "Impact of permutation enforcement when minimizing total weighted tardiness in dynamic flowshops with uncertain processing times.", *Computers and Operations Research*, 34(10), 3055-3068. doi: 10.1016/j.cor.2005.11.014, (2007).

Taillard, E. "Some efficient heuristic methods for the flow shop sequencing problem.", *European Journal of Operational Research*, 47(1), 65-74, (1990).

Talbi, E.-G. "A taxonomy of hybrid metaheuristics.", *Journal of Heuristics*, 8(5), 541-564, (2002).

Tandon, M., Cummings, P. T., ve LeVan, M. D. "Flowshop sequencing with non-permutation schedules.", *Computers and Chemical Engineering*, 15(8), 601-607. doi: 10.1016/0098-1354(91)80014-M, (1991).

Tang, L., ve Wang, X. "An improved particle swarm optimization algorithm for the hybrid flowshop scheduling to minimize total weighted completion time in process industry.", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 18(6), 1303-1314. doi: 10.1109/TCST.2009.2036718, (2010).

Tasgetiren, M. F., Buyukdagli, O., Pan, Q. K., ve Suganthan, P. N. "A general variable neighborhood search algorithm for the no-idle permutation flowshop scheduling problem.", In *International Conference on Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing* (pp. 24-34). Springer, Cham, (2013).

Tasgetiren, M. F., Kizilay, D., Pan, Q. K., ve Suganthan, P. N. "Iterated greedy algorithms for the blocking flowshop scheduling problem with makespan criterion.", *Computers and Operations Research*, 77, 111-126. doi: 10.1016/j.cor.2016.07.002, (2017).

Tasgetiren, M. F., Liang, Y. C., Sevkli, M., ve Gencyilmaz, G. "A particle swarm optimization algorithm for makespan and total flowtime minimization in the permutation flowshop sequencing problem.", *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1930-1947. doi: 10.1016/j.ejor.2005.12.024, (2007).

Tasgetiren, M. F., Pan, Q.-K., Suganthan, P. N., ve Chen, A. H. "A discrete artificial bee colony algorithm for the total flowtime minimization in permutation flow shops.", *Information Sciences*, 181(16), 3459-3475, (2011).

Tasgetiren, M. F., Pan, Q. K., Kizilay, D., ve Velez-Gallego, M. C. "A variable block insertion heuristic for permutation flowshops with makespan criterion.", In *2017 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 726-733). IEEE, (2017).

Tasgetiren, M. F., Pan, Q. K., Suganthan, P. N., ve Buyukdagli, O. "A variable iterated greedy algorithm with differential evolution for solving no-idle flowshops.", In *Swarm and Evolutionary Computation* (pp. 128-135). Springer, Berlin, Heidelberg, (2012)

Tasgetiren, M. F., Pan, Q. K., Suganthan, P. N., ve Chen, A. H. L. "A discrete artificial bee colony algorithm for the total flowtime minimization in permutation flow shops.", *Information Sciences*, 181(16), 3459-3475. doi: 10.1016/j.ins.2011.04.018, (2011).

Tasgetiren, M. F., Pan, Q. K., Suganthan, P. N., ve Jin Chua, T. "A differential evolution algorithm for the no-idle flowshop scheduling problem with total tardiness criterion.", *International Journal of Production Research*, 49(16), 5033-5050. doi: 10.1080/00207543.2010.497781, (2011).

Tasgetiren, M. F., Sevkli, M., Liang, Y.-C., ve Gencyilmaz, G. "Particle swarm optimization algorithm for permutation flowshop sequencing problem.", In *International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence* (pp. 382-389). Springer, Berlin, Heidelberg, (2004).

Tonge, V. G., ve Kulkarni, P. "Permutation flowshop scheduling problem using classical NEH, ILS-ESP operator." In *International Conference on Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing* (pp. 595-605). Springer, Cham, (2013).

Tseng, C. T., Liao, C. J., ve Liao, T. X. "A note on two-stage hybrid flowshop scheduling with missing operations.", *Computers and Industrial Engineering*, 54(3), 695-704. (2008).

Tseng, L.-Y., ve Lin, Y.-T. "A hybrid genetic local search algorithm for the permutation flowshop scheduling problem.", *European Journal of Operational Research*, 198(1), 84-92, (2009).

Tseng, L.-Y., ve Lin, Y.-T. "A genetic local search algorithm for minimizing total flowtime in the permutation flowshop scheduling problem.", *International Journal of Production Economics*, 127(1), 121-128, (2010).

Vallada, E., ve Ruiz, R. "Cooperative metaheuristics for the permutation flowshop scheduling problem.", *European Journal of Operational Research*, 193(2), 365-376. doi: 10.1016/j.ejor.2007.11.049, (2009).

Varadharajan, T. K., ve Rajendran, C. "A multi-objective simulated-annealing algorithm for scheduling in flowshops to minimize the makespan and total flowtime of jobs.", *European Journal of Operational Research*, 167(3), 772-795. doi: 10.1016/j.ejor.2004.07.020, (2005).

Wang, B., Huang, K., ve Li, T. "Permutation flowshop scheduling with time lag constraints and makespan criterion.", *Computers and Industrial Engineering*, 120, 1-14. doi: 10.1016/j.cie.2018.04.021, (2018).

Wang, B., ve Li, T. "A comparison of permutation flowshop scheduling heuristics for limited waiting time constraints.", (2011).

Wang, J. J., ve Zhang, B. H. "Permutation flowshop problems with bi-criterion makespan and total completion time objective and position-weighted learning

effects.", *Computers and Operations Research*, 58, 24-31. doi: 10.1016/j.cor.2014.12.006, (2015).

Wang, X., ve Tang, L. "A tabu search heuristic for the hybrid flowshop scheduling with finite intermediate buffers.", *Computers and Operations Research*, 36(3), 907-918. doi: 10.1016/j.cor.2007.11.004, (2009).

Wang, X., ve Tang, L. "An improved particle swarm optimization for permutation flowshop scheduling problem with total flowtime criterion.", In *International Conference in Swarm Intelligence* (pp. 144-151). Springer, Berlin, Heidelberg, (2010).

Wang, Y., ve Li, X. "A hybrid chaotic biogeography based optimization for the sequence dependent setup times flowshop scheduling problem with weighted tardiness objective.", *IEEE Access*, 5, 26046-26062. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2769100, (2017).

Wang, Y., Li, X., Ruiz, R., ve Sui, S. "An Iterated Greedy Heuristic for Mixed No-Wait Flowshop Problems.", *IEEE Transactions on Cybernetics*, 48(5), 1553-1566. doi: 10.1109/TCYB.2017.2707067, (2018).

Woo, H. S., ve Yim, D. S. "A heuristic algorithm for mean flowtime objective in flowshop scheduling.", *Computers and Operations Research*, 25(3), 175-182. doi: 10.1016/S0305-0548(97)00050-6, (1998).

Wu, C. C., ve Lee, W. C. "A note on the total completion time problem in a permutation flowshop with a learning effect." *European Journal of Operational Research*, 192(1), 343-347. doi: 10.1016/j.ejor.2007.10.003, (2009).

Wu, C. C., Liu, S. C., Cheng, T. C. E., Cheng, Y., Liu, S. Y., ve Lin, W. C. "Re-Entrant Flowshop Scheduling With Learning Considerations to Minimize The Makespan.", *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science*, 42(2), 727-744. doi: 10.1007/s40995-017-0236-7, (2018).

Xu, J., Lin, W. C., Wu, J., Cheng, S. R., Wang, Z. L., ve Wu, C. C. "Heuristic based genetic algorithms for the re-entrant total completion time flowshop scheduling with learning consideration.", *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9(6), 1082-1100. doi: 10.1080/18756891.2016.1256572, (2016).

Xu, J., Yin, Y., Cheng, T. C. E., Wu, C. C., ve Gu, S. "A memetic algorithm for the re-entrant permutation flowshop scheduling problem to minimize the makespan.", *Applied Soft Computing Journal*, 24, 277-283. doi: 10.1016/j.asoc.2014.07.002, (2014).

Xu, X., Xu, Z., ve Gu, X. "An asynchronous genetic local search algorithm for the permutation flowshop scheduling problem with total flowtime minimization.", *Expert Systems with Applications*, 38(7), 7970-7979, (2011).

Yang, Y. X., Li, P., Wang, S., Liu, B., ve Luo, Y. Scatter search for distributed assembly flowshop scheduling to minimize total tardiness, In *2017 IEEE Congress on evolutionary computation (CEC)* (pp. 861-868). IEEE, (2017).

Ying, K.-C., ve Liao, C.-J. "An ant colony system for permutation flow-shop sequencing.", *Computers ve Operations Research*, 31(5), 791-801, (2004).

Ying, K. C. "Solving non-permutation flowshop scheduling problems by an effective iterated greedy heuristic.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(3-4), 348-354. doi: 10.1007/s00170-007-1104-y, (2008).

Ying, K. C., ve Lin, S. W. "Multi-heuristic desirability ant colony system heuristic for non-permutation flowshop scheduling problems.", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(7-8), 793-802. doi: 10.1007/s00170-006-0492-8, (2007).

Ying, K. C., ve Lin, S. W. "A high-performing constructive heuristic for minimizing makespan in permutation flowshops.", *Journal of Industrial and Production Engineering*, 30(6), 355-362. doi: 10.1080/21681015.2013.843597, (2013).

Yuan, K., Hennequin, S., Wang, X., ve Gao, L. "A new heuristic-em for permutation flowshop scheduling.", *IFAC Proceedings Volumes*, 39(3), 33-38, (2006).

Zangari, M., Mendiburu, A., Santana, R., ve Pozo, A. "Multiobjective decomposition-based Mallows Models estimation of distribution algorithm. A case of study for permutation flowshop scheduling problem.", *Information Sciences*, 397-398, 137-154. doi: 10.1016/j.ins.2017.02.034, (2017).

Zhang, C., Ning, J., ve Ouyang, D. "A hybrid alternate two phases particle swarm optimization algorithm for flow shop scheduling problem.", *Computers ve Industrial Engineering*, 58(1), 1-11, (2010).

Zhang, G., Xing, K., ve Cao, F. "Discrete differential evolution algorithm for distributed blocking flowshop scheduling with makespan criterion.", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 76, 96-107. doi: 10.1016/j.engappai.2018.09.005, (2018).

Zhang, L., ve Wu, J. "A PSO-based hybrid metaheuristic for permutation flowshop scheduling problems.", *The Scientific World Journal*, 2014. doi: 10.1155/2014/902950, (2014).

Zhang, W., Yin, C., Liu, J., ve Linn, R. J. "Multi-job lot streaming to minimize the mean completion time in m-1 hybrid flowshops.", *International Journal of Production Economics*, 96(2), 189-200, (2005).

Zhang, Y., Li, X., ve Wang, Q. "Hybrid genetic algorithm for permutation flowshop scheduling problems with total flowtime minimization.", *European*

Journal of Operational Research, 196(3), 869-876. doi: 10.1016/j.ejor.2008.04.033, (2009).

Zhang, Z., ve Jing, Z. "An improved ant colony optimization algorithm for permutation flowshop scheduling to minimize makespan.", In *2012 13th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies* (pp. 605-609). IEEE, (2012).

Zhao, Z. J., He, X. Q., ve Liu, F. "An improved multi-objective memetic algorithm for Bi-objective permutation flow shop scheduling.", In *2017 International Conference on Service Systems and Service Management* (pp. 1-6). IEEE, (2017).

Zheng, D.-Z., ve Wang, L. "An effective hybrid heuristic for flow shop scheduling.", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(1), 38-44, (2003).

Zheng, J. "A hybrid iterated greedy algorithm for the no-wait PFSP.", In *2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC)* (pp. 1156-1161). IEEE, (2017).

Zheng, Y. J., Ling, H. F., ve Xue, J. Y. "Disaster rescue task scheduling: An evolutionary multiobjective optimization approach.", *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 6(2), 288-300. doi: 10.1109/TETC.2014.2369957, (2018).

Ziaee, M. "General flowshop scheduling problem with the sequence dependent setup times: A heuristic approach.", *Information Sciences*, 251, 126-135. doi: 10.1016/j.ins.2013.06.025, (2013).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Umut METE

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli 29/05/1989

Lisans Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : umutmt@hotmail.com

İletişim Adresi : Altıntop mah. Çaybaşı cad. 34/3 Merkezefendi/
Denizli