T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK ESNEK AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN PARALEL DOYUMSUZ ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ: BİR HAZIR GİYİM İŞLETMESİNE UYGULANMASI

Teks. Müh. Meral İŞLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2009

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BULANIK ESNEK AKIŞ TİPİ ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN PARALEL DOYUMSUZ ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ : BİR HAZIR GİYİM İŞLETMESİNE UYGULANMASI

Teks. Müh. Meral İŞLER
Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Orhan ENGİN
2009, 84 Sayfa
Jüri : Prof. Dr. Ahmet PEKER
Doç. Dr. Orhan ENGİN
Yrd. Doç. Dr. Nurgül KILINÇ

Hazır giyim; son yıllardaki gelişen teknolojiye rağmen emek yoğun yapısının korunduğu, iş gücü kayıplarının çok ve termin sürelerinin kısa olduğu dinamik bir üretim şeklidir. Üretim yapısındaki bu faktörler nedeniyle hazır giyimde verimlilik, planlama ve çizelgeleme gibi kavramların önemi büyüktür. Bu çalışmada NP (polinomiyel olmayan) zor sınıfında yer alan esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin paralel doyumsuz algoritma ile çözümü amaçlanmıştır. Problemin çözümünde bir hazır giyim işletmesinde örnek olarak uygulama yapılmıştır. Hazır giyim üretim süreci, işlem süreleri belirsiz olduğundan bulanıktır. Bu yapı göz önüne alınarak bulanık mantığın üyelik fonksiyonlarından faydalanılarak bir paralel doyumsuz algoritma geliştirilmiş ve bir hazır giyim işletmesinde elde edilen verilerle test edilmiştir. Paralel doyumsuz algoritmanın test edilmesi için genetik algoritma ile kıyaslamalar yapılmıştır. Yapılan kıyaslama sonucunda paralel algoritmanın genetik algoritmaya göre daha iyi sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hazır Giyim, Bulanık Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemleri, Paralel Doyumsuz Algoritma.

ABSTRACT

MS THESIS

TO SOLVE FUZZY HYBRID FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEMS BY PARALEL GREEDY ALGORITHMS: A REAL WORD APPLICATION IN AN APPAREL MANUFACTURING PROCESS

Textile Eng. Meral İŞLER

Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan ENGİN

2009, 84 Pages

Jury: Prof. Dr. Ahmet PEKER

Assoc. Prof. Dr. Orhan ENGİN

Assist. Prof. Dr. Nurgül KILINÇ

Apparel is a type of dynamic production in which appointed time is short, loss of labour force is most and labour focused structure is continued instead of developing technology in recent times. Hereby, fertility, planning and scheduling in ready wear are significant due to these factors in production structure. This study aims at the solution of flexible flowing scheduling problems involving in NP (non-polinomial) hard class with parallel greedy algorithm. An application is made in a ready wear enterprise as an example for the solution of problem. Operation time is not clear. That is why, the production process of ready wear is blurred. Taking this structure into consideration, a parallel greedy algorithm is developed benefiting from membership functions of blurring concept and this one is tested over data in a ready wear enterprise. this is compared to a genetic algorithm for testing parallel greedy algorithm. In conclusion of comparison, this parallel greedy algorithm presents better results than genetic algorithm.

Key Words: Apparel, Fuzzy hybrid flow shop Scheduling problems, Parallel greedy algorithm.

ÖNSÖZ

Çizelgeleme; işleri, tamamlanma zamanı, makine boş zamanı, teslim süresi, geciken iş sayısı gibi belirli amaçları optimum yapacak şekilde, kısıtlı kaynakları kullanarak sıralama çalışmalarıdır. Hazır giyim sektöründe son yıllarda sipariş adetleri azalırken sipariş sayıları artmış, teslim zamanları ise kısalmıştır. Konunun üretimden alınan gerçek verilerin kullanılması ve pratikte uygulanabilirliği, literatürde az çalışma yapılmış ve yeni bir konu olması bu çalışmanın yapılma nedenlerindir.

Bu çalışmanın ortaya çıkması süresinde yardım ve desteğini hiç bir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Orhan Engin' e, Selçuk Üniversitesi Mesleki Eğitim Fakültesi Hazır Giyim Öğretmenliği Ana Bilim Dalı Başkanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Nurgül Kılınç'a, arkadaşlarım Endüstri Yüksek Mühendisi Mustafa Kerim Yılmaz'a ve Arş. Gör. Yakup Atasagun'a ve hayatım boyunca yaptığı her şey için babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Teks. Müh. Meral İşler

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **v**
TABLO LİSTESİ ..... **vi**
KISALTMALAR ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**
2.1. Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemleri Kaynak Araştırması 3
2.2. Doyumsuz Algoritma Kaynak Araştırması 5
3. MATERYAL VE METOD **12**
3.1. Materyal 12
3.1.1. Esnek Akış Tipi Çizelgeleme 12
3.1.2. Bulanık Esnek Akış Tipi Çizelgeleme 13
3.2. Metot 16
3.2.1. Paralel Doyumsuz Algoritmalar (PDA) 16
3.2.1.1. Doyumsuz Rastsal Adaptiv Arama Prosedürü (DRAAP) 18
3.2.1.2. PDA İşlem Adımları 19
3.2.2. Genetik Algoritmalar 20
3.2.2.1. Genetik Algoritmanın İşlem Adımları 22
3.2.2.2. Genetik algoritmada kullanılan operatörler 23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI **25**
4.1. Veri Toplama 25
4.2. Parti Miktarlı İş Çizelgeleme Problemi 30
4.3. Hazır Giyim İşletmesindeki Çizelgeleme Probleminin Çözüm Analizi 39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **58**
6. KAYNAKLAR **60**
E K L E R **68**

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1: Esnek Akış Tipi Modeli 13
Şekil 3.2: Üçgensel Üyelik Fonksiyonu.....14
Şekil 3.3: Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....15
Şekil 3.4: Doyumsuz Algoritma İnşa Yöntemleri 17
Şekil 3.5: Paralel Doyumsuz Algoritma İşlem Adımları 20
Şekil 4.1: Hazır Giyim Üretim Sürecinin İş Akışı.....26
Şekil 4.2: Hazır Giyim İşletmesinin Yerleşim Planı.....28
Şekil 4.3: İşlem Süreleri İçin Üçgensel Üyelik Fonksiyonu 29
Şekil 4.4: Teslim Zamanları İçin Yamuk Üyelik Fonksiyonu 30
Şekil 4.5: Parti Miktarı Üyelik Fonksiyonları.....31
Şekil 4.6: Tamamlanma Zamanlarının Memnuniyetinin Kesişim Kuralıyla Gösterilmesi 34
Şekil 4.7: Geciken İş Sayısının Memnuniyet Derecesi.....36
Şekil 4.8: Toplam Hazırlık Süresinin Memnuniyet Derecesi 37
Şekil 4.9: Toplam Boş Zamanın Memnuniyet Derecesi.....38
Şekil 4.13: Toplam Akış Süresinin Memnuniyet Derecesi.....38
Şekil 4.14: Problemin Çözümünde Kullanılan Programa Ait Ekran Görüntüsü.....40

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Esnek Akış Tipi Çizelgeleme İle İlgili Yapılan Çalışmalar 3
Tablo 3.1: Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar 22
Tablo 4.1: Parti Miktarı İçin Bulanık Kurallar.....32
Tablo 4.2 EATÇ Problemleri İçin Kullanılan Parametre Değerleri 41
Tablo 4.3: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 1. Ay Sonuçları.....43
Tablo 4.4: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 2. Ay Sonuçları.....45
Tablo 4.5: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 3. Ay Sonuçları.....47
Tablo 4.6: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 4. Ay Sonuçları.....49
Tablo 4.7: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 5. Ay Sonuçları.....51
Tablo 4.8: PDA ve GA Programıyla Çözülen 6. Ay Sonuçları.....53
Tablo 4.9: PDA Programıyla Önerilen 1. Ay Sonuçları 54
Tablo 4.10: PDA Programıyla Önerilen 1. Aylık Plan 55
Tablo 4.11: PDA Programıyla Önerilen 2. Ay Sonuçları 56
Tablo 4.12: PDA Programıyla Önerilen 2. Aylık Plan 57

KISALTMALAR

NP **:** Polinomiyel Olmayan

DA **:** Doyumsuz Algoritma

PDA **:** Paralel Doyumsuz Algoritma

GA : Genetik Algoritma

DRAAP **:** Doyumsuz Rastsal Adaptiv Arama Prosedürü

EATÇ **:** Esnek Akış Tipi Çizelgeleme

BEATÇ **:** Bulanık Esnek Akış Tipi Çizelgeleme

$\mathbf{C_{max}}$ **:** En Geç Tamamlanma Zamanı

İS **:** İşlem Süresi

ÖY **:** Öne Yerleştirme

SY **:** Sona Yerleştirme

1. GİRİŞ

Dünya ticaretinde önemli bir yere sahip olan hazır giyim sektörü, küreselleşen ortam şartlarında ve artan rekabet koşullarında, hızla değişen modanın da etkisiyle ürün kalitesi, maliyet gibi konuların yanı sıra üretim esnekliği, organizasyon, planlama, zaman gibi faktörleri de dikkate almaya başlamıştır. Bu faktörlerinde etkisiyle sektör yeniden yapılanma sürecine girmiştir.

Bir hazır giyim işletmesi için en önemli olan unsurlar; müşteri taleplerini eksiksiz ve zamanında tamamlama, istenen kalitede mal üretme ve en az maliyetle en verimli şekilde çalışmadır. Bu unsurlar, işletmenin ancak üretim öncesi yapmış olduğu üretim ve atölye çizelgelemenin kalitesi ile ortaya çıkabilir. Çünkü planlama, üretimin en ekonomik ve en verimli şekilde yapılmasıdır. Bunun için sektördeki bütün işletmeler planlamaya gerekli önemi verecek düzeye ulaşma yolundadırlar.

Konfeksiyon sektöründe emek yoğun bir sektör olduğu ve işçilerin daha verimli kullanılması gerektiği için planlamanın çok iyi yapılması gerekmektedir. Üretim sürecindeki hazırlık zamanı, hem katma değer yaratmaması, hem de katma değer yaratmada kullanılan süreleri tüketmesi nedeni ile üzerine gidilmesi gereken bir sorundur.

Çizelgeleme, imalat ve servis endüstrilerinde çok önemli role sahip bir karar verme prosesidir. Bir firmada çizelgeleme fonksiyonu, matematiksel teknikler veya sezgisel yöntemler kullanarak sınırlı kaynakların görevlere tahsis edilmesi işlemini gerçekleştirir. Kaynakların uygun olarak atanması ile firmanın amaç ve hedeflerini en iyi şekilde ulaşması sağlanır.

Çizelgeleme problemlerindeki teslim tarihlerinin geciktirilmemesi, işlem sürelerinin minimize edilmesi ve iş merkezlerini en etkin kullanılması gibi amaçlar göz önüne alınırsa işletmelerin varlığını sürdürebilmesi ve günümüz koşullarında sanayi içindeki etkinliklerini artırabilmesi için çizelgeleme kaçınılmaz duruma gelmiştir (Eren ve Güner, 2002).

Çizelgeleme, üretim planlama ile beraber bir imalat sisteminin etkinlik ve verimliliğini belirleyen önemli bir işlevdir. Bu yüzden atölye düzeyi ne kadar iyi

çizelgelenebilirse imalat sisteminin etkinlik ve verimliliği o oranda artmış olur (Biroğul; 2005).

Esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözülmesi çok fazla çaba ve zaman gerektirdiğinden, bu problemler için optimal çözüm veren sezgisel yöntemler, günümüzde çözüm sürecinde etkin olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda çizelgeleme problemlerinde kullanılan meta sezgisel yöntemlerden biri de Doyumsuz Algoritma (DA)'dır.

Esnek akış tipi, çizelgeleme problemlerinin iki önemli sınıfının bir birleşimidir. Bu problemler; klasik akış tipi problemler ve paralel makine problemleridir. Üretimin her kademesinde birden fazla eş makinenin bulunduğu ve işlerin tamamlanmak için tüm kademeleri geçmek zorunda olduğu üretim sistemleri esnek akış tipi problemlere bir örnektir.

Çalışmanın kaynak araştırması bölümünde, esnek akış tipi çizelgeleme problemleri ve doyumsuz algoritma ile ilgili literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiş; materyal ve metot bölümünün materyal kısmında, esnek akış tipi çizelgeleme problemleri, hakkında bilgi verilmiştir. Metot bölümünde ise doyumsuz algoritma hakkında bilgi verilmiş ve bu algoritmanın uygulama adımları izah açıklanmıştır. Araştırmada; esnek akış tipi çizelgeleme problemlerine örnek teşkil edecek olan hazır giyim üretim sürecinde, işlem süreleri ve teslim zamanları belirsiz olduğundan bulanık mantık fonksiyonları kullanılması uygun görülerek, doyumsuz algoritma ile çizelgelenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırması; Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemleri, Bulanık Esnek Akış Tipi çizelgeleme Problemleri ve Doyumsuz Algoritmalar üzerinde yapılmıştır.

2.1. Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemleri Kaynak Araştırması

Akış tipi çizelgeleme problemleri bir seri farklı makine çoklu kademeler halinde, her kademede sadece tek bir makine olacak şekilde sıralanmıştır, paralel makine çizelgeleme problemlerinde ise bir seri yanı makine vardır ve hepsi aynı kademede görev yapmaktadır. Esnek akış tipi çizelgeleme problemleri bu iki makine çizelgeleme problemlerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkmaktadır (Wang, 2005). Esnek akış tipi çizelgeleme problemleri, NP (Non – Polinomiyal) olarak adlandırılan problem sınıfına girmektedir. Bu tür problemlerin belirli kısıtlar altında çözümünün gerçekleştirilmesi klasik matematiksel yöntemlerle mümkün değildir. Esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin en iyi çözümü belirli kısıtlar altında sezgisellerle sağlanmaktadır.

Tablo 2.1: Esnek Akış Tipi Çizelgeleme İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Yıl	Yazar	EATÇ problemleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar
2009	Jungwattanakita J., Reodechaa M., Chaovalitwongsea, M., Werner F.	Bağlantısız paralel makineler den oluşturulan esnek akış tipi çizelgeleme problemi için, makul bir zaman içinde iyi çözümler elde etmek için deneysel çalışmalar kullanılmış, tavlama benzetimi, tabu araştırması ve genetik algoritmalar önerilmiştir.
2009	Naseri , M.N.A., Nia M.A.B.	C_{max}'in minimize edildiği bir esnek akış tipi ortamında paralel yığın çizelgeleme problemi incelenmiş, optimale yakın çözümler üretmek için üç sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Problem daha önce incelenmediğinden dolayı, önerilen sezgisellerin performansını değerlendirmek için bir alt sınır geliştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırmışlardır.
2008	Yaurima V., Burtseva L., Tchernykh A.	Sınırlı stok alanı, kullanılabilirlik kısıtları, sıraya bağlı hazırlık zamanları ve bağımsız makine durumları göz önüne alınarak melez akış tipi problemi için genetik algoritma önerilmiştir.

Tablo 2.1. Esnek Akış Tipi Çizelgeleme İle İlgili Yapılan Çalışmalar (Devamı)

Yıl	**Yazar**	**EATÇ problemleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar**
2008	Kahraman C., Engin O., Kaya İ., Yılmaz M.K.	Esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümünde tamamlanma zamanı minimize etmek için genetik algoritma önermişlerdir.
2008	Figielska E.	İki aşamalı bir akış tipi çizelgeleme probleminin çözümde tamamlanma zamanını minimize etmek için önerilen sezgisel, sütun ekleme tekniğiyle bir genetik algoritmayı veya bir tavlama benzetimi algoritmasını birleştirmiştir.
2007	Alaykıran, K., Engin O., ve Döyen A.	Esnek akış tipi çizelgeleme probleminin çözümünde tamamlanma zamanını minimize etmek için karınca kolonisi optimizasyonu önermişlerdir.
2007	Figielska E.	İki aşamalı akış tipi problemiyle ilgili olarak, öncelikli çizelgeleme problemi üzerinde durulmuştur. Akış tipinin tamamlanma zamanını minimize etmek için sezgisel algoritmalar önerilmiştir
2007	Jenabi M., Ghomi F.T.M.S.	Esnek akış tipinin çizelgelenmesi için bir bağışıklık algoritmasını önermişlerdir.
2007	Chen L., Bostel N., Dejax P., Cai J., Xi L.	Öncelik ve engelleme kısıtlı bir esnek akış tipi çizelgeleme problemi olarak formülize edilen çizelgeleme problemini çözmek için bir tabu arama algoritması önermişlerdir.
2006	Ruiz R., Maroto C.	Karmaşık bir akış tipi çizelgeleme problemi için genetik algoritma temelli bir meta sezgisel önermişlerdir.
2005	Oğuz C. , Ercan F.	Çok işlemcili esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir genetik algoritma modeli önermişlerdir.
2005	Wang H.	İki aşamalı esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin zorluğunu göstermişlerdir.
2004	Engin O, Döyen A.	Esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için etkili bir yapay bağışıklık sistem modeli önermişlerdir.
2004	Oğuz C., Zinder Y., Do V.H., Janiak A., Linchtenstein M.	Çok işlemcili esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için tabu arama modeli önermişlerdir.
2004	Şerifoğlu S.F., Ulusoy G.	Çok işlemcili esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin çözümü için bir genetik algoritma modeli önermişlerdir.
2003	Oğuz, C., Ercan, M.F., Cheng, T.C.E., Fung, Y.F.,	İki aşamalı akış tipi çok işlemcili işleri çizelgeleme problemi için en son işin tamamlanma zamanını minimize etmek için etkili sezgisel algoritmalar önermişlerdir.
2003	Wardono B., ve Fathi Y.A.,	n iş tek aşamalı esnek akış tipi problemler için bir tabu arama algoritması geliştirmiştir.
2002	Su L.H.	İki aşamalı sınırlı bekleme zamanlı esnek akış tipi problemi üzerine çalışılarak sezgisel algoritma önerilmiştir.

Tablo 2.1. Esnek Akış Tipi Çizelgeleme İle İlgili Yapılan Çalışmalar (Devamı)

Yıl	Yazar	EATÇ problemleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar
2001	Hong T.P., Wang T.T., Wang S.L.	İşlem zamanlarındaki belirsizlikleri incelemek ve çizelgelemeyi gerçek uygulamalara daha uygun hale getirmek için ikiden daha fazla makine merkezi olan esnek akış ortamlarında, işleri paylaştırmak için üçgensel bulanık LPT algoritmasını, işleri sıralamak için üçgensel bulanık Palmer algoritmasını önermişlerdir.
2000	Hong T.P., Wang T.T.	İşlem zamanlarındaki belirsizlikleri incelemek ve çizelgelemeyi gerçek uygulamalara daha uygun hale getirmek, iki makine merkezi olan esnek akış ortamlarında işleri paylaştırmak için üçgensel bulanık LPT algoritmasını, işleri sıralamak için üçgensel bulanık Johnson algoritmasını önermişlerdir.
2000	Moursli O., Pochet Y.A.	Esnek akış tipi çizelgeleme problemleri için dal-sınır algoritması geliştirmişlerdir.
1998	Riane F., Artiba, A., Elmaghraby, S.E.	Üç aşamalı bir esnek akış tipi problemin akış zamanını minimize etmek için sezgiseller önermişlerdir.
1997	Gupta J.N.D., Hariri A.M.A, Potts C.N.	Arama ağacının sınırlarını daraltmak için bir baskınlık kuralı oluşturmuşlardır, bir dallandırma kuralı ilave edilmiş ve başlangıç üst sınırını oluşturmak için on üç farklı sezgisel kullanmışlardır.
1994	Ding F.Y. ve Kittichartphayak D.	Esnek akış tipi çizelgeleme için üç tane sezgisel yöntemi inceleyerek hesaplama sonuçlarını karşılaştırmışlardır.
1992	Rajendran C., Chaudhuri D.	Toplam tamamlanma zamanı ve toplam akış zamanını minimize etmek için dal-sınır algoritmaları önermişlerdir.
1991	Brah S.A., Hunsucker J.L.	Tamamlanma zamanını minimize etmek için en düşük alt sınır arama tekniğini kullanmışlardır.
1991	Gupta J.N.D., Tunç E.A.	Esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinin tamamlanma zamanını minimize etmeye yönelik bir çözüm için sezgisel algoritma önermişlerdir.

2.2. Doyumsuz Algoritma Kaynak Araştırması

Kim ve Uzsoy (2009) yaptıkları çalışmada, yarı iletken endüstrisinde karşılaşılan bir problemden hareketle, kaynaklarda tıkanıklık meydana geldiğinde kapasite kazanımının planlanması problemi için iyileştirilmiş formülasyonlar geliştirmişlerdir. Bir planlama sürecinde üretim kaynağının beklenen çıktısı ile beklenen yarı mamul stoku envanter düzeyi arasında ilişki kurmak için lineer olmayan "Clearing" fonksiyonları kullanılmıştır. Bu, çok aşamalı problem için iki

doyumsuz algoritma sezgiseli ve bir "Lagrangian" sezgiseli için temel oluşturmaktadır. İkinci prosedür, optimal değer üzerinde alt sınırlar sağlamaktadır. Önerilen sezgisellerin makul "CPU" sürelerinde yüksek-kaliteli çözümler elde etmişlerdir.

Zobolas ve ark. (2009) yaptıkları araştırmada, permütasyon akış tipi çizelgeleme problemlerinde en son işin tamamlanma zamanını minimize etmek için bir karma metasezgisel önermişlerdir. Çözüm yaklaşımı güçlü, hızlı ve basit yapılıdır ve üç bileşenden oluşmaktadır: doyumsuz rastsal çözüm kurucu sezgisele dayalı bir başlangıç popülasyonu oluşturma metodu, çözüm değerlendirmesi için bir genetik algoritma, ve popülasyonu geliştirmek için bir değişken komşuluk arama yöntemi. Karşılaştırma veri setleri üzerinde gerçekleştirilen hesaplama deneyleri önerilen karma meta sezgiselin kısa hesaplama sürelerinde yüksek-kalitede çözümlere ulaştığını göstermiştir. Bundan başka, önerilen meta sezgisel çok az sayıda kullanıcı-tanımlı parametreye ihtiyaç duymaktadır, bu da onu gerçek hayata ait akış tipi çizelgeleme problemlerinde kullanılabilir kılmıştır.

Ying ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, sıralamaya bağlı hazırlık sürelerinin bulunduğu tek makine gecikme probleminin çizelgelemesi için çalışmışlardır. Bu problemin hesaplama karmaşıklığından hareketle, çözüm için bir basit tekrarlı doyumsuz sezgisel önerilmiştir. Önerilen doyumsuz sezgiselin geçerliliğini denetlemek ve doğrulamak için, ağırlıklı ve ağırlıksız gecikme problemleri içeren üç karşılaştırmalı değerlendirme problemi seti üzerinde hesaplama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları açıkça göstermektedir ki, önerilen doyumsuz sezgisel, en gelişmiş meta-sezgiselle aynı değerlendirme örneklerinde karşılaştırıldığında oldukça etkilidir. Hem çözüm kalitesi, hem de hesaplama masrafları yönünden, bu çalışma, sıralamaya bağlı hazırlık sürelerinin bulunduğu tek makine toplam gecikme problemleri için etkin ve verimli bir yaklaşımı başarılı bir biçimde geliştirmektedir.

Briant ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, araba sıralama problemine yeni yaklaşımlar tanımlamışlardır. Problem için bir doyumsuz algoritma ve tavlama benzetimi algoritması geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritma azalan oranda önem

sırasında olan üç ölçüt ele alınmış ve her seferinde her bir ölçütü bir önceki aşamada optimize edilmiş amacının bozulmasını gerektirmeden optimize edilmiştir.

Baraz ve Mosheiov (2008) makine ölü zamanı olmadan akış tipi tamamlanma zamanı minimizasyonu için Doyumsuz metasezgisel makine akış tipi üzerinde çalışmışlardır. Ardı ardına gelen eylemler arasında her bir makinede ölü zamana izin verilmemiştir. Sayısal olarak daha iyi performans gösteren etkili doyumsuz algoritma önerilmiştir.

Drezet ve Billaut (2008) kaynağının işçiler olduğu ve faaliyet gereksinimlerinin de zamana bağlı olduğu proje programlama problemini ele almışlardır. İşçiler değişik becerilere sahip ve yasal sınırlamalarla dikte edilmektedir. Bu nedenle sınırlamaların çoğuna uyulmak zorunda ve maksimum gecikme minimize edilmiştir. İlk olarak problemin lineer programlama formülü verilmiş, daha sonra, probleme optimal çözüm vermesi için doyumsuz algoritmayı önerilmiştir. Sonuçta, sayısal deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

Ronconi ve Henriques (2007) süreç içerisinde durdurma durumu göz önüne alınan akış tipi çizelgeleme problemi üzerinde durmuştur. Böyle bir iş ortamında ardışık makineler arasında stok alanı bulunmaz ve bu nedenle işlerin bir sonraki operasyon için aralarda beklemesine izin verilmez. Toplam gecikmeyi minimize etmek için sezgisel yaklaşımlar önerilmiştir. Problemin özel karakteristiklerini tanımlayan bir ilk aşama sezgiseli önerilmiştir. Bununla beraber, daha iyi sonuçları aramak amacıyla, rota birleştirme stratejisiyle birleştirilmiş bir doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü tabanlı sezgisel önerilmiştir. Sayısal deneyler yapılarak önerilen algoritma bir NEH algoritması ve dal-sınır algoritmasıyla karşılaştırılmıştır.

Armentano ve Filho (2007) sıraya bağlı hazırlık zamanlı, benzer paralel makineli çizelgeleme problemi üzerinde durulmuştur. Amaç, teslim zamanlarına bağlı olarak toplam gecikmeyi minimize etmektir. Adaptiv hafıza prensipleriyle birleştirilmiş bir doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü önerilmiştir. İlk çözümü inşa aşamasında uzun süreli hafıza, sonraki optimizasyon aşamasında ise rota birleştirme vasıtasıyla yüksek kaliteli optimal sonuçları birleştiren bir prosedür kullanılmıştır. Önerilen doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü algoritması bir

test problem kümesi üzerine uygulanarak literatürdeki sezgisel algoritmalarla karşılaştırılmıştır.

Abdekhodaee ve ark. (2006), tek servisli iki paralel makinenin çizelgelemesinde doyumsuz algoritma kullanmışlardır. Çalışma ilk işlemi veya hazırlık zamanını uygulayabilir tek servis ve servise gerek duyulmayan ikinci işlemin yürütülmesinden oluşmalıdır. Amaç; makinelerdeki boş zamanları ve işlerin bekleme zamanlarını önlemektir. Doyumsuz algoritmanın uygulamasında ileriye ve geriye doğru yaklaşımları belirlenmiş ve bu yaklaşımlar adımlar halinde listelenmiştir. İleriye doğru listelemenin amacı, makinelerdeki boş zamanları en aza indirmektir. Geriye doğru listelemenin amacı ise, işlerin bekleme zamanını sıfırlamaya çalışmaktır. Yapılan çalışmada doyumsuz algoritma kullanılarak makinelerdeki boş bekleme zamanları ve işlerin bekleme süreleri en aza indirilmiştir.

Ruiz ve Stützle (2006), tekrarlı doyumsuz algoritmanın verimini permütasyon akış tipi çizelgeleme problemleri için incelemişlerdir. Algoritma iki aşamada uygulanmıştır. Bunlar yıkma ve inşa etmedir. Yıkma aşamasında, bazı işler zorunlu olarak göz ardı edilmiştir. İnşa aşaması ise göz ardı edilen işlerin tekrar sıralamaya konulup sezgisel bir inşa metodunun kullanılması ile oluşur. İsteğe bağlı olarak lokal araştırma inşa evresinden sonra yapılabilir. Çalışmada tekrarlı doyumsuz algoritmaların uygulaması çok kolay ve deneysel olarak ispat edilmiştir. Diğer metotlarla karşılaştırıldığında daha etkili bir algoritma olduğu gözlemlenmiştir.

Gupta ve Smith (2005) toplam gecikmeyi minimize etmek amacıyla sıraya bağlı hazırlık zamanlı tek makine çizelgeleme problemi göz önüne almıştır. Bu problem için, biri problem uzayı tabanlı yerel arama sezgiseli diğeri ise bir doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü olmak üzere iki algoritma önerilmiştir. doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü ile ilgili temel bileşenler, inşa aşaması için yeni bir maliyet fonksiyonu, iyileştirme aşamasında değişken komşu arama algoritmasının yeni bir varyasyonu ve üç farklı komşu aramasıyla rota birleştirme stratejisidir. Problem uzayı tabanlı yerel arama sezgiseli ise yerel aramayı hem problem uzayı hem de çözüm uzayı için birleştirmektedir. Önerilen algoritmalar, literatürdeki bir test problem kümesi kullanılarak tavlama benzetimi, genetik arama, ikili değiştirme,

dal-sınır ve karınca kolonisi optimizasyonu ile karşılaştırılmış ve oldukça iyi bir alternatif oldukları görülmüştür.

Papakonstantinou (2005), çizelgeleme de öncelik algoritmalarının sınıflandırılmasıyla ilgili bir çalışma yapmıştır. Araştırmada, öncelik algoritması, doyumsuz algoritma kavramının özelliğini kaybetmeden korunarak hesaplanan bir modeldir. Yapılan araştırmanın amacı öncelik algoritması problemleri için doyumsuz öncelik algoritmasının farklı güçte olup olmadığı belirlemektir. Sonuç olarak, kesin bir öncelikli algoritma, doyumsuz öncelikli algoritma tarafından her girdi için taklit edilemediği görülmüştür.

Suriyaarachchi ve Wirth (2004), yaptıkları çalışmada doyumsuz algoritma ve genetik algoritma ile yapılan çözümleri karşılaştırma yaparak, toplam en erken ve en geç teslim zaman maliyetlerinin minimize edilmesi için tek işlemci üzerinde iş çizelgeleme probleminin incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda daha az işlem süreli işler belirlenerek doyumsuz davranış durumunda toplam en erken ve en geç teslim zamanının maliyetini minimize etmek için doyumsuz algoritma önerilmiştir.

Bertel ve Billaut (2004), dinamik programlama, doyumsuz algoritma ve genetik algoritmaları inceleyerek sanayide karşılaşılan bazı çizelgeleme problemleri için sezgisel algoritma seçimi yapmaya çalışmışlardır. Çalışmada doyumsuz algoritma adımları çalıştırılmış ve genetik algoritma yaklaşımı da uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda en iyi çözümü veren Yavaş Oran adında yeni bir yaklaşım ortaya çıkarılmıştır.

Aiex ve ark. (2003), döngüsel rotalı paralel doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü metodunu, iş çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanmışlardır. Araştırma sonucunda iş çizelgeleme problemlerinin çözümünde doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü metodu etkili bir yaklaşım göstermiş ve işlerin makinelerdeki tamamlanma zamanlarını en aza indirmiştir.

Kang ve Park (2003), doyumsuz algoritmayı, farklı ölçülerdeki kutuların ambalajlanması probleminin çözümünde kullanmışlardır. Kutuların büyüklük analizi yapılarak kullanılan kutu maliyetinin en aza indirilmesi için uygun kutu

büyüklüklerin hesaplanması amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda doyumsuz algoritma en uygun çözümü verdiği gözlenmiştir.

Kurtz ve Askin (2003), yaptıkları çalışmada, bağımsız ardışık hazırlık zamanlı esnek akış çizelgelemesini doyumsuz algoritma yaklaşımı ile incelemişlerdir. Araştırma sonucunda doyumsuz algoritma yaklaşımının gereken şartları en iyi şekilde sağladığı sonuçuna ulaşılmıştır.

Binato ve ark. (2001), paralel doyumsuz algoritmalar ile ilgili DRAAP yaklaşımını incelemişlerdir.

Alidae ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada seçme ve sıralama problemlerinin çözümünde doyumsuz algoritmaları kullanmışlardır.

Yao (2001), doyumsuz algoritmaları seri üretimin azami yükün minimizasyonu problemlerinde uygulama yapmıştır. Bu problem için elde eden ilk çizelgede, doyumsuz algoritmanın verimi incelenmiştir.

Lagodimos ve Leopoulos (2000), doyumsuz algoritmayı, yiyecek üreten bir fabrikada iş gücü vardiya planlanması yapmak için kullanmışlardır. Çalışmadaki amaç, önceden tanımlanmış üretimler için uygun vardiyalarda çalışmak üzere ihtiyaç olan iş gücünü en aza indirmektir. Uygulamada doyumsuz algoritma, tek vardiyalı ve çok vardiyalı sistemler için incelenmiştir. Doyumsuz algoritma ile elde edilen sonuçlar vardiya zamanı ve iş kalitesi açısından oldukça memnun edicidir.

Tang ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada gezgin satıcı modeli geliştirerek Shangai Baoshan Demir Çelik Tesisinde demir çelik üretiminin çizelgelemesinde uygulamışlardır. Demir çelik hazırlık maliyetlerine bağlı bir üretim yapısına sahiptir. Çalışma hazırlık maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada diğer sezgisel algoritmaların, çizelgelenmemiş işlerin sırasının seçimini yaparak her çevrimde yeni bir çözüm bularak en uygun çözüme gidildiği gözlenmiştir. Ancak bu hazırlık maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Doyumsuz algoritmanın ise tam zamanında sadece tek bir çevrimde lokal optimum çözümü bulduğunu gösterir. Daha sonraki çevrimlerde hazırlık maliyetleri artacağından böyle bir çözüm normaldir.

Lui ve Zaks (1999), yaptıkları çalışmada, doyumsuz algoritmaları eş zamanlı ağların çizelgelemesinde uygulamışlardır. Çalışmaya göre işlemci, mesajların gitmesi

gereken yerlere ulaşmasını ve ulaşırken son teslim zamanına rast gelecek en uygun çizelgelemeyi tanımlamalıdır. Söz konusu işlemci her adımda ağ bağlantısının kapasitesini aşacak kadar çok mesaj, o ağdan ayrılan herhangi bir ağ bağlantısının üzerinden gönderilemeyebilir. Bu problemin çözümü için bağımsız-dar kapasiteli ağlarda makul bir çözüm için uygun bir çizelgeleme, doyumsuz algoritmalar tarafından belirlenmiştir.

Faigle ve ark. (1999), doyumsuz sürekli algoritmasının *k* aralıklı iş problemleri için bir uygulamasını yapmışlardır. *k* parçalı iş problemleri aslında ara çizelgeleme problemleri olarak da bilinir. Yapılan uygulamada "*n*" adet iş için "*i*" aralıkları belirlenmiştir. "*k*" adet makinenin aralıklarının herhangi bir makinenin aralığını aşmayacak şekilde en uygun iş, makinede işlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda doyumsuz algoritma yönteminin en uygun çözümü bulduğu görülmüştür.

Anily ve ark. (1998), makinelerin bakımlarının çizelgelemesinde doyumsuz algoritma ile ilgili çalışma yapmışlar ve en uygun çözüm hesaplanmıştır.

Feo ve Resende (1995) yaptıkları çalışmada, bir DRAAP yaklaşımının farklı bileşenleri tanımlanmış ve böyle bir yaklaşımın kombinatoryel optimizasyon problemlerine nasıl uygulanacağı adım adım anlatılmıştır. Metodolojinin gözlenen deneysel davranışları için gerekçeler üzerinde durulmuştur. Çalışma, DRAAP uygulamaları ile ilgili özet bir literatür incelemesi ve iki endüstriyel uygulamayla açıklanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

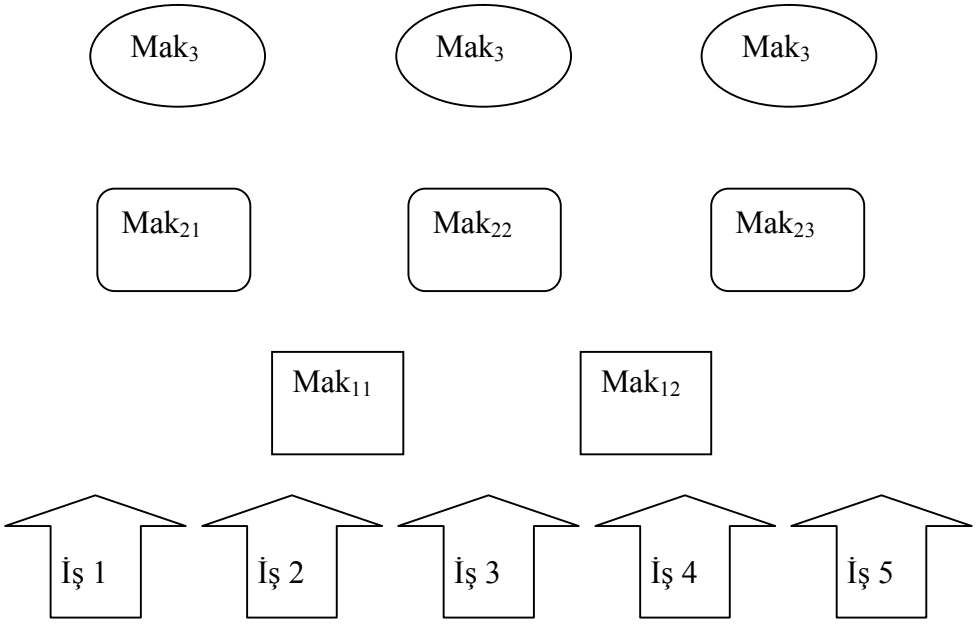
3.1. Materyal

Yapılan tez çalışmasında akış tipi ve paralel makine problemlerinin birleşiminden oluşan esnek akış tipi çizelgeleme materyali ele alınmıştır. Esnek akış tipi çizelgeleme; esnek akış tipi çizelgeleme (EATÇ) ve bulanık esnek akış tipi çizelgeleme (BEATÇ) olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

3.1.1. Esnek Akış Tipi Çizelgeleme

Esnek akış tipi çizelgeleme problemi; akış tipi çizelgeleme problemleri ile paralel makine problemlerinin özellikleri birleştirmektedir. Esnek akış tipi sistemde, makineler s tane seri kademeye yerleştirilmişlerdir. l = 1,2,..., s olmak üzere bir l kademesinde, m_1 tane s makine bulunmaktadır. j = 1,2,..., n olmak üzere bir j işi, her bir kademedeki makinelerden herhangi birinde ya da daha fazlasında işlem görmelidir. Farklı kademelerde j işinin işlem süreleri P_{1j}, P_{2j} ……, P_{zj} ile gösterilir. İşlerin önceliği yoktur, örneğin, bir makinede bir operasyon başladıktan sonra başka bir operasyonun aynı makinede işlem görmeye başlayabilmesi için öncekinin mutlaka bitirilmesi gerekir. Her makinede belli bir anda en fazla bir iş işlem görebilir. Her kademede işlem görmeyi bekleyen isler için ayrılan stok alanı kısıtsız kabul edilir. Esnek akış tipi problemler NP-zor'dur .

Esnek akış tipi çizelgeleme probleminde amaç, genellikle en son işin sistemden ayrılma zamanını (C_{max}), minimize etmektir. Bu amaç tam olarak sistemin kullanımını maksimum olmaya zorlamaktadır. Şekil 3.1'de bir esnek akış tipi sistemin yapısı verilmiştir. Sistemde 5 iş, her birindeki makine sayıları sırasıyla 2, 3, 3 olan 3 kademede çizelgelenmiştir (Döyen, 2004).



Şekil 3.1: Esnek Akış Tipi Modeli (Döyen, 2004)

3.1.2. Bulanık Esnek Akış Tipi Çizelgeleme

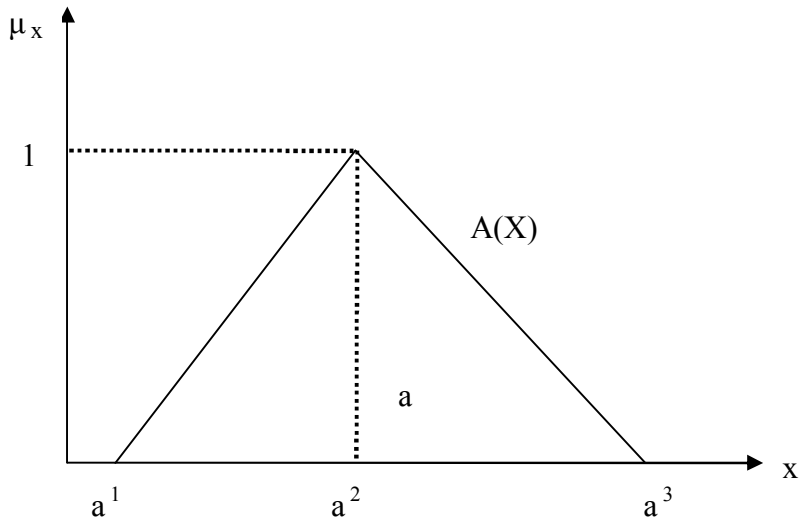
Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek zordur. Çünkü matematiksel yöntemlerde veriler net olmak zorundadır. Bulanık mantık ise niteliksel bir tanımlama imkanı verdiğinden göz ardı edilmeyecek ölçüde bilgi indirgemesine olanak sağlar. Böylece karışık bir matematiksel tanımlama yerine daha kolay kavranabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilir (Anonim (1), 2009).

Bulanık mantık denetleyicisi herhangi bir X'e [0,1] kapalı aralığında bir üyelik derecesi belirler. Matematiksel olarak tam ifade edilemeyen ifadeler bulanık mantığın konusu olmasına rağmen, bulanık mantık sözel nitelikli bir matematiksel kurama dayanmaktadır (Ahmad, 2004). Karar verme sürecinde üyelik işlevlerinden ortaya çıkarılan dilsel değişkenlerin oluşturduğu girişleri kullanma bulanık mantığın temelini oluşturmaktadır (Klir ve diğ. 1997).

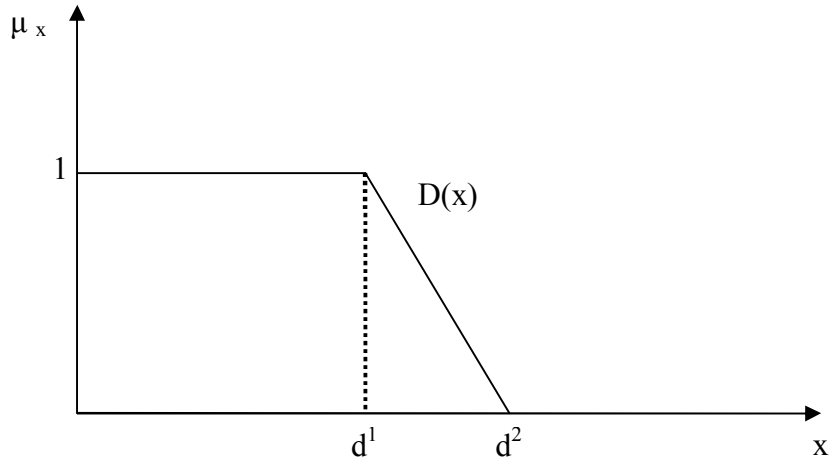
Bulanık kümelemelerin üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında sayısal ve işlevsel olmak üzere iki yol vardır. Sayısal tanımlama, bulanık kümenin üyelik işlevini ve üyelik derecesini belirten sayılardan oluşmuş vektör olarak tanımlar. İşlevsel tanımlama ise bulanık kümenin üyelik işlevini tanım uzayındaki her bir eleman için üyelik derecesini hesaplayabilen analitik deyimlerle tanımlar. Üyelik

fonksiyonlarında genel olarak gerçek sayılar kullanılır. Bu işlevler [0,1] aralığında bir üyelik derecesine sahiptirler (Elmas, 2003).

Bulanık mantık sisteminin temeli, üyelik işlevlerinden ortaya çıkarılan dilsel değişkenlerin oluşturduğu girişleri karar verme sürecinde kullanmaktır. Bu değişkenler, dilsel EĞER-İSE kuralların ön şartları tarafından birbirleriyle eşleşirler. Her bir kuralın sonucu, girişlerin üyelik derecelerinden, durulaştırma metoduyla sayısal bir değer elde edilmesiyle belirlenir. Bulanık mantık sistemin kural listesi ve üyelik işlevi dizaynı için genellikle uzman işletmenden sağlanan bilgiler kullanılmaktadır. Üyelik işlevleri Şekil 3.2'de genel, simetrik ve üçgen üyelik fonksiyonu, Şekil 3.3'te ise yamuk üyelik fonksiyonu gösterilmiştir (Klir ve diğ. 1997).



Şekil 3.2: Üçgensel Üyelik Fonksiyonu



Şekil 3.3: Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık denetlemesi dört adımdan oluşmaktadır. Her bir bulanık küme kuralının çıkarılması aşağıdaki adımları içermektedir (Pedrycz ve Gowide 1998):

1. Gerçek girdi değerinin bulanıklaştırılması: Gerçek girdi değerinin öncül kurallardaki bulanık kümesine ait olmasına göre derece belirlenir. Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir.

2. Her bir kuralın değerlendirilmesi: Uygulama dönemindeki bilgilerden ve denetim amaçlarından oluşur. Dilsel denetim kurallarının tanımlanmasında ve bulanık mantık denetimdeki bulanık bilgi işleme süresince yararlanılır.

3. Kural sonuçlarının toplanması: Karar verme ve çıkarım yapma yeteneğinin benzeri bir yolla bulanık kavramları işler ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirler. Aynı öncüllerin sonucu çıkarılan bütün kuralların sonuçlarının toplanmasıyla elde edilen bulanık kümedir.

4. Netleştirme: Bulanık kümenin sonucu yine bir bulanık kümedir. Elde edilen bu sonucun tekrar sisteme uygulanması için giriş değeri gibi sayısal değere dönüştürülmesi gerekir. Her kural için üyelik derecelerinden oluşan değer ve sonuç kural tespit edilerek çeşitli metotlarla netleştirme işlemi yapılmaktadır.

3.2. Metot

Çalışmada esnek akış tipi çizelgeleme problemleri çözmek için Paralel Doyumsuz Algoritma (DA) metot olarak kullanılmıştır. Ele alınan materyal, hazır giyim üretim sürecinde, aynı işi yapan paralel makineler olduğu ve süreç esnek akış tipi çizelgeleme örneği olduğu için DA, paralel hale gelmiştir. Paralel algoritma ile oluşturulan programın kıyaslaması için genetik algoritma kullanılmıştır. Paralel doyumsuz algoritmanın kıyaslanmasında kullanılan genetik algoritmanın parametreleri için ise Gözen'in (2007) çalışmasından faydalanılmıştır.

3.2.1. Paralel Doyumsuz Algoritmalar (PDA)

DA yöntemi, çizelgeleme üzerinde en iyi çözümü bulmak için dolaşma yapılırken bir sonraki düğümü belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. "O anki durumlar içinde en iyi olanını seç" kriteri yerel değerlendirmeye göre yapılmakta olup, bunun tüm sistem için en iyi seçim olacağı düşünülerek karar verilir (Anonim,(2)2009).

DA, çalışırken algoritmanın her adımında birden çok alternatif çıkabilir. Algoritma, her adımda bu alternatiflerden en iyi olanını seçer. Daima en iyiyi seçerek ilerlemek, sonuçta optimum çözümün elde edilmesini sağlayabilir. Ama bu her zaman için geçerli olmayabilir. Esnek akış tipi problemleri çözmek için kullanılan doyumsuz algoritma paralel doyumsuz algoritmadır ve yıkım ve inşa evreleri olmak üzere genellikle iki evrede uygulanır.

Doyumsuz iki aşamayı –yıkım ve yapım- kullanan doyumsuz yapısal heuristiği yineleyerek bir dizi çözüm üretmektedir. Yıkım aşamasında bazı çözüm bileşenleri önceden yapılandırılan aday çözümden çıkarılır. Sonra yapı prosedürü eksiksiz bir aday çözümü tekrar yapılandırmak için doyumsuz yapısal heuristik uygulamaktadır. Aday çözüm tamamlandığında kabul kriteri yeniden yapılandırılan çözümün şimdiki çözümü üretip üretmeyeceğine karar vermektedir. İnşa aşamasında ise; önceden çıkartılmış işler Şekil 3.3.'de belirtilen sezgisel inşa yöntemlerinde kullanılmak üzere iş sırasına tekrar alınır.

Yıkım aşaması, n tane işin π iş sırasında gerçekleştirilir ve algoritma, n tane işten tesadüfi ve tekrarlanmayacak bir şekilde d tane iş seçer. Bu d tane iş π iş

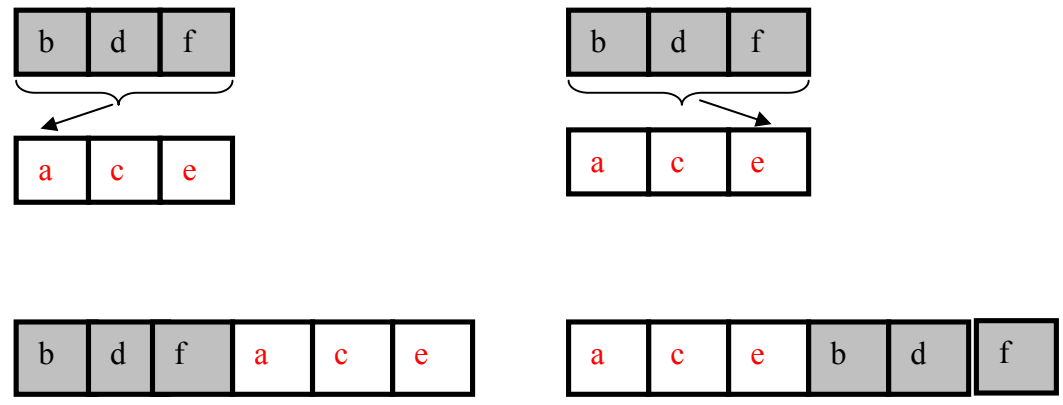
sırasından sırayla çıkartılır. Çıkarma işleminin sonucunda iki alt grup elde edilir. İlk alt grup, *n-d* iş sayılı πD iş sırasıyla oluşan sıradır. İkinci alt grup ise *d* iş sayılı πR iş sıralamasıyla oluşmuştur. Bu πR iş sırası, πD iş sırasının içine tekrar ve sırayla yerleştirilecek, minimizasyonu sağlayıp tamamlanan aday çözümleri sağlayan işleri içermektedir (Ruiz ve Stützle 2006).

İnşa aşaması πR alt kümesi ile başlar ve πD iş sırasının içine tekrar geçen işlerin inşası *d* adımda gerçekleşir. Bu çalışmada iki sezgisel inşa yöntemi uygulanmıştır (Öztürk, 2007).

Öne yerleştirmeli inşa yöntemi : Bu yöntemde, πR iş sırasının tamamı aynı sıra ile, πD iş sırasının önüne yerleştirilir.

Sona yerleştirmeli inşa yöntemi : Bu yöntemde, πR iş sırasının tamamı aynı sıra ile, πD iş sırasının sonuna yerleştirilir (Öztürk, 2007).

Yıkım evresinde bazı işler çözümden çıkartılır. İnşa evresinde ise; önceden çıkartılmış işler şekilde gösterilen sezgisel inşa yöntemleri kullanılmak suretiyle iş sırasına tekrar dâhil edilir. Söz konusu inşa yöntemleri bir örnek üzerinde açıklanmıştır. Altı işten oluştuğu kabul edilen bir EATÇ probleminin, iş sırasının tesadüfi olarak [a, b, c, d, e, f] olduğu varsayılmıştır. Yıkım evresinde rastsal biçimde ayrılan işler [b, d, f] ve [a, c, e] olsun. Bu işlerin inşa edilmesi için kullanılan iki yöntem Şekil 3.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Doyumsuz Algoritma İnşa Yöntemleri (Öztürk, 2007)

3.2.1.1. Doyumsuz Rastsal Adaptiv Arama Prosedürü (DRAAP)

DRAAP (doyumsuz rastsal adaptiv arama prosedürü), kombinatoryal optimizasyon için yapılan bir tür metasezgisel algoritmadır. Genellikle DRAAP çoklu başlangıç yöntemi olarak uygulanmaktadır. Bu yöntemde her bir iterasyon yapım aşamasından oluşmakta, rastsal doyumsuz çözüm yapılandırılmakta ve yerel arama yapılandırılmış çözümde başlamakta ve tekrarlanan gelişmeyi uygulamaktadır (Pıtsoulıs ve Resende, 2001).

Elemanların seçim tekniği her DRAAP iterasyonunda elde edilmiş olan farklı çözümleri hesaba katar. Çoğu deterministlik metotlarda olduğu gibi, DRAAP yorumları ile üretilen çözümler de garanti değildir. Basit komşuluk tanımları ile ilgili yerel optimumlar olabilir. Bu nedenle kurulan her çözümü geliştirme girişiminde bulunmak için yerel aramaya başvurmak hemen hemen her zaman yararlıdır (Feo ve Resende, 1995).

Her yapısal adımdan sonra ki gelişme adımında genellikle basit bir yerel arama işlemi yapılmaktadır. Rasgele sıralamadan oluşan başlangıç çözümünün vekil elemanları (asıl çözümün yerini tutan elmanlar) üzerinde denemeler yapılır. Yerel arama algoritması, yinelemeli bir şekilde geçerli çözümü komşuluğundaki iyi bir çözüm ile arka arkaya değiştirmeye çalışır. Komşuluk içerisinde daha iyi bir çözüm kalmayana kadar algoritma işler.

DRAAP iki adımdan oluşmaktadır.

- Doyumsuz rastsal adaptiv aşaması : Bir çözüm üretiyor.
- Yerel arama : Yerel optimum bulunuyor.

Doyumsuz algoritma her zaman seçim yapar. Başlangıçtaki en iyiyi arar ve yerel olarak optimal çözüm olarak kabul eder. Bu çözümün genel olarak optimal çözüme yol göstereceği ümit edilir. Doyumsuz algoritma her zaman optimal çözümü vermeyebilir (Anonim (3),2008).

3.2.1.2. PDA İşlem Adımları

Aşağıda esnek akış tipi çizelgeleme problemlerinde tamamlanma zamanı kriterine bağlı PDA işlem adımları açıklanmıştır (Öztürk, 2007).

0. Adım: Programın çalıştırılmasında kullanılacak olan iterasyon sayısı, başlangıç popülasyonu, doyum oranı ve inşa yöntemi gibi parametreler belirlenir.

1. Adım: program çalıştırılarak her bir iş sırası için C_{max} değeri hesaplayarak, başlangıç popülasyonun sayısı kadar iş sırası oluşturur.

2. Adım: Popülasyon rastsal iki alt popülasyona ayrılır.

3. Adım: Yıkım aşamasında; ortaya çıkan iş sıralarından Cmax'ı en küçük olan iş sırası seçilir. Seçilen iş sırasından alt küme sayısı kadar rassal işler seçilip iş sırasında o işler çıkartılır.

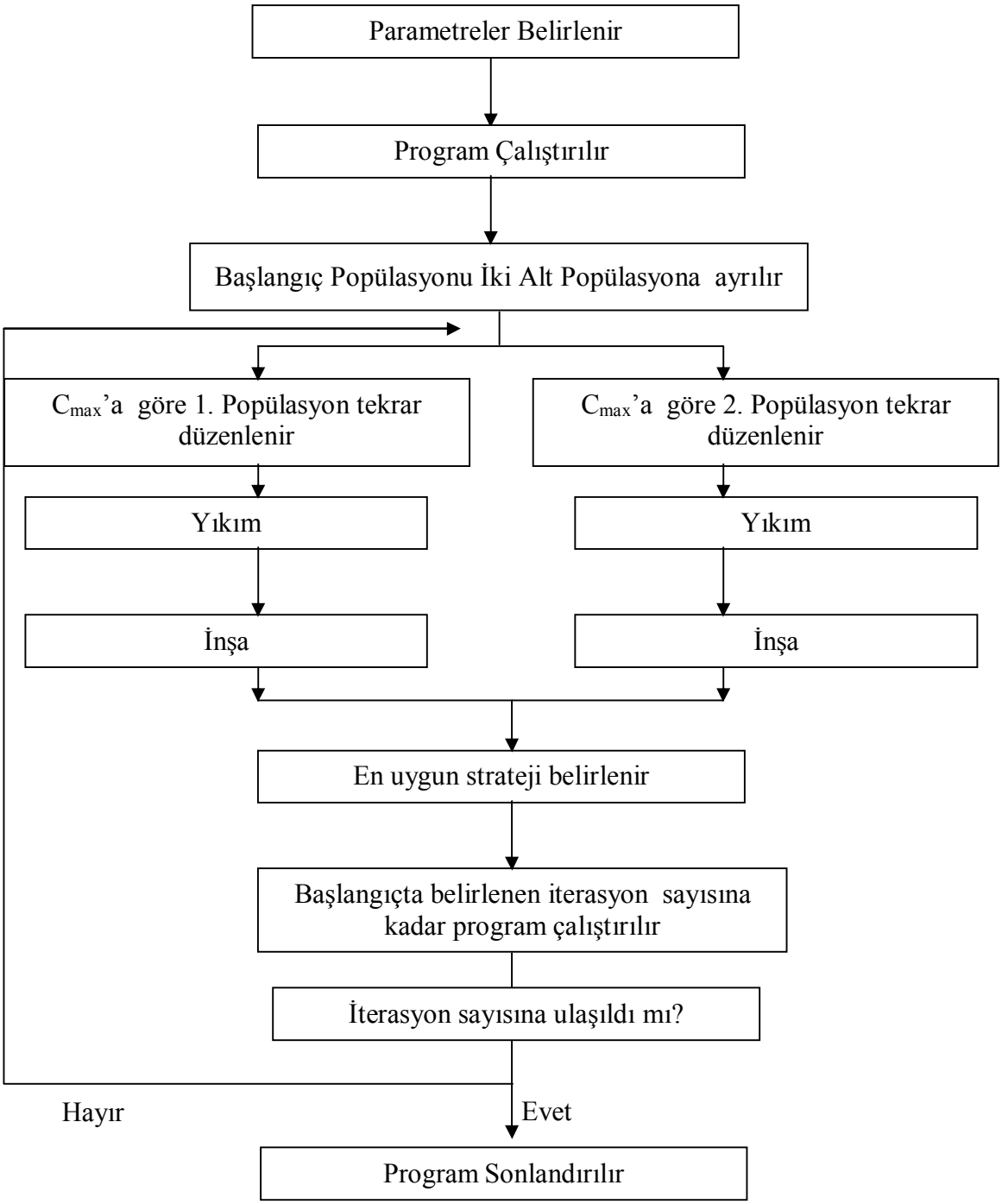
4. Adım: İnşa aşamasında, en iyi inşa yöntemi belirlenerek çıkartılan işler sırayla tekrar iş sırasına yerleştirilir. Daha sonra yerel arama yöntemi ile işler, bir sonraki işin yerine atlatılarak tamamlanma zamanını minimize edecek sıra bulunmaya çalışılır.

5. Adım : Her alt popülasyon ayrı ayrı gelişirken en iyi tamamlanma zamanını bulan uygun bir strateji seçilir

6. Adım: Başlangıçta belirlenen iterasyon sayısı kadar algoritma çalıştırılır.

7. Adım : Algoritma başlangıçta belirlenen iterasyon sayısına ulaştığında sonlanır.

PDA işlem adımları Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Paralel Doyumsuz Algoritma İşlem Adımları (Öztürk, 2007)

3.2.2. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritma (GA) sürekli olarak tesadüfü değişkenlerin kullanılmasıyla yinelenen bir tür araştırma prosedürüdür. Kombinasyonel optimizasyon problemlerinin çözülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyolojik sistemler ve

natürel genetik bilimi ile gerçekleştirilmektedir. Genetik algoritmada uygunluk çözümü hedef fonksiyonun değeri ile belirlenmektedir. Çözümler, çözüm uzayında yeni alanları keşfetmek için mutasyon işlemleri ile değiştirilen ve aktarma işlemleri ile ürünün üretilmesinde kombine edilen kromozomlar olarak belirtilmektedir (Petroviç ve diğ, 2007).

GA'lar, birden fazla çözüm üzerinde çalışırlar. Çözümler, problemin yapısına uygun bir şekilde kodlanmış kromozomlar tarafından temsil edilirler. Genetik Algoritma, bireylerin bir başlangıç popülasyonunu alarak ve her yeniden üretimde genetik operatörleri kullanarak bu prosesleri simüle eder. Optimizasyon açısından, popülasyondaki her birey, verilen problemde olası çözümü gösteren bir dizi veya kromozoma kodlanır. Bir bireyin uyumu, verilen amaç fonksiyonuna göre değerlendirilir. Uyum fonksiyonu, kromozomların ifade ettikleri çözümlerin ne derece iyi olduğunu ifade eder. Yüksek uyum gösteren bireyler veya çözümler, çaprazlama prosedüründe diğer yüksek uyumlu bireylerle, genetik bilgilerindeki parçaları değiştirerek yeniden üretilme fırsatını bulurlar. Bu da ebeveynlerin her ikisinden de alınan bazı karakterleri paylaşan yeni çocuk çözümler üretir. Mutasyon çoğu zaman dizilerdeki bazı genleri değiştirerek çaprazlamadan sonra uygulanır. Çocuk bütün popülasyonu değiştirmekle elde edilebileceği gibi, az uyumlu özelliklerin değişmesiyle de oluşabilir. Bu, çevrim-seçim-yeniden üretim döngüsü, istenen sayıda kuşak yaratılana veya başka bir durma kriteri doğrulanana kadar tekrarlanır ve yaratılan en iyi çözüm problemin çözümü olarak alınır (Kulluk ve Türkbey, 2004).

GA bilgisayar üzerinde oluşan bir evrim şeklidir. Genetik algoritmanın amacı hem problemleri çözmek hem de evrimsel sistemleri modellemektir. Değişik planlama teknikleri, bir fonksiyonun optimizasyonu veya ardışık değerlerin tespitini içine alan birçok problem tipleri için çözüm geliştirmektedir. Genetik algoritma ile oluşturulan seçim, doğal topluluklara benzer bir şekilde bilgisayar hafızasına depo edilmiş kromozomlar üzerinde icra edilmektedir (Lieppins ve Hillard, 1989).

Tablo 3.1'de genetik algoritma ile ilgili temel kavramlar verilmiştir (Gözen, 2007).

Tablo 3.1: Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar

Gen	Kalıtsal molekülde bulunan ve organizmanın karakterlerinin tayininde rol oynayan kalıtsal birimlere denir. Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birim olarak alınır.
Kromozom	Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar, alternatif uygun çözümleri gösterirler.
Popülasyon	Kromozomlardan oluşan topluluğa denir. Popülasyon, geçerli alternatif çözüm kümesidir. Popülasyondaki birey sayısı (kromozom) genelde sabit tutulur. GA'da popülasyondaki birey sayısı ile ilgili genel bir kural yoktur. Popülasyondaki kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi (iterasyon sayısı) azalır.

3.2.2.1. Genetik Algoritmanın İşlem Adımları

Bir problemin GA ile çözümünde izlenecek işlem adımları aşağıdaki gibidir (Croce ve diğ., 1995):

Adım 1: Kullanıcının önceden tanımladığı kurallara göre genellikle rassal bir çözüm grubu seçilir veya kullanıcı kendisi ilk çözüm grubunu belirleyebilir. İlk çözüm grubuna başlangıç popülasyonu denir.

Adım 2: Her bir kromozom için bir uygunluk değeri hesaplanır; bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir. Popülasyonda yer alan en iyi uygunluk değerine sahip olan birey (kromozom), bir sonraki yeni nesile (popülasyon) doğrudan değiştirilmeden aktarılır.

Adım 3: İki grup dizi (kromozom), belirli bir seçim yöntemine göre (uygunluk değerlerine göre hesaplanmış olasılık değerlerine göre) rassal olarak seçilirler.

Adım 4: Seçilen iki kromozom için rassal olarak genetik operatörler kullanılarak çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. Sonuçta yeni popülasyonda yer alacak iki yeni birey (kromozom) oluşur. Çaprazlama, yeni popülasyonda yer alacak birey sayısına ulaşılana dek sürer.

Adım 5: Yeni popülasyondaki bireyler, rassal olarak mutasyon işleminden geçerler.

Adım 6: Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca yukarıdaki işlemler sürdürülür. Eğer en büyük nesil sayısına ulaşılmamışsa adım-2'ye dönülür. İterasyon, en büyük nesil sayısına ulaşınca işlem bitirilir. Uygunluk değeri en yüksek olan kromozom (çözüm) seçilir.

3.2.2.2. Genetik algoritmada kullanılan operatörler

Üreme: Üreme operatörü belli bir seçme kriterine göre bireylerin seçilip yeni kuşağın oluşturulması işlemidir. Seçme kriterleri uyumluluğu esas alarak birbiriyle uyumlu olan bireyleri seçer. Daha sonra çaprazlama ve mutasyon uygulanacak olan bireylerden daha uyumlu yeni bireylerin ortaya çıkması olasıdır. Bireylerin tamamı uyumluluğa göre seçilebilir veya bir kısmı rastgele seçilerek yeni kuşağa aktarılabilir (Akbulut ve diğ, 2005).

Genetik işlemcileri uygulamak için üzerinde işlem yapılacak popülasyondan bireylerinin seçilmesinde çeşitli stratejiler kullanılmaktadır. Seçim stratejisi temelde popülasyonda gerçekten yer alan bireylerin uygunluk seviyesine bağlıdır. Uygunluğa baglı farklı seçim stratejileri vardır ve bunlardan en çok kullanılanı uygunluk oranı seçimidir. Turnuva seçimi ve sıra seçimi, sabit durum seçimi, elitizim diğer alternatif stratejilerdir (Altunkaynak ve Esin, 2004).

Turnuva seçim yönteminde yerine koyarak ya da koymadan rastgele *t* adet birey seçilir ve bu büyüklüğe turnuva genişliği adı verilir. Bu gruptaki en iyi birey, yeni popülasyona kopyalanır. Bu işlem kullanıcı tarafından önceden kararlaştırılan çevrim sayısı kadar tekrarlanır (Bulat ve diğ., 2004).

Çaprazlama: Çaprazlama operatörü GA'lardaki en önemli operatördür. İki çözümün yapıları kullanılarak yeni bir çözüm oluşturulması esasına dayanır. Çaprazlama işlemi genel olarak ikili dizilerin parçalarının değiş tokuşu şeklinde gerçekleştirilir. Farklı uygulamalarda farklı kodlama yöntemleri kullanıldığı için farklı çaprazlama yöntemleri kullanılır, tek noktalı çaprazlama, iki noktalı çaprazlama ve üniform çaprazlama gibi (İşçi ve Korukoğlu, 2003), pozisyona dayalı, sıraya dayalı, Kısmi planlı, dairesel, doğrusal ve sıralı çaprazlama yöntemleri gibi (Engin ve Fığlalı, 2002).

Pozisyona dayalı çaprazlama yönteminde; rassal olarak seçilmiş pozisyondaki işler, bir ebeveynden çocuğa kalıtsallaştırılır. Diğer işler diğer ebeveynde bulundukları sıra ile yerleştirilir. Öncelikle pozisyondaki sayılar, [1, n] rassal tamsayılar şeklinde düzenlenir, daha sonra bu pozisyonlar rassal olarak seçilir. Her pozisyonun çaprazlama olasılığı %50 dir (Engin ve Fığlalı, 2002).

Mutasyon: GA'larda önemli rol oynayan etmenlerden biri de mutasyon operatörüdür. Yapay sistemlerde mutasyon işlemi, kromozomlarda ani olarak oluşan değişimlerdir. Mutasyon sırasında kromozomdaki gen sayısı değişmez, sabit kalır. Mutasyon işlemi bir tek kromozom üzerinde yapılır. Mutasyon oranına göre, mutasyona uğratılacak sayıdaki diziler popülasyondan rassal olarak seçilir ve belirlenen mutasyon yöntemine göre değişime uğratılır. Mutasyon sıklığının belirlenmesini sağlayan mutasyon oranı, doğal popülasyonlarda mutasyon oranı çok düşük olduğundan, GA'da da genelde düşük seçilir. Son yıllarda, çok çeşitli mutasyon yöntemleri geliştirilmiştir. İş çizelgeleme ile ilgili geliştirilen bu yöntemler, ters mutasyon, komşu iki işi değiştirme, keyfî iki işi değiştirme, keyfî üç işi yer değiştirme, araya iş ekleyerek değiştirme yöntemleridir (Baskak ve Erol, 2004).

Keyfi üç iş değiştirme yönteminde, kromozom üzerinde rastsal olarak seçilen üç iş keyfi (rastsal) olarak yer değiştirilir (Fığlalı ve Engin, 2002).

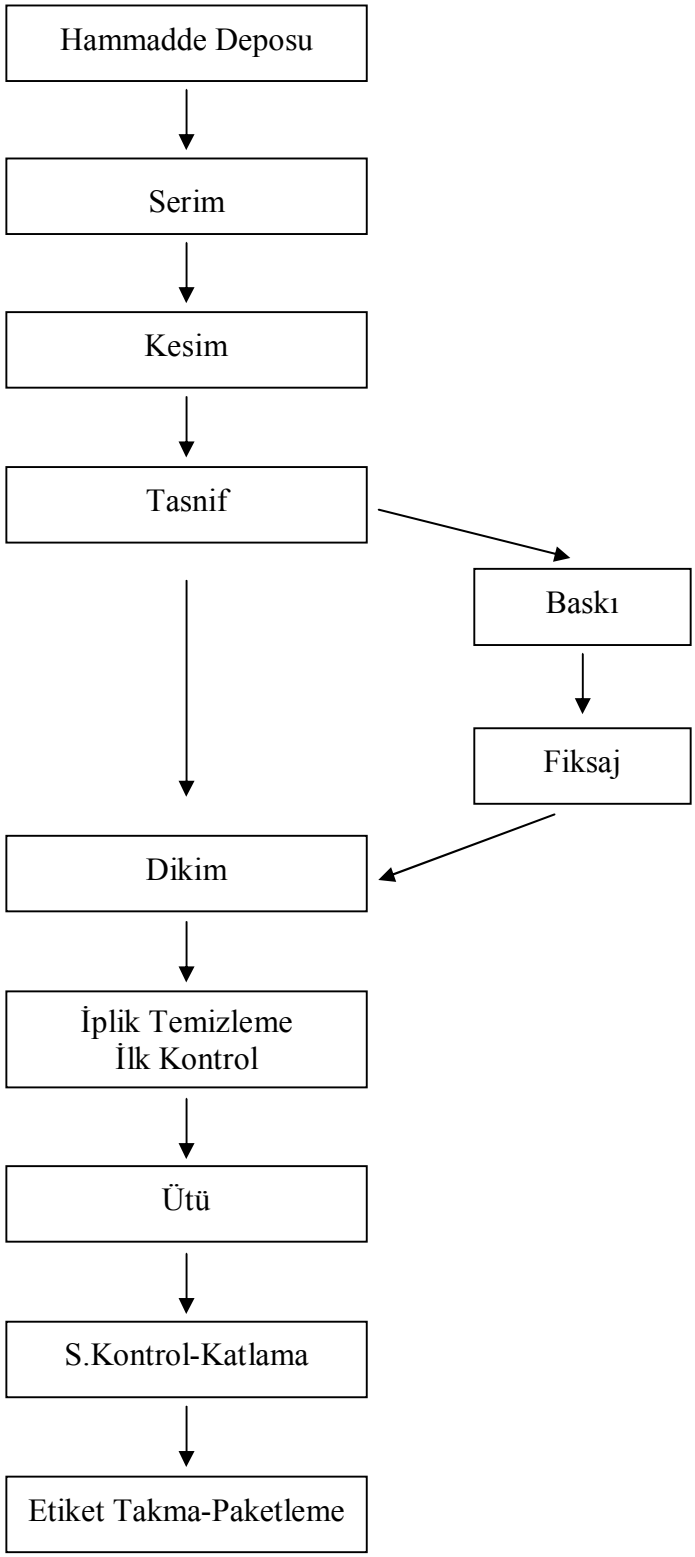
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Veri Toplama

Araştırma verileri 2004 yılından beri Konya'da örme kumaştan genellikle bayan t-shirt, nadiren de bayan tayt ve elbise üretimi yapan, 265 çalışana sahip büyük ölçekli bir işletmeden elde edilmiştir. Araştırma kapsamında işletmenin üretim süreci incelenmiş ve tüm işlemlerin hazırlık, işlem süreleri kaydedilmiştir. Hazır giyim üretim süreci emek yoğun yapısını koruduğundan ve süreçteki işlemler insana bağlı olduğundan işlem süreleri ve teslim zamanları bulanıktır.

Araştırma verilerinin toplandığı işletmedeki iş akış süreci toplamda on bölümden oluşmaktadır. Bunlar serim, kesim, tasnif, baskılı ürünler için baskı ve fiksaj, dikim, iplik temizleme ve ilk kontrol, ütü, son kontrol, katlama ve pakettir.

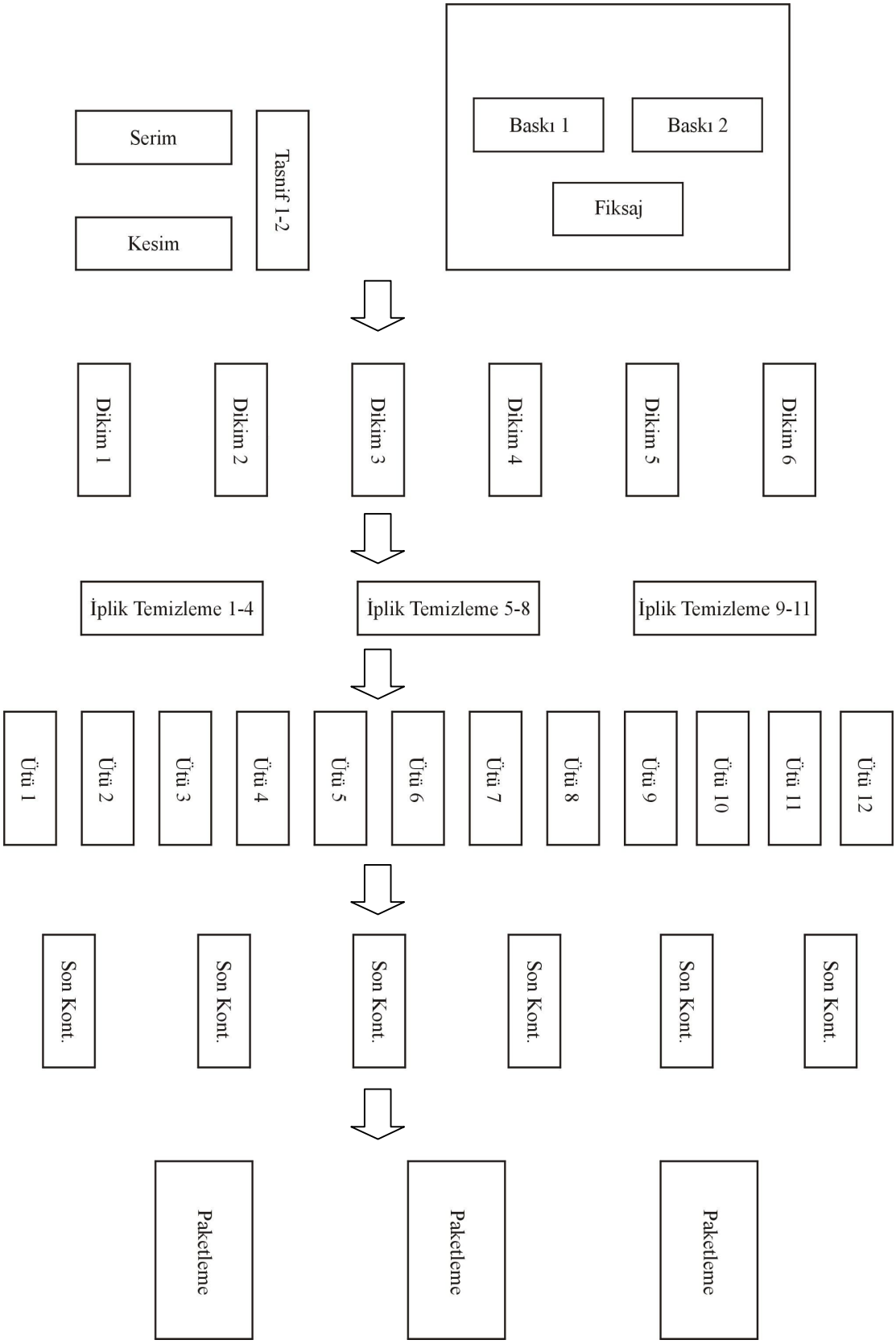
Hazır giyim üretimi esnek akış tipi üretim yapısındadır. Ürünler sırasıyla ve sıra atlaması olmaksızın iş akış sırasını takip etmek zorundadır. İşletmenin üretim süresi ve iş akışı şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Hazır Giyim Üretim Sürecinin İş Akışı

İşletmede bazı bölümlerde işlemler aynı anda birden fazla makinede ya da iş istasyonlarında paralel olarak devam edebilmektedir. İşletmede serim ve kesim işleri için birer masa bulunmaktadır. Tasnif işlemi iki kişi tarafından gerçekleştirilmektedir. Baskı bölümünde iki adet baskı makinesi bir adet fiksaj makinesi mevcuttur. Dikim bölümü aynı kapasiteye sahip altı adet dikim bandından oluşmaktadır. İşletmede iplik temizleme işlemi yapılırken ilk kontrol işlemi de gerçekleştirilmekte ve bunun için görevli onbir eleman bulunmaktadır. İlk kontrol işleminden sonraki işlem olan ütü için oniki, son kontrol ve katlama işini yapan altı ve etiket takıp paketleyen beş kişiyle süreç tamamlanmaktadır.

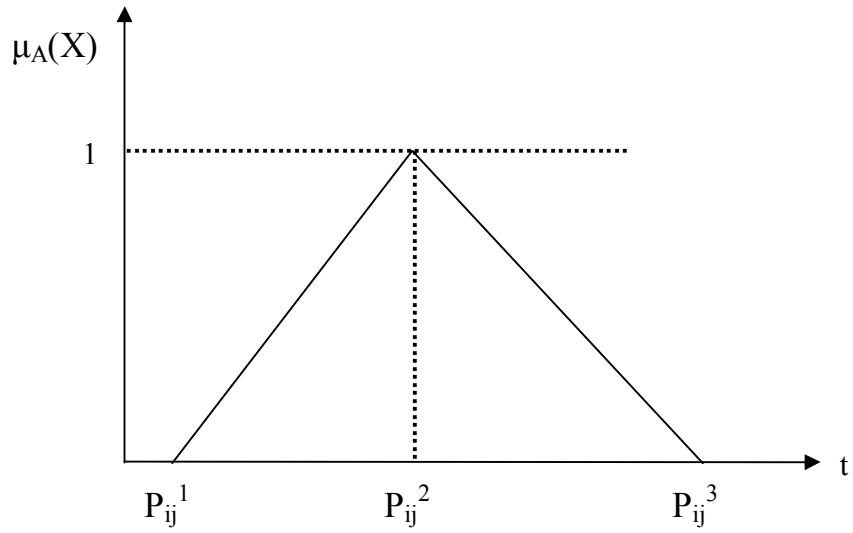
Üretim, ürünün öncelik sırasına sahip olarak bazı (baskısız ürünler) ya da bütün bölümlerden (baskılı ürünler) işlem görmesiyle gerçekleşmektedir. Verilerin elde edildiği işletmenin yerleşimi şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Hazır Giyim İşletmesinin Yerleşim Planı

Hazır giyim üretiminin insana bağlı yapısı işlerin işlem ve hazırlık süreleri için en kısa, ortalama ve en uzun işlem süreleri belirlenerek; bulanık mantığın şekil 4.3'te gösterilen üçgensel üyelik fonksiyonlarının kullanılması hedeflenmiştir (Gonzales ve diğ. 2005).

Hazır Giyim üretimindeki insana bağlı durum işlerin işlem ve hazırlık sürelerinin belirsiz ve bulanık kümeyle gösterilmesine sebep olmuştur. Kullanılan makineler dikkate alınarak her bir işlem ve hazırlık süresi için birden fazla ölçüm yapılmıştır. Belirsiz işlem süreleri P_{ij} üçgensel üyelik fonksiyonuyla bir üçlü tarafından (P_{ij}^1, P_{ij}^2, P_{ij}^3) temsil edilerek modellenmiştir. P_{ij}^1 ve P_{ij}^3 işlem ve hazırlık sürelerinin alt ve üst limitlerini göstermektedir. P_{ij}^2 ise işlem ve hazırlık süresinin ortalama değeridir. Şekil 1'de bulanık işlem süresine örnek gösterilmiştir.



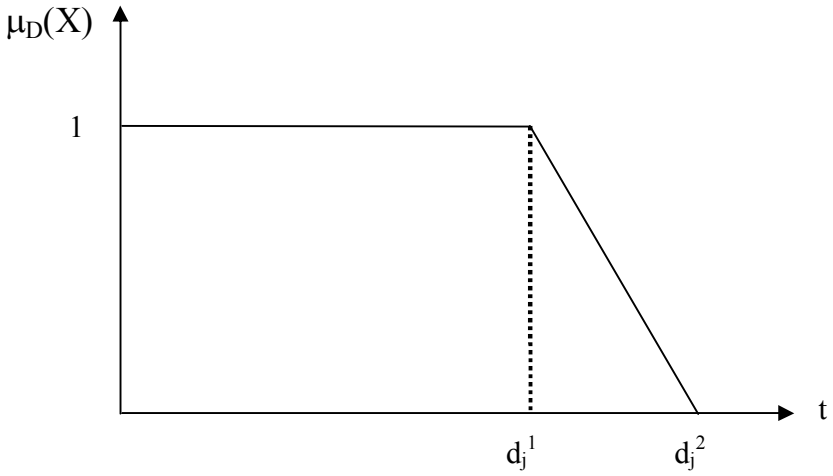
Şekil 4.3: İşlem Süreleri İçin Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Pij^1 = En Kısa İşlem Süresi

Pij^2= Ortalama İşlem Süresi

Pij^3= En Uzun İşlem Süresi

Hazır giyim üretiminde belirsiz olan diğer bir kavramda teslim zamanlarıdır. Uygulama yapılan işletmeden siparişlerin teslim tarihleri ve gerçek teslim zamanları incelenmiştir. Şekil 4.4'te teslim zamanları için kullanılması amaçlanan yamuk üyelik fonksiyonları görülmektedir.



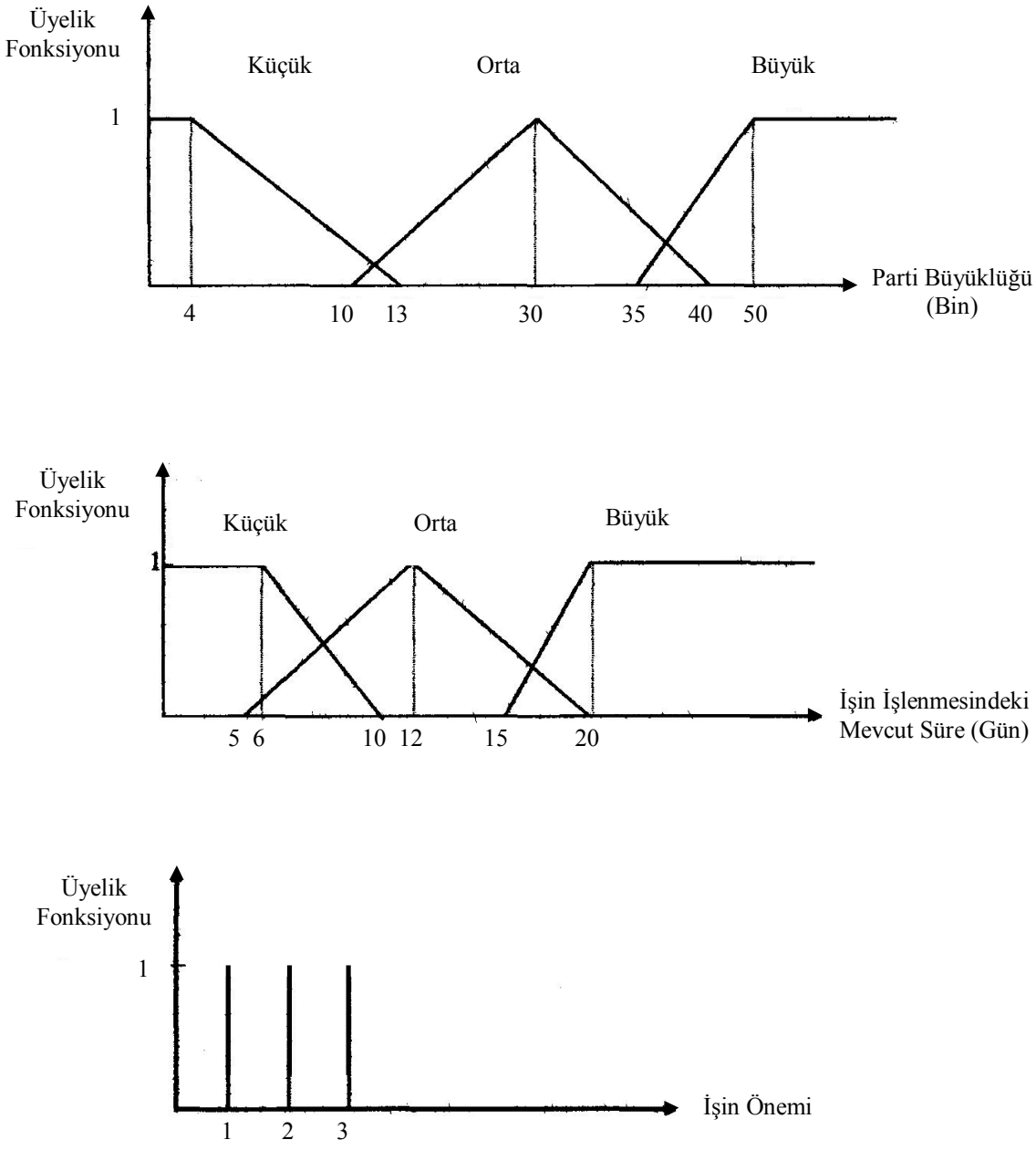
Şekil 4.4: Teslim Zamanları İçin Yamuk Üyelik Fonksiyonu

dj^1 = teslim tarihi

dj^2 = üst sınır teslim tarihi

4.2. Parti Miktarlı İş Çizelgeleme Problemi

Sipariş edilen işi zamanında teslim edebilmek için işler parçalara ayrılır. Problemdeki iki değişken parti miktarını belirlemede önemlidir. Bunlar iş hacmi, işin işlenmesindeki mevcut süre ve işin önceliğidir. Parti miktarının belirlemesinde EĞER-İSE (IF-THEN) kurallarından yararlanılmıştır. İş hacmi siparişin büyüklüğü ile ilgilidir ve "küçük", "orta" ve "büyük" olarak üç dilsel terimle ifade edilmiştir. İşin işlenmesindeki mevcut süre "küçük", "orta" ve " büyük" olmak üzere üç dilsel terimle gösterilmiştir. İşin önceliği işin önemini göstermekte ve öncelik 1,2,3 olarak üç gerçek sayıyla ifade edilmiştir. Bu üyelik fonksiyonları veri toplanan işletmenin sipariş politikası takip edilerek tanımlanmıştır. Bu üyelik fonksiyonları Şekil 4.5.de gösterilmektedir.



Şekil 4.5: Parti Miktarı Üyelik Fonksiyonları

Parti miktarı belirlenmesindeki başlangıç noktası, her bir işi eşit ölçüde iki eşit parçaya ayırmaktır. Sonuç değişkeni parça değişimi bulanık kurallar dahilinde açıklanmakta, öncül değişkenin gerçek değerine dayanarak partilerdeki gerekli değişikliği göstermektedir.

Parti miktarı belirlemedeki EĞER-İSE kuralları tablo 4.1'de gösterilmiştir. Örneğin işin işlenmesindeki mevcut sürenin küçük olması durumunda böyle bir iş

mümkün olduğunca ilk partide üretilmelidir, ancak işin işlenmesindeki mevcut süre büyükse ilk parti ikinci partiden daha küçük olmalıdır. Bulanık kurallarda belirlenen gruplar ya birlikte uygulanabilir ya da arka arkaya uygulanabilir.

Tablo 4.1: Parti Miktarı İçin Bulanık Kurallar (Petroviç ve diğ., 2007)

I. Grup
1. Eğer işin ölçüsü küçük ise parti değişimi pozitif büyüktür.
2. Eğer işin ölçüsü orta ise parti değişimi küçüktür.
3. Eğer işin ölçüsü büyük ise parti değişimi negatif büyüktür.
II. Grup
1. Eğer işin yavaşlığı küçük ise parti değişimi pozitif büyüktür.
2. Eğer işin yavaşlığı orta ise parti değişimi küçüktür.
3. Eğer işin yavaşlığı büyük ise parti değişimi negatif büyüktür.
III. Grup
1. Eğer işin önceliği 3 ise parti değişimi negatif ortadır.
2. Eğer işin önceliği 2 ise parti değişimi pozitif ortadır.
3. Eğer işin önceliği 1 ise parti değişimi küçüktür.

Bulanık kural esaslı sistem mekanizmasını açıklamadan önce bulanık kurallardan oluşan biçimsel sözdizimi açıklanmaktadır. Her bir Rs bulanık kuralı öncül ve tam ve kesin olmayan sonuç kapsamında muğlak bir değişkeni içermektedir ve aşağıdaki formül mevcuttur:

R_s: EĞER x A_s kümesi İSE y B_s kümesidir s: 1, ……..,S

Burada x ve y muğlak değişkenlerdir, A_s ve B_s, s=1,…..,S bulanık kümelerdir ve S toplam kural sayısıdır.

Her bir bulanık grup kuralının çıkarılması aşağıdaki adımları içermektedir (Pedrycz ve Gowide 1998):

1. Gerçek girdi değerinin bulanıklaştırılması: Gerçek girdi değerinin öncül kurallardaki bulanık kümesine ait olmasına göre derece belirlenir.

2. Her bir kuralın değerlendirilmesi: Öncül kuralın gerçek değeri söz konusu gerçek girdi x_0 için $\mu_{A0}(x_0)$ öncülünün üyelik fonksiyon değerine eşittir. Bulanık kural esaslı sistemimizde sonucun gerçek değeri azaltma (kesme) yöntemi (diğer yöntemler de mümkündür) kullanılarak belirlenir. Sonuç kapsamında bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu söz konusu öncülden elde edilen gerçek değer $\mu_{A0}(x_0)$ düzeyinde azaltılır. Elde edilen bulanık küme $\mu_{As} \rightarrow B_s(x_0)(y)$ ile gösterilir ve aşağıdaki üyelik fonksiyonuna sahiptir.

$$\mu_{As} \rightarrow B_s(x_0)(y) = \text{Min} \{ \mu_{As}(x_0), \mu B_s(y) \} \quad (1)$$

3. Kural sonuçlarının toplanması: R sonucu çıkarılan bütün kuralların sonuçlarını toplayarak elde edilen bulanık kümedir.

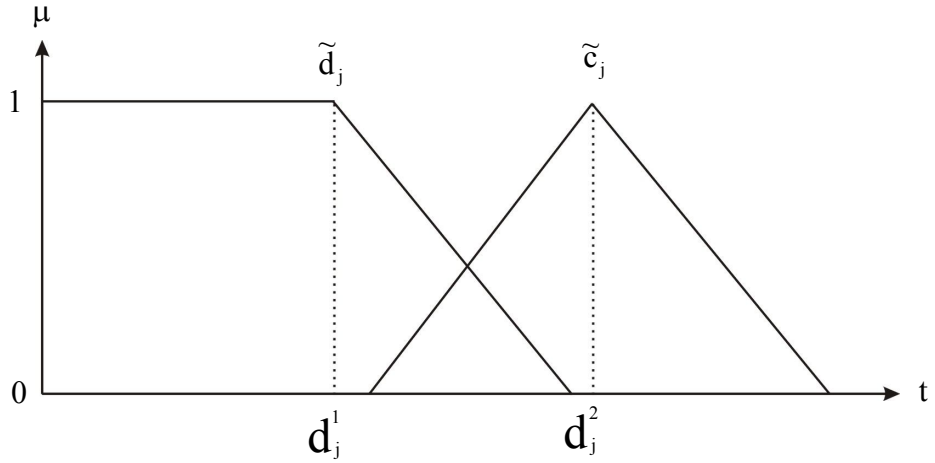
$$\mu_R(y) = \mu_{A1} \rightarrow B_1(x_0)(y) + \mu_{A2} \rightarrow B_1(x_0)(y) + \ldots\ldots\ldots + \mu_{As} \rightarrow B_s(x_0)(y) \quad (2)$$

4. Netleştirme işleminin yapılması: 3. adımda elde edilen son R bulanık kümesi $\tilde{y}$ gerçek değeri içine çizilmektedir. Burada hesap merkezini netleştirme yöntemi olarak uygulanır. Bu yöntem yerçekimi merkezi netleştirme yöntemine benzemektedir; fakat kurallardaki kesilen bulanık kümelerin üst üste kesişen alanları birden daha fazla hesaplanır (Ruspini vd. 1998).

$$\tilde{y} = \sum_{s=1}^{S} (y \, x \, \mu_R(y)) / \sum_{s=1}^{S} \mu_R(y) \quad (3)$$

Uygunluk fonksiyonu çözüm uzayındaki alanlara yönelik aramayı yöneten söz konusu çizelgenin kalitesini değerlendirmek için kullanılır. Problem dahilinde hedefler farklı birimlerde ölçülmektedir, bu yüzden kıyaslanamaz. Örneğin, geciken işlerin sayısı aralıktan tam sayı değerini alırken işlerin gecikme zamanının ortalaması zaman birimlerinde verilmektedir (0, N). Buna rağmen hedef değerlerin çizelgenin kalitesini değerlendirmek için eş zamanlı olarak kullanılması gerekmektedir. Hedeflere ulaşılmasında elde edilen değerlere göre karar veren kişinin tercihlerini yansıtmak için her bir hedef için memnuniyet dereceleri öne sürülmektedir. Hedeflerin değeri memnuniyet derecelerine göre planlanmaktadır, (0, 1) aralıkları

arasında değer almaktadır. 0 tam memnuniyetsizliği temsil etmektedir ve 1 ulaşılan hedef değeri ile tam memnuniyeti göstermektedir. Bütün hedeflerin memnuniyet dereceleri toplam memnuniyet derecesi içerisine kombine edilir.



Şekil 4.6: Tamamlanma Zamanlarının Memnuniyetinin Kesişim Kuralıyla Gösterilmesi (Sakawa ve Mori, 1999)

İşin içerdiği işlemlerin belirsiz süresi belirsiz tamamlama zamanlarını belirtmektedir. Söz konusu tarihle ilişkilendirilen hedeflerin memnuniyet derecelerini değerlendirmeden önce, işin belirsiz tamamlama süresi ile söz konusu belirsiz tarih ile kıyaslama yapmak için bir yol belirlememiz gerekmektedir. Çalışmada; şekil 4.6'da görülen ve iki bulanık değer olan $\tilde{C}_j$ ve $\tilde{d}_j$ arasındaki kesişimi ölçen Sakawa ve Kubota (2000) tarafından tanımlanan kesişim alan yöntemi kullanılmıştır. J_j işinin belirsiz tamamlama süresinin memnuniyet derecesi aşağıdaki formülde gösterilmektedir.

$$S_T(\tilde{C}_j) = (alan\, \tilde{C}_j \cap \tilde{d}_j) / (alan\, \tilde{C}_j) \qquad (4)$$

Bir işin gecikeceği düşünüldüğü takdirde açılama yapmak için λ parametresi öne sürülmektedir. Bulanık ortamlarda geciken işlerin sayısı $\overline{NT}$ ile gösterilmektedir ve aşağıdaki gibi hesaplanır. Literatüre uygun olarak λ 0.4 olarak alınmıştır (Petrovic ve diğ. 2007).

$$\overline{NT} = \begin{cases} 1 & S_T(\tilde{C}_j) \le \lambda, \\ & 0 \le \lambda \le 1 \\ 0 & S_T(\tilde{C}_j) > \lambda, \end{cases} \qquad (5)$$

Problemin çözümünde amaç fonksiyonları bulanık mantık kurallarıyla memnuniyet derecelerini yükseltecek şekilde belirlenmiştir.

Notasyonlar :

N : toplam iş sayısı

J_j : iş (j= 1…..N)

M : toplam makine sayısı

M_i : makine (i = 1……M)

a: farklı işleri işlemek için gerekli hazırlık süresi

r_j : J_j işinin serbest bırakılma zamanı, işe başlanabileceği zamanı gösterir

d_j : J_j işinin teslim tarihi

$\tilde{d}_j$: J_j işinin bulanık teslim tarihi

C_j : J_j işinin tamamlanma zamanı

$\tilde{C}_j$: J_j işinin bulanık tamamlanma zamanı

C_{max} : tamamlanma zamanı $C_{max} = \max (C_1,\ldots..C_j,\ldots C_N)$

T_j : J_j işinin gecikmesi

w_i : J_j işinin önem derecesi

(i,j) : M_i makinesinde işlem gören j_j işinin operasyonları

p_{ij} : (i,j) için işlem süresi

$\tilde{p}_{ij}$: (i,j) için bulanık işlem süresi

C_{ij}: (i,j) operasyonunun tamamlanma zamanı

s_{ij} : (i,j) operasyonunun başlama zamanı, i= 1, ……,M, J= 1, ……,N

S_{AT}: iş gecikmesi ağırlığının memnuniyet derecesi

S_{NT}: geciken iş sayısının memnuniyet derecesi

S_{ST}: toplam hazırlık zamanının memnuniyet derecesi

S_{IT}: toplam makinelerin boş zamanının memnuniyet derecesi

S_{TF} : toplam akış zamanının memnuniyet derecesi,

Φ: amaç fonksiyonu olarak kullanılan tüm hedeflerin memnuniyet derecesi, çizelgenin kalitesi

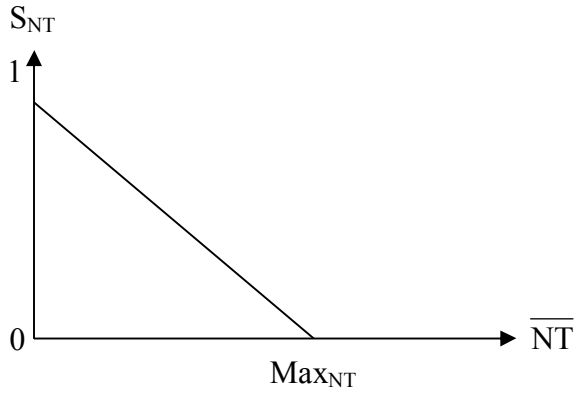
Problemin çözümünde, işlerin ölçülen ortalama gecikme süresinde ulaşılan memnuniyet derecesi, geciken iş sayısının memnuniyet derecesi, toplam hazırlık süresinin memnuniyet derecesi, toplam boş zamanın memnuniyet derecesi, toplam akış süresinin memnuniyet derecesi gibi amaç fonksiyonlarının maksimizasyonu, toplam tamamlanma zamanının minimizasyonu amaçlanmıştır.

Problemin amaç fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

(i) S_{AT} işlerin ölçülen ortalama gecikme süresinde ulaşılan memnuniyet derecesi (Petroviç ve diğ, 2007).

$$S_{AT} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} w_j S_T(\tilde{C}_j) \qquad (6)$$

(ii) Geciken iş sayısının memnuniyet derecesi S_{NT} Şekil 4.7'de gösterilmektedir. (Petroviç ve diğ, 2007).

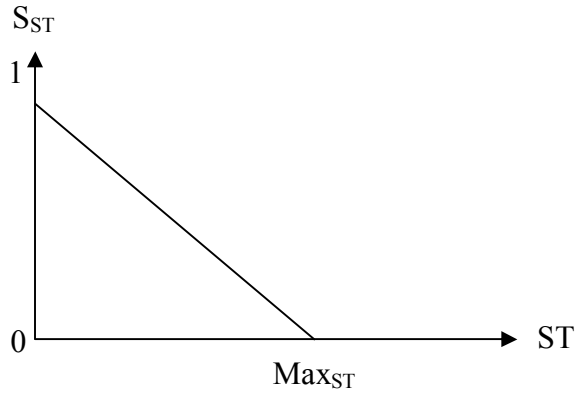


Şekil 4.7: Geciken İş Sayısının Memnuniyet Derecesi (Petroviç ve diğ., 2007)

$$S_{NT} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } \overline{NT} = 0, \\ (Max_{NT} - \overline{NT}) / Max_{NT} & \text{eğer } 0 < \overline{NT} < Max_{NT}, \\ 0 & \text{eğer } \overline{NT} \geq Max_{NT} \end{cases} \quad (7)$$

NT, ifadesinde belirtilen geciken iş sayısıdır. Max_{NT} toplam iş sayısının % 20'sine eşit olarak alınmıştır. NT = 0 dan Max_{NT} e kadar artış gösterdiği zaman memnuniyet dereceleri buna ilişkin olarak azalıyorken, NT > eşittir Max_{NT} iken tam memnuniyetsizlik, NT = 0 iken tam memnuniyet mevcuttur.

(iii) Toplam hazırlık süresinin memnuniyet derecesi S_{ST} şekil 4.8'de gösterilmektedir. (Petroviç ve diğ, 2007).



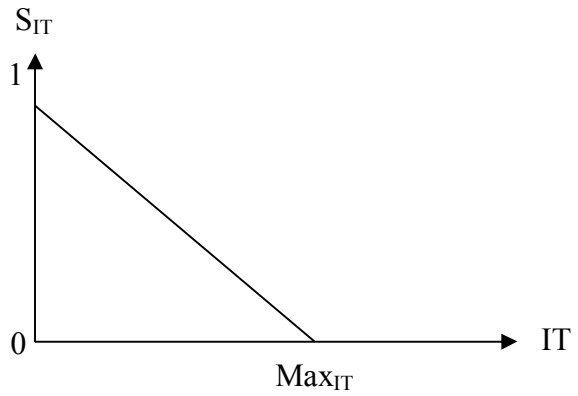
Şekil 4.8: Toplam Hazırlık Süresinin Memnuniyet Derecesi (Petroviç ve diğ., 2007)

$$S_{ST} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } T = 0, \\ (Max_{ST} - ST) / Max_{ST} & \text{eğer } 0 < ST < Max_{ST}, \\ 0 & \text{eğer } T \geq Max_{ST} \end{cases} \quad (8)$$

ST, (3) de belirtilen toplam hazırlık süresidir. Birbirini izleyen işler farklı gruplara dahil edildiği zaman maksimum hazırlık süresi olan Max gereklidir. Örneğin Nop bütün makinelerdeki toplam işlem sayısı olarak açıklandığında

Max_{ST} = a.Nop tur.

(iv) Toplam boş zamanın memnuniyet derecesi S_{IT} şekil 4.9'da gösterilmiştir. (Petroviç ve diğ., 2007).

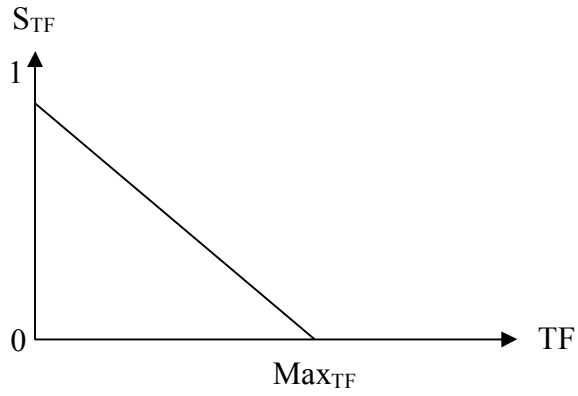


Şekil 4.9: Toplam Boş Zamanın Memnuniyet Derecesi (Petroviç ve diğ., 2007)

$$S_{IT}=\begin{cases}1 & \text{eğer } T=0,\\ (Max_{IT}-IT)/Max_{IT} & \text{eğer } 0<IT<Max_{IT},\\ 0 & \text{eğer } T\geq Max_{IT}\end{cases} \qquad (9)$$

$Max_{IT}=\sum_{i=1}^{M} C_{ia}$ makinelerin kullanıldığı toplam süre (i,a), ve C_{ia} Mi makinesinde ve tamamlama tarihinde son işlem belirtmektedir.

(v) Toplam akış süresinin memnuniyet derecesi S_{TF} şekil4.13'te gösterilmiştir. (Petroviç ve diğ., 2007).



Şekil 4.13: Toplam Akış Süresinin Memnuniyet Derecesi (Petroviç ve diğ., 2007)

$$S_{TF}=\begin{cases}1 & \text{eğer } TF=0,\\ (Max_{TF}-TF)/Max_{TF} & \text{eğer } 0<TF<Max_{TF},\\ 0 & \text{eğer } TF\geq Max_{TF}\end{cases} \qquad (10)$$

Toplam Akış Süresinin Memnuniyet Derecesi, $Max_{TF} = \sum_{j=1}^{N} (C_{max} - r_j)$ (11)

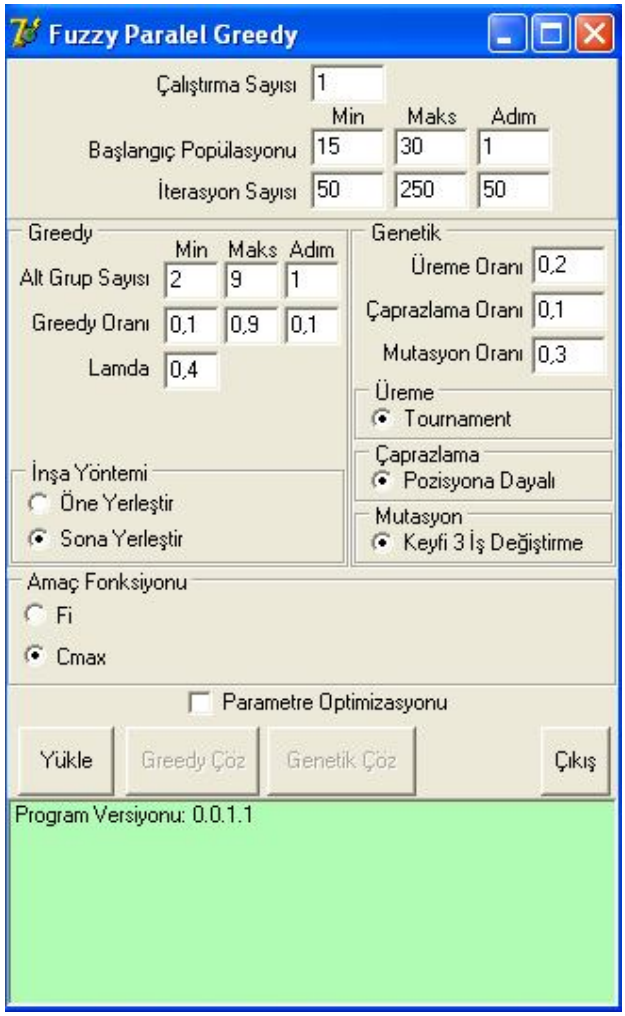
maksimum akış süresini vermektedir.

Uygunluk fonksiyonu olarak kullanılan bütün hedeflerin memnuniyet derecesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır(Petroviç ve diğ, 2007):

$$\phi = (S_{AT} + S_{NT} + S_{ST} + S_{IT} + S_{TF}) / 5 \quad (12)$$

4.3. Hazır Giyim İşletmesindeki Çizelgeleme Probleminin Çözüm Analizi

Bu çalışmada bulanık esnek akış tipi içerisinde yer alan hazır giyim üretim sürecinde, çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hazır giyim üretim sürecindeki çizelgeleme problemi için paralel doyumsuz algoritma önerilmiştir. Problemin, paralel doyumsuz algoritma ile çözümünde Borland Delphi 7.0. hazırlanan program kullanılmıştır. Programın ekran görüntüsü şekil 4.14'te görülmektedir. Hazır giyim üretim sürecindeki çizelgeleme problemi Intel Pentium 4.1 GHz işlemcili 512 Mb ram ve Microsoft Windows XP with SP1 işletim sistemi bulunan bilgisayar yardımıyla çözülmüştür.



Şekil 4.14: Problemin Çözümünde Kullanılan Programa Ait Ekran Görüntüsü

Problemde uygulama yapılan işletmenin, aylık siparişleri değişmektedir. Problem çözümü için parametre optimizasyonu yapılmıştır. Oluşturulan doyumsuz algoritmanın başlangıç popülasyonu, iterasyon sayısı, alt grup sayısı ve greedy oranı gibi parametreler çözüm için tek tek kullanılmıştır. Tablo 4.2'te görülen parametrelerle problem toplamda 3456 kez çözülmüştür. Parametre analizinde inşa yöntemi analiz edilerek en iyi bulanık tamamlanma zamanı ($\widetilde{C}_{max}$) değeri için sona yerleştir yöntemi tercih edilmiştir. Şekil 4.14.teki fi (Φ) amaç fonksiyonu olarak kullanılan tüm hedeflerin memnuniyet derecesini belirtmekte ve fi'nin maksimizasyonu hedeflenmektedir. $\widetilde{C}_{max}$ ise bulanık tamamlanma zamanını ifade etmekte ve minimizasyonu hedeflenmektedir. Paralel doyumsuz algoritmanın kıyaslanmasında kullanılan genetik algoritmanın parametreleri için ise Gözen'in

(2007) çalışmasından faydalanılmıştır. Gözen (2007) bulanık esnek akış tipi çizelgeleme problemlerini genetik algoritma ile çözmüştür.

Tablo 4.2 EATÇ Problemleri İçin Kullanılan Parametre Değerleri

Kontrol Parametreleri	**Kontrol Parametre Değerleri**
Başlangıç Popülâsyonları	15; 30
Alt Grup Sayıları	2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9;10;11;12;13
İterasyon Sayıları	50; 100; 150; 200; 250; 500; 1000; 2500
Doyum Oranları	0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9
İnşa Yöntemleri	ÖY; SY

Bulanık esnek akış tipi çizelgeleme problemi Paralel Doyumsuz Algoritma ve Genetik Algoritma programlarıyla çözülmüştür. Yapılan testlerde PDA algoritmasının çözüm kalitesi ölçülmüştür. Problemin çözümünde iki ana amaç belirlenmiştir. Bu iki amaç, toplam memnuniyet derecesinin (Φ) maksimizasyonu ve bulanık çevrim zamanının ($\widetilde{C}_{\max}$) minimizasyondur. Çözüm kalitesi, paralel doyumsuz algoritmanın elde ettiği en iyi çözüm ile genetik algoritmanın elde ettiği en iyi çözüm arasındaki yüzde sapma miktarı ile ölçülmektedir. PDA ile elde edilen çözümler GA ile elde edilen çözümlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu yüzden yüzde sapma, $\widetilde{C}_{\max}$ için 13' deki ifadeye göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Sapma} = \frac{\widetilde{C}_{\max}(\text{GA}) - \widetilde{C}_{\max}(\text{PDA})}{\widetilde{C}_{\max}(\text{PDA})} * 100 \qquad (13)$$

Problem her ay için paralel doyumsuz algoritma ve genetik algoritmayla otuz kez çözülmüş ve elde edilen sonuçlardan en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değerine sahip olanlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen tüm çözümlerin ortalamaları ve standart sapma değerlerine de tablolarda yer verilmiştir. Tablolarda yer alan memnuniyet dereceleri 0 ile 1 arasında değer almaktadır. 1 değeri tam memnuniyeti temsil ederken, 0 tam memnuniyetsizliği temsil etmektedir.

Tablo 4.3: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 1. Ay Sonuçları

	Fi (Φ)		S_{AT}		S_{NT}		S_{ST}		S_{IT}		S_{TF}		$\tilde{C}_{max}$ (sn)		$\tilde{C}_{max}$ % Sapma	Geciken iş sayısı	
1. Ay	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**		**PDA**	**GA**
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,951	0,921	1	1	1	1	0,992	0,992	0, 730	0,653	1	1	763560	812430	6,40	0	1
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,886	0,847	0,975	0,975	0,783	0,716	0,992	0,992	0,773	0,699	0,908	0,854	851957	855021	0,35	0,96	0,5
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,043	0,071	0,013	0,015	0,250	0,252	0,00	0,00	0,040	0,058	0,092	0,199	33185	33046		0,18	0,50

İşletmenin ilk ayındaki verilerin PDA ve GA algoritmalarıyla çözülmesinden Tablo 4.3'deki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 4.3 incelendiğinde PDA ile elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değerinin GA ile elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değerine göre yüzde sapması % 6,40 daha iyi sonuç verdiği ve tüm çözümlerden elde edilen ortalama $\widetilde{C}_{\max}$ değerine göre PDA algoritmasıyla elde edilen ortalamanın GA çözümlerinin ortalamasına göre yüzde sapması 0,35 daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Diğer amaç fonksiyonu olan toplam memnuniyet derecesine (Φ) bakılacak olursa en iyi fi değeri PDA çözümünde 0,951 iken bu değer GA için 0,921dir. 1.Ayın çözümünden elde edilen sonuçların ortalamasında geciken iş sayısının memnuniyet derecesi PDA ile 0,783 iken bu değer GA ile elde edilen çözümlerin ortalamasında 0,716dır. Toplam boş zamanın memnuniyeti ise PDA çözümlerinin ortalamasında 0,773 değerini alırken, GA çözümlerinin ortalamasında 0,699'dur. Ayrıca tablodaki bir diğer dikkat çekici sonuç geciken iş sayısındadır. GA ile elde edilen çözümde siparişlerin 1 tanesi gecikmişken, PDA çözümünde 1. ayda geciken hiç iş olmamıştır. Memnuniyet dereceleri 1 sayısına yaklaştıkça iyileşmeyi ifade etmektedir.

Tablo 4.4: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 2. Ay Sonuçları

	Fi (Φ)		S_{AT}		S_{NT}		S_{ST}		S_{IT}		S_{TF}		$\widetilde{C}_{max}$ (sn)		$\widetilde{C}_{max}$ % Sapma	Geciken iş sayısı	
2. Ay	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**		**PDA**	**GA**
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,931	0,828	0,985	0,966	1	0,5	0,993	0,993	0,736	0,721	0,940	0,963	879030	917520	4,37	2	2
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,806	0,755	0,942	0,932	0,566	0,293	0,993	0,993	0,978	0,743	0,730	0,815	927466	940255	1,37	1,93	1,86
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,051	0,069	0,026	0,055	0,172	0,250	0,00	0,00	0,041	0,037	0,123	0,086	17240	13953		0,78	0,81

İşletmede test edilen 2. ay sonuçları tablo 4.4'te incelenecek olursa PDA ile elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{max}$ değerinin 879030 sn olduğu ve bu değerle GA ile elde edilen en iyi çözüme göre %4,37 daha iyi sapmaya sahip olduğu görülmektedir. Programların çalıştırılmasıyla elde edilen 30 çözümün ortalamalarına bakılacak olursa PDA ile elde edilen sonuçların ortalaması GA ile elde edilen sonuçlara göre $\widetilde{C}_{max}$ %1,37'lik sapmayla daha iyi değerdedir. Geciken iş sayısı çözülen her iki program içinde 2. ayda 2 olarak gözlenmiştir. Fi uygunluk fonksiyonu olup, tüm memnuniyet derecelerinin ortalamasını ifade etmektedir ve bu oran 2. ay siparişler için PDA programıyla çözümünde 0,931, GA programıyla çözümünde ise 0,828 olarak bulunmuştur. Memnuniyet dereceleri (0,1) arasında değerler almaktadır. 0 değeri tam memnuniyetsizliği ifade ederken 1 değeri tam memnuniyeti ifade etmektedir. 2. aydaki geciken iş sayısının memnuniyet derecesi PDA programı ile 1 bulunurken GA ile 0,5 bulunmuştur. Tablo 4.4 incelendiğinde her iki program çözümlerinin standart sapmalarının 0'a yakın değerler olduğu yani çözümlerin homojen dağıldığı söylenebilir.

Tablo 4.5: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 3. Ay Sonuçları

	Fi (Φ)		S_{AT}		S_{NT}		S_{ST}		S_{IT}		S_{TF}		$\widetilde{C}_{max}$ (sn)		$\widetilde{C}_{max}$ % Sapma	Geciken iş sayısı	
3. Ay	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA		PDA	GA
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,778	0,623	0,923	0,835	1	0,00	0,976	0,975	0,280	0,308	0,689	1	545100	622230	14,14	1	1
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,729	0,602	0,890	0,857	0,733	0,00	0,977	0,975	0,296	0,295	0,755	0,899	583364	665579	14,09	0,5	0,7
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,082	0,029	0,035	0,029	0,440	0,00	0,00	0,00	0,020	0,015	0,103	0,115	25455	23461		0,0	0,25

İşletmedeki çizelgeleme probleminin çözümü için oluşturulan PDA ve GA programları yardımıyla çözülen problemin 3. ay sonuçları tablo 4.5'te görülmektedir. Tablo 4.5 incelediğinde 3. ayda geciken iş sayısının her iki programda da 1 olduğu görülmüştür. PDA elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değerinin GA ile elde edilen $\widetilde{C}_{\max}$ değerine göre %14,14 sapmayla daha iyi olduğu, 3. ayda PDA programının 30 çözümünden elde edilen ortalama değerinin GA ile elde edilen ortalama değerinden de %14,09 daha iyi olduğu görülmektedir. Tablo 4.5 teki memnuniyet derecelerine bakılacak olursa, toplam memnuniyet derecesi PDA programı ile elde edilen en iyi çözümde 0,778 iken, GA ile elde edilen çözümde 0,623 olarak bulunmuştur. 30 çözümün ortalamasından elde edilen toplam memnuniyet derecesi ise 0,729 iken GA ile bu değer 0,602'dir.

Tablo 4.6: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 4. Ay Sonuçları

	Fi (Φ)		S_{AT}		S_{NT}		S_{ST}		S_{IT}		S_{TF}		$\widetilde{C}_{max}$ (sn)		$\widetilde{C}_{max}$ % Sapma	Geciken iş sayısı	
4. Ay	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**		**PDA**	**GA**
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,890	0,947	0,972	1	1	1	0,991	0,991	0,758	0,747	0,728	1	585690	566070	GA daha iyi	0	0
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,847	0,912	0,972	0,984	0,783	0,883	0,991	0,991	0,755	0,702	0,754	1	605554	581157	GA daha iyi	0,53	0,50
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,021	0,048	0,018	0,028	0,25	0,215	0,00	0,00	0,033	0,03	0,220	0	18271	9047		0,50	0,50

İşletmenin 4. ayındaki verilerin geliştirilen programla çözülmesiyle elde edilen sonuçlar tablo 4.5'te görülmektedir. 4. ay incelenen aylar boyunca GA'nın PDA'ya göre daha iyi sonuçlar verdiği tek aydır. 4. ayın sonuçları incelendiğinde her iki algoritma ile de geciken iş olmadığı görülmüştür. Çizelgenin uygunluk fonksiyonunun memnuniyet derecesinin PDA değerinin 0,890 iken, GA da bu değerin 0,947 olduğu incelenmiştir. PDA ile elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değeri 585690 sn iken bu değer GA ile 566070 sn olarak hesaplanmıştır. Buna göre, 4. aydaki $\widetilde{C}_{\max}$ değeri GA ile PDA programına göre daha iyi sonuç vermiştir. 4. ayda GA programının 30 çözümünden elde edilen ortalama değerinin PDA ile elde edilen ortalama değerinden de daha iyi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7: PDA ve GA Programlarıyla Çözülen 5. Ay Sonuçları

	Fi (Φ)		S_{AT}		S_{NT}		S_{ST}		S_{IT}		S_{TF}		$\widetilde{C}_{max}$ (sn)		$\widetilde{C}_{max}$ % Sapma	Geciken iş sayısı	
5. Ay	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**GA**	**PDA**	**PDA**	**GA**
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,860	0,851	1	1	1	1	0,977	0,976	0,324	0,280	1	1	1266600	1434450	13,25	0	0
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,852	0,847	0,995	1	0,966	1	0,977	0,976	0,286	0,262	1	1	1288485	1459033	13,23	0	0
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,004	0,004	0,000	0,00	0,182	0,00	0,00	0,00	0,019	0,021	0,00	0,00	26797	11800		0	0

5. ay sonuçları incelendiğinde çözüm için önerilen PDA algoritması ve kıyaslama için önerilen GA ile de hiçbir işin gecikmediği ve mevcut süresinde teslim edildiği tablo 4.6'da görülmektedir. 5. ay sonuçlarında elde edilen uygunluk fonksiyonunun en iyi çözümü PDA ile 0,860, GA ile 0,851'dir. Bu değer amaç fonksiyonlarındaki bütün memnuniyet derecelerinin ortalamasını vermektedir. Elde edilen çözümlerin standart sapmaları incelendiğinde tüm değerlerin 0'a eşit yada çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Buda elde edilen tüm çözümlerin ortalamaya çok yakın olduğunu göstermektedir. İncelenen 5. ayda PDA ile elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değeri 1266600 sn iken GA ile elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{\max}$ değeri 1434450 sndir. Elde edilen bu sonuçlara göre PDA sonucunun GA ya göre %13,25'lik bir sapmayla daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.8: PDA ve GA Programıyla Çözülen 6. Ay Sonuçları

	Fi (Φ)		S_{AT}		S_{NT}		S_{ST}		S_{IT}		S_{TF}		$\widetilde{C}_{max}$ (sn)		$\widetilde{C}_{max}$ % Sapma	Geciken iş sayısı	
6. Ay	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA	PDA	GA		PDA	GA
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,870	0,813	1	1	1	1	0,982	0,982	0,289	0,328	1	1	894030	1010340	13,00	1	1
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,780	0,664	0,861	0,753	0,833	0,333	0,981	0,981	0,338	0,363	0,885	0,888	970433	1037901	6,95	0,66	0,73
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,093	0,132	0,093	0,117	0,380	0,46	0,00	0,00	0,033	0,020	0,086	0,17	30230	13281		0,49	0,45

Tablo 4,8'deki veriler incelendiğinde geciken iş sayısı PDA ve GA'da 1 olduğu görülmektedir. PDA programıyla elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{max}$ değeri 894030 sn iken bu değer GA programıyla 1010340 sn olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere göre elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{max}$ değerine göre PDA GA ya göre %13 sapmayla daha iyi sonuç vermiştir. 6. ayda PDA programının 30 çözümünden elde edilen $\widetilde{C}_{max}$ ortalama değerinin GA ile elde edilen ortalama değerinden de %6,95 daha iyi olduğu görülmektedir. 6. ay sonuçlarında elde edilen uygunluk fonksiyonunun en iyi çözümü PDA ile 0,870, GA ile 0,813'tür. Ayrıca ele edilen en iyi çözümlerde; ortalama gecikme süresinin memnuniyet derecesi, geciken iş sayısının memnuniyet derecesi ve toplam akış süresinin memnuniyet derecesi her iki programla tam memnuniyet ifadesi olan 1 değeri olarak hesaplanmıştır.

Uygulama işletmesinde 6 aylık gözlem yapılarak elde edilen verilerle oluşturulan PDA programı ile kıyaslama için oluşturulan GA programının 6 aylık sonuçları incelenmiş ve incelenen süreçteki bir ay dışındaki tüm aylarda PDA programının GA programına göre daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Planlama için, daha iyi sonuçlar oluşturan PDA programı ile iki ayın sipariş verileri kullanılarak 2 adet aylık çizelge önerilmiştir.

Tablo 4.9: PDA Programıyla Önerilen 1. Ay Sonuçları

7. Ay	Fi (Φ)	S_{AT}	S_{NT}	S_{ST}	S_{IT}	S_{TF}	$\widetilde{C}_{max}$ (sn)	Geciken iş
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,871	1	1	0,981	0,374	1	772560	0
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,795	0,917	0,766	0,981	0,316	1	860201	0,43
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,113	0,140	0,430	0	0,090	0	54087,68	1,77

Uygulanan ilk aylık planda en iyi $\widetilde{C}_{max}$ değerine ait çözümde geciken iş sayısı 0 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen en iyi $\widetilde{C}_{max}$ değeri ise 772560 sn olarak ortaya çıkmıştır. Çizelgenin uygunluk fonksiyonunun memnuniyet derecesi 0,871, toplam hazırlık süresinin memnuniyet derecesi 0,981, toplam boş zamanın memnuniyet derecesi 0,374, ortalama gecikme süresinin memnuniyet derecesi, geciken iş

sayısının memnuniyet derecesi ve toplam akış zamanının memnuniyet derecesi tam memnuniyet derecesi olan 1 olarak hesaplanmıştır. Önerilen çizelgenin ölçüm değerleri tablo 4.9'da görülmektedir.

Tablo 4.10: PDA Programıyla Önerilen 1. Aylık Plan

Sıra No	Serim	Kesim	Tasnif	Baskı	Fiksaj	Dikim	İlk Kontrol	Ütü	Son Kontrol	Paket
1	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P	2.S-2.P
2	3.S-2.P	3.S-2.P	3.S-2.P	3.S-2.P	5.S-2.P	4.S-1.P	4.S-1.P	5.S-2.P	4.S-1.P	4.S-1.P
3	5.S-2.P	5.S-2.P	5.S-2.P	5.S-2.P	4.S-1.P	5.S-2.P	3.S-2.P	4.S-1.P	5.S-2.P	5.S-2.P
4	5.S-1.P	5.S-1.P	4.S-1.P	4.S-1.P	3.S-2.P	3.S-2.P	5.S-2.P	3.S-2.P	3.S-2.P	3.S-2.P
5	4.S-1.P	4.S-1.P	3.S-1.P	5.S-1.P	4.S-2.P	4.S-2.P	2.S-1.P	2.S-1.P	2.S-1.P	2.S-1.P
6	1.S-2.P	1.S-2.P	5.S-1.P	3.S-1.P	5.S-1.P	2.S-1.P	5.S-1.P	5.S-1.P	5.S-1.P	4.S-2.P
7	2.S-1.P	2.S-1.P	2.S-1.P	2.S-1.P	2.S-1.P	5.S-1.P	1.S-2.P	4.S-2. P	4.S-2. P	3.S-1.P
8	3.S-1.P	3.S-1.P	1.S-1.P	4.S-2.P	3.S-1.P	3.S-1.P	3.S-1. P	3.S-1.P	3.S-1.P	1.S-2.P
9	4.S-2.P	4.S-2.P	4.S-2.P	1.S-1.P	1.S-2.P	1.S-2.P	4.S-2.P	1.S-2.P	1.S-2.P	5.S-1.P
10	1.S-1.P	1.S-1.P	1.S-2.P	1.S-2.P	1.S-1.P	1.S-1.P	1.S-1.P	1.S-1.P	1.S-1.P	1.S-1.P

Planlanan ilk ayda işletmede 5 adet sipariş mevcuttur. Önerilen plan ile her bir sipariş iki adet partiye ayrılarak çizelge yapılmıştır. Bu siparişlerin, hangi partinin, hangi işleme hangi sıra ile gireceği tablo 4.10 da gösterilmiştir. Tabloda, S harfi hangi sipariş olduğunu, P harfi ise o siparişin kaçıncı partisi olduğunu ifade etmektedir. Çizelgeye göre, 2. siparişin 2. partisiyle üretime başlanacaktır. Bütün istasyonlarda üretilecek olan ilk sipariş, 2. siparişin ikinci partisidir. İşletmede serilen bir ürün kesilmeden toplamayacağı için ilk ve ikinci işlemin sırası aynıdır.

Tablo 4.11: PDA Programıyla Önerilen 2. Ay Sonuçları

8. Ay	Fi (Φ)	S_{AT}	S_{NT}	S_{ST}	S_{IT}	S_{TF}	$\widetilde{C}_{max}$ (sn)	Geciken iş
Elde Edilen En İyi Çözüm	0,926	0,969	1	0,992	0,745	0,923	667800	1
Elde Edilen Çözümlerin Ortalaması	0,731	0,801	0,3	0,992	0,784	0,780	730499	2
Elde Edilen Çözümlerin Standart sapması	0,085	0,064	0,337	0	0,029	0,172	49612,66	1,05

Önerilen 2. plana ait aylık değerler tablo 4.11'da incelenmektedir. 2. aylık plana ait en iyi $\widetilde{C}_{max}$ değeri 667800 sn. olarak hesaplanmış ve bu $\widetilde{C}_{max}$ değerine ait hiçbir işin gecikmediği görülmüştür. Çizelgenin uygunluk fonksiyonunun memnuniyet derecesi 0,926, ortalama gecikme süresinin memnuniyet derecesi 0,969, geciken iş sayısının memnuniyet derecesi 1, toplam hazırlık süresinin memnuniyet derecesi 0,992, toplam boş zamanın memnuniyet derecesi 0,745 ve toplam akış zamanının memnuniyet derecesi ise 0,923 olarak hesaplanmıştır. Memnuniyet dereceleri (0,1) arasında değerler almaktadır. 0 değeri tam memnuniyetsizliği ifade ederken 1 değeri tam memnuniyeti ifade etmektedir. Tablo 4.11'deki değerler incelendiğinde, bu sonuçlarla önerilen 2. aylık planın iyi performansa sahip bir plan olduğu söylenebilir.

Planlanan ikinci ayda işletmede ki 13 adet sipariş iki ayrı partiye ayrılarak çizelge elde edilmiştir. Hangi siparişin hangi partisinin işlemlere hangi sıra ile gireceği tablo 4.12 de gösterilmiştir. İşletmede serim için kullanılan mevcut tek istasyon, kesim için kullanılan tek istasyon olduğu için serilen sipariş sıralamayı bozmaksızın kesilmek zorundadır. Bu yüzden 1 ve 2. operasyonlarının çizelgesi aynı sırada devam etmektedir.

Tablo 4.12: PDA Programıyla Önerilen 2. Aylık Plan

Sıra No	Serim	Kesim	Tasnif	Baskı	Fiksaj	Dikim	İlk Kontrol	Ütü	Son Kontrol	Paket
1	12S-1L	12S-1L	7S-2L	11S-2L	11S-2L	6S-1L	9S-2L	9S-2L	9S-2L	9S-2L
2	12S-2L	12S-2L	11S-2L	6S-1L	6S-1L	9S-2L	6S-1L	6S-1L	6S-1L	6S-1L
3	6S-1L	6S-1L	12S-1L	7S-2L	9S-2L	11S-2L	11S-2L	11S-2L	3S-2L	3S-2L
4	7S-2L	7S-2L	13S-2L	9S-2L	13S-2L	3S-2L	3S-2L	3S-2L	11S-2L	12S-2L
5	13S-2L	13S-2L	6S-1L	4S-1L	3S-2L	4S-1L	13S-2L	13S-2L	12S-2L	2S-1L
6	2S-2L	2S-2L	10S-1L	13S-2L	8S-1L	2S-2L	4S-1L	5S-1L	10S-1L	11S-2L
7	8S-2L	8S-2L	12S-2L	3S-2L	4S-1L	13S-2L	7S-2L	10S-1L	5S-1L	4S-1L
8	8S-1L	8S-1L	8S-2L	12S-1L	12S-1L	7S-2L	12S-2L	12S-2L	13S-2L	13S-2L
9	10S-1L	10S-1L	5S-1L	5S-1L	2S-2L	5S-1L	5S-1L	2S-1L	2S-1L	10S-2L
10	9S-2L	9S-2L	9S-2L	8S-2L	5S-1L	10S-1L	10S-1L	4S-1L	4S-1L	5S-1L
11	11S-2L	11S-2L	4S-1L	8S-1L	7S-2L	12S-2L	2S-2L	10S-2L	7S-2L	8S-1L
12	11S-1L	11S-1L	3S-2L	2S-2L	12S-2L	6S-2L	2S-1L	4S-2L	10S-2L	7S-2L
13	5S-1L	5S-1L	8S-1L	10S-1L	10S-1L	2S-1L	4S-2L	2S-2L	2S-2L	2S-2L
14	3S-2L	3S-2L	7S-1L	12S-2L	8S-2L	12S-1L	8S-1L	8S-1L	8S-1L	10S-1L
15	1S-1L	1S-1L	2S-2L	9S-1L	6S-2L	8S-1L	7S-1L	7S-2L	9S-1L	9S-1L
16	3S-1L	3S-1L	3S-1L	6S-2L	1S-2L	7S-1L	10S-2L	9S-1L	12S-1L	6S-2L
17	9S-1L	9S-1L	9S-1L	10S-2L	2S-1L	9S-1L	6S-2L	6S-2L	6S-2L	4S-2L
18	4S-1L	4S-1L	2S-1L	7S-1L	9S-1L	10S-2L	9S-1L	12S-1L	4S-2L	12S-1L
19	10S-2L	10S-2L	10S-2L	1S-2L	11S-1L	4S-2L	12S-1L	1S-2L	1S-2L	3S-1L
20	6S-2L	6S-2L	6S-2L	2S-1L	10S-2L	11S-1L	11S-1L	7S-1L	3S-1L	8S-2L
21	4S-2L	4S-2L	1S-2L	1S-1L	7S-1L	13S-1L	1S-2L	3S-1L	11S-1L	11S-1L
22	1S-2L	1S-2L	1S-1L	11S-1L	4S-2L	3S-1L	13S-1L	13S-1L	5S-2L	5S-2L
23	7S-1L	7S-1L	4S-2L	4S-2L	3S-1L	1S-2L	3S-1L	5S-2L	8S-2L	1S-1L
24	13S-1L	13S-1L	11S-1L	13S-1L	13S-1L	1S-1L	8S-2L	11S-1L	1S-1L	1S-2L
25	2S-1L	2S-1L	13S-1L	3S-1L	1S-1L	5S-2L	5S-2L	8S-2L	7S-1L	13S-1L
26	5S-2L	5S-2L	5S-2L	5S-2L	5S-2L	8S-2L	1S-1L	1S-1L	13S-1L	7S-1L

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulanık esnek akış tipi çizelgeleme NP-zor olarak bilinen problem sınıfına girmekte ve optimum çözümü çok zor bulunan veya sadece gerçek çözümü yaklaşık çözümleri olan problem türüdür. Hazır giyim üretim süreci, yapısı itibariyle esnek akış tipi sistemler model olabilecek bir süreçtir.

Hazır giyim üretim sürecinin belirli kısımlarında otomasyona yer verilse de süreç yapısı itibariyle emek yoğun yapısını korumaktadır. Bunun yanında sektördeki pazarlamanın da etkisiyle sezon sayısı ve üretim hızı artarken teslim süreleri kısalmıştır. Tüm bu sebepler hazır giyim üretim sürecinde planlama zorlukları olarak karşımıza çıkmaktadır. Hazır giyim üretim süreci insana bağlı bir süreç olduğundan dinamik ve bulanıktır.

Sektörün yapısından ve üretim sürecinden doğan tüm bu zorluklar hazır giyimde doğru planlamanın ve siparişleri zamanında teslim etmenin önemini arttırmıştır. Ayrıca işletmedeki her boş kalan zaman maliyet olarak geri dönmektedir. Son yıllardaki tüm dünyada artan rekabet koşullarından en çok etkilenen sektörlerden biri olan hazır giyim sektöründe işletmeler daha düşük karlarla çalışmaya başlamış ve üretim maliyeti çok daha fazla ön plana çıkmıştır.

Bu çalışma mevcut bir hazır giyim işletmesindeki gerçek veriler kullanılarak iş planı yapılmasını amaçlamıştır. Çalışma da; işlerin ortalama gecikme süresi, geciken iş sayısı, toplam hazırlık süresi, toplam iş akış süresi ve toplam boş bekleme süresi gibi amaçların minimizasyonu hedeflenerek aylık çizelgeler oluşturulmuştur. Çizelgelerin oluşturulmasında paralel doyumsuz algoritma (PDA) kullanılarak bir program geliştirilmiş ve genetik algoritma ile sonuçlar karşılaştırılarak gelecek zaman için örnek iş sıralaması önerilmiştir.

İncelenen süreç boyunca PDA programının 30 çözümünden elde edilen $\widetilde{C}_{\max}$ ortalama değerinin 1. ayda GA ile elde edilen ortalama değerinden de %0,35 sapmayla ,2. ayda %1,37 sapmayla, 3. ayda %14,09 sapmayla, 5. ayda %13,23 sapmayla ve 6. ayda ise %6,95 sapmayla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Süreç boyunca sadece 4. ayda GA PDA'ya göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Toplam

memnuniyet derecesi (Φ) ise 1. ayda PDA ile 0,944 hesaplanırken, bu değer GA ile 0,92 olarak hesaplanmıştır. 2. ayda PDA değeri 0,886, GA değeri 0,847, 3. ayda PDA 0,806, GA 0,755, 5. ayda PDA 0,852, GA 0,847 , 6. ayda ise PDA 0,780 GA ise 0,664 olarak hesaplanmıştır. 4. ayda ise GA ile hesaplanan toplam memnuniyet derecesi 0,912, PDA ile hesaplanan değer ise 0,847 olarak bulunmuştur.

İncelenen altı aylık süreç boyunca elde edilen PDA programının sonuçları, bulanık tamamlanma zamanına göre beş ay daha iyi sonuçlar vermiştir.

6. KAYNAKLAR

Abdekhodaee, A.H., Wirth. A., Gan H.S. 2006, Scheduling two paralel machines with a single server: the general case, Computers & Operations Research, 33, 994-1009.

Ahmad M.İ.,2004, "Gömülü Sistemlerle Bulanık Mantık", Bileşim Yayınevi

Aiex, R. M., Binato, S., Resende M.G.C. 2003, Paralel DRAAP with Path – Relinking for Job Shop Scheduling, Parallel Computing, 29, 393-430.

Akbulut O., Uçan O.N., Osman O., 2005, Genetik Algoritma Kullanarak Bilgisayar Ağ Yapılarında Optimizasyon Yapılması, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul.

Alaykıran, K., Engin O., ve Döyen A., 2007, Using Ant Colony Optimization to Solve Hybrid Flow Shop Scheduling Problems, Int J Adv Manuf Technol, 35, 541- 550.

Alidae, B., Kochenberger, G.A., Amini M.M. 2001, Greedy Solutions of Selection and Ordering Problems, European Journal of Operational Research, 134, 203-215.

Altunkaynak B., Esin A., 2004, The Genetıc Algorıthm Method For Parameter Estımatıon In Nonlınear Regressıon, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(2), 43-51.

Anily, S., Glass, C. A. ve Hassin, R. 1998, The Scheduling of maintenance service, Discrete Applied Mathematics, 82, 27-42.

Anonim (1), 2009. www.yapay-zeka.org.

Anonim (2), 2008. Yalın Üretim Hat Dengeleme Paket Programı http://sci.ege.edu.tr/~math/projects/yuhad/gez.htm,

Anonim (3), 2009. Greedy Randomızed Adaptıve Search Procedures, www.crema.unimi.it/~righini/.../**GRASP**%20**Paola**%20**Festa**.pdf

Armentano, V.A. Filho, M.F.F., 2007, Minimizing total tardiness in parallel machine scheduling with setup times: An adaptive memory-based GRASP approach. European Journal of Operational Research 183: 100-114.

Baraz, D., Mosheiov, G., 2008, A note on a greedy heuristic for flow-shop makespan minimization with no machine idle-time. European Journal of Operational Research 184, 810-813.

Baskak, M., Erol V., 2004, Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama Problemi İçin Bir Genetik Algoritma Uygulaması, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana, 187-190

Bertel, S., Billaut, J.C. 2004, A Genetic algorithm for an industrial multiprocessor flow shop scheduling problem with recirculation, European Journal of Operational Research, 159, 651-662.

Binato, S., Hery, W., Loewenstern, D., Resende, M., 2001, A DRAAP for job shop scheduling in: C. Riberio, P. Hansen (Eds), Essays and Surveys on Metaheuristic, Kluwer Academic Publishers, 59-79.

Biroğul, S. 2005, Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Brah, S.A., Hunsucker,J.L., 1991, Branch and Bound Algorithm for the Flow Shop with Multiple Processors, European Journal of Operational Research, 51, 88-99.

Briant, O., Naddef, D., Mounie, G., 2008, Greedy approach and multi-criteria simulated annealing for the car sequencing problem, European Journal of Operational Research 191, 993-1003.

Chen L., Bostel N., Dejax P., Cai J., Xi L., 2007, A tabu search algorithm for the integrated scheduling problem of container handling systems in a maritime terminal, European Journal of Operational Research 181, 40-58.

Croce, F.D., Tadei, R. and Volta, G., 1995, A Genetic Algorithm for the Job Shop Problem, Computers and Operations, 22, 15-24.

Ding,F.Y., Kittichartphayak,D., 1994, Heuristics for scheduling flexible flow lines, Computers and Industrial Engineering, 26, 27-34.

Döyen, A., 2004, Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Yapay Bağışıklık Sistemleri İle Çözümü ve Parametre Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Drezet, L.E., Billaut, J.C. 2007, A project scheduling problem with labour constraints and time-dependent activities requirements. International Journal of Production Economics 112, 217-225.

Elmas Ç., 2003, Bulanık Mantık Denetleyiciler, Seçkin Yayınevi.

Engin, O., Döyen, A., 2004, A New approach to solve hybrid flow shop scheduling problems by artificial immune system, Future Generation Computer Systems, 20, 1083-1095.

Engin, O**.** ve Fığlalı, A., 2002, Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma Yardımı İle Çözümünde Uygun Çaprazlama Operatörünün Belirlenmesi, Doğuş Üniversitesi Dergisi, 6**,** 27 – 35.

Eren, T., ve Güner, E., 2002, Tek ve paralel makineli problemlerde çok ölçütlü çizelgeleme problemleri için bir literatür taraması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17, 4, 37-69.

Etaner, Ş.,1993 Bulanık Kontrol, Otomasyon Dergisi, Şubat: 107-112.

Faigle, U., Kern, W., Nawijn, W. M. 1999, A Greedy on-line Algorithm for the k-Track Assignment Problem, Journal of Algorithms, 31 . 196-210.

Feo A.T., Resende C.G.M. 1995, Greedy Randomized Adaptive Search Procedures, Jorunal of Global Optimization, 6, 109-133.

Fığlalı, A ve Engin**,** O., 2002, Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma (GA) ile Çözüm Performansının Artırılmasında Deney Tasarımı Uygulaması, Endüstri Mühendisliği Dergisi*,* 13, 3, 2 – 7.

Figielska, E., 2008, A genetic algorithm and a simulated annealing algorithm combined with column generation technique for solving the problem of scheduling in the hybrid flowshop with additional resources, Computers & Industrial Engineering (Article in Press).

Figielska, E., 2007, A new heuristic for scheduling the two-stage flowshop with additional resources, Computers & Industrial Engineering, 54, 750-763.

Gonzales, I., Vela, C., Puente, J., 2005, An Evolutinary Approach to Designing and Solving Fuzzy Job Shop Problems, Artificial Intelligence and Knowledge Engineering Applications, 3562, 74-83.

Gözen Ş., 2007, Bulanık Esnek Akış Tipi Çok Prosesli Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ve Tavlama Benzetimi İle Çözümü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Gupta,J.N.D., Tunç,E.A.,1991, Schedules for a two stage hybrid flowshop with paralel machines at the second stage, International Journal of Production Research, 29, 1489-1502.

Gupta,J.N.D., Hariri, A.M.A., Potts, C.N.,1997, Scheduling a two stage hybrid flow shop with paralel machines at the first stage, J. Ann.Oper.Res., 69, 171-191.

Gupta, S.R., Smith, J.S., 2005, Algorithms for single machine total tardiness scheduling with sequence dependent setups, European Journal of Operational Research, 175, 722-739.

Hong, T.P., Wang, T.T., Wang, S.L., 2001, A palmer-based continuous fuzzy flexible flow shop scheduling algorithm, Soft Computing, 6, 426-433.

Hong, T.P., Wang, T.T., 2000, Fuzzy flexible flow shops at two machine centres for fuzzy domains, Information Sciences, 129, 227-237.

İşçi Ö., Korukoğlu S., 2003, Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama, Celal Bayar İ.İ.B.F. Dergisi, Yönetim ve Ekonomi, 10, 2, 191-208.

Jensen, J.B., Gutin, G., Yeo, A. 2004, When the greedy algorithm fails, Discrete Optimization, 1, 121-127.

Jenabi M., Ghomi F.T.M.S. 2007. Two hybrid meta-heuristics for the finite horizon ELSP in flexible flow lines with unrelated parallel machines. Applied Mathematics and Computation 186 : 230-245

Jungwattanakita,J., Reodechaa, M., Chaovalitwongsea, M., Werner, F. 2009, A comparison of scheduling algorithms for flexible Flow shop problems with unrelated paralel machines, setup times, and dual criteria, Computer and operation research, 36, 358-378.

Kahraman C., Engin, O., Kaya, İ. ve Yılmaz, M.K., An application of effective genetic algorithms for solving hybrid flow shop scheduling problems", International Journal of Computational Intelligence Systems, 1, 134- 147.

Kang, J., Park, S. 2003. Algorithms for variable sized bin packing problem, European Journal of Operational Research, 147. 365-372.

Kim, S., Uzsoy, R., 2009, Heuristics for capacity planning problems with congestion, Computers & Operations Research 36, 1924-1934.

Klir, G., Clair, U., Yuan, B., 1997, "Fuzzy Set Theory Foundations and Applications", Prentice Hall.

Kurtz, M.E., Askin, R.G. 2003, Comparing Scheduling Rules For Flexible Flow Lines, International Journal of Production Economics, 84, 371-388.

Kulluk, S.,Türkbey O., 2004, Tesis yerleşimi problemi için bir genetik algoritma, Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana.

Lagodimos, A. G. ,Leopoulos V. 2000, Greedy Heuristic Algorithms for Manpower Shift Planning, International Journal of Production Economics, 68, 95-106.

Li S.G., Rong, Y.L., 2009, The reliable design of one-piece flow production system using fuzzy ant colony optimization. Computers & Operations Research 36, 1656- 1663

Lieppins G.E., Hilliard M.R., 1989, "Genetic Algorithms Foundation and Applications", Annals of Operations Research, 21, 31-58.

Lui, K–S., Zaks, S. 1999, Scheduling in Synchronous Networks and the Greedy Algorithm, Theorical Computer Science, 220, 157-183.

Moursli,O., Pochet,Y.A., 2000, Branch and bound algorithm for the hybrid flowshop, International journal of Production Economics, 64, 113-125.

Naseri , M.N.A., Nia M.A.B., 2009, Hybrid flow shop scheduling with paralel batching, Int. J. Production Economics, 117, 185-196.

Oğuz, C., Ercan, M.F., Cheng, T.C.E., Fung, Y.F., 2003, Heuristic algorithms for multiprocessor task scheduling in a two-stage hybrid flow-shop, European Journal of Operational Research 149, 390-403.

Oğuz, C., Zinder, Y., Do, V.H., Janiak, A., Linchtenstein, M., 2004, Hybrid flow shop scheduling problems with multiprocessor task systems, European Journal of Operational Research, 152, 115-131.

Oğuz, C., Ercan, F., 2005, A Genetic Algorithm for Hybrid Flow shop Scheduling With multiprocessor tasks, Journal of Scheduling 8, 323-351.

Öztürk, E.R., 2007, Esnek Akış Tipi ve Çok İşlemcili Esnek Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Paralel Doyumsuz Algoritma İle Çözümü, S.Ü. Fen Bilimleri Ensittüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Papakonstantinou, P.A., 2005, Hierarchies for classes of priority algorithms for job scheduling, Theorical Computer Science, 352, 181-189.

Pedrycz, W., & Gowide, F., 1998, An introduction to fuzzy sets—analysis and design. Cambridge: MIT Press.

Petrovic, P., Fayad C., Petrovic, D., Burke E, Kendall, G., 2007, Fuzzy job shop scheduling with lot-sizing,Ann Operation Research, 159, 275-292.

Pitsoulis, L.,S., Resende M.,G.,C., 2001, Greedy Randomized Adaptive Search Procedures, Handbook of Applied Optimization.

Rajendran, C., Chaudhuri, D., 1992, A multi-stage paralel processor flowshop problem with minimum flowtime, European Journal of Operational Research, 57, 111-122.

Riane,F., Artiba,A., Elmaghraby, S.E.,1998, A hybrid three-stage flowshop problem: efficient heuristics to minimize makespan, European Journal of Operational Research, 109, 321-329.

Ronconi, D., Henriques S.L.R. 2007, Some heuristic algorithms for total tardiness minimization in a flowshop with blocking, Omega 37, 272-281.

Ruiz, R., Stützle, T. 2006, A simple and effective iterated greedy algorithm for the permutation flowshop scheduling problem, European Journal of Operational Research, 3, 2033-2049.

Ruiz, R., Maroto, C., 2006, A genetic algorithm for hybrid flowshops with sequence dependent setup times and machine eligibility. European Journal of Operational Research 169, 781-800.

Ruspini, E. H., Bonissone, P., & Pedrycz,W. (Eds.). 1998, Handbook of fuzzy computation. Bristol: Institute of Physics Publishing (IOP).

Sakawa, M., Kubota, R. 2000, Fuzzy Programming For Multiobjective Job Shop Scheduling With Fuzzy Processing Time And Fuzzy Duedate Through Genetic Algorithms. European Journal of Operational Research, 120(2), 393–407.

Sakawa, M., Mori T., 1999, An efficient genetic algorithm for job shop scheduling problems with fuzzy processing time and fuzzy due date, Computers & Industrial Engineering 36, 325-341.

Su, L.H, 2002, A hybrid two-stage flowshop with limited waiting time constraints, Computers & Industrial Engineering 44, 409-424.

Suriyaarachchi, R. H., Wirth, A. 2004, Earliness/Tardiness Scheduling with a common due date and family setups, Computers & Industrial Engineering, 47, 275-288.

Şerifoğlu, S.,F., Ulusoy G., 2004, Multiprocessor Task Scheduling In Multistage Hybrid Flow Shops: A Genetic Algorithm Approach, Journal of the Operational Research Society, 55, 504-512.

Tang, L., Liu, J., Rong, A., Yang, Z. 2000, A multiple Travelling Salesman Problem Model For Hot Rolling Scheduling In Shanghai Baoshan Iron&Steel Complex, European Journal of Operational Research, 124, 267-282.

Wang, H. 2005, Flexible Flow Shop Scheduling: Optimum, Heuristics and Artificial Intelligence Solutions, Expert Systems, 22, 2, 78-85.

Wang, Z. Xing, W. Bai, F. 2005, No-wait flexible flowshop scheduling with no-idlemachines, Operational Research Letters, 33, 609-614.

Wang X., Tang L. 2009, A Tabu Search Heuristic for the Hybrid Flowshop Scheduling With Finite İntermediate Buffers. Computers & Operations Research 36, 907-918.

Wardono, B., Fathi,Y.A., 2003, Tabu search algorithm for the multi-stage parallel machine problem with limited buffer capacities, European Journal of Operational Research, 155, 380-402.

Xu, D., Cheng Z., Yin Y., Li , H. 2009, Makespan minimization for two paralel machines scheduling with a periodic availability constraint. Computers & Operations Research 36, 1809-1812.

Yao, M.-J. 2001, The Peak Load Minimization Problem in Cyclic Production, Computers & Operation Research, 28, 1441-1460.

Yaurima V., Burtseva L., Tchernykh A. 2009, Hybrid flowshop with unrelated machines, sequence-dependent setup time, availability constraints and limited buffers. Computers & Industrial Engineering, 56 1452-1463.

Ying, K.C., Lin, S.W., Huang, C.Y., 2009, Sequencing single-machine tardiness problems with sequence dependent setup times using an iterated greedy heuristic. Expert Systems with Applications 36, 7087-7092.

Zandieh M., Gohomi F.T. M. S. 2006, An immune algorithm approach to hybrid flow shops scheduling with sequence-dependent setup times Applied Mathematics and Computation 180, 111-127.

Zobolas, G.I., Tarantilis, C.D., Ioannou, G., 2009, Minimizing makespan in permutation flow shop scheduling problems using a hybrid metaheuristic algorithm. Computers & Operations Research 36, 1249-1267.

E K L E R

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)	Süreler		Operasyon									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10800	Ort. 12	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 15	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	318,5	45	22	15	18
				Ort.	3600	4200	7	2400	75	318	55	26	20	21
				Max.	4500	5400	9	2880	85	323,5	65	30	25	24
2	8270	Ort. 5	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 8	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	281	38	23	17	15
				Ort.	3600	4200	7	2400	75	287,25	44	26	22	19
				Max.	4500	5400	9	2880	85	293,5	50	29	27	23
3	13340	Ort. 14	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
				Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
				Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26
4	13140	Ort. 14	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
				Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
				Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)	Süreler		Operasyon									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	15050	Ort. 14		Kapasite	1600	1600	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
				Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
				Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26
6	14960	Ort. 23		Kapasite	1600	1600	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
				Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	28	24
				Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
7	18150	Ort. 23		Kapasite	1600	1600	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 26	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	294	38	35	21	15
				Ort.	3600	4200	7	2400	75	303	42	38	27	19
				Max.	4500	5400	9	2880	85	312	46	41	33	23
8	4270	Ort. 13		Kapasite	1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max. 16	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
				Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
				Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
			İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	210	38	23	17	15
				Ort.	3600	4200	7	2400	75	222	44	26	22	19
				Max.	4500	5400	9	2880	85	234	50	29	27	23

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	32840	Ort.	21	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	24	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	201	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	211,5	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	222	50	29	27	23
10	4610	Ort.	23	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	186	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	0	0	198	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	0	0	210	65	30	25	24
11	9230	Ort.	27	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
12	9040	Ort.	14	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	3200	Ort.	23	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
14	9000	Ort.	4	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	7	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	239	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	242	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	245	46	41	33	23
15	5100	Ort.	14	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	155	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	158	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	161	54	38	33	27
16	8350	Ort.	14	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	176	48	33	24	20
					Ort.	4350	4800	7	0	0	180	52	37	27	23
					Max.	5400	5700	9	0	0	184	56	41	32	26

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	8710	Ort.	8	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	11	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	484	55	35	28	25
					Ort.	4350	4800	7	0	0	505	59	38	32	28
					Max.	5400	5700	9	0	0	526	63	41	36	31
18	27800	Ort.	14	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	239	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	255	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	271	56	41	32	26
19	12920	Ort.	23	Kapasite		1600	1600	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26
20	6000	Ort.	23	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	4950	Ort.	8	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	11	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	200	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	74	208	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	2880	83	216	50	29	27	23
22	22250	Ort.	21	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	24	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	183	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	195	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	207	50	29	27	23
23	23300	Ort.	23	Kapasite		1800	1800	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	209	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	2400	74	224	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	2880	83	237	65	30	25	24
24	14600	Ort.	27	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	317	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	338	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	359	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	32950	Ort.	27	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	3840	130	218	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	4800	150	231	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	5760	170	244	46	41	33	23
26	6930	Ort.	14	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26
27	7010	Ort.	21	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	24	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
28	17500	Ort.	9	Kapasite		1700	1700	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	12	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	317	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	338	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	359	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	4300	Ort.	3	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	6	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	281	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	287,25	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	293,5	50	29	27	23
30	23500	Ort.	12	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	15	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	3840	130	218	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	4800	150	231	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	5760	170	244	46	41	33	23
31	50000	Ort.	14	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	204	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	217	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	230	54	38	33	27
32	6770	Ort.	5	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	8	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	200	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	212	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	224	46	41	33	23

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	19620	Ort.	14	Kapasite		1800	1800	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
34	7100	Ort.	14	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
35	8900	Ort.	14	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	484	55	35	28	25
					Ort.	4350	4800	7	0	0	505	59	38	32	28
					Max.	5400	5700	9	0	0	526	63	41	36	31
36	2200	Ort.	14	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
37	2750	Ort.	14	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
38	3350	Ort.	8	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	11	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
39	6060	Ort.	8	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	11	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
40	4500	Ort.	21	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	24	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41	5660	Ort.	20	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	23	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	350	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	74	359	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	2880	83	368	46	41	33	23
42	20740	Ort.	23	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	228	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	0	0	242	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	0	0	256	65	30	25	24
43	13100	Ort.	20	Kapasite		1600	1600	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	23	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	228	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	0	0	242	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	0	0	256	65	30	25	24
44	7880	Ort.	20	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	23	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	228	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	2400	74	242	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	2880	83	256	65	30	25	24

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
45	35540	Ort.	27	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	3840	130	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	4800	150	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	5760	170	185	54	38	33	27
46	8380	Ort.	11	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	14	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
47	70300	Ort.	32	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	35	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	200	38	35	21	15
					Ort.	4350	4800	7	0	0	222	42	38	27	19
					Max.	5400	5700	9	0	0	244	46	41	33	23
48	36200	Ort.	27	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	1920	65	190	38	35	21	15
					Ort.	4350	4800	7	2400	74	203	42	38	27	19
					Max.	5400	5700	9	2880	83	216	46	41	33	23

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	21560	Ort.	20	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	23	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	1920	65	190	38	35	21	15
					Ort.	4350	4800	7	2400	74	203	42	38	27	19
					Max.	5400	5700	9	2880	83	216	46	41	33	23
50	24720	Ort.	12	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	15	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	157	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	167	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	177	46	41	33	23
51	11010	Ort.	8	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	11	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
52	35950	Ort.	27	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	215	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	138	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	2880	85	261	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
53	37860	Ort.	20	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	23	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	356	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	367	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	382	46	41	33	23
54	26930	Ort.	18	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	21	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
55	24720	Ort.	12	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	15	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	157	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	167	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	177	46	41	33	23
56	11010	Ort.	8	Kapasite		1500	1500	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	11	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
57	35950	Ort.	27	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	215	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	138	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	2880	85	261	54	38	33	27
58	37860	Ort.	20	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	23	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	356	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	367	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	382	46	41	33	23
59	26930	Ort.	18	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	21	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	240	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	480	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	720	0	0	0	0
				İşlem	Min.	3300	3900	5	0	0	190	44	30	23	21
					Ort.	4350	4800	7	0	0	203	49	34	27	24
					Max.	5400	5700	9	0	0	216	54	38	33	27
60	23030	Ort.	15	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	18	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	184	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	196	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	2880	85	208	65	30	25	24

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
61	3430	Ort.	5	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	8	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	281	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	287,25	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	293,5	50	29	27	23
62	4070	Ort.	5	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	8	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	174	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	188	50	29	27	23
63	4370	Ort.	5	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	8	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
64	4500	Ort.	12	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	15	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
65	4080	Ort.	23	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	28	24
66	22330	Ort.	23	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	26	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	294	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	303	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	312	46	41	33	23
67	11970	Ort.	17	Kapasite		1600	1600	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	20	Hazırlık	Min.	300	0	0	2700	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	7200	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	11700	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	1920	65	210	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	2400	75	222	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	2880	85	234	50	29	27	23
68	8040	Ort.	27	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	201	38	23	17	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	211,5	44	26	22	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	222	50	29	27	23

Ek 1-1 : Problemin Çözümünde Kullanılan İşletme Verileri (Devam)

No	Sipariş Miktarı	Teslim Süresi (Gün)		Süreler		Operasyon									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
69	5270	Ort.	27	Kapasite		1300	1300	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	186	45	22	15	18
					Ort.	3600	4200	7	0	0	198	55	26	20	21
					Max.	4500	5400	9	0	0	210	65	30	25	24
70	7090	Ort.	27	Kapasite		1400	1400	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	179	44	30	23	21
					Ort.	3600	4200	7	0	0	182	49	34	27	24
					Max.	4500	5400	9	0	0	185	54	38	33	27
71	17580	Ort.	27	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	30	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	239	38	35	21	15
					Ort.	3600	4200	7	0	0	242	42	38	27	19
					Max.	4500	5400	9	0	0	245	46	41	33	23
72	23000	Ort.	14	Kapasite		2000	2000	1	1	1	1	1	1	1	1
		Max.	17	Hazırlık	Min.	300	0	0	0	0	420	0	0	0	0
					Ort.	510	0	0	0	0	660	0	0	0	0
					Max.	720	0	0	0	0	900	0	0	0	0
				İşlem	Min.	2700	3000	5	0	0	160	48	33	24	20
					Ort.	3600	4200	7	0	0	163	52	37	27	23
					Max.	4500	5400	9	0	0	166	56	41	32	26