

Dokuma İşletmelerinde İşlerin Çizelgelenmesi için Bir Çözüm Yaklaşımı

Sedat Aydemir

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yöneylem Araştırması Bilim Dalı

Mayıs 2010

PDF Eraser Free

A Solution Approach for Job Scheduling in Weaving Companies
Sedat Aydemir
MASTER of SCIENCE THESIS
Industrial Engineering
Department of Operations Research
May 2010

Dokuma İşletmelerinde İşlerin Çizelgelenmesi için Bir Çözüm Yaklaşımı

Sedat Aydemir

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yöneylem Araştırması Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aydın SİPAHİOĞLU

Mayıs 2010

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Sedat AYDEMİR'in Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı "Dokuma İşletmelerinde İşlerin Çizelgelenmesi için Bir Çözüm Yaklaşımı" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Aydın SİPAHİOĞLU

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Cevriye GENCER

Üye: Prof. Dr. Emin KAHYA

Üye: Yrd. Doç. Dr. Aydın SİPAHİOĞLU

Üye: Yrd. Doç. Dr. Aykut ARAPOĞLU

Üye: Yrd. Doç. Dr. Tuğba SARAÇ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, çuval kumaşı üretimi yapan bir dokuma işletmesinde dokuma süreçlerinde karşılaşılan önemli problemlerden biri olan dokuma tezgâhlarında işlerin çizelgelenmesi problemi incelenmektedir.

Önerilen çözüm yaklaşımı iki aşamalıdır. İlk aşamada sütun türetme tekniği kullanılarak tezgâhlarda bir arada üretilebilecek kaliteli ürün kombinasyonları türetilmekte, ikinci aşamada ise siparişleri karşılayacak şekilde planların tezgâhlara yüklenmesi bir genelleştirilmiş atama modeli yardımıyla çözülmektedir. Geliştirilen yaklaşım ile dokuma bölümündeki tezgâhların kullanılabilirlik oranlarının artırılması ve işlerin gecikmelerinin azaltılması sağlanmaktadır. Sistemde sıra bağımlı hazırlık süreleri mevcuttur. Atama işlemi bu hazırlık süreleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışma, geliştirilen yöntemin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için çizelgeleme ve dokuma konuları üzerinde kapsamlı bir ön bilgi de sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dokuma, Çizelgeleme, Sütun Türetme,

SUMMARY

In this study, the process of weaving, one of major problems encountered in the loom scheduling problem is studied in a weaving company which is the production of bags made of fabric woven.

The proposed method is based on two phases. In the first phase, good production combinations which can be produced together are generated by using column generation technique. In the second phase, generated plans are loaded to machines so as to meet product orders by using a classical assignment model. With this solution approach, it is provided to increase the utilization rate of machine tools and to minimize number of tardy jobs. Sequence dependent setup times are available on the system. The assignment process is realized by considering this setup times.

This study also provides comprehensive information on scheduling and weaving in order to maintain better understanding of the proposed method.

Keywords: Weaving, Scheduling, Column generation

TEŞEKKÜR

Bu alıőmada yardımlarını benden esirgemeyen, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan Tez Danıőmanım Yrd. Do. Dr. Aydın SİPAHİOĞLU'na teőekkürü bir borç bilirim.

Her zaman bana güvenmiő ve destek olmuő olan ağabeylerim Dr. Bülent AYDEMİR ve Levent AYDEMİR'e, tüm çalışma arkadaşlarıma ve burada adını saymadığım ancak üzerimde emeği bulunan herkese gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2. ÇİZELGELEME VE PARALEL MAKİNA ÇİZELGELEME	3
2.1. Çizelgelemenin Tanımı ve Amacı.....	3
2.2. Çizelgeleme Yöntemleri.....	4
2.3. Çizelgelemenin Sınıflandırılması.....	5
2.3.1. İşlerin Geliş Şekli.....	5
2.3.2. Tezgâh Sayısı	5
2.3.3. Üretim Tipi.....	6
2.3.4. Başarım/Performans Ölçütü.....	7
2.4. Çizelgeleme Problemlerinde Öncelik Kuralları	9
2.4.1. İşlem Öncelik Kuralları.....	9
2.4.2. Kaynak Öncelik Kuralları	14
2.5. Çizelgeleme Tipleri.....	14
2.6. Paralel Makine Çizelgeleme	15
3. DOKUMA TEKNOLOJİSİ	23
3.1. Dokuma.....	23
3.1.1. Çerçevesiz Dokuma Prensibi.....	24
3.1.2. Bez Ayağı Dokuma	27
3.2. Dokuma Tezgâhları.....	28
3.3. Dokumanın Hazırlık İşlemleri.....	29

PDF Eraser Free

3.4. Dokuma Tezgâhlarında Çizelgeleme	30
4.DOKUMA MAKİNALARINA İŞ YÜKLEME	32
4.1. Mevcut Durumun Belirlenmesine Yönelik Yapılan Çalışmalar	33
4.2. Önerilen Çözüm Yöntemi	40
4.2.1. Sütun Türetme Tekniği	41
4.2.2. Sütun Türetme Yönteminin Probleme Uyarlanması	41
4.2.3. Lingo Modelinin Oluşturulması	41
4.3. Atamaların Gerçekleştirilmesi	49
4.3.1 Atama Modelinin Kurulması.....	49
4.3.2 Atama Maliyet Matrisinin Oluşturulması	52
4.3.3 Plan Katsayı Matrisini Oluşturulması	55
4.3.4 Makine Kapasite Matrisinin Oluşturulması	55
4.3.5 Atamanın Gerçekleştirilmesi.....	56
5. ÖNERİLEN YÖNTEMİN ETKİN KULLANIMI İÇİN GELİŞTİRİLEN BİLGİ SİSTEMİ. 57	
5.1. Önerilen Yöntemin Uygulama Adımları.....	57
5.2. Yöntemin Test Edilmesi.....	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	78
EKLER.....	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çeşitli dokuma tezgah fotoğrafları	23
Şekil 3.2. Çerçevesiz dokuma şematiği ve mekik resmi	24
Şekil 3.3. Dokuma kumaş oluşumu ve temel fonksiyonları	25
Şekil 3.4. Bez ayağı örgü yapısı	27
Şekil 4.1. Bir dokuma tezgahı görünümü	34
Şekil 4.2. Çözgü makinesi görünümü	35
Şekil 4.3. Çözgü makinesi çağlık görünümü	36
Şekil 4.4. Kumaş tasarımı örneği	36
Şekil 4.5. Makine Planı Görünümü	43
Şekil 4.6. Atama Maliyet Tablosu Excel Görünümü	54
Şekil 5.1. Önerilen Yöntemin Uygulama Adımları	57
Şekil 5.2. Kumaş Talepleri ve Plan Türetme Excel Sayfası Görünümü	60
Şekil 5.3. Türetilen Makine Planları Excel Sayfası Görünümü	61
Şekil 5.4. Özet Planlar Excel Sayfası Görünümü	62
Şekil 5.5. Makine Bilgileri Excel Sayfası Görünümü	63
Şekil 5.6. Atama Maliyet Matrisi Excel Sayfası Görünümü	64
Şekil 5.7. Atama Sonuç Matrisi Excel Sayfası Görünümü	65
Şekil 5.8. Özet Atama Sonuç Tablosu Excel Sayfası Görünümü	66
Şekil 5.9. Örnek Problem Özet Makine Planları Listesi	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

Şekil 5.10. Örnek Problem Makine Bilgileri	69
--	----

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Paralel makine çizelgeleme problemi ile ilgili literatür araştırması	17
Tablo 4.1. Çözgü tel sayısı farkına göre hazırlık süreleri tablosu	39
Tablo 4.2. Atama Modeli Matrisi	51
Tablo 4.3. Çözgü metresine göre uygulanacak ceza tablosu	53
Tablo 5.1. Kumaş Talepleri Tablosu	59
Tablo 5.2. Örnek Problem Kumaş Talepleri Tablosu	67
Tablo 5.3. Örnek Problem Özet Atama Sonuçları Tablosu	70
Tablo 5.4. Mevcut Durumda Yapılan Atamalar Matrisi.....	71
Tablo 5.5. Mevcut Durum Makine Kullanım Kaybı ve Üretim Miktarları Tablosu ..	72
Tablo 5.6. Önerilen Yöntem Makine Kullanım Kaybı ve Üretim Miktarları Tablosu	73
Tablo 5.7. Örnek Problem Atama Sonuçları Karşılaştırma Tablosu	74
Tablo 5.8. Kumaş Talepleri Karşılama Durumları Tablosu	75

1. GİRİŞ

Günümüzde gücünü daha çok hissettiren rekabetçi koşullar, işletmeleri en az miktarda kaynak kullanarak, müşteri taleplerine en hızlı yanıt verebilecek tekniklerle, en kaliteli ürün ve hizmet üretmeye zorlamaktadır. İşletmeler pazardaki varlıklarını sürdürebilmek için tüm kaynaklarını, süreçlerini ve fonksiyonlarını entegre bir şekilde kontrol ederek etkin bir şekilde kullanmak zorundadırlar.

Dokuma süreçlerinde çizelgeleme, makine, kumaş özellikleri, miktar ve teslim tarihleri açısından büyük değişkenlikler gösterdiğinden ötürü daha karmaşık ve zor bir hal almaktadır. Toplam n adet işi, toplam m adet paralel tezgâh üzerinde en düşük maliyet ile çizelgeleme, paralel makine çizelgeleme problemi olarak adlandırılmaktadır. Paralel makinalarda çizelgeleme problemlerinde amaç siparişlerin maksimum tamamlanma zamanlarını en küçükleme olup literatürde $P||Cmax$ şeklinde gösterilmektedir. Paralel makinalarda çizelgeleme problemleri NP-Zor sınıfında problemlerdir (Dell' Amico ve Martello, 2005).

Dokuma süreçlerinde işlerin tezgâhlarda dokunabilmesi için bazı hazırlık işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Dokuma işleminin hazırlık ve bitim işlemlerine göre daha yavaş gerçekleşmesi nedeniyle bu hazırlık sürelerinin azaltılması büyük önem arz etmektedir. Tekstil sektörünün emek yoğun bir sektör olması nedeniyle yeterli kalifiye iş gücü bulunmasında da sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu durum üretimde iş gücü beklemelerine ya da fazla mesai uygulamasına işletmeleri zorlamaktadır. Bu nedenle makinelere işlerin atanmasında en kısa sürede hazırlık işlemlerini gerçekleştirmek bu sorunun azaltılmasında büyük yer tutmaktadır.

Üretim verimliliğinin artırılması için tezgâhlara atanan siparişler için en kısa hazırlık süresinin gerçekleştirilmesinin dışında makine verimliliğinin de artırılması gerekmektedir. Tezgâhların en yüksek kapasitede çalıştırılması gerçekleştirilen üretimin miktarını arttıracığı gibi üretim verimliliğini de arttıracaktır. Bu sebeple makinelere atanacak olan siparişlerin kombinasyonu bu artışı sağlamada büyük önem arz etmektedir.

PDF Eraser Free

Bu çalışmada bir dokuma işletmesinde tezgâhlara atanacak olan siparişlerin en kısa hazırlık süresi ve en yüksek makine kullanımı ile yüklenmesi için bir çözüm yöntemi önerilmektedir. Önerilen bu çözüm yöntemi ile

- Hazırlık sürelerinin azaltılması
- Makine kullanım oranının arttırılması
- Siparişlerin teslim sürelerindeki gecikmelerde azalma

hedeflenmektedir.

Önerilen çözüm yaklaşımı 2 aşamalıdır. İlk aşamada makine kullanım oranını arttıracak tezgâhlarda birlikte üretilebilecek kaliteli (az fireye neden olan) ürün kombinasyonları sütun turetme tekniği kullanılarak türetilmektedir. İkinci aşamada ise üretilmiş kombinasyonların planlama periyodundaki siparişleri karşılayacak şekilde hangi tezgâhlara yüklenmesi gerektiği problemi çözülmektedir. Bu aşamada ise genelleştirilmiş atama modelinden yararlanılmaktadır. Ancak işler sıra bağımlı olduğu için genelleştirilmiş atama modelindeki maliyet katsayılarının elde edilmesi için de bir yaklaşım önerilmiştir.

Bu çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın 2. bölümünde genel olarak çizelgelemenin ne olduğu hakkında bilgi verilmiş, üretim çizelgeleme kapsamında çizelgelemenin amacı, sınıflandırması, çizelgelemede kullanılan öncelik kuralları ve çizelgeleme tiplerine yer verilmiştir. 3. bölümde dokuma teknolojisi hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde dokuma sürecinin işleyişinden bahsedilmiş ve bazı tekstil kavramlarının tanımlamalarına yer verilmiştir. 4. bölüm çalışmanın amacını, önerilen çözüm yaklaşımını ve kullanılan teknikleri içermektedir. 5. bölümde ise önerilen yöntemin uygulama adımları ve yöntemin başarısını göstermek amacıyla türetilmiş test problemlerinin çözümleri verilmiştir. 6. ve son bölüm olan sonuç ve öneriler bölümünde ise önerilen yaklaşımın sağladığı kolaylıklardan ve elde edilen sonuçlardan bahsedilerek bundan sonra yapılabilecek çalışmalara dair önerilere yer verilmiştir.

2. ÇİZELGELEME VE PARALEL MAKİNA ÇİZELGELEME

Bu bölümde; çizelgelemenin tanımından başlayarak çizelgeleme yöntemleri, gösterimler, paralel makine çizelgeleme problemleri ile ilgili önemli kavramlar ve kriterleri ele alınmaktadır.

2.1. Çizelgeleme Tanımı ve Amacı

Çizelgeleme, istenen sürede istenen çıktıların elde edilmesi için yerine getirilmesi gereken tüm eylemlerin kaynaklar ile eylemler arasındaki ilişkisel kısıtların ve zaman kısıtlarının sağlanarak seçilmesi, örgütlenmesi ve kaynak kullanımlarının zamanlanması sürecidir (Sipper ve Bulfin, 1997).

Sabuncuoğlu (1998) çizelgelemeyi, sistem kaynaklarının çeşitli işlere, görevlere veya faaliyetlere zaman temelinde tahsis edilmesi olarak tanımlamıştır. Tersine (1985) tarafından faaliyetlerin nerede ve ne zaman gerçekleştirileceğine karar verme süreci olarak tanımlanan çizelgeleme, daha çok girdilerle çıktılar arasındaki zamanlama ile ilgilenir.

Bir başka tanıma göre ise çizelgeleme, zaman ekseninde yerine getirilmesi gereken eylemlere kısıtlı kaynakların tahsisi ile ilgilenen ve bir veya birden fazla amacı eniyilemeye çalışan karar verme sürecidir (Pinedo, 2002: Alpay'dan, 2003).

Çizelgeleme problemlerinin çözümüne olan yaklaşımların değişkenliği, sistem verimliliğini artırıcı çeşitli çizelgeleme amaçlarının olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Çizelgelemenin temel amaçları aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Çelikçapa, 1999; Alpay ve Yüzügüllü, 2004):

- İşlerin, teslim tarihlerinde sapmaya neden olunmadan tamamlanması: Cheng ve Jiang (1998), işlerin gecikmesinin çoğunlukla gecikme cezaları ve müşteri iyi niyeti kaybı ile karşılaşılırken, işlerin erken tamamlanmasının ise bitmiş ürün stoğunun artması ile sonuçlanarak stok tutma maliyetini artıracaklarını belirtmiştir (Alpay ve Yüzügüllü 2004),
- Müşterilere daha hızlı cevap verilmesi,

PDF Eraser Free

- Akış sürelerinin (bir işin üretim sistemi içerisinde harcadığı süre) en küçüklenmesi,
- Üretim olanaklarının en etkin şekilde kullanılması,
- Fazla mesai çalışmalarının en küçüklenmesi

Yukarıda belirtilen bu temel amaçlar birbiriyle çelişebilmektedir. Örnek olarak, teslimat tarihlerini karşılayabilmek için kapasite artırımı yapılabilir ancak bu durumda ise kaynak kullanım yüzdeleri azalacaktır. Üretim sistemi göz önüne alınarak belirlenen performans kriterlerine göre oluşturulan iyi bir çizelgeleme sistemi ile pek çok şirket, ara stok seviyelerinde düşüşleri, verimlilikte ve teslimat performanslarında artışı başarabilmektedir.

2.2. Çizelgeleme Yöntemleri

Çizelgeleme yapılırken, ileriye ve geriye doğru çizelgeleme olarak iki farklı yöntemden bahsedilebilir. İleriye doğru çizelgeleme yönteminde, üretim başlangıç tarihi bilinmekte ve üretim başlangıç tarihine, işlemlerin daha önceden belirlenmiş olan standart süreleri eklenerek diğer işlemlerin başlama ve tamamlanma tarihleri ve ürünün teslim tarihi belirlenmektedir. İleriye doğru çizelgeleme yöntemi, çoğunlukla siparişlerin mümkün olan en kısa sürede tamamlanması gerektiği üretim ortamlarında uygulanmaktadır. Geriye doğru çizelgeleme yönteminde ise ürünün teslim tarihi bilinmekte ve buna göre işlemlerin standart süreleri çıkarılarak diğer işlemlerin başlama ve tamamlanma tarihleri ve üretime başlama tarihi belirlenmektedir.

İleriye doğru çizelgeleme yönteminin uygulanması ile siparişin tamamlanma tarihi, siparişin teslim tarihini geçebileceği gibi geriye doğru çizelgeleme yönteminin uygulanması ile de, siparişin başlangıç tarihi, o anki tarihin öncesine çıkabilmektedir. Bu tür durumlarda siparişlerde gecikme yaşanmaması için çizelgede değişiklik yapılması gerekmektedir. Bu iki yöntemden farklı olarak her iki yöntemin bir karışımı da kullanılabilir. İleriye ve geriye doğru bu iki çizelgeleme yönteminin karışımı ile ise, bir işlem temel alınmakta ve bu işlemde geriye ve ileriye doğru gidilerek çizelgeleme yapılmaktadır.

2.2. Çizelgelemenin Sınıflandırılması

Belli bir başarıml ölçütünü en iyileyecek iş akışını (makinalara gelen işlerin işlenme sırası) belirleyen çizelgeleme problemi, 4 faktöre bağlı olarak farklı sınıflara ayrılabilir (Acar, 2000).

2.3.1. İşlerin Geliş Şekli

İşlerin geliş şekline göre çizelgeleme problemleri statik ve dinamik çizelgeleme olarak iki farklı şekilde değerlendirilmektedir. Statik çizelgeleme problemlerinde, belirli bir dönem için iş listesinin tamamı bilinmektedir ve işler boş olan bir iş merkezine hemen işlenmek üzere düzenli olarak gelmektedir. Statik çizelgeleme problemlerinde, genellikle iş listesinde değişiklik meydana gelmez.

Eğer iş listesi sürekli olarak ve rasgele bir şekilde değişiyorsa ve işler düzensiz aralıklar ile iş merkezine gelmekte ise, bu durumda problem dinamik çizelgeleme olarak nitelendirilmektedir. Dinamik çizelgeleme problemlerinde herhangi bir zamanda gelebilecek olan işin özellikleri sıralamanın sürekli değişmesini gerektirebilmektedir.

2.3.2. Tezgâh Sayısı

İş merkezinde yer alan tezgâh sayısına göre çizelgeleme problemleri, tek tezgâhlı veya çok tezgâhlı olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmektedir. İş merkezine gelen işler tek bir işleme ihtiyaç duyuyor ise burada tek tezgâhlı çizelgeleme probleminden bahsedilmekte ve işlerin hangi sırada yapılacağına belirlenmesine çalışılmaktadır. Ayrıca çok tezgâhlı bir iş merkezinde darboğaz oluşturan tek tezgâh üzerinden de çizelgeleme gerçekleştirilebilmektedir. Tezgâh sayısının artması ile birlikte çizelgeleme problemlerinin çözümü de zorlaşmaktadır.

2.3.3. Üretim Tipi

Çizelgeleme faaliyetleri, üretim sistemlerinin farklı tiplerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Genel olarak, atölye tipi üretim sistemi ve akış tipi üretim sistemi olmak üzere iki tip üretim sistemine göre çizelgeleme faaliyetleri farklılaşmaktadır.

Atölye Tipi Üretim Sistemleri

Atölye tipi üretim sistemlerinde iş merkezleri arasındaki malzeme akışı standart olmamakta yani malzemeler herhangi bir sırayı izleyebilmektedir. Atölye tipi üretim sistemlerinde ürün çeşitliliği çok fazla olmaktadır. Bu sistemlerde tezgâhlar, genel amaçlı olup tezgâhların kullanım oranları düşüktür. Ayrıca, malzemeler süreçler arasından yavaş yavaş geçmekte ve bundan dolayı yarı mamul stok miktarı fazla olmaktadır. Yarı mamul stok miktarının yüksek olması ise stokların kontrolünü oldukça zorlaştırmaktadır.

Atölye tipi üretim sistemlerinde, tezgâhlar genel amaçlı olduğu için üretim sürecindeki malzeme değişikliklerinde sürekli olarak hazırlık sürelerine katlanılmaktadır. Dolayısıyla, tezgâh hazırlama maliyetleri yüksek olmakta ve genel amaçlı ve yüksek yetenekli tezgâhları kullanacak olan yetenekli iş gücü gereksinimi de işgücü maliyetlerini artırmaktadır.

Atölye tipi üretim sistemlerinde çok fazla ürün çeşitliliği bulunduğu için, genelde siparişe göre üretim yapan işletmelerde uygulanmaktadır. Atölye tipi üretim sistemlerinde genel amaç, genellikle tüm işlerin tamamlanma süresini en küçükmektir. İş listesinin sürekli ve rasgele değiştiği, siparişe göre üretim yapan atölyelerde işlerin tamamlanma sürelerini en küçükleyerek çözüme ulaşmak için farklı teknikler kullanmak gerekmektedir. Bu tekniklerden biri de öncelik kurallarına göre sıralama yapmaktır.

Akış Tipi Üretim Sistemleri

Akış tipi üretim sistemlerinde, ürün çeşitliliği çok az olmaktadır. İş merkezindeki tezgâhlar malzeme akışına göre sıralanarak, oldukça düzgün ve hızlı bir malzeme akışı bulunmaktadır. Akış tipi üretim sistemlerindeki hızlı ve düzgün iş akışı ile yarı mamul stok

PDF Eraser Free

miktarları azaltmakta, dolayısıyla çizelgeleme faaliyetlerinin uygulanması kolaylaşmaktadır.

Üretim sistemlerine bakıldığında, tamamen akış tipi üretim sistemi ya da tamamen atölye tipi üretim sistemi ile karşılaşılmamaktadır. Genelde üretim sistemlerinde, akış tipi üretim sistemi ve atölye tipi üretim sisteminin bir karışımı görülmektedir.

2.3.4. Başarım/ Performans Ölçütü

Çizelgenin performansını ölçmek için, aynı çizelgeleme probleminde çizelgelemenin bazı şartları değiştirilerek veya farklı öncelik kuralları kullanarak birkaç kez yapılması gerekmektedir. Çizelge performansını değerlendirmek için kullanılan başarım ölçütü, çizelgeleme problemlerinde önemli rol oynamaktadır. Bu başarım ölçütlerinden en önemlileri ve en çok kullanılanları aşağıda verilmektedir (Saad vd 1997; Acar, 2000; Baskak ve Erol, 2004):

- Ürünlerin, üretim ve bekleme zamanlarını içeren akış zamanı,
- Geciken işlerin, toplam işlere oranı,
- Kuyrukta bekleyen işlere göre belirlenen hammadde, yarı mamul ve mamul stok seviyeleri,
- İşlerin tezgâhlarda bekleme süreleri,
- İşlerin maksimum gecikme süreleri,
- İşlerin maksimum tamamlanma zamanları,
- Geciken iş sayısı,
- Ortalama iş hacmi,
- Siparişlerin gecikme süreleri,
- Tezgâh hazırlama zamanı kayıpları,
- Tezgâh ve işgücü kullanım oranları,
- Bu ölçütlerin ortalama ve standart sapmaları gibi istatistiksel ölçümleri.

Çizelgeleme problemlerindeki başarım ölçütlerinin bu kadar farklılaşmasına rağmen, bu problemlerdeki asıl önemli olan, tüm işlerin işlenme süresini ifade eden yayılma süresini en

küçükleme. Örneğin, M ; kullanılan tezgâh sayısını ve N ; planlama ufkundaki iş sayısını C_{ij} : i . tezgâhta yapılan j . İşin tamamlanma zamanını gösterebilir. Bu takdirde, yayılma süresi formülü (2.1)'deki gibi hesaplanmaktadır (Baskak ve Erol, 2004):

$$Enb \{ C_{ij} \mid (i = 1, 2, \dots, M), (j = 1, 2, \dots, N) \} \quad (2.1)$$

Çizelgeleme problemlerindeki çözümler, genellikle birden fazla başarıml ölçütünün en iyileşmesi yolu ile elde edilmektedir. Ancak tek bir ölçüt ile ilişkili olarak elde edilen ve en iyi sonucu veren bir çözüm, birden fazla başarıml ölçütünün dikkate alınması ile daha önce elde edilmiş olan aynı en iyi çözümü vermeyebilmektedir. Bunun sebebi ise çizelgeleme sürecinde birden fazla başarıml ölçütü ile çalışıldığında başarıml ölçütleri arasında ödünleşmeler meydana gelmektedir. Yani bir başarıml ölçütünün değerini en iyilerken, diğer başarıml ölçütünün değeri azalabilmektedir (Eren ve Güner 2002).

Çizelgeleme literatüründe, tek başarıml ölçütlü çalışmalar ile kıyaslandığında çok daha az olan çok başarıml ölçütlü çizelgeleme çalışmaları son dönemlerde gittikçe artmıştır. Bu tür problemlerin çözümü tek başarıml ölçütlü problemler kadar kolay olmamaktadır. Çünkü birbirleri ile çelişen amaçlar aynı anda eniyilendiğinden tek bir çizelgeyi oluşturmak oldukça zordur.

Çok başarıml ölçütlü çizelgeleme problemleri içerisinde iki ölçütün bulunduğu problemler; ikincil ölçütlü ve iki ölçütlü problemler olmak üzere iki kısımda incelenmektedir (Eren ve Güner, 2002; Güner ve Altıparmak, 2003):

1. İkincil ölçütlü çizelgeleme problemleri: İkincil ölçütlü çizelgeleme problemlerinde, başarıml ölçütleri birincil ve ikincil ölçüt olarak ayrılmakta ve öncelikle birincil başarıml ölçütü, ikincil ölçüt yok sayılarak eniyilemekte, sonrasında ise ikincil başarıml ölçütü, birincil ölçütün performansını azaltmamak şartıyla eniyilemektedir. Graham vd (1979), C_1 , birincil ölçütü, C_2 ise ikincil ölçütü göstermek üzere ikincil ölçütlü problemlerin, $n_1/C_2:C_1$ şeklinde gösterilebileceğini belirtmiştir (Eren ve Güner, 2002). Örneğin, Güner vd (1998) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, en küçük geciken iş kısıtı altında, en büyük erken tamamlanma zamanının en küçüklendiği ikincil ölçütlü bir

problemin çözüm yolları aranmıştır. Bu çalışma sonucunda geliştirilen dal-sınır algoritmasının, iş sayısının 30'dan fazla olduğu durumlarda hesaplama zamanı açısından etkin olmadığı ve çizelgeleme probleminin büyüklüğüne bağlı olarak üstel artış gösterdiği belirlenmiştir. Bundan dolayı çizelgeleme problemi için tavlama benzetimine dayalı bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir (Güner ve Altıparmak, 2003).

2. İki ölçütlü çizelgeleme problemleri: İki ölçütlü çizelgeleme problemlerinde iki farklı ölçüt aynı anda eniyilenmektedir. Graham vd (1979), iki ölçütlü çizelgeleme problemlerinin $n/1/C2,C1$ şeklinde gösterilebileceğini belirtmiştir. Evans (1984), iki farklı ölçütün aynı anda eniyilmesi sonucunda etkin çözümler için bir küme elde edildiğini ve etkin çözümün ise, hiçbir ölçütün etkinliğinin azalmaksızın arttırılamadığı bir çözüm olduğunu belirtmiştir (Eren ve Güner, 2002).

2.4. Çizelgeleme Problemlerinde Öncelik Kuralları

Çizelgeleme problemlerine olan çözüm yaklaşımları, işlerin ve kaynakların belirli bir veya birden fazla başarıml ölçütünü en iyileyecek şekilde önceliklendirildiği bir takım kuralları temel almaktadır. Bu çalışmada, çizelgeleme problemlerinde kullanılan öncelik kuralları; gerçekleştirilecek olan işlere öncelik değeri atayan işlem öncelik kuralları ve işlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan üretim araçlarına öncelik değeri atayan kaynak öncelik kuralları olmak üzere iki kısım altında değerlendirilecektir.

2.4.1. İşlem Öncelik Kuralları

İşlem öncelik kuralları, bir iş merkezinde islenecek olan işlerin özelliklerine göre belli bir işin tamamlanmasının arkasından, üretimin ilgili iş merkezindeki hangi iş ile devam edeceğini belirleyen kurallardır. İşlem öncelik kuralları, mantıksal kurallar olmaktadır. Öncelik kurallarının kullanılması ile oluşturulan çizelgeler, tam güvenilir olmadığı gibi, farklı yöntemlerin kullanılması ile elde edilebilecek en iyi sonuca çok uzak çözümler de sunabilmektedir (Baskak ve Erol, 2004).

PDF Eraser Free

Çizelgeleme problemlerinde en çok kullanılan işlem öncelik kuralları aşağıda belirtilmektedir (Saad vd, 1997; Pinedo ve Chao, 1999; Acar, 2000; Baskak ve Erol, 2004; Ulutas, 2004):

a) İlk gelen işi önce yap (First Come First Serve – FCFS): Bu kural literatürde ilk gelen ilk çıkar (First In First Out – FIFO) olarak da bilinmektedir (Saad vd, 1997; Pinedo ve Chao, 1999). Bu kuralın temel mantığına göre, iş merkezine gelen işler geliş sıralarına göre üretim ortamına alınacaklar ve işleneceklerdir.

b) Son gelen işi önce yap (Last Come First Serve - LCFS): Bu kural, iş merkezine gelen işlerin üretim ortamına alınmaları için geliş sıralarının tersine doğru bir sıralama yapmayı önermektedir. İş merkezine en son sırada gelen iş, ilk sırada, sondan bir önce gelen iş ikinci sırada üretim ortamına alınmakta ve sıralama bu şekilde devam etmektedir.

c) En kısa işlem süreli işi önce yap (Shortest Processing Time - SPT): Bu kural, iş merkezine gelen işlerin, işlem sürelerinin kısalığı ile doğru orantılı bir ilişki kurarak sıralama yapmayı önermektedir. İş merkezine gelen işler arasından en kısa işlem süresine sahip olan işlerin önceliklendirildiği bu kural ile üretim sisteminin çıktısı en çoklanmakta ve geciken işlerin oranı azalmaktadır (Saad vd, 1997). Literatürdeki çizelgeleme çalışmalarına bakıldığında, en etkin çözümün, en kısa işlem süreli işin önce yapılması ile elde edildiği görülmektedir. Kullanılan başarımlar ölçütünden bağımsız olarak, en kısa işlem süreli işin önce yapıldığı işlem öncelik kuralının, çoğu işlem öncelik kuralından daha iyi bir kural olduğu söylenebilir. Örneğin, dokuz tezgâhın bulunduğu bir iş merkezinde, 8700 iş üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda, en kısa işlem süreli işin önce yapıldığı (SPT), ilk gelen işin önce yapıldığı (FCFS) ve bekleyen işler arasından rasgele bir işin önce yapıldığı (RANDOM) üç farklı işlem öncelik kuralı uygulanarak çizelgeleme gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, en kısa işlem süreli işin önce yapıldığı işlem öncelik kuralının, en düşük akış zamanı varyansını verdiği görülmüştür (Acar, 2000).

d) En uzun işlem süreli işi önce yap (Longest Processing Time - LPT): Bu kurala göre, iş merkezine gelen işler, işlem sürelerinin uzunlukları ile doğru orantılı olarak sıralanacaklardır. İş merkezine gelen işler arasından en fazla işlem süresine sahip olan iş, ilk olarak işlem görecektir. $\pi_{j,k}$: j işinin k işlemindeki önceliğini, pt_{ij} : j. işin i. tezgâhta

yapılabilmesi için gereken süreyi saat cinsinden gösterebilir. Buna göre, en uzun işlem süreli işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.2)'de verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \sum_{i=1}^m pt_{ij} \quad (2.2)$$

e) Ağırlıklı en kısa işlem süreli işi önce yap (Weighted Shortest Processing Time – WSPT): Çizelgeleme problemlerinde her bir iş aynı önem derecesine sahip olmayabilir. Bu öncelik kuralında, işlerin önceliklerinin bulunmasında, işlem süreleri, ilgili işlerin önem dereceleri ile birlikte dikkate alınmaktadır. pt_j : j.işin yapılabilmesi için saat cinsinden gereken süreyi, w_j : j.işin önem derecesi ile ilgili bir katsayı gösterebilir. Buna göre, ağırlıklı en kısa işlem süreli işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.3)'de verilmektedir:

$$pt_1/W_1 < pt_2/W_2 < \dots < pt_N/W_N \quad (2.3)$$

f) Sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap: Bu kural, üretim ortamında bulunan işlerin, geriye kalan işlem sürelerinin uzunluğu ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmalarını önermektedir. Kurala göre, geriye kalan işlemlerinin toplam süresi en fazla olan iş ilk olarak yapılmaktadır. $\pi_{j,k}$: j işinin k işlemindeki önceliğini, pt_{ij} : j.işin i.tezgahta yapılabilmesi için gereken süreyi saat cinsinden gösterebilir. Buna göre, sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.4)'de verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \sum_{i=k}^m pt_{ij} \quad (2.4)$$

g) Sonraki işlemlerin sayısı en fazla olan işi önce yap (Largest Number of Successors - LNS): Bu kural, üretim ortamında bulunan işlerin geriye kalan işlem sayılarının fazlalığı ile doğru ilişkili olarak sıralanmalarını önermektedir. Kurala göre, geriye kalan işlemlerinin sayısı en fazla olan iş ilk olarak yapılmaktadır.

h) Teslim tarihi en önce olan işi önce yap (Earliest Due Date First - EDD): İşlem görmek için sırada olan işlerin gecikmelerini en küçükleme amacıyla olan bu kurala göre sisteme gelen işler arasından en erken teslim tarihine sahip olan iş ilk olarak yapılmaktadır

(Pinedo ve Chao, 1999). Teslim tarihi en önce olan işi önce yap öncelik kuralının kullanımı ile işlerin söz verilen tarihlerde teslim edilme performansları artmaktadır (Saad vd, 1997).

i) Maliyeti en fazla olan işi önce yap: Bu kural, iş merkezine gelen işlerin, maliyetlerinin fazlalığı ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmaları gerektiğini önermektedir. Maliyeti fazla olan işler öncelikli olarak iş merkezinden çıkacağı için genel olarak maliyetlerde azalma olacaktır.

j) Rasgele sıralama (Service In Random Order - SIRO): İş merkezine gelen ve işlem görmeyi bekleyen işler arasından bir tanesi rasgele bir şekilde seçilmektedir. Her hangi bir amaç eniyilenmeye çalışılmamaktadır (Pinedo ve Chao, 1999).

k) Bolluk zamanı en az olan işi önce yap (Minimum Slack First – MS ~ Least Slack First - LSF): Bu kurala göre sıralama, işlerin sistemdeki bolluk zamanlarının azlığı ile doğru orantılı bir şekilde yapılmaktadır. İşlerin bolluk zamanlarının dinamik olarak takip edilmesi ile geciken işlerin yüzde oranları azalmaktadır (Saad vd, 1997; Pinedo ve Chao, 1999). C_j : j. İşin teslim zamanını, t : çizelgenin yapıldığı zamanı gösterebilir. Bolluk zamanı en az olan işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.5)'de verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = C_j - \left[t + \sum_{i=k}^m pt_{ij} \right] \quad (2.5)$$

l) Kalan bolluk zamanı / kalan işlemler oranı en az olan işi önce yap: Bu kurala göre, kalan bolluk zamanının kalan işlemleri sayısına oranı en az olan iş ilk olarak yapılacaktır. Bu kural ortalama gecikmenin minimize edilmesi açısından oldukça etkindir (Acar, 2000). m_j : j işinin işlem sayısını, k : kalan işlerin sayısını gösterebilir. Kalan bolluk zamanı / kalan işlemler oranı en az olan işi önce yap öncelik kuralının formülü (2.6)'da verilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \left(C_j - \left[t + \sum_{i=k}^m pt_{ij} \right] \right) / (m_j - k + 1) \quad (2.6)$$

m) En kısa hazırlık zamanı olan işi önce yap (Shortest Setup Time First - SST): Bu kural, üretime girmeyi bekleyen işlerin, hazırlık sürelerinin kısalığı ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmalarını önermektedir. En kısa hazırlık zamanına sahip olan işlere öncelik verilmesiyle ortalama gecikme zamanı azaltılabilecektir.

PDF Eraser Free

n) En az esnek olan işi önce yap (Least Flexible Job First - LFJ): Bu kural, paralel olarak özdeş olmayan birçok makinanın bulunduğu üretim ortamlarında kullanılmaktadır. Kurala göre, üretime girmeyi bekleyen işler arasında işlem görebileceği diğer tezgah ya da iş merkezi sayısı en az olan, yani en az işlem alternatifi olan işlere öncelik verilmektedir (Pinedo ve Chao, 1999).

o) En az kritik orana sahip olan işi önce yap: Bu kuraldaki kritik oran, i işinin teslim tarihine kadar kalan zamanın, ilgili işin bitmesi için gerekli üretim zamanına oranlanması ile bulunmaktadır. Kurala göre, üretime girmeyi bekleyen işler, sahip oldukları kritik oranların azlığı ile doğru orantılı bir şekilde sıralanmaktadır.

p) Kritik yol üzerindeki işleri önce yap (Critical Path - CP): Bu kurala göre işler öncelik kısıtlarına göre sıralanmakta ve kritik yol üzerindeki işler öncelikli olarak işlenmektedir (Pinedo ve Chao, 1999). Kritik yol, herhangi bir gecikmenin tüm projeyi geciktireceği işlerden oluşan yoldur. Bundan dolayı, kritik yol üzerinde bulunan işlere öncelik verilmesi ile proje boyutunda gecikmeler en küçüklenmeye çalışılmaktadır.

q) Bir sonraki işlemde en kısa kuyruğa sahip olan işi önce yap (Shortest Queue at the Next Operation - SQNO): Bu kurala göre, iş merkezine girmeyi bekleyen işler arasından rotası üzerindeki bir sonraki tezgâh ya da iş merkezinde en kısa kuyruk uzunluğuna sahip olan iş önce yapılmaktadır (Pinedo ve Chao, 1999). Böylelikle, üretim ortamındaki ara stok miktarlarında azalmalar sağlanmaktadır.

r) Bir sonraki makinanın iş yükü en az olan işi önce yap: q maddesinde belirtilmiş olan bir sonraki işlemde en kısa kuyruğa sahip olan işin önce yapılması işlem öncelik kuralı ile benzer niteliktedir. Bu kurala göre, iş merkezine girmeyi bekleyen işler, bir sonraki işlem görecekleri tezgâhın ya da iş merkezinin iş yükünün azlığı ile doğru ilişkili olarak sıralanmaktadır. İşlem görmeyi bekleyen işlerin rotalarında bulunan bir sonraki tezgâhın ya da iş merkezlerinin iş yüklerinin hesaplanması, üretim süreci içerisinde sürekli olarak değişen aşağıdaki verilerin toplamı ile bulunmaktadır (Ulutaş, 2004):

- j makinası ya da iş merkezi önünde bekleyen malzemelerin işlem süreleri,
- j makinası ya da iş merkezinde işlem görmekte olan malzemelerin üretimlerinin tamamlanması için geriye kalan işlem süreleri,

PDF Eraser Free

- Hâlihazırda farklı bir tezgâhta ya da iş merkezinde işlemine devam eden veya tasıma araçları üzerinde bulunan ve aynı zamanda üretim rotasındaki bir sonraki durağı j tezgâhı ya da iş merkezi olan işlerin, j tezgahı ya da iş merkezindeki işlem süreleri.

s) Birleşik kurallar: Yukarıda verilen birçok kuralı birleştirmek suretiyle farklı kurallara ulaşmak da mümkün olmaktadır. Örneğin, en kısa işlem süreli işi önce yap kuralı ile sonraki işlemlerin süresi en fazla olan işi önce yap kuralı birleştirilerek (2.7)'deki gibi formülize edilebilmektedir:

$$\pi_{j,k} = \sum_{i=1}^m p_{ij}^t + \sum_{i=k}^m p_{ij}^t \quad (2.7)$$

2.4.2. Kaynak Öncelik Kuralları

Çizelgeleme problemlerinde, işlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan üretim araçlarına öncelik değeri atayan kaynak öncelik kuralları da, işlem öncelik kuralları kadar önemli olmaktadır. Kaynak öncelikleri ile ilgili kurallar aşağıda verilmektedir:

a) En az hazırlık süresi kuralı: Bu öncelik kuralında en az hazırlık süresine sahip olan kaynak seçilmektedir.

b) En erken bitiş zamanı kuralı: Bu öncelik kuralında işi en erken bitirecek olan kaynak seçilmektedir. En kısa işlem süresi olan isin seçildiği işlem öncelik kuralıyla aynı mantık içerisinde olan bu kaynak öncelik kuralı ile işlerin tamamlanma zamanları azaltılmaya çalışılmaktadır.

c) En erken başlama zamanı kuralı: Bu öncelik kuralında işi en erken başlatabilecek olan kaynak seçilmektedir. Bu kaynak seçim kuralı ile üretim kaynaklarının boş kalma süreleri azaltılabilmekte fakat işlerin akış zamanları uzayabilmektedir.

2.5. Çizelgeleme Tipleri

Çizelgeleme Tipleri, Statik Çizelgeleme Tipleri ve Dinamik Çizelgeleme Tipleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında dinamik çizelgeleme tipleri incelenmemiştir.

Statik Çizelgeleme problemlerinde, belli bir dönemdeki iş listesi bilinmekte ve işler iş merkezine düzenli bir şekilde gelmektedir. Statik çizelgeleme problemlerinde, iş merkezleri seri olarak bağlanmakta ve bütün işler aynı sırayı takip etmektedir. Bu çizelgeleme tipi iş merkezindeki tezgâh sayısı üçü geçtiği takdirde zorlaşmaktadır (Acar 2000). Statik çizelgeleme problemleri, iş ve tezgah sayılarına göre farklı olarak değerlendirilmektedir.

2.6. Paralel Makine Çizelgeleme

Paralel makine çizelgeleme teorisi, makinelerin işlere dağılımı ve belli bir amaca göre her makinede işlem sırasının belirlenmesi ile ilgilidir. Paralel makine çizelgelemesi, yaygın kullanım alanlarının olmasından dolayı popüler bir araştırma konusu olmuştur ve bu popülerite son yıllarda paralel-işlemcili bilgisayarlar teknolojisinin gelişmesi ile önemli ölçüde artmıştır (Azizoğlu, 1994).

Çizelgeleme konusunda paralel makinelerde çizelgeleme önemli bir alt konu olup, Pinedo'ya (2002) göre paralel makineler, hem teorik hem de pratik açıdan önem arz etmektedir. Teorik açıdan; tek makinenin genel bir hali ve esnek akış atölyesinin özel bir halidir. Pratik açıdan bakıldığında ise; paralel kaynaklara günlük hayatta yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Ayrıca paralel makine teknikleri, çok kademeli sistemler için ayrıştırma prosedürleri dâhilinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Pinedo'ya (2002) göre bir çizelgeleme problemi $\alpha \mid \beta \mid \gamma$ üçlüsüyle tanımlanmaktadır. α alanı makine çevresini ifade etmekte olup tek bir giriş söz konusudur. β alanında, işlem özelliklerine ait ayrıntılar ve kısıtlar tanımlanmaktadır. Bu alana gerekli durumlarda birden fazla giriş söz konusu olabileceği gibi hiçbir girişte yapılmayabilir. γ alanında ise performans ölçütü yer almaktadır ve genellikle tek bir giriş söz konusudur (Pinedo, 2002).

Paralel makine çizelgeleme problemlerinde α alanında yapılan tanımlamalar aşağıdaki gibidir.

PDF Eraser Free

Özdeş paralel makineler (identical paralel machines, P_m): Paralel m adet makine söz konusudur. j işi tek bir işlem gerektirmekte ve ilgili m sayıdaki makinelerin ya da belirli bir alt kümeyle ait makinelerin herhangi birinde işlenebilmektedir. Şayet j işi belirli bir M_j kümesine ait makinelerin haricinde diğer herhangi bir makinede işlenmesine izin verilmiyorsa, β alanında da M_j ibaresi yer almalıdır (Pinedo, 2002).

Farklı hızlara sahip paralel makineler (uniform paralel machines, Q_m): Farklı hızlara sahip paralel m sayıda makine söz konusudur. i makinesine ait hız, v_i ile gösterilmektedir. j işinin i makinesindeki işlem süresi olan p_{ij} , p_j/v_i 'ye eşittir (j işinin tüm işleminin i makinesi tarafından görüldüğü farz edilerek). Bu, benzer (uniform) makineler olarak ifade edilir. Şayet tüm makineler aynı hıza sahipse, yani tüm i'ler için $v_i=1$ ve $p_{ij}=p_j$ şeklinde ise, bir önceki özdeşlik söz konusu olur (Pinedo, 2002).

Farklı paralel makineler (unrelated paralel machines, R_m): Bu durum bir öncekinin genel halidir. Paralel m sayıda farklı makine söz konusudur. i makinesi j işini v_{ij} hızıyla işlemektedir. j işinin i makinesindeki işlem süresi olan p_{ij} , p_j/v_{ij} 'ye eşittir (j işinin tüm işleminin i makinesi tarafından görüldüğü farz edilerek). Şayet makine hızları işlerden bağımsız ise, yani tüm i ve j'ler için $v_{ij}=v_i$ ise, bir önceki durum söz konusu olur (Pinedo, 2002).

Allahverdi vd. (1998, 2008) çalışmalarında paralel makine çizelgeleme problemlerini öncelikle partiye bağlı hazırlık süreli/maliyetli (batching setup times/costs) ve partiye bağlı olmayan hazırlık süreli/maliyetli (non-batching setup times/costs) olarak sınıflandırmıştır. Daha sonra bu sınıfları kendi içlerinde sıradan bağımsız hazırlık süreli/maliyetli (sequence-independent setup) problemler ve sıradan bağımlı hazırlık süreli/maliyetli (sequence-dependent setup) problemler olmak üzere alt sınıflara ayırmıştır.

Paralel makina çizelgeleme konusunda literatürde yapılan çalışmalar incelenmiş ve aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2.4. Paralel Makine Çizelgeleme Problemi İle İlgili Literatür Araştırması

NO	YAZAR	PROBLEM	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
1	Beraldi vd., 2007	Parti Büyüklükleri ile Sıra Bağımlı Kurulum Maliyeti Esaslı Paralel Makine Çizelgeleme Problemi	Toplam Hazırlık Zamanı Enküçüklenmesi	Sabit-Geçiş (Fix and Relax) ve Değişken Zaman Ufku (Rolling Horizon) Sezgiselleri
2	Armento ve Filho, 2007	Kurulum Zamanına bağlı Paralel Makine Çizelgeleme Problemi	İş Teslim Tarihlerinin Toplam Gecikmesinin Enküçüklenmesi	Hafıza Tabanlı GRASP Yöntemi
3	Gairing vd., 2007	İlişkisiz Paralel Makine Çizelgeleme Problemi	Tamamlanma Zamanı Enküçüklenmesi	Birleştirici Dağılım Algoritması
4	Ji ve Cheng., 2007	Paralel Makine Çizelgeleme Problemi	Toplam Tamamlanma Zamanı Enküçüklenmesi	Çoklu Polinomial Zamanlı Dağılım Şeması (FPTAS)
5	Nessah vd., 2007	Hazırlık zamanı ve Bırakış Zamanına Bağlı Özdeş Paralel Makine Çizelgeleme Problemi	Toplam Tamamlanma Zamanı Enküçüklenmesi	Dal Sınır Algoritması. En Erken Tamamlanma Zamanı Kuralı (ECT). Toplam Akış Zamanı Kuralına (PRTF) göre öncelik atama
6	Gurel ve Akturk. 2007	Scheduling parallel CNC machines with time/cost trade-off considerations.	Toplam üretim maliyeti ve toplam tamamlanma Zamanı enküçüklenmesi	SPT (en kısa proses zamanı) kuralı. "Solver" tabanlı yaklaşım (SBA). MPJ (en uygun iş öncelikli) algoritması.
7	Gharbi ve Haouari, 2007	An approximate decomposition algorithm for Scheduling on parallel machines with heads and tails.	Tamamlanma zamanı enküçüklenmesi	Jackson algoritması.

Tablo 2.4 Devamı Paralel Makine Çizelgeleme Problemi İle İlgili Literature Araştırması

NO	YAZAR	PROBLEM	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
8	Lopes ve Carvalho, 2007	A branch and price algorithm for scheduling paralel machines with sequencs dependent setup times	Düzcün katılan maliyet fonksiyonu enküçüklenmesi	Dal sınır algortiması. Sütun oluşturma algoritması. Primal box
9	Leonardi ve Raz 2006	Approximating total flow time on parallel machines.	Akış zamanı enküçüklenmesi	En düşük sınır. On-line algoritmalar. En kısa kalan proses zamanı (SPRT).
10	Omar ve Teo 2006	Minimizing the sum of earliness/tardiness in identical parallel machines schedule with incompatible job families: An improved MIP approach.	Toplam erken bitirme ve Gecikmenin enküçüklenmesi	En kısa teslim tarihi (EDD).
11	Rocha vd. 2006	Exact algorithms for a scheduling problem with unrelated paralel machines and sequence and machine-dependent setup times.	Teslim tarihi ve hazırlık Zamanına bağlı, İlişkisiz Paralel makinelerde sıralama problemi.	GRASP. Dal-sınır algortitması (B&B).
12	Logendran vd. 2006	Scheduling unrelated parallel machines with sequence-dependent setups.	İşlerin ağırlıklandırılmış Gecikmesinin enküçüklenmesi	Tabu arama (TS). Başlangıç çözüm (IS - Initial solution) algoritmaları.
13	Liao ve Sheen 2006	Parallel machine scheduling with machine availability and eligibility constraints.	Tamamlanma zamanı enküçüklenmesi	İkili arama (Binary Search). Polinomial ikili arama algoritması.

Tablo 2.4 Devamı Paralel Makine Çizelgeleme Problemi İle İlgili Literature Araştırması

NO	YAZAR	PROBLEM	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
14	Shim ve Kim 2006	A branch and bound algorithm for an identical parallel machine scheduling problem with a job splitting property.	Toplam gecikme ve Üretim dizilerinin enküçüklenmesi	Dal-sınır algoritması (BnB). En düşük sınır.
15	Nessah vd. 2006	A branch-and-bound algorithm to minimize total Weighted completion time on identical parallel machines with job release dates.	Toplam ağırlıklandırılmış Tamamlanma zamanı enküçüklenmesi	Dal-sınır algoritması SRPT (shortest Remaining processing time) kuralı.
16	Aubry vd. 2006	Minimizing setup costs for parallel multi-purpose machines under loadbalancing constraint.	Hazırlık maliyetleri enküçüklenmesi	Doğrusal programlama. Tamsayı programlama.
17	Shabtay ve Kaspı 2006	Parallel machine scheduling with a convex resource consumption function.	Tamamlanma zamanı Enküçüklenmesi	Eş yükleme metodu (Equivalent load method). Eniyi kaynak dağıtımı. Sezgiseller.
18	Xu vd. 2006	Parallel machine scheduling with almost periodic maintenance and non-preemptive jobs to minimize makespan.	Tamamlanma zamanı enküçüklenmesi	Sezgiseller. Yaklaşım Algoritması (Approximation Algoritması).
19	Dunstall ve Wirth. 2005	A comparison of branchand- bound algorithms for a family scheduling problem with identical parallel machines	Ağırlıklandırılmış toplam iş tamamlanma zamanı enküçüklenmesi	Dal-sınır (B&B) algoritması. En kısa ağırlıklandırılmış proses zamanı (SWPT) dizisi.

Tablo 2.4 Devamı Paralel Makine Çizelgeleme Problemi İle İlgili Literature Araştırması

NO	YAZAR	PROBLEM	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
20	Yang 2005	The complexity of customer order scheduling problems on parallel machines.	Ağırlıklandırılmış ortalama yığın tamamlanma zamanı Enküçüklenmesi	Sezgiseller.
21	Dunstall ve Wirth 2005	Heuristic methods for the identical parallel machine flowtime problem with setup times.	Hazırlık zamanı enküçüklenmesi	Dal ve sınır algoritması. SWPTSWMPT kuralı. En uzun yığın zamanı (LBT) kuralı. LWST (en uzun ağırlıklandırılmış Hazırlık zamanı)
22	Kogan 2004	Optimal scheduling of parallel machines with constrained resources.	Minimizing inventory, birikmiş işler ve üretim maliyetleri ile envanter enküçüklenmesi	Polinomial zamanlı Sıralama algoritması.
23	Weng vd. 2001	Unrelated parallel machine scheduling with setup consideration and a total weighted completion time objective.	Ağırlıklandırılmış Tamamlanma zamanının enküçüklenmesi	Sezgiseller Benzetimi
24	Webster ve Azizoğlu. 2001	Dynamic programming algorithms for scheduling parallel machines with family setup times.	Toplam ağırlıklandırılmış akış zamanı enküçüklenmesi	Sezgiseller. Dinamik Programlama (DP).
25	Chen ve Powell	A column generation based decomposition algorithm for a paralel machine just in time scheduling problem.	Toplam ağırlıklandırılmış gecikme ve erken bitirme enküçüklenmesi	Dal sınır algoritması

PDF Eraser Free

Xing ve Zhang (2000), bir işin aynı anda farklı iki makinede işlenebildiği durumu göz önüne almıştır. Bu problem için Xing ve Zhang (2000), en büyük tamamlanmayı en küçükleme amacıyla, sıradan bağımsız hazırlık süresini içeren bir probleme en kötü durum performans oranı ile birlikte sezgisel bir yöntem sunmuşlardır. İşlerin kesintiye uğradığı her anda hazırlık süresinin gerekliliği varsayımı altında Schuurman ve Woeginger (1999), $P|ST, pmtn|C_{max}$ problemine bir yaklaşım algoritması önermişlerdir. Ayrıca; hazırlık sürelerinin eşit olduğu durumda bu problemi çözen polinom zamanlı bir algoritmanın varlığını ispat etmiştir (Allahverdi vd., 2008).

Weng vd. (2001), $R|ST|\sum w_j C_j$ problemini ele almışlardır. Probleme yedi basit sezgisel yaklaşımlar sunmuşlar ve deneylerle içlerinden bir tanesinin diğerlerinden daha üstün olduğunu göstermişlerdir. Nessah vd. (2005), $P|ST, r_j|C_{max}$ problemini incelemişlerdir. Yerel en iyi çözüm için bir gerek ve yeter şart sunmuşlar ve bu şarta dayalı sezgisel bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Ayrıca bir alt sınır da geliştirmişlerdir.

Chen ve Powell (2003), $P|ST|\sum w_j U_j$ problemine dal sınır algoritmaları tabanlı sütun türetme önermişlerdir. 40 iş, 6 aile ve 4 makineli problemlere kadar en iyi sonuçları elde etmişlerdir.

Webster ve Azizoğlu (2001), $P|ST|\sum w_j f_j$ problemini ele almışlardır. İki dinamik programlama algoritması (geriye doğru ve ileriye doğru olmak üzere) önermişlerdir.

Beraldi ve diğerlerinin (2007) çalışmasında, yeni bir değişken zaman ufku (rolling horizon) ve sabitle-gevşet sezgisel yöntemleri (fix and relax heuristics), benzer paralel makine parti büyüklükleri ile kurulum maliyeti esaslı çizelgeleme problemi için geliştirilmiştir.

PDF Eraser Free

Armentano ve Filho (2007) makalede kurulum zamanına bağlı sıralama problemleriyle ilgili uniform paralel makineleri inceleyerek, GRASP tekniklerini önermiştir.

Gairing ve diğerleri (2007) ilişkisiz paralel makineler için birleştirici bir dağılım algoritması geliştirirlerdir.

Ji ve Cheng (2007) toplam tamamlanma zamanının minimizasyonunda m tane benzer makine için çoklu polinom zamanlı yaklaşım şemasını (FPTAS) kullanmışlardır.

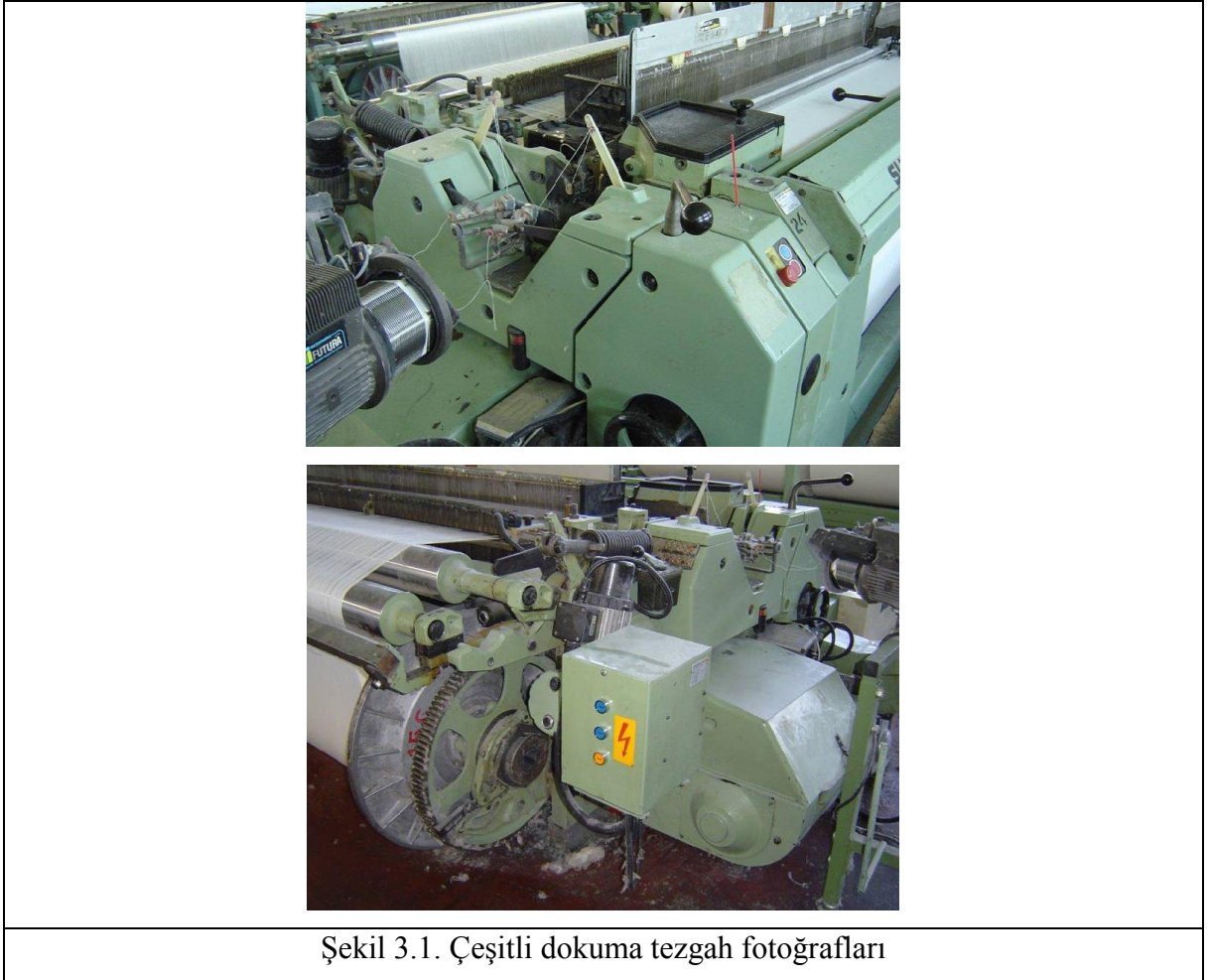
Tablo 2.4 incelendiğinde paralel makine ile çizelgeleme konusu ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak kesin çözüm yöntemleri yerine sezgisel algoritmalar ile son dönemlerde geliştirilen meta-sezgiseller ile çözüm arandığı gözlemlenmektedir.

3. DOKUMA TEKNOLOJİSİ

Bu bölüm, ele alınan problemin daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Bu bölüm kapsamında dokuma ve dokuma hazırlık faaliyetleri ile ilgili bilgi verilerek dokuma süreci detaylandırılmaktadır.

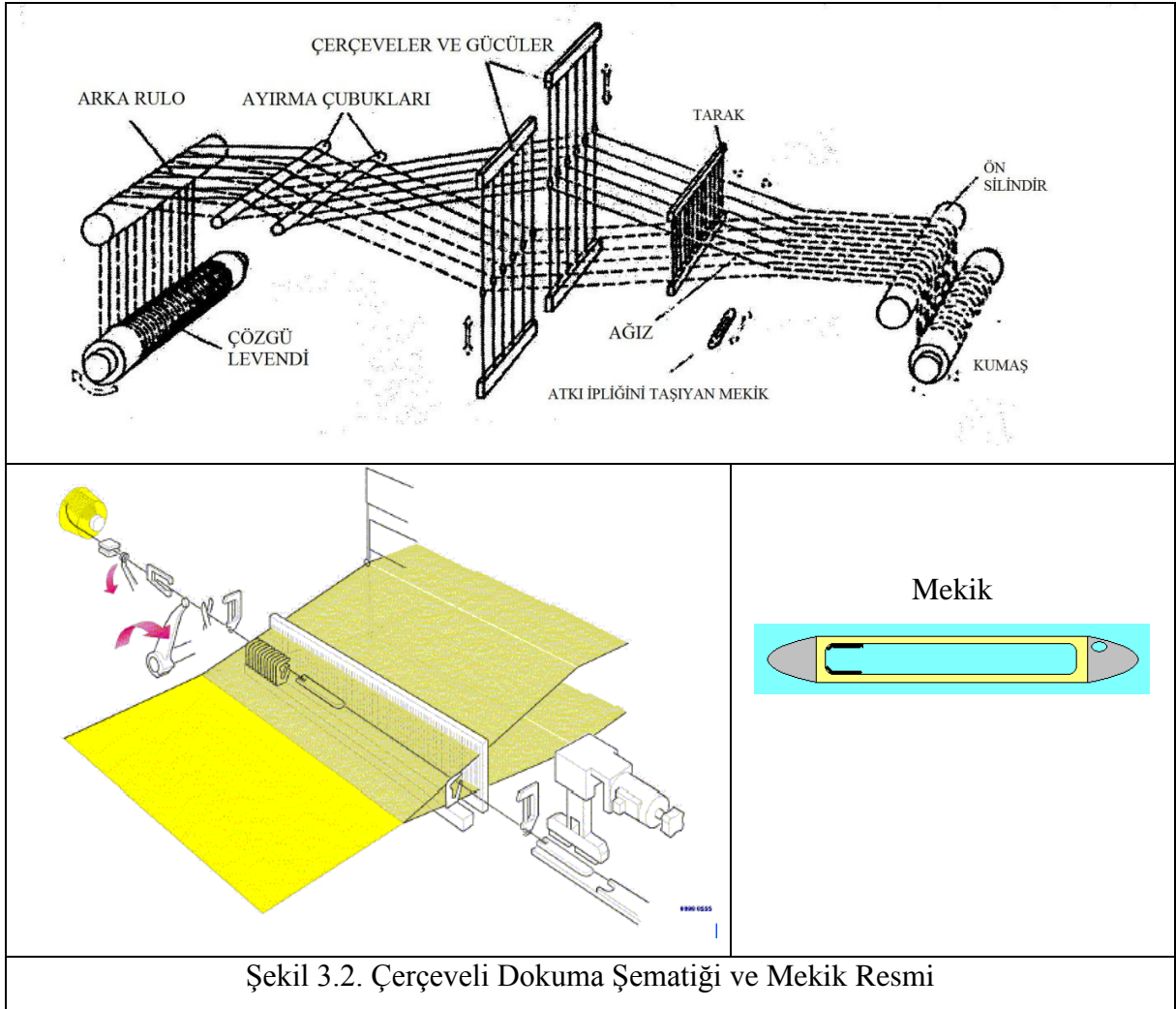
3.1. Dokuma

En az iki iplik grubunun aynı düzlemde belirli kaidelere göre ve birbirine dik açı yaparak birbirinin altından ve üstünden geçerek bağlantı yapmak suretiyle bir tekstil yüzeyi oluşturma işlemine dokuma denilmektedir. Dokumada kumaş boyu yönünde olan iplikler çözgü, kumaş eni yönünde olan iplikler atkı olarak adlandırılmaktadır.



3.1.1. Çerçevesel Dokuma Prensipli

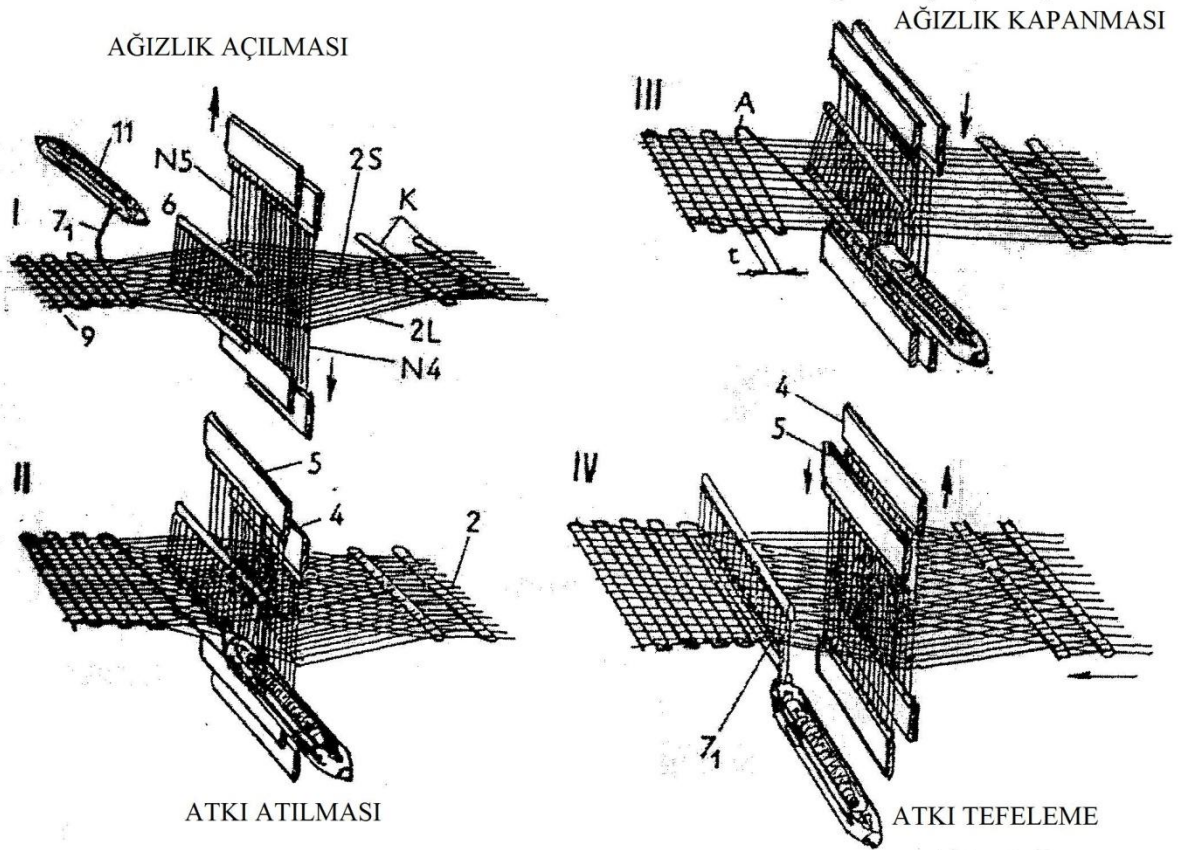
Çerçevesel dokuma Şekil 3.2’de şematik olarak gösterilmektedir. Çözümleri arka rulo ve ayırma çubukları üzerinden çerçevelerde bulunan gücü telleri ve tarak dişlerinden geçmektedir. Çözümleri çerçevelere asılı gücü tellerinden birer birer belirli bir düzene göre geçirilmektedir. Örneğin bez ayağı dokuma için 1, 3, 5, 7, ... vb. tek numaralı çözümleri 1. çerçeveden, 2, 4, 6, 8, vb. çift numaralı çözümleri 2. çerçeveden geçirilmelidir.



PDF Eraser Free

Gücü tellerinden geçirilen çözü ipleri taraktan gruplar halinde (bir tarak dışından 2 çözü, çözü sıklığına göre 3 ve 4 çözü teli şeklinde) geçirilir. Çözüler çerçeveler aracılığı ile iki gruba ayrıldığı zaman, atkının kumaşa dâhil edildiği üçgen kesitli ön ağızlık bölgesinin tepesini kumaş çizgisi tabanını ise tarak belirlemektedir.

Dokuma işleminin sağlıklı bir biçimde ilerleye bilmesi için; tezgâhta (makinede) yer alan tüm mekanizma ve tertibatların çok hassas bir biçimde zamanlanması ve ayarlanması gerekmektedir. Şekil 3.3'de dokuma tekniği ile kumaşın oluşması ve bu amaçla gerçekleşen ana fonksiyonlar şematik olarak gösterilmektedir. Dokuma; daha önceden de tarif edildiği gibi, en az iki iplik grubunun birbirlerine dik açı yaparak kesişmeleri sonucu meydana gelmektedir. Çözü iplikleri birbirlerine paralel olarak belli bir sayıda ve yan yana bulunurlar. Dokumanın yapıldığı yöne doğru ilerlemesi gereken çözü tabakasının arasından atkı ipliğinin geçirilmesi ve atılan her atkının kumaşa dâhil edilmesi sürekli olarak tekrarlanan işlemlerdir. Bu işlemlerin meydana gelişi ile ilgili elemanların hareketleri Şekil 3.3'den faydalanarak sırasıyla açıklanmaktadır.



Şekil 3.3-Dokuma Kumaş oluşumu ve Temel Fonksiyonlar

I-Ağızlık Açma: Dokuma sürecinde ilk olarak gerçekleşen temel hareket ağızlık açma işlemidir. En basit bez ayağı dokuma için iki çerçeveye ihtiyaç vardır. Tek numaralı çözümler (2L) 4 nolu gücü çerçevesindeki N4 gücülerinden geçirilmiştir. Çift numaralı çözümler (2S) 5 nolu gücü çerçevesindeki N5 gücülerinden geçirilmiştir. Çözümler çerçevelerdeki gücü telleri aracılığıyla bir kısmının aşağıya indirilmesi, bir kısmının yukarı kaldırılması ile üçgen kesitli bir tünel oluşturmaktadır. Bu işleme *ağızlık açma*, atkının atılması için açılmış olan bu geçiş kanalına da *ağızlık* adı verilmektedir.

II-Atkı Atma: Dokuma sürecinde ikinci olarak gerçekleşen temel hareket *atkı atma* işlemidir. 7₁ nolu atkı, açılmış olan ağızlık içerisinden 11 nolu atkı taşıyıcısı (mekik) ile taşınmasına *atkı atma* adı verilmektedir.

III-Ağızlık Kapanması: Açılmış olan ağızlıktan atkı atıldığı zaman çerçeveler karşıt yönlere hareket ederek aynı hizada bulunduğu duruma *ağızlık kapanması* adı

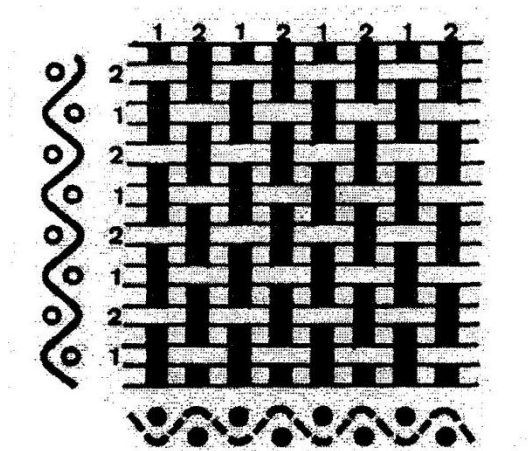
verilmektedir. Bu hareketin devam ederek tamamlanmasıyla birlikte çözgü iplikleri atılmış olan atkının altından ve üstünden çaprazlamasına geçmiş olmaktadır.

IV-Tefe Vurma: Dokuma sürecinde son olarak gerçekleşen temel hareket *tefe vurma* işlemidir. Atılmış olan atkı 6 nolu tarak ile A harfi ile gösterilmiş olan kumaş çizgisine dahil edilmektedir. Bu işleme *tefe vurma* adı verilmektedir.

Yukarıda bahsedilen fonksiyonların devamı olarak; dokunmuş olan kumaş çekilerek kumaş sarılmaktadır. Dokumanın sürekliliği bakımından da bir miktar çözgü, çözgü levendi üzerinden salınmaktadır. Çözgü iplikleri kumaşa dahil olurken aralarından atkı ipliği geçtiği için kıvrım almaktadır. Bu sebeple kumaş sarma hareketi çözgü salma hareketinden biraz daha yavaş gerçekleşmektedir.

3.1.2. Bez Ayağı Dokuma

Genel olarak ele alındığında, çözgü ve atkılarının birbirleri ile yapmış oldukları bağlantılar milimetrik desen kağıdı üzerinde çeşitli işaretlet ile gösterilmektedir. Her bir kare bir çözgü ile atkının bağlantı şeklini, yani çözgü ve atkının o bağlantı noktası için birbirlerine göre konumlarını ifade etmektedir. Çözgü üstte ise kare dolu gösterilir veya işaretlenir ki bunun anlamı atkı ipliği o bağlantı noktasında altta demektir. Şekil 3.4'te bez ayağı örgü yapısının şematik olarak gösterimi verilmektedir.



Şekil 3.4-Bez ayağı örgü yapısı

Dokuma ile ilgili detaylı bilgilere www.dokuma.org adresindeki web sitesinden de erişilebilir.

3.2. Dokuma Tezgâhları

Kumaşın oluşturulmasında kullanılan dokuma tezgâhlarında bulunan temel parçalar aşağıda belirtilmektedir (Baser, 1998);

a) *Çözü salma tertibatı*: Çözgü ipliklerinin kumaşa belirli bir gerilim ile verilmesini sağlamaktadır.

b) *Lamel* : Dokuma hazırlık süreçlerinden biri olan taharlama sürecinde her bir çözgü ipliğine bir tane olacak şekilde asılan metal plakalardır.

c) *Çözgü köprüsü*: *Çözgü köprüsü*, çözgü ipliklerinin yönünü dokuma sürecine uygun olarak yönlendirmektedir. *Çözgü köprüsü*, sabit veya hareketli olabilmektedir. *Çözgü köprüsünün* hareketli olmasının amacı çözgü ipliği kopuşlarını azaltmak ve atkı ipliğinin yerleştirilmesi sırasında gerekli çözgü gerilimini ayarlamaktır. *Çözgü köprüsü*, ağızlık açılınca daha fazla çekilen çözgü ipliklerindeki fazlalık miktarını, ağızlık kapandığı zaman geri alarak çözgü gerilimini sabit tutmaktadır.

d) *Gücü ve çerçeveler*: Dokuma sürecinde, çözgü ipliklerinin geçirildiği tellere *gücü* ve bu *gücü* tellerini taşıyan desteklere ise *çerçeve* adı verilmektedir.

e) *Tefe ve tarak*: Atkı ipliğini, kumaşa *tarak* aracılığıyla dahil eden aparata *tefe* adı verilmektedir. *Tarak* ise çözgü ipliklerini birbirinden ayırmak, çözgü ipliklerinin birbirine olan aralığını saptamak ve atılan atkıyı kumaşa dahil etmek için kullanılmaktadır. *Tarak* tellerindeki bükülmeler ve *tarak dişleri* üzerindeki kirler, kalite kontrol sürecinde ortaya çıkan ve *tarak izleri* denilen hatalara neden olmaktadır.

f) *Cımbarlar*: *Cımbarlar*, dokuma süreci esnasında kumaş enini tarak enine yakın tutan parçalardır.

g) *Kumaş köprüsü*: *Kumaş köprüsü*, üretilen kumaşı, *kumaş regülatörüne* doğru sevk eden parçalardır.

h) *Kumaş çekme silindiri ve kumaş regülatörü*: Üretilen kumaşı sabit bir hızla çekme ve sarma işlemlerini gerçekleştirmektedirler.

3.3. Dokumanın Hazırlık İşlemleri

Dokuma işletmelerinde, dokumada kullanılmak üzere gelen ipliklerin dokuma işlemine katılabilmeleri için bir dizi hazırlık aşamasından geçmesi gerekir. Bu hazırlık işlemlerinin temel hedefi dokumada kullanılacak çözü iplerinin düzgün ve rahat çalışmasını sağlayacak şekilde dokuma işlemine hazırlanması ile dokunan ürün kalitesini arttırmaktır. Bu işlemler çözü ve atkı bobinlerinin hazırlanması, çözü leventlerinin hazırlanması, düğüm ve çözü taharı olarak sırasıyla yapılmaktadır.

Çözü ipleri levent adı verilen büyük flanşlı makaralara sarılı olarak dokuma tezgâhının arkasına yerleştirilmektedir. Atkı ipliği ise düz (silindirik) masuralara çapraz olarak sarılarak bobin haline getirilmektedir.

Çözü Hazırlama

Çözü hazırlamada temel amaç, çözü ipliklerinin dokuma leventi üzerine istenilen ende eşit gerginlikte ve birbirlerine karışmayacak şekilde paralel olarak sarmaktır. Çözü çekimi yapabilmek için çözü bobinlerinin düzgün ve sabit bir şekilde dizilmeleri gerekmektedir. Bobinlerin üzerindeki ipliklerin rahatça sağlanabilecek şekilde sabit ve düzgün olarak dizildikleri iğlerin bulunduğu raflar ile ipliklerin düzgün sıralar halinde çözüleme bölümüne sevk edilirken geçtikleri kısımların tümüne birden çağlık adı verilmektedir. Çözüleme işleminde çağlıktan gelen iplikler paralel olarak doğrudan levende sarılmaktadır.

Düğüm

Bir dokuma makinesinde bulunan çözü leventinin bitmesi durumunda dolu levent biten leventteki ipliklere elle veya düğüm makinasıyla teker teker düğümlenir. Bu işleme düğüm denilmektedir. Dokuma makinasında aynı tip çözü çalışıyorsa uzun ve zahmetli olan tahar işlemine gerek yoktur. Eğer aynı tip çözü çalışmıyorsa Taharlama işlemleri ile birlikte yapılması gerekmektedir.

Taharlama

Kumaş örgü yapısına göre; çözgü ipliklerinin dokuma sırasında bireysel kontrol edilebilmeleri için lamellere dizilmesi gerekir. Genel olarak bir çözgü bir lamelden geçmektedir. Buna *Lamel Taharı* adı verilmektedir.

Yine kumaş örgü yapısına göre istenilen şekilde ağızlık oluşumu için, belirlenen bir sırada gücülerden geçirilmesi gerekmektedir. Bir gücü telinden genellikle bir çözgü geçmektedir. Buna *Gücü Taharı* adı verilmektedir.

İstenen ende ve çözgü sıklığında dokunmuş kumaş elde etmek için çözgü iplikleri belirli sayılarda tarak dişleri arasından geçirilmesi gerekmektedir. Buna *Tarak Taharı* adı verilmektedir. Genellikle bir tarak dişinden iki çözgü ipliği geçirilmektedir. Fakat iplik inceliğine ve kumaşta istenilen yüksek iplik sıklığına göre tarak dişlerinde geçecek çözgü ipliği sayısı değişebilmektedir. Bu sayı düzenli tarak taharı anlayışında tarak numarasına göre ifade edilmektedir. Tarak numarası metrik sistemde 10 cm tarak genişliğindeki diş sayısını ifade etmektedir. Örneğin 2/30; tarak numarasının 30 olduğunu ve her bir tarak dişinden 2 çözgü ipliği geçirildiğini ifade etmektedir.

Yukarıda açıklanmış lamel, gücü ve tarak taharının hepsine birden *taharlama* adı verilmektedir.

3.4. Dokuma Tezgâhlarında Çizelgeleme

Dokuma tezgâhlarında çizelgeleme problemi paralel makinelerde çizelgeleme konu başlığı altında bulunmaktadır. Literatürde dokuma tezgahlarında çizelgeleme problemiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Chen ve Harlock (1999), önerdikleri sezgisel yaklaşımın benzetimini Witness programında yapmışlardır. Kahn vd. (1999) tarafından da benzer bir çalışma yapılarak uygulamaya yönelik bir simülasyon programı geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım karmaşık dokuma planlama problemlerini olasılıklı davranışlarını modelleyerek çözüm üretmektedir.

Serafini (1996) tarafından farklı tipte kumaşların üretimi için bir çizelgeleme problemi üzerine çalışılmıştır (Xing ve Zhang 2000). Çörekçioğlu (2006) tarafından iş

PDF Eraser Free

süreçleri modelleme notasyonu kullanarak bir çizelgeleme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda uzun modelleme çalışmalarına ihtiyaç duyulmadan doküman çizelgeleme modeli ortaya koyulmaktadır.

4. DOKUMA MAKİNALARINA İŞ YÜKLEME

Bu çalışmada, çuval kumaşı üretimi yapan bir fabrikada planlama bölümüne gelen siparişlerin dokuma makinelerine gerek teknolojik kısıtlara, gerekse termin kısıtlarına uygun olacak ve en yüksek makine kapasite kullanım oranını elde edebilecek şekilde yüklenmesi amaçlanmaktadır. Yüklemenin verimliliği için birçok kriterin aynı anda değerlendirilerek bir çözüme ulaşılması gerekmektedir. Genellikle dokuma tezgâhlarında iş yüklemenin nasıl olması gerektiğine dair bir yöntem tanımlanmamıştır. İşletmedeki mevcut sistem de tüm kriterleri birlikte değerlendirebilecek bir yapıya sahip değil tamamen sezgisel yapıya sahiptir. Bu çalışma ile işletmedeki mevcut durum, makine kapasitesi, ürün çeşitliliği, hazırlık ve imalat süreleri ve bunlara bağlı tüm parametreler tespit edilmiştir. Daha sonra bu mevcut duruma göre problemin çizelgeleme sınıfı belirlenmeye çalışılmıştır. Siparişlerin tüm makinelere atanabilir ve tüm tezgâh hızları ve üretim sürelerinin aynı olması nedeniyle makinelerin özdeş ve paralel makine (Identical Parallel Machine) olduğu belirlenmektedir. Ayrıca atama yapılacak makinelerin ayar süreleri bu makinelerde bir önce çalışmış olan ürünlerin özelliklerine bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle problem sıra bağımlı ayar zamanlı (Sequence Dependent Setup Times) dır. Sistemde bir kumaşa olan siparişin aynı anda birden fazla tezgâhta üretilebilmesine izin verilmektedir. Bu durum işlerin bölünebilir olduğu bölünmüş işler ile paralel makinalarda çizelgeleme konu başlığı altında bulunmaktadır. Bu tespitler ışığında ele alınan problem işlerin bölünebilir olduğu sıra bağımlı hazırlık süreli özdeş paralel makine çizelgeleme problemidir.

Bu problemin çözümüne yönelik olarak atanacak makine planlarının belirlenmesinde iki aşamalı bir yapı öngörülmüştür. İlk aşamada sütun türetme tekniği ile makinalardaki olası makina planları türetilmektedir. Bir tezgâhta aynı anda 3 farklı ebatta dokuma yapılabildiği ve çok sayıda ürün tipi bulunduğu için her bir tezgâhta üretilebilecek ürün kombinasyonu çok fazla sayıda olabilmektedir. Bu planların tümünün türetilmesi zaman alıcı bir işlemdir. Ayrıca pek çok plan da verimsiz olabilmektedir. Bu sakıncaları

PDF Eraser Free

önlmek ve gerçekten verimli makine planlarını türetmek için sütun türetme tekniği kullanılmıştır.

Yöntemin ikinci aşamasında ise 1. aşamada türetilen planlar makinalara atanmaktadır. Bu ise bir genelleştirilmiş atama modeli yardımıyla gerçekteştirilmektedir. Yöntemin hem 1. hem de 2. aşamasında kullanılan modellerin çözümlü için LINGO 11.0 eniyileme yazılımı kullanılmıştır. Yöntemin kullanımının kolaylaştırılması ve kullanıcının LINGO programını bilmesi gerekliliğinin kaldırılması amacıyla Lingo modelleri Excel ortamında butonlar ve makrolar yardımıyla çağırılarak Excel altında çalışması sağlanmıştır. Çalışmada öncelikle firmada karşılaşılan yükleme problemi için çözümler bulunması hedeflenmiş ancak geliştirilen yöntemin test edilmesi amacıyla da örnek problemler geliştirilerek sistemin performansı test edilmiştir.

4.1. Mevcut Durumun Belirlenmesine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada ele alınan işletme, polipropilen malzemeden sentetik çuval kumaşı üretimi yapmaktadır. İşletmenin ele aldığımız bölümünün makine parkında 20 adet düz dokuma makinesi bulunmaktadır. Bu makinelerde bez ayağı dokuma yapılmaktadır. Tüm makineler dokuma salonuna gelen farklı özelliklerdeki tüm kumaş siparişlerini üretme kabiliyetine ve aynı üretim hızına sahiptir. Bu nedenle sistemde 20 adet özdeş paralel makine (Identical Parallel Machine) mevcuttur.

Sistemde bir kumaşa olan siparişin aynı anda birden fazla tezgâhta üretilebilmesine izin verilmektedir. Bu nedenle bu çalışma işlerin bölünebilir olduğu durum ele alınmaktadır.

Dokuma salonunda bir tezgâhta dokuma yapılabilmesi için bazı hazırlık işlemlerinin gerçekteştirilmesi gerekmektedir. Bu hazırlık işlemleri makinede bir önce üretilen kumaş özelliklerinden etkilenmektedir. Bu nedenle sistemde sıra bağımlı hazırlık zamanı (Sequence Dependent Setup Times) mevcuttur. Sistemde siparişlerin tezgâhlara ataması gerçekteştirilirken, öncelikle ataması yapılacak olan makine planının o an için mevcut tezgâhlarda üretilmekte olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

PDF Eraser Free

Sistemde üretilen kumaşlar standart özelliklerde üretilmektedir. Ürünler temel olarak en ve m^2 ağırlıklarına göre sınıflandırılmaktadır. Dokuma salonunda üretilen kumaş enleri; 70 cm, 75 cm, 80 cm, 85 cm, 91cm, 95 cm, 100 cm, 105cm, 110 cm, 115 cm, 120 cm olmak üzere 11 adet standart ende kumaş üretimi yapılmaktadır. $1 m^2$ kumaş ağırlığına yani kumaş gramajına göre ise 165 gr, 180 gr, 200 gr, 230 gr olmak üzere 4 adet gramajda kumaş üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretilen kumaş özelliklerine iletkenlik, yanmazlık, ventil, renk vb. birçok özellik eklenebilmektedir. Fakat bu çalışmada bu özellikler ele alınmayacaktır.



Şekil 4.1 Bir Dokuma Tezgahı Görünümü

Ele alınan dokuma salonunda bir tezgâhta aynı anda birden fazla (genellikle 3) ürün birlikte üretilmektedir. Bu ürünler aynı ya da farklı kumaş eninde olabilmektedir. Bu durum dokuma makinalarının dokuma eninin üretilmek istenen kumaş eninden büyük olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bir makinedeki ürünler aynı atkı ipliğini kullandıkları için aynı metrekare ağırlığına sahip olmaktadır. Bu nedenle makinelere atama işlemi kumaş yani ürün bazında değil makine planı bazında yapılabilmektedir. Ancak bir makine planında da sadece aynı gramaja sahip kumaşlar yer alabilmektedir.



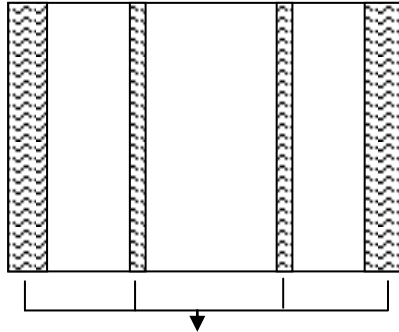
Şekil 4.2 Çözüğü Makinesi Görünümü

Bu makine planlarında makinelerin dokuyabildikleri en büyük makine eni yani makine üzerinde dokunan kumaş enleri toplamının üst sınırı göz önünde bulundurularak hazırlanmaktadır. Teorik olarak makinelerin eni 330 cm'ye kadar kumaş dokuyabilmektedir. Fakat en büyük dokuma eni (makine eni) sistemde makineye bağlanacak olan çözgü leventlerinin hazırlandığı çözgü makinesine takılabilen iplik adedine bağlıdır. Çözgü makinesine en fazla 2100 adet iplik takılabilmektedir. Bu nedenle dokuma eni (makine eni) bu tel sayısının izin verdiği en büyük en kadar gerçekleşebilmektedir.



Şekil 4.3 Çözü Makinesi Çağlık Görünümü

Dokuma salonunda iki farklı çözgü tasarımı kullanılmaktadır. Bu tasarımlarda kullanılan tarakların sıklıkları farklılık göstermektedir. Tarak sıklığı bir tarağın 10 cm'lik kısmında bulunan tarak dişi sayısını belirtmektedir. 165 gr kumaş üretiminde 25 sıklığa sahip tarak, 180 gr, 200 gr ve 230 gr kumaşların üretiminde ise 30 sıklığa sahip tarak kullanılmaktadır.



Takviye Bölgeleri
Şekil 4.4 Kumaş Tasarımı Örneği

Genellikle bir tarak dişinden iki çözgü ipliği geçirilmektedir. Fakat kumaşta istenilen yüksek iplik sıklığına göre tarak dişlerinde geçecek çözgü ipliği sayısı değişebilmektedir. Düzenli tarak taharı anlayışında çözgü ipliği sayısı tarak numarasına

PDF Eraser Free

göre ifade edilmektedir. Örneğin 2/30; tarak sıklığının 30 olduğunu ve her bir tarak dışından 2 çözgü ipliği geçirildiğini ifade etmektedir. Ele aldığımız sistemde düzenli tarak taharı kullanılmamaktadır. Kumaş tasarımına göre yüksek mukavemet istenen kumaş bölgelerinde bir tarak dışından 3 çözgü ipliği, kumaşın diğer bölümlerinde ise bir tarak dışından 2 çözgü ipliği geçirilmektedir. Bu tasarımlara göre bir kumaşın çözgüsünde bulunacak çözgü ipliği sayısı iki farklı şekilde hesaplanmaktadır.

165 gr yani 25 sıklıklı tarak için çözgü tel sayısı hesaplanma formülasyonu formül (5.1)'de gösterilmektedir.

$$\text{Çözgü Tel Sayısı (25 sıklık)} = 1,15 * \text{toplam kumaş eni} * 5 \quad (4.1)$$

180 gr ve üzeri gramaj kumaşlarda yani 30 sıklıklı tarak için çözgü tel sayısı hesaplanma formülasyonu formül (5.2)'de gösterilmektedir.

$$\text{Çözgü Tel Sayısı (30 sıklık)} = 1,15 * \text{toplam kumaş eni} * 6 \quad (4.2)$$

Formülasyonlarda yer alan 1,15 katsayısı kumaşın yukarıda bahsedilen kumaş tasarımına göre hesaplanmış bir katsayıdır.

Bir kumaş topu 1059 metre uzunluğunda dokunmaktadır. 180 gr ve üstü gramajda bir çözgü levendi 4450 metre olarak çekilmektedir. Makineye bağlanan bir çözgüden 4 kez top kesilmektedir. Yani 4 adet 1059 metre kumaş üretilebilmektedir. 165 gr bir çözgü levendi ise çözgü iplik adedi daha az olduğu için 5550 metre olarak çekilmektedir. Makineye bağlanan bir 165 gr çözgüsünden 5 kez top kesilmektedir. Yani 5 adet 1059 metre kumaş üretilebilmektedir. Normal şartlarda (arıza ve/veya duruş gerçekleşmediği durumlarda) bir makinede bir günde 1000 metre kumaş üretilmektedir.

PDF Eraser Free

Siparişlerin makinelerde atanmasında üç farklı hazırlık işlemi mevcuttur. Bunlar şöyle verilebilir:

1. Gramaj değişimi :

Bu hazırlık işlemi makine üzerinde bulunan makine planına ait gramajın makineye atanacak makine planının gramajından farklı olması durumunda gerçekleşmektedir. Tüm kumaş gramajlarında atkı ipliği farklı denyelerde kullanılmaktadır. Denye, 9000 metre ipliğin gr cinsinden ağırlığını belirten bir ağırlık birimidir. Gramaj değişimi işleminde atkı ipliği değişimi dışında makine atkı sıklığında da değişiklik gerçekleştirilebilir. Bu kumaş tasarımına göre farklılık göstermektedir. Atkı sıklığı değişiminde tezgâh sıklık dişlilerinin değiştirilmesi gerekmektedir.

2. Ebat Değişimi :

Bu hazırlık işlemi makine üzerindeki kumaş planından farklı bir planın makineye atanmak istenmesi durumunda gerçekleşmektedir. Bu işlem süresi makine üzerinde bulunan kumaş enlerinden kaçında değişiklik yapılacağına göre uzayıp kısalabilmektedir. Eğer makine üzerinde bulunan kumaş enlerinden sadece ikisi değişiyor ise tüm enlerin değişiminden daha kısa bir sürede gerçekleşecektir. Bu işlemde kumaş eni değiştiği için kumaş enine göre tarak değişimi gerçekleşecektir. Tarak değişiminde değişimi yapılacak kumaşın tüm çözgü ipleri kesilmekte ve yeni tarak taharı ve gücü taharı alınarak çözgü ipleri tek tek el ile bağlanmaktadır. Bu işlem el ile makine üzerinde sadece iki kumaş üzerinde değişiklik yapılması durumunda ortalama olarak 180 dk, makinede bulunan tüm kumaşlarda değişiklik yapılması durumunda ortalama olarak 210 dk sürmektedir.

3. Çözgü değişimi :

Bu hazırlık işlemi makine üzerindeki çözgü leventinin çözgü tel sayısından farklı bir tel sayısında leventin makineye bağlanmak istendiğinde

gerçekleşmektedir. Bu işlem süresi makine üzerinde bulunan çözümlü tel sayısının makineye bağlanacak olan levendin çözümlü tel sayısı arasındaki farka göre değişiklik göstermektedir. Makine üzerindeki tüm çözümlü iplerine makinenin çözümlü kopması durumunda durmasını sağlamak amacıyla metal bir plaka olan lamel bağlanmaktadır. Bu fark kadar makineye lamel eklenmesi veya çıkartılması gerekmektedir. Bu işlemin ortalama süreleri Tablo 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1 Çözümlü Tel Sayısı Farkına Göre Hazırlık Süreleri Tablosu

Çözümlü Tel Sayısı Farkı	Ortalama Ölçülen Hazırlık süresi
0-100	210 dk
100-200	240 dk
200-300	270 dk
300-400	300 dk
400-500	330 dk

Tablo 4.1’de verilen süreler geçmişe yönelik işletmenin üretim raporları incelenerek derlenmiştir. Bu raporlar incelendiğinde yıl içerisinde yaklaşık 600 adet iş emri yazıldığı yani 600 adet makine plan değişiminin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Makine plan değişimindeki 600 rakamı 600 adet makine ebat, gramaj ve çözümlü değişiminin çeşitli varyasyonlarının gerçekleştiğini ifade etmektedir. Tüm bu plan değişikliklerinden Tablo 4.1’deki ortalama süreler tespit edilmiştir.

Bahsedilen tüm süreler bu hazırlık işlemlerini gerçekleştirmek için işçiliğin beklenmediği durumda gerçekleşen ortalama sürelerdir. Bir dokuma salonunda eğer aynı anda birden fazla makinenin hazırlık işlemi gerçekleştirilecek ise dokuma salonunda bulunan hazırlık ekip sayısı yeterli değil ise boşta kalan makineler diğer makinelerin hazırlık işlemlerini beklemek durumunda kalacaktır. Bu durum istenmeyen bir durum olmasına rağmen gerçekleşmesi durumunda yukarıda bahsedilen sürelere bu bekleme sürelerinin eklenmesi gerekmektedir.

4.2. Önerilen Çözüm Yaklaşımı

Problemin çözüm yönteminin açıklanmasından önce bazı varsayımların yapılması gerekmektedir.

Varsayımlar

1. Sistem, sürekli bir sistem olduğu için makinelere sıfır anında atama yapılmamaktadır. Yani atama yapılacak makine üzerinde mutlaka çalışan bir makine planının bulunduğu durum ele alınmaktadır.
2. Makine plan geçişlerinde hazırlık işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli iş gücü beklemesinin olmadığı yeterli iş gücünün hazır bulunduğu durum ele alınmaktadır.
3. Sisteme gelen siparişlerin 1000 metreden az olmadığı ve 1000'in katları şeklinde geldiği varsayılmaktadır.
4. Makinelerin arızalanmadığı arıza nedeniyle duruşların sıfır olduğu kabul edilmiştir.

Bu çalışmada dokuma bölümündeki tezgâhların kullanım oranlarının artırılması ve işlerin gecikmelerinin azaltılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, makine eninin maksimum kapasitede kullanılması hedeflenmektedir. Çünkü makine eni kullanım oranı ne kadar büyük olursa dokuma salonunda üretilecek olan kumaş üretimi kg ağırlık olarak o kadar büyük olacaktır. Dokuma salonunda bulunan makinelerin hızlarında bir farklılık bulunmadığı durumda yani aynı sürede aynı metre kumaşın üretildiği durumda üretimin miktarını etkileyen ve müdahale edebildiğimiz değişkenler makine eni ve hazırlık süreleridir. Bu değişkenlerin eniyi değerlerde kullanılması gerekmektedir.

Bu problemin çözümü için öncelikle siparişlerin karşılanabilmesi amacı ile gerekli makine planlarının oluşturulması gerekmektedir. Sistemde 20 adet makine olduğu ve bir

PDF Eraser Free

makinede birden fazla kumaşın üretilebildiği, 11 standart kumaş eni ve 4 farklı kumaş gramajı olduğu göz önünde bulundurulduğunda oldukça fazla sayıda olası plan ile karşı karşıya kalınacağı açıktır. Tüm kumaşlara siparişin olduğu durumda ortalama 1320 adet olası plan türetilebilmektedir.

Bu planların oluşturulmasında sütun türetme tekniği kullanılmıştır. Bu yaklaşım, tamsayı doğrusal karar modellerini çözmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bazı doğrusal modellerde, değişkenlerin yani simpleks algoritmasındaki sütunların sayısı milyonları bulabilmektedir. Algoritma, büyük boyutlu doğrusal programlarda değişkenlerin çoğu simpleks algoritmasında temelde olmayacağı ve eniyi çözümde sıfır değerini alacağı için, problemi çözerken değişkenlerin sadece bir alt kümesinin dikkate alınmasının yeterli olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Algoritma, bir doğrusal programlama modeli çözülürken işe sadece temelde olan değişkenlerle başlayıp, daha sonra temele girmesi gereken diğer değişkenleri belirlemek için dual değişkenleri kullanır.

Bu yöntem ile ilgili ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

4.2.1. Sütun Türetme Tekniği

Ford ve Furkerson, 1958'de beş yıl üzerinde çalışarak sütun oluşturmayı çok ürünlü şebeke akış problemi için önermiş, Dantzig ve Wolfe, 1960'da bunu bir ayrıştırma yapısında doğrusal programlama yapısına adapte etmiştir. Bu tekniğin ilk gerçek kullanımı 1961 yılında Gilmore ve Gomory tarafından kesme problemlerinin çözümü için etkin bir sezgisel algoritma parçası olarak gerçekleşmiştir.

Sütun oluşturma algoritmasının paralel makine çizelgeleme problemlerinde kullanılması ile ilgili Van den Akker, Hoogeveen ve Van de Velde (1999) ve Chen ve Powell (1999) çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu iki grup paralel makinelerde ağırlıklı toplam tamamlanma zamanı enküçüklenmesi problemleri için modeller önermişlerdir.

Sütun türetme algoritması bir problemin küçük, yönetilebilir bir parçasının değişkenlerin tamamıyla değil bir kısmıyla başlamaktadır. Bu küçük parça çözülerek çözüm analiz edilmekte ve problemin modele eklenecek bir sonraki parçası olarak bir ya da daha fazla değişken belirlenmektedir. Daha sonra genişletilmiş model tekrar çözülmektedir.

PDF Eraser Free

Sütun türetme yoluyla çözümde, problemin bütününe tatmin edici bir sonuç bulunana kadar bu süreç tekrarlanmaktadır. Yöntemde bir tane sürekli yeni sütun eklenerek genişletilen bir ana model bir de bu modelin ikilinden yararlanılarak yazılan ve çözülen bir alt problem vardır. Bu iki problem arasındaki bilgi iletimiyle eniyi çözüme ulaşılmaktadır.

Sütun oluşturma algoritmaları,

- Ana problem
- Alt problem

olmak üzere iki aşamadan oluşur.

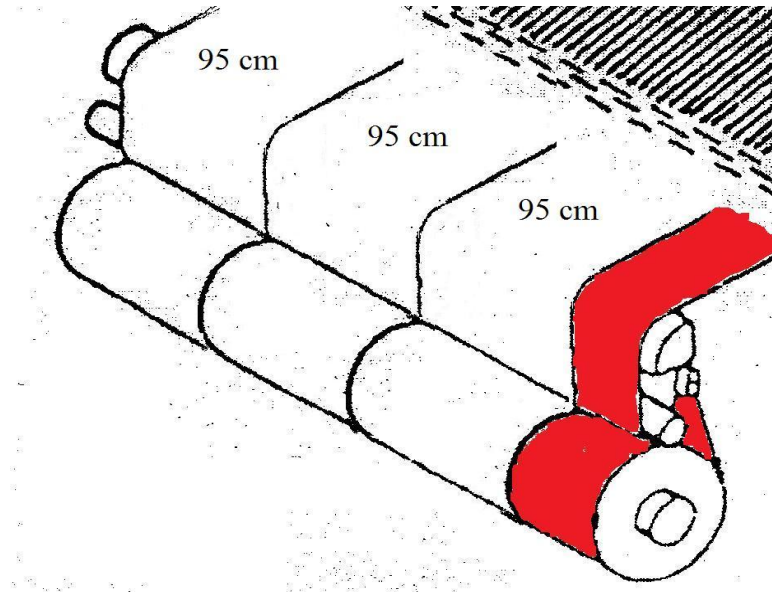
Ana problem, değişkenlerin sadece bir alt kümesini dikkate alan orijinal problem; alt problem ise ana probleme gönderilmek üzere yeni bir değişken tanımlamak için oluşturulan yeni bir problemdir.

Algoritma şu şekilde çalışır: Ana problem, uygun bir çözüm bulmaya yetecek belirli sayıda değişken ile çözülür. Bu problemin çözümünden ana problemdeki her kısıt için bir dual değişken değeri elde edilir. Bu dual değişkenler daha sonra alt problemin amaç fonksiyonunda kullanılır. Alt problem çözülür. Eğer alt problemin amaç fonksiyonu değeri negatif ise, negatif indirgenmiş maliyetli bir değişken (sütun) tanımlanır. Bu değişken daha sonra ana probleme eklenir ve ana problem yeniden çözülür. Ana problemi yeniden çözmek yeni bir dual değerler kümesi oluşturur ve süreç hiçbir negatif indirgenmiş maliyetli değişken oluşturulmayana kadar tekrarlanır. Alt problemin çözümü negatif olmayan bir indirgenmiş maliyetle döndüğünde, ana probleme bulunan çözümün eniyi olduğu sonucuna varılır.

Sütun türetme algoritmasının en bilinen örneği kesme problemi olmakla birlikte; ekip çizelgeleme, ekip eşleştirme problemi, filo atama, araç rotalama, zaman pencereli gezgin satıcı problemi, personel çizelgeleme problemi, esnek imalat sistemlerinde iş gruplama, uydu iletişim sistemlerinde trafik atama, genel atama problemi, grafik boyama, grafik ayrıştırma, paralel makineli tam zamanında çizelgeleme problemleri, kapasiteli p-medyan problemi gibi birçok tamsayı kısıtlı probleme de uygulanmaktadır.

4.2.2.Sütun Türetme Yönteminin Probleme Uyarlanması

Problemde siparişleri karşılanması için makinelere atanacak planları sütun türetme algoritması kullanılarak belirlenecektir. Makine planları oluşturulurken makine kapasite kullanımının artırılması için makinelerin maksimum ende yüklenmesi amaçlanmaktadır. Bir makinenin üzerinde dokunacak kumaş enlerinin hepsinin aynı atkı ipini kullanması nedeniyle aynı metrekaare ağırlığına sahip kumaşların oluşturulacak makine planlarında yer alması gerekmektedir. Sütun türetme tekniği ile türetilcek makine planlarının sadece makine eni göz önünde bulundurularak türetilmesi nedeniyle kesme problemi yapısına benzerlik göstermektedir. Problem 1,5 boyutlu kesme problem yapısına benzer şekilde kesme eni olarak makine eni, kumaş topu boyutu (1000 m) kesme uzunluğu, kullanılmayan makine eni fire olarak değerlendirilerek kullanılmayan makine eninin en küçüklenmesini amaçlayan bir model oluşturulmuştur.



Şekil 4.5 Makine Planı Görünümü

PDF Eraser Free

Bu kapsamda öncelikle makinelere kumaş tasarımlarına göre maksimum yüklenebilecek enler hesaplanarak kullanılabilir makine en kapasiteleri belirlenmektedir. Bu hesaplamada çözgü makinesinde kullanılacak çözgü ipliği sayısına göre hesaplama yapılmaktadır. 165 gr kumaş tasarımı için makine eni formül 4.1'den kumaş eni değeri çekilerek hesaplanmaktadır.

Formül 4.1'den toplam kumaş eni çekilirse;

$$\text{Toplam Kumaş Eni} = \frac{\text{Çözgü Tel Sayısı}}{1,15*5} \quad (4.3)$$

Hesaplama yapıldığında makineye yüklenebilecek toplam kumaş eni 365 cm olarak hesaplanmaktadır. Fakat sistemde bulunan makinelerin kapasitesi 330 cm yüklemeye izin vermektedir. Bu nedenle 165 gr kumaş planları için maksimum makine eni olarak 330 cm belirlenmektedir.

180 gr ve üstü gramaj kumaş tasarımı için makine eni formül 4.2'den kumaş eni değeri çekilerek hesaplanmaktadır.

Formül 4.2'den toplam kumaş eni çekilirse;

$$\text{Toplam Kumaş Eni} = \frac{\text{Çözgü Tel Sayısı}}{1,15*6} \quad (4.4)$$

Hesaplama yapıldığında makineye yüklenebilecek toplam kumaş eni 304 cm olarak hesaplanmaktadır. Fakat 180 ve üzeri gramaj kumaşlar için maksimum makine eni 306 cm olarak ele alınmaktadır. Bu farkın sebebi 91 cm enli kumaşın üretiminde planlara atanabilir olmasını sağlamaktır. Bu fark sonucu toplam makine eninde 12 adet iplik eksik kalmaktadır. Bir makinenin 3 farklı kumaşı çalıştığını düşündüğümüzde bir kumaşta 4 adet iplik eksik kalması demektir. Bu iplikler çözgü levendi makineye bağlandıktan sonra dışarıdan makineye eklenerek tamamlanabilmektedir.

PDF Eraser Free

Sütun türetme algoritmasında ana problem küme kaplama ya da küme ayrıştırma modeli, alt model ise bir en kısa yol problemi olarak formüle edilmektedir. Problemden makinelere atanacak olan makine planı içerisinde bulunan tüm kumaşların aynı atkı ipini kullanmaları nedeniyle aynı gramajlarda olması gerekmektedir. Bu sebeple oluşturulacak planlar her gramaj için ayrı ele alınarak çözülecektir. Her kumaşa olan siparişlerin toplam miktarları göz önüne alınmıştır. Fakat bu problem için planlama uzayı 3 gün olarak seçilmiştir. Planlar hazırlanırken planın duyarlılığını arttırmak amacıyla sadece 3 günlük sipariş miktarları göz önünde bulundurulacaktır.

Ana Problem

Sütun Türetme Tekniği için ana probleme ilişkin modeli oluşturmadan önce modelde kullanılacak olan değişken ve notasyon açıklanacaktır.

$J = \{j=1,2,\dots,n\}$ kesme planları kümesi

$I = \{i=1,2,\dots,m\}$ kesilecek ürünler kümesi

$x(j)$: *j. plandan uygulama sayısı*

$a(i, j)$: *j. planda i. üründen bulunan miktar*

$c(j)$: *j. planda kullanılmayan makine eni miktarı*

d_i : *i. kumaşına olan talep miktarı*

n_t : *t. iterasyonda plan sayısı*

t : *mevcut iterasyon*

$t = 0$ iken n_t , başlangıçta oluşturulan plan sayısı kadar alınır. Her iterasyon sonucunda, alt problem aracılığı ile yeni bir plan oluşturularak, n_t değeri bir arttırılmaktadır.

Ana Problemden amaç kullanılmayan makine eni miktarını enküçükmektir. Kısıtlar ise her kumaş ebadına olan siparişin tam veya fazla olarak karşılanması sağlamaktır. Buna göre ana model şöyle verilir:

PDF Eraser Free

$$\text{Min}z = \sum_{j=1}^{n_t} c(j) * x(j) \quad (4.5)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^{n_t} a(i,j) * x(j) \geq d_i \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (4.6)$$

$$x(j) \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad (4.7)$$

Alt Problem

Ana problem gevşeterek simpleks algoritması ile çözüldükten sonra, ana problemdeki her bir kumaş eni için oluşturulan kısıtlara ilişkin ikil değerler alt probleme gönderilir. Alt problemde makine eninin istenen alt limit değeri de kısıt olarak eklenmiştir.

Alt probleme ait gösterimler aşağıdaki gibidir;

e_i : i ürününe ilişkin en değeri

b_i : yeni planda i. ürün miktarı

w_i : ana problemden alt probleme gönderilen dual değerler

M_{\min} : İstenen enküçük makine eni

M_{\max} : İstenen enbüyük makine eni

$$\text{Enb}V = \sum_i w_i * b_i - (M_{\max} - \sum_i e_i * b_i) \quad (4.8)$$

Kısıtlar

$$\sum_i e_i * b_i \leq M_{\max} \quad (4.9)$$

$$\sum_i e_i * b_i \geq M_{\min} \quad (4.10)$$

$$b_i \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad (4.11)$$

Alt problemin 4.9 ve 4.10 kısıtları kesme planının eninin istenen enküçük ve enbüyük aralıkta olmasını garantiler. Amaç ise yeni kesme planına ait marjinal katkı

PDF Eraser Free

değerinin enbüyüklenmesidir. Bu alt problem çözüldüğünde V değeri sıfırdan büyük ise yeni kesme planının ana probleme eklenmesi gerektiği anlaşılır. Çünkü bu kesme planına ait değişkenin temele girmesiyle daha iyi bir çözüm elde edileceği anlaşılır. Yeni değişken ana modele eklenerek ana model gevşetilmiş haliyle yeniden çözülür. Ama V değeri negatif ise yeni değişkenin temele girmesine gerek olmadığı ve eldeki çözümün eniyi çözüm olduğu anlaşılır. Ana problemin yeniden çözümüyle elde edilen yeni dual değişken değerleri alt probleme aktararak alt problem yeniden çözülür. Bu işleme $V \leq 0$ değeri elde edilene kadar devam edilir.

4.2.3.Lingo Modelinin Oluşturulması

Model oluşturulurken 3 adet dizi oluşturulmuştur. PLANLAR dizisi oluşturacağımız makine planlarını temsil etmek için kullanılmıştır. Her makine planının bir maliyeti vardır ve bu maliyet MALİYET değişkeninde tutulmaktadır. X değişkeni ise makine planının kaç kez kullanılacağına ilişkin karar değişkenini temsil etmektedir. Oluşturulan diğer dizi FG dizisidir. Bu dizi kumaşları ve özelliklerini temsil etmek için kullanılmıştır. Her kumaşın bir eni (WIDTH), talebi (DEM) mevcuttur. PRICE değişkeni ise dual değişkenin değerlerini tutmak için oluşturulmuştur. Ana problemin çözüldüğü her seferde dual değişken değerleri güncellenir. FXP dizisi ise bir planda kumaşın kaç kez kullanıldığını tutmak için kullanılmıştır.

SETS:

PLANLAR: MALİYET, X;
FG: EN, DEMA, PRICE, Y;
FXP(FG, PLANLAR): NBR;

ENDSETS

Modelde veriler LINGO @ole fonksiyonu kullanılarak Excel üzerindeki sipariş tablosundan alınmaktadır. Modele ilişkin veriler aşağıda verilmiştir.

DATA:

PLANLAR = 1..30;
RMEN165 = 330;
RNEN = 270;

! 30 plan oluşturulabilir;
! En Büyük yüklenebilen makine eni 165 gr için;
! Makine eni alt sınırı;

PDF Eraser Free

```

FG = F70 F75 F80 F85 F91 F95 F100 F105 F110 F115 F120;
      !Kumaşlar...;
GRA = @ole();
EN = @ole();
DEMA = @ole();
BIGM = 999;
ENDDATA

```

Modelde oluşturulan ana modelde kullanılan makine planlarının maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlanmaktadır. Kısıtta ise kumaş taleplerinin karşılanması sağlanmak istenmektedir.

```

SUBMODEL MASTER_PROBA:
[MSTROBJA] MIN= @SUM( PLANLAR( J)| J #LE# NPATS:
MALIYET( J)*X( J));
@FOR( FG( I):
[R_DEMA]
@SUM( PLANLAR( J)| J #LE# NPATS:
NBR( I, J) * X( J)) >= DEMA( I);
);
ENDSUBMODEL

```

Ana modelden tam sayı değer elde etmek için aşağıdaki alt model oluşturulmuştur.

```

SUBMODEL INTEGER_REQA:
@FOR( PLANLAR: @GIN( X));
ENDSUBMODEL

```

Aşağıda verilen alt model ise sütun oluşturma algoritmasındaki alt problemdir. Ana problemin çözümünden elde edilen dual değişken değerleri ile gezgin satıcı problemi çözüm mantığı ile en iyi makine planını oluşturmak için kullanılmıştır.

```

SUBMODEL PLANLAR_GENA:
[SUBOBJA] MAX = @SUM( FG( I): PRICE( I)* Y( I));
@SUM( FG( I): EN( I)*Y( I)) <= RMEN165;
@SUM( FG( I): EN( I)*Y( I)) >= RNEN;
@FOR( FG( I): @GIN( Y( I)));
ENDSUBMODEL

```

Modelde başlangıç planına yüksek bir maliyet atanarak makine planı oluşturmaya başlanmaktadır.

```

MALIYET( 1) = BIGM;
@FOR( FG( I): NBR( I, 1) = 1);

```

PDF Eraser Free

Daha önce açıkladığımız ana model ve alt modeller kullanılarak öncelikle ana problem çözülerek dual değişken değerleri alt modele aktarılarak uygun planlar türetilmekte ve alt model sıfır değerini alana kadar bu işleme devam edilmektedir. Son olarak ana problem tamsayı olarak çözülmektedir.

```
NPATS = 1;
RC = -1;
@WHILE( RC #LT# 0 #AND# NPATS #LT# MXPATS:
  @SOLVE( MASTER_PROBA);
  @FOR( FG( I): PRICE( I) = -@DUAL( R_DEMA( I)));
  @SOLVE( PLANLAR_GENA);
  RC = 1 - SUBOBJA;
  @IFC( RC #LT# 0:
    NPATS = NPATS + 1;
    @FOR( FG( I): NBR( I, NPATS) = Y( I);
    MALİYET( NPATS) = 1;
  ); );
@SOLVE( MASTER_PROBA, INTEGER_REQA);
```

4.3. Atamaların Gerçekleştirilmesi

Sütun türetme tekniği ile uygun makine planlarının türetilmesinden sonra türetilen makine planlarının hangi makineye atanacağı ile ilgili kararın verilmesi gerekmektedir. Bu karar süreci Yöneylem Araştırması'nda en çok tanınan problemlerden biri olan Atama (Assignment) problemidir. Atama problemlerinin çözümü ile ilgili birçok yöntem bulunmaktadır. Atama problemlerinde amaç kısıtlara uyan alternatifler içerisinde en düşük maliyetli olanın belirlenmesidir. Bir atama probleminde “m!” (m matris boyutunu belirtmektedir) uygun geçerli alternatif çözüm oluşmaktadır. Problemin büyüklüğü yani m arttıkça uygun geçerli alternatif sayısı büyük bir hızla artacaktır.

4.3.1 Geliştirilen Genelleştirilmiş Atama Modeli

Genelleştirilmiş Atama modeli kurulmadan önce kullanılan değişken ve tanımlamalar açıklanacaktır.

PDF Eraser Free

M : Makine

P : Atanacak makine planları

k : Kumaş enleri

$x(i,j)$: i. makinaya j. makine planının atanması ile ilgili karar değişkeni (1 ise atanıyor, 0 ise atanmıyor)

$a(j,k)$: j. planda k. kumaş eninin miktarı

$C(i,j)$: i. makinada j. plana geçiş maliyeti

$K(i,j)$: i. makinanın j. plan için kapasitesi

$T(k)$: k. ürünün talebi

$L(j)$: j. planın kullanılması gereken miktar

$B(j)$: j. planda bulunan kumaş eni sayısı

Model

$$EnkZ = \sum_{i,j} C(i,j) * x(i,j) \quad (4.12)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i,j} a(j,k) * x(i,j) \geq T(k) \quad \forall k \text{ için} \quad (4.13)$$

$$\sum_i a(j,k) * x(i,j) \leq K(i,j) \quad \forall i, j \text{ için} \quad (4.14)$$

$$\sum_i K(i,j) \geq L(j) * B(j) \quad \forall j \text{ için} \quad (4.15)$$

$$\sum_j x(i,j) = 1 \quad \forall i \text{ için} \quad (4.16)$$

$$\sum_i x(i,j) \geq 1 \quad \forall j \text{ için} \quad (4.17)$$

$$x(i,j) \quad 0,1 \text{ tamsayı} \quad (4.18)$$

Tablo 4.2. Atama Modeli Matrisi

Makinalar (i)	Atanacak Planlar (j)	Ürünler (k)												Kapasiteler			
		70		75		80		85		.		.			120		
M1	P1	a(1,1)	C(1,1)	a(1,2)	C(1,1)	a(1,3)	C(1,1)	a(1,4)	C(1,1)	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(1,1)
		X(1,1)		X(1,1)		X(1,1)		X(1,1)		.		.		x(i,j)			
	P2	a(2,1)	C(1,2)	a(2,2)	C(1,2)	a(2,3)	C(1,2)	a(2,4)	C(1,2)	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(1,2)
		X(1,2)		X(1,2)		X(1,2)		X(1,2)		.		.		x(i,j)			

	Pn	a(n,1)	C(1,n)	a(n,2)	C(1,n)	a(n,2)	C(1,n)	.	.	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(i,j)
X(1,n)		X(1,n)		X(1,n)		.	.	.	.	.	.	x(i,j)				
M2	P1	a(1,1)	C(2,1)	a(1,2)	C(2,1)	a(1,3)	C(2,1)	a(1,4)	C(2,1)	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(2,1)
		X(2,1)		X(2,1)		X(2,1)		X(2,1)		.		.		x(i,j)			
	P2	a(2,1)	C(2,2)	a(2,2)	C(2,2)	a(2,3)	C(2,2)	a(2,4)	C(2,2)	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(2,2)
		X(2,2)		X(2,2)		X(2,2)		X(2,2)		.		.		x(i,j)			

	Pn	a(n,1)	C(2,n)	a(n,2)	C(2,n)	a(n,2)	C(2,n)	.	.	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(i,j)
X(2,n)		X(2,n)		X(2,n)		.	.	.	.	.	.	x(i,j)				
M20	P1	a(1,1)	C(2,1)	a(1,2)	C(2,1)	a(1,3)	C(2,1)	a(1,4)	C(2,1)	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(2,1)
		X(2,1)		X(2,1)		X(2,1)		X(2,1)		.		.		x(i,j)			
	P2	a(2,1)	C(2,2)	a(2,2)	C(2,2)	a(2,3)	C(2,2)	a(2,4)	C(2,2)	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(2,2)
		X(2,2)		X(2,2)		X(2,2)		X(2,2)		.		.		x(i,j)			

	Pn	a(n,1)	C(2,n)	a(n,2)	C(2,n)	a(n,2)	C(2,n)	.	.	.	.	.	.	a(j,k)	C(i,j)	K(i,j)
X(2,n)		X(2,n)		X(2,n)		.	.	.	.	.	.	x(i,j)				
TALEPLER		T(1)		T(2)		T(3)		.	.	.	.	.	T(k)		.	

Modelde, atanacak makine planlarının ürün taleplerini karşılayacak ve makine kapasitelerini aşmayacak şekilde en düşük hazırlık maliyeti ile atanması amaçlanmaktadır. Ele alınan problemde işlerin bölünebilir olduğu yani bir işin birden fazla makinede üretilmesine izin verilmektedir. Örneğin atanacak makine planı sayısı makine sayısından az olması durumunda bir planın birden fazla makinede kullanılması gerekmektedir. Bu durumun göz önünde bulundurulabilmesi amacıyla kısıt 4.13'te makine planlarında

bulunan ürünlerin miktarlarından oluşan $a(i,j)$ plan katsayı matrisi oluşturularak atanan planların ürün taleplerini karşılaması sağlanmaktadır.

Bir planın birden fazla makinaya atanması durumunda makine kapasitelerinin aşılmamasını sağlamak amacıyla kısıt 4.14 oluşturulmuştur.

Bir makinenin kapasitesi izin verse bile bir makine planının kullanım miktarını aşacak şekilde atama yapılmaması gerekmektedir. Bir makine planının kullanım miktarından fazla atanmasını önlemek amacıyla kısıt 4.15 oluşturulmuştur.

Kısıt 4.16 her makinaya en fazla bir planın atanmasını sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Kısıt 4.17 de ise bir planın birden fazla makinaya atanabilmesine izin verilmektedir.

Atamanın gerçekleştirilebilmesi için modelde kullanılan maliyet matrisinin, plan katsayı matrisinin ve makine kapasite matrisinin oluşturulması gerekmektedir.

4.3.2. Atama Maliyet Matrisinin Oluşturulması

Siparişlerin karşılanması için oluşturulan makine planlarının makinelere atanması durumunda karşılaşılabilecek hazırlık faaliyetleri sonucu bir zaman ve üretim kaybı gerçekleşecektir. Bu kaybın en küçüklenmesi için oluşabilecek maliyetlerin doğru tanımlanması önem arz etmektedir. Daha önce de açıklandığı üzere bir makineye yeni bir makine planı atanması durumunda oluşabilecek hazırlık işlemleri atkı değişimi, ebat değişimi ve çözgü değişimi olmak üzere üçtür. Bu hazırlık süresi bu hazırlık işlemlerinin makine üzerinde bulunan plan ve özellikleri ve atanacak makine planı ve özelliklerinin ayrı ayrı karşılaştırılması sonucu oluşturulacaktır.

Öncelikle makine üzerinde bulunan çözgü tel sayısı kontrol edilerek çözgü değişimi olup olmadığı tespit edilmelidir. Eğer çözgü değişimi var ise makine ile atanacak makine planının çözgü tel sayıları arasındaki farkın kontrolü yapılarak çözgü değişim hazırlık işleminin süresi belirlenir.

Bir diğer kontrol ise kumaş gramajındaki değişikliğin kontrolüdür. Tüm kumaş gramajlarında atkı ipliği farklı denyelerde kullanılmaktadır. Gramaj değişimi işleminde atkı

ipliği değişimi dışında makine atkı sıklığında da değişiklik gerçekleştirilebilir. Bu kumaş tasarımına göre farklılık göstermektedir. Atkı sıklığı değişiminde tezgâh sıklık dişlilerinde değişiklik yapılmaktadır. 230 gr kumaşların atkı sıklıkları farklı gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu kontrol yapılırken gramajın 230 gr'a veya 230 gr'dan başka bir gramaja geçişinin yapılacağıın kontrolü yapılacaktır. Bu kontrol sonucu gramaj değişimi ile ilgili hazırlık süresi belirlenir.

Ebat değişimi ile ilgili hazırlık süresinin belirlenmesinde makine üzerinde bulunan kumaş ebatlarının kaçında değişiklik yapıldığının kontrolünün yapılması gerekmektedir. Eğer 3 kumaş ebadı çalışan bir makineye bir kumaşın ebadı aynı diğer iki kumaşın ebadı farklı bir makine planı atanması durumunda makinenin kumaş ebadı aynı olan bölümü üzerinde bir değişiklik yapılmayacağı için hazırlık süresi kısılacaktır.

Bir diğer kontrol ise makine üzerine takılı olan çözü leventi üzerinde bulunan çözü metresidir. Bir makineye takılan çözü levendinin sonuna kadar kullanılması amaçlanmaktadır. Bir makineye çözü levendi bitmeden farklı tel sayısında bir levend takılması çözü levendi değişim sayısını arttıracığı için istenmeyen bir durumdur. Bu durumun önlenmesi ya da aza indirilmesi amacıyla bu durumun gerçekleşeceği olası makine planlarına bir ceza süresi eklenecektir. Makine üzerinde bulunan çözü miktarına göre değişen bir ceza uygulanması uygun görülmüştür.

Tablo 4.3. Çözü Metresine Göre Uygulanacak Ceza Tablosu

Çözü Miktarı	Uygulanacak Ceza Süresi
0-1000	100
1000-2000	200
2000-3000	300
3000-4000	400
4000-5000	500

Sistemde 20 adet makine bulunduğu türetilen makine planı sayısının N kabul edilirse atama maliyet matrisi dk cinsinden Excel ortamında 20xN matris olarak

oluşturulmaktadır. Bu matriste makineler üzerindeki planlar ve özellikleri satırları ile atama yapılacak makine planları ise sütunlar ile ifade edilmektedir. Bu matriste bir makine üzerinde olan planın atanacak olan planların her birine geçişi için gereken maliyetler MS Excel fonksiyonları kullanılarak otomatik olarak oluşturulmaktadır. Şekil 4.5'te 18 adet makine planının türetildiği bir atama maliyet matrisi örneği görülmektedir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2								1	91	75	95	110	91	80	95	80	91	91	80	95	100	95	85	75	91	95	
3								2	91	85	95	110	91	80	95	110	105	91	80	95	100	105	110	75	91	95	
4								3	91	85	95	110	91	110	95	110	110	91	110	95	100	105	110	75	91	95	
5									85														80				
6								GR	165	165	165	165	180	180	180	180	180	200	200	200	200	200	200	230	230		
7									1570	1898	1639	1898	1884	1863	1967	2070	2111	1884	1863	1967	2070	2105	2105	2105	1884	1967	
8									4	2	2	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	1	2	2	1	1	
9	1	91	105	105	180	2077	1850	755	665	755	665	650	680	650	410	620	665	695	665	425	635	635	635	680	680		
10	2	80	105	115	200	2070	4000	955	865	955	865	865	895	865	595	835	850	880	850	610	820	820	820	880	880		
11	3	91	91	91	165	1570	2850	300	810	720	810	825	795	825	855	855	825	795	825	855	855	855	855	840	840		
12	4	95	95	105	230	2036	2300	870	780	840	780	780	780	750	750	780	780	780	750	750	750	750	750	750	720		
13	5	91	105	105	230	2077	2800	870	780	870	780	780	810	780	540	750	780	810	780	540	750	750	750	750	750		
14	6	91	91	91	200	1884	1000	625	325	595	325	115	325	535	565	595	100	310	520	550	580	580	580	130	550		
15	7	80	110	110	180	2070	0	555	465	555	465	450	480	450	0	420	465	495	465	225	435	435	435	480	480		
16	8	80	110	110	180	2070	2200	855	765	855	765	750	780	750	300	720	765	795	765	525	735	735	735	780	780		
17	9	75	80	115	200	1863	800	595	535	595	535	325	325	565	595	595	310	310	550	580	580	580	580	340	580		
18	10	80	95	105	230	1932	750	640	550	610	550	550	550	550	580	580	550	550	550	580	580	580	580	520	520		
19	11	70	100	115	165	1639	4500	920	980	710	980	995	995	1025	1055	1055	995	995	1025	1055	1055	1055	1055	1010	1040		
20	12	95	95	95	230	1967	1500	740	650	740	650	650	680	230	680	680	650	680	230	680	680	680	680	620	200		
21	13	91	95	105	180	2008	4450	1055	965	1025	965	950	950	920	920	950	965	965	935	935	935	935	935	980	950		
22	14	70	110	120	165	1725	800	550	550	520	550	565	565	595	625	625	565	565	595	625	625	625	625	580	610		
23	15	75	80	115	200	1863	1850	695	635	695	635	425	425	665	695	695	410	410	650	680	680	680	680	440	680		
24	16	91	91	91	165	1570	0	0	510	420	510	525	495	525	555	555	525	495	525	555	555	555	555	540	540		
25	17	95	95	95	200	1967	1100	725	635	725	635	635	665	215	665	665	620	650	200	650	650	650	650	650	230		
26	18	91	91	91	200	1884	3750	925	625	895	625	415	625	835	865	895	400	610	820	850	880	880	880	430	850		
27	19	91	91	91	200	1884	1750	725	425	695	425	215	425	635	665	695	200	410	620	650	680	680	680	230	650		
28	20	91	91	91	200	1884	1100	725	425	695	425	215	425	635	665	695	200	410	620	650	680	680	680	230	650		
29																											

Şekil 4.6. Atama Maliyet Tablosu Excel Görünümü

Excel formül çubuğuna iç içe yazılan “Eğer” fonksiyonları yardımıyla gerekli kontroller yapılarak maliyet değerleri oluşturulmaktadır. Oluşturulan formül aşağıda verilmiştir.

PDF Eraser Free

FORMÜL=EĞER(\$G9=I\$7;EĞER(\$B9=I\$2;EĞER(\$C9=I\$3;EĞER(\$D9=I\$4;0;180);180);210);EĞER(MUTLAK(\$G9-I\$7)<21;EĞER(\$B9=I\$2;EĞER(\$C9=I\$3;0;180);210);210))

+EĞER(MUTLAK(I\$7-\$G9)<=21;0;EĞER(MUTLAK(I\$7-\$G9)<100;210;EĞER(MUTLAK(I\$7-\$G9)<200;240;EĞER(MUTLAK(I\$7-\$G9)<300;270;EĞER(MUTLAK(I\$7-\$G9)<400;300;330))))))

+EĞER((\$F9=230);EĞER(I\$6=230;0;30);EĞER(I\$6=230;30;EĞER(\$F9=I\$6;0;15)))

+EĞER(\$H9=0;0;(EĞER(\$H9<=1000;100;EĞER(\$H9<=2000;200;EĞER(\$H9<=3000;300;EĞER(\$H9<=4000;400;EĞER(\$H9<=5000;500;600))))))

Bu formülde ilk olarak makine ile atanacak makine planının çözgü tel sayıları eşit olduğu durumda ebat değişimi olup olmadığı ve ebat değişimi olduğu durumda kaç ebatla değişim olduğu kontrol edilerek hazırlık süresi belirlenmektedir.

İkinci olarak makine üzerindeki ve atanacak makine planındaki çözgü tel sayıları arasındaki fark kontrol edilerek çözgü değişim hazırlık süreleri belirlenmektedir.

Üçüncü adımda ise gramaj değişimleri kontrol edilerek gramaj değişimine ilişkin atkı değişimi hazırlık süreleri belirlenmektedir.

Son olarak makine üzerinde bulunan çözgü miktarının kontrolü yapılarak ceza süresi belirlenmektedir.

4.3.3.Plan Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Atama yapılacak makine planlarında hangi kumaş ebatlarının kaç adet bulunduğunu gösteren plan katsayı matrisinde kumaş ebatları sütunlar ile atama yapılacak planlar ise satırlar ile ifade edilmektedir. Matriste 4 farklı gramaj için 11 adet kumaş ebadı toplam 44 sütun oluşturulmaktadır. Matristeki satır sayısı atanacak makine planı sayısı kadar gerçekleştirilmektedir. Bir makine planına sadece aynı gramaj grubunda kumaşlar atanabildiği

PDF Eraser Free

için sadece bir gramaj grubunda katsayı değeri almakta diğer gramajlarda ise sıfır değeri almaktadır. Matris excelde makrolar yardımıyla otomatik olarak oluşturulmaktadır.

4.3.4.Makine Kapasite Matrisinin Oluşturulması

Bir makinenin üretebileceği ürün kapasitesi (adet olarak) makineye atanan makine planında bulunan kumaş eni sayısına (ürün sayısına) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu durum nedeniyle bir makinenin her bir makine planı için farklı ürün kapasiteleri ortaya çıkmaktadır. Makine kapasite matrisinde 20 adet makinenin öngörülen planlama uzayında her bir makine planı için ürün kapasiteleri belirtilmektedir. Bu matriste makine planları sütunlar ile makineler ise satırlar ile ifade edilmektedir. Matris excelde makrolar yardımıyla otomatik olarak oluşturulmaktadır.

4.3.5.Atamanın Gerçekleştirilmesi

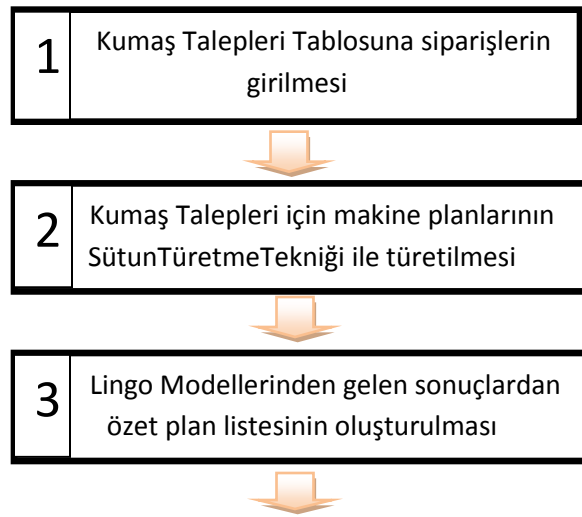
Atama modelinde kullanılacak olan tüm matrisler oluşturulduktan sonra atama modeli LINGO 11.0 eniyileme programında çalıştırılarak en düşük maliyetli atama değerleri elde edilmektedir. Atama modelinden elde edilen $x(i,j)$ değerleri ve toplam maliyet değeri excel ortamına aktarılmaktadır.

5. ÖNERİLEN YÖNTEMİN ETKİN KULLANIMI İÇİN GELİŞTİRİLEN BİLGİ SİSTEMİ

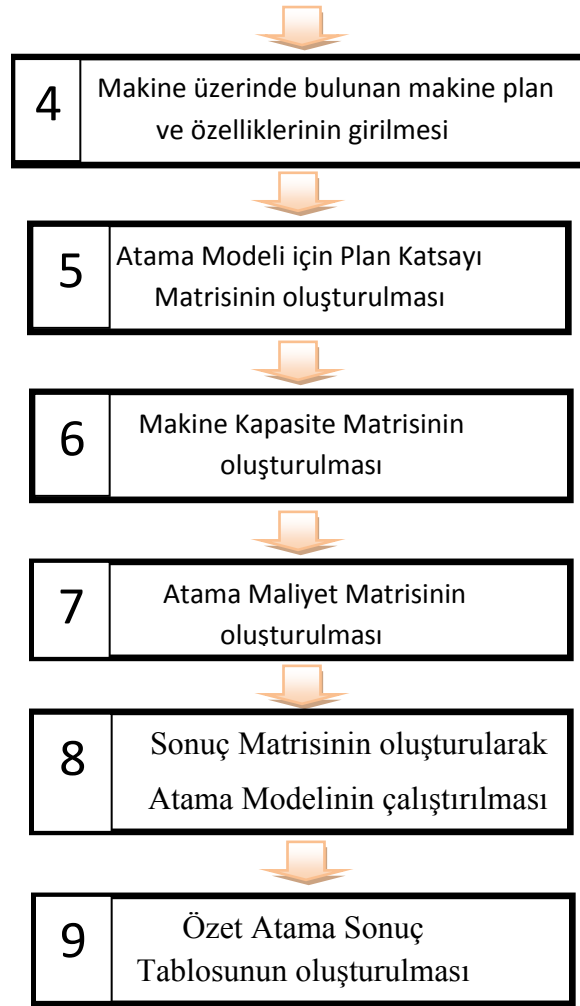
Bu bölümde 4. bölümde bahsedilen yöntemin uygulama adımları açıklanmakta ve yöntemin işletmede etkin olarak kullanımını sağlamak için geliştirilen bilgi sistemi açıklanmaktadır. Açıklamalar işletmeden alınan ve gerçek verilere dayanan örnek bir problem ile üzerinde yapılmıştır. Yöntemde kullanılan modellerin çözümü için LINGO 11.0 eniyileme yazılımı kullanılmaktadır. Yöntemin kullanımının kolaylaştırılması ve kullanıcının LINGO bilmesi gerekliliğinin kaldırılması amacıyla Lingo modelleri Excel ortamında butonlar ve makrolar yardımıyla çağırılarak excel altında çalışması sağlanmıştır. Çalışmada öncelikle firmada karşılaşılan yükleme problemi için çözümler bulunması hedeflenmiş ancak geliştirilen yöntemin test edilmesi amacıyla da örnek problemler geliştirilerek sistemin performansı test edilmiştir.

5.1. Önerilen Yönetim Uygulama Adımları

Önerilen yöntemin uygulama adımları Şekil 5.1 de akış şeması olarak verilmektedir. Bu adımlar aşağıda tek tek açıklanmaktadır.



Şekil 5.1 Önerilen Yöntemin Uygulama Adımları



Şekil 5.1 Devamı Önerilen Yöntemin Uygulama Adımları

Adım1 : Kumaş Talepleri Tablosuna Siparişlerin Girilmesi

Müşterilerden gelen kumaş talepleri excel üzerindeki kumaş talepleri tablosuna girilmektedir. Önerilen modelde sadece tek atama yapılabilmesine izin verilmekte ve daha fazla atama yapılabilmesi için modelin tekararlanması gerekmektedir. Bu nedenle ele aldığımız problemde planlama uzayımız, tek atamayı gerçekleştirebilecek ve oluşturacağımız planların duyarlılığını arttırmak amaçlı 3 gün olarak belirlenmiştir. Bu nedenle sisteme gelen siparişlerden 3 günlük kısmı alınmıştır. Büyük miktarlı ve uzun terminli siparişler partilere ayrılarak 3 günlük süre içerisinde üretilmesi gereken miktarlar olarak tabloya dâhil edilmiştir.

Tablo 5.1 Kumaş Talepleri Tablosu

ENLER (cm)	GRAMAJLAR (gr)			
	165	180	200	230
70	0	0	0	0
75	0	0	10	0
80	3	10	12	5
85	0	0	8	0
91	12	0	78	15
95	12	40	18	0
100	32	0	25	14
105	0	5	0	0
110	15	20	0	0
115	0	0	20	0
120	0	0	0	0
TOPLAM	72	75	171	34

Adım 2 : Kumaş Talepleri İçin Makine Planlarının Sütun Türetme Tekniği İle Türetilmesi

Bu adımda 1. adımda oluşturulan “Kumaş Talepleri Tablosu”ndaki değerler ile sütun türetme tekniği kullanılarak makine planlarının türetilmesi gerçekleştirilecektir. Bu adımda sütun türetme tekniği ile en uygun planların türetilmesi Lingo ortamında her kumaş ağırlıkları için oluşturulan modeller yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Excel ortamında makrolar ve hazırlanan butonlar yardımıyla modeller çağırılarak Excel ortamında Lingo programı çalıştırılmaktadır. Sonuçlar Lingo ortamında elde edilmekte ve daha sonra sonuçlar Excel ortamına otomatik olarak aktarılmaktadır. Planların türetilmesi işlemi süresince kullanıcı Lingo programını görmemektedir. Her bir kumaş ağırlığı için oluşturulan Lingo modelleri Ek-1 de verilmektedir. Lingo modelinin düzgün çalışabilmesi için excelde oluşturulan kumaş talepleri tablosunda eksik verinin olmaması gerekmektedir. Talebi olmayan kumaş enleri için tabloda sıfır değeri girilmesi gerekmektedir.

Şekil 5.2’de kumaş taleplerinin girildiği ve bu taleplere ilişkin planların türetildiği Excel sayfası görülmektedir. Sayfada her bir kumaş ağırlığına ilişkin modellerin seçildiği butonlar

ve bir adet “PLAN TÜRET” butonu görülmektedir. Bir model seçildikten sonra “PLAN TÜRET” butonuna basılarak planların türetilmesi gerekmektedir. Eğer bir model seçilir plan türet butonuna basılmadan diğer modellerden biri seçilirse en son seçilen model için plan türetilmiş olacaktır. Bu nedenle her bir kumaş ağırlığı için model seçtikten sonra plan türet butonuna basılması gerekmektedir.

KUMAŞ TALEPLERİ					GRAMAJLAR (gr)	165 gr MODEL SEÇ	180 gr MODEL SEÇ	200 gr MODEL SEÇ	230 gr MODEL SEÇ	PLAN TÜRET	Sütun Türetme Tekniğini kullanarak kumaş talepleri için en uygun planların türetme adımları :
ENLER (cm)	165	180	200	230							
70	4	0	0	0							<p>1-Kumaşlara olan talepler kumaş enleri satırları, kumaş gramajları sütunları ifadecek şekilde yandaki matris girilmelidir. Matrisde boş hücre bulunamamalıdır. talebi olmayan kumaşlara "0" yazılmalıdır.</p> <p>2-Hangi gramaj grubuna ait talepler için plan türetmek isteniyor ise önce o gramajın modelini seçmemiz gerekmektedir. Model seçme işlemi yanda bulunan herbir gramaj grubuna ait butonlar sayesinde yapılmaktadır.</p> <p>3-Bir Model seçildikten sonra "PLAN TÜRET" butonuna basılarak Lingo programında seçilen model çözülerek türetilen tüm planlar ve kullanılması gereken miktarlar türetilmektedir.</p> <p>4-Türetilen planlar ve kullanım miktarları "PLANLAR" sayfasına kaydedilmektedir.</p> <p>5-Tüm gramajlar için bu işlemin tekrarlanması</p>
75	0	0	4	0							
80	0	4	6	2							
85	0	0	0	0							
91	12	5	24	1							
95	0	2	9	9							
100	2	0	0	0							
105	0	8	2	6							
110	2	8	0	0							
115	2	0	6	0							
120	2	0	0	0							
	24	27	51	18							

Şekil 5.2 Kumaş Talepleri ve Plan Türetme Excel Sayfası Görünümü

Adım 3 : Lingo Modellerinden Gelen Sonuçlardan Özet Plan Listesinin Oluşturulması

Tüm kumaş ağırlıkları için Lingo modelleri seçilerek planlar türetildikten sonra türetilen tüm planların yazıldığı Excel sayfasına geçilerek kullanım değeri sıfır olan makine planlarının süzülerek ayrılması ve sadece kullanılacak makine planlarının kumaş enlerine göre yazılarak düzenlenmesi gerekmektedir.

Türetilen makine planları Excel sayfasının görünümü Şekil 5.3'te verilmiştir. Bu sayfada her bir kumaş ağırlığı için sütun türetme tekniği ile türetilen planların tamamı ve kullanım miktarları yer almaktadır.

A1		KULLANILACAK PLANLAR												PLANLAR						
		70	75	80	85	91	95	100	105	110	115	120	Kullanım	Gramaj	1	2	3	4	Gramaj	
2		1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3		1	91	91	91		165
3		2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	2	91	115	115		165
4		3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2		3	70	70	91	91	165
5		4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	4	100	110	120		165
6		5	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	5	95	105	105		180
7		6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	6	91	91	91		180
8		7	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	7	91	105	105		180
9		8	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	4	8	80	110	110		180
10		9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	6	9	91	91	91		200
11		10	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	10	95	95	95		200
12		11	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	11	80	105	105		200
13		12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	12	80	80	115		200
14		13	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	75	75	75	75	200
15		14	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	3	14	91	91	115		200
16		15	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	15	95	95	95		230
17		16	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	16	95	105	105		230
18		17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	17	91	91	91		230
19		18	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	18	80	95	95		230

Şekil 5.4 Özet Planlar Excel Sayfası Görünümü

Adım 4 : Makine Üzerinde Bulunan Makine Plan ve Özelliklerinin Girilmesi

Bu adımda türetilen makine planlarının atanması için gerekli olan atama maliyet matrisinin oluşturulmasında kullanılacak olan makine üzerindeki makine planları ve özellikleri girilmektedir. Bu bilgiler ile sıra bağımlı hazırlık süreleri ve katlanılacak maliyet değerleri hesaplanmasına zemin hazırlanmaktadır. Özet Planlar Excel sayfasından bir buton ile makine bilgileri Excel sayfasına gidilerek bu bilgiler girilebilmektedir. Makine bilgileri Excel sayfası görünümü Şekil 5.5'te verilmektedir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2		MAKİNELERİN ÜZERİNDEKİ MAKİNA PLANLARI ve ÖZELLİKLERİ																		
3																				
4		Makine no	1	2	3	4	Gr	Çözgü Tel Sayısı	Çözgü Metresi											
5		1	91	105	105		180	2077	850											
6		2	80	110	110		180	2070	3000											
7		3	91	91	91		165	1570	1850											
8		4	91	91	91		165	1570	1300											
9		5	91	105	105		180	2077	1800	1)										
10		6	91	91	91		200	1884	0											
11		7	80	110	110		180	2070	3450											
12		8	80	110	110		180	2070	1200											
13		9	75	80	115		200	1863	4450											
14		10	80	95	105		230	1932	4200	2)										
15		11	95	95	95		165	1639	3500											
16		12	95	95	95		200	1967	500											
17		13	91	95	105		180	2008	3450											
18		14	95	95	110		165	1725	4300											
19		15	75	80	115		200	1863	850	3)										
20		16	91	91	91		165	1570	4500											
21		17	95	95	95		200	1967	100											
22		18	91	91	91		200	1884	2750											
23		19	91	91	91		200	1884	750											
24		20	91	91	91		200	1884	100											
25																				

MAKİNELERİN ÜZERİNDE BULUNAN PLANLARI VE BİLGİLERİNİ YANDAKİ MATRİSE GİRİNİZ!

MATRİSİ GİRDİKTEN SONRA

1)ATAMA MODELİNDE KULLANILACAK OLAN KATSAYI MATRİSİNİ "KATSAYI MATRİSİNİ OLUŞTUR" BUTONUNA BASARAK OLUŞTURUNUZ.

2)ATAMA MODELİNDE KULLANILACAK OLAN HER PLAN İÇİN MAKİNE KAPASİTELERİNİ GÖSTEREN KAPASİTE MATRİSİNİ "KAPASİTE MATRİSİNİ OLUŞTUR" BUTONUNA BASARAK OLUŞTURUNUZ.

3)ATAMA MODELİNİN TEMEL MATRİSİ OLAN MALİYET MATRİSİNİ DE "ATAMA MALİYET MATRİSİ OLUŞTUR" B BUTONUNA BASARAK OLUŞTURUNUZ. BU İŞLEM SONUNDA ATAMA MALİYET SAYFASI KARŞINIZA ÇIKACAKTIR.

KATSAYI MATRİSİNİ OLUŞTUR

KAPASİTE MATRİSİNİ OLUŞTUR

ATAMA MALİYET MATRİSİNİ OLUŞTUR

Şekil 5.5 Makine Bilgileri Excel Sayfası Görünümü

Adım 5 : Atama Modeli İçin Plan Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Kurulan atama modelinde kullanılacak olan türetilen makine planlarının hangi kumaş eninden kaç adet içerdiği bilgisini içeren katsayı matrisinin oluşturulması makine bilgileri Excel sayfasında bulunan “Katsayı Matrisi Oluştur” butonuna basılarak gerçekleştirilmektedir.

Adım 6 : Makine Kapasite Matrisinin Oluşturulması

Makine Bilgileri Excel sayfasında bulunan “Kapasite Matrisi Oluştur” butonuna basılarak her bir makine planı için makine üretim kapasiteleri hesaplanmaktadır. Makine kapasite matrisinde 20 adet makinenin ön görülen planlama uzayında her bir makine planı için ürün kapasiteleri belirtilmektedir. Bu matriste makine planları sütunlar ile makineler ise satırlar ile ifade edilmektedir.

Adım 7 : Atama Maliyet Matrisinin Oluşturulması

Makine Bilgileri Excel sayfasında bulunan “Atama Maliyet Matrisi Oluştur” butonuna basılarak makinelerin üzerindeki makine planları ve makine üzerindeki çözgü miktarları satırlara, atanacak makine planları ise sütunlara girilen bilgilerden kopyalanmaktadır. Makine üzerinde bulunan makine planlarından atanacak makine planlarına geçişte gerçekleşecek maliyetler Excel formül çubuğuna iç içe yazılan “Eğer” fonksiyonları yardımıyla oluşturulmaktadır. Atama Maliyet Excel sayfası görünümü Şekil 5.6’da verilmektedir.

A1																											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1									1	91	91	70	100	95	91	91	80	91	95	80	80	75	91	95	95	91	80
2								2	91	115	70	110	105	91	105	110	91	95	105	80	75	91	95	105	91	95	
3								3	91	115	91	120	105	91	105	110	91	95	105	115	75	115	95	105	91	95	
4											91											75					
5								GR	165	165	165	165	180	180	180	180	200	200	200	200	200	200	200	230	230	230	230
6									1570	1846	1852	1898	2105	1884	2077	2070	1884	1967	2001	1898	2070	2049	1967	2105	1884	1863	
7									3	1	2	2	2	1	2	4	6	3	1	3	1	3	1	3	1	2	
8									3	1	2	2	2	1	2	4	6	3	1	3	1	3	1	3	1	2	
9	1	91	105	105			180	2077	850	655	595	595	565	520	550	100	310	565	565	535	565	325	535	580	550	580	610
10	2	80	110	110			180	2070	3000	855	795	795	765	720	750	510	300	765	765	735	765	525	525	780	750	780	810
11	3	91	91	91			165	1570	1850	200	680	680	710	755	725	755	755	725	725	755	725	755	755	740	770	740	710
12	4	91	91	91			165	1570	1300	200	680	680	710	755	725	755	755	725	725	755	725	755	755	740	770	740	710
13	5	91	105	105			180	2077	1800	755	695	695	665	620	650	200	410	665	665	635	665	425	635	680	650	680	710
14	6	91	91	91			200	1884	0	525	435	435	225	495	15	465	465	0	420	450	210	450	450	510	30	240	
15	7	80	110	110			180	2070	3450	955	895	895	865	820	850	610	400	865	865	835	865	625	625	880	850	880	910
16	8	80	110	110			180	2070	1200	755	695	695	665	620	650	410	200	665	665	635	665	425	635	680	650	680	710
17	9	75	80	115			200	1863	4450	995	725	725	935	995	725	995	995	710	950	950	920	980	950	980	1010	740	740
18	10	80	95	105			230	1932	4200	1040	950	950	950	980	950	980	980	950	950	950	950	980	980	920	950	920	920
19	11	95	95	95			165	1639	3500	820	880	880	880	955	895	955	955	895	925	925	895	955	955	940	970	910	910
20	12	95	95	95			200	1967	500	625	565	565	535	565	535	565	565	520	100	520	520	550	520	130	580	550	580
21	13	91	95	105			180	2008	3450	955	865	865	865	820	850	820	820	865	835	625	865	835	835	850	850	880	880
22	14	95	95	110			165	1725	4300	950	950	950	950	1025	965	1025	1025	965	995	995	965	1025	1025	1010	1040	980	980
23	15	75	80	115			200	1863	850	595	325	325	535	595	325	595	595	310	550	550	520	580	550	580	610	340	340
24	16	91	91	91			165	1570	4500	500	980	980	1010	1055	1025	1055	1055	1025	1025	1055	1025	1055	1055	1040	1070	1040	1010
25	17	95	95	95			200	1967	100	625	565	565	535	565	535	565	565	520	100	520	520	550	520	130	580	550	580
26	18	91	91	91			200	1884	2750	825	735	735	525	795	315	765	765	300	720	750	510	750	750	750	810	330	540
27	19	91	91	91			200	1884	750	625	535	535	325	595	115	565	565	100	520	550	310	550	550	550	610	130	340
28	20	91	91	91			200	1884	100	625	535	535	325	595	115	565	565	100	520	550	310	550	550	550	610	130	340
29																											
30																											
31																											
32																											
33																											
34																											
35																											
36																											

Şekil 5.6. Atama Maliyet Matrisi Excel Sayfası Görünümü

Adım 8 : Sonuç Matrisini Oluşturularak Atama Modelinin Çalıştırılması

Atama işlemini gerçekleştirmeden önce atama lingo modelinin sonuçlarını excel aktaracağı matrisin oluşturulması gerekmektedir. Bu işlem Atama maliyet matrisi Excel sayfasında bulunan “Sonuç Matrisini Oluştur” butonuna basılarak gerçekleştirilmektedir. Bu matrisin sütunlarında atama yapılan makine planları satırlarında ise makine bilgileri bulunmaktadır. Atama Lingo modelini çalıştırılabilmesi için “Atama Modelini Seç” butonuna basılarak modelin seçilmesi “Modeli Çalıştır” butonuna basılarak modeli Lingo ortamında çalıştırarak sonuçların Excel sonuç matrisine aktarılması sağlanmaktadır. Şekil 5.7’de Atama Sonuç Matrisi Excel Sayfası görünümü verilmektedir.

A1																											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1									1	91	91	70	100	95	91	91	80	91	95	80	80	75	91	95	95	91	80
2								2	91	115	70	110	105	91	105	110	91	95	105	80	75	91	95	105	91	95	
3								3	91	115	91	120	105	91	105	110	91	95	105	115	75	115	95	105	91	95	
4											91										75						
5								GR	165	165	165	165	180	180	180	180	200	200	200	200	200	200	230	230	230	230	
6									1570	1846	1852	1898	2105	1884	2077	2070	1884	1967	2001	1898	2070	2049	1967	2105	1884	1863	
7																											
8																											
9	1	91	105	105	180	2076,9	850	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	2	80	110	110	180	2070	3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
11	3	91	91	91	165	1569,8	1850	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	4	91	91	91	165	1569,8	1300	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	5	91	105	105	180	2076,9	1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
14	6	91	91	91	200	1883,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
15	7	80	110	110	180	2070	3450	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	8	80	110	110	180	2070	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	9	75	80	115	200	1863	4450	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	10	80	95	105	230	1932	4200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
19	11	95	95	95	165	1638,8	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
20	12	95	95	95	200	1966,5	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
21	13	91	95	105	180	2007,9	3450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
22	14	95	95	110	165	1725	4300	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	15	75	80	115	200	1863	850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
24	16	91	91	91	165	1569,8	4500	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	17	95	95	95	200	1966,5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	18	91	91	91	200	1883,7	2750	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	19	91	91	91	200	1883,7	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	20	91	91	91	200	1883,7	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29									1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
30																											
31									TOPLAM MALİYET	8845																	
32																											
33																											
34																											
35																											
36																											

Şekil 5.7. Atama Sonuç Matrisi Excel Sayfası Görünümü

PDF Eraser Free

Adım 9 : Özet Atama Sonuç Tablosunun Oluşturulması

Atama Modelinin çalıştırılmasından sonra Lingo modeli sonuçları ile sadece makinalara atama yapılan makine planlarının değerlerinin "1" diğer hücrelerin "0" değerini aldığı bir matris elde edilmektedir. Bu sonuç matrisinden atama verileri çekilerek Özet Atama Tablosu oluşturulmaktadır. Bu tabloda atama öncesi makine planları ve atanan makine planları, atama sonucu oluşan atama maliyet değerleri ve plan geçiş süreleri, atamalar sonucu toplam maliyet, uygulanan ceza miktarları ve katlanılması gereken toplam hazırlık süresi miktarı bilgileri oluşturulmaktadır.

S20																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2																	
3	ATAMA ÖNCESİ MAKİNA PLANLARI							ATAMA SONRASI MAKİNA PLANLARI									
4																	
5		1	2	3	4	Gr	Çözgü Metresi		1	2	3	4	Gr	Maliyet	Süre	Uygulanan Ceza	
6	1	91	105	105		180	850	7	91	105	105		180	100	0	100	
7	2	80	110	110		180	3000	14	91	91	115		200	525	225	300	
8	3	91	91	91		165	1850	5	95	105	105		180	755	555	200	
9	4	91	91	91		165	1300	3	70	70	91	91	165	680	480	200	
10	5	91	105	105		180	1800	13	75	75	75	75	200	425	225	200	
11	6	91	91	91		200	0	17	91	91	91		230	30	30	0	
12	7	80	110	110		180	3450	8	80	110	110		180	400	0	400	
13	8	80	110	110		180	1200	8	80	110	110		180	200	0	200	
14	9	75	80	115		200	4450	2	91	115	115		165	725	225	500	
15	10	80	95	105		230	4200	16	95	105	105		230	950	450	500	
16	11	95	95	95		165	3500	12	80	80	115		200	895	495	400	
17	12	95	95	95		200	500	15	95	95	95		230	130	30	100	
18	13	91	95	105		180	3450	11	80	105	105		200	625	225	400	
19	14	95	95	110		165	4300	4	100	110	120		165	950	450	500	
20	15	75	80	115		200	850	18	80	95	95		230	340	240	100	
21	16	91	91	91		165	4500	1	91	91	91		165	500	0	500	
22	17	95	95	95		200	100	10	95	95	95		200	100	0	100	
23	18	91	91	91		200	2750	6	91	91	91		180	315	15	300	
24	19	91	91	91		200	750	9	91	91	91		200	100	0	100	
25	20	91	91	91		200	100	9	91	91	91		200	100	0	100	
26														TOPLAM	8845	3645	5200
27																	
28																	
29																	
30																	

Şekil 5.8.Özet Atama Sonuç Tablosu Excel Görünümü

5.2. Yöntemin Test Edilmesi

Mevcut sistemde önerilen yöntemin test edilmesi amacıyla örnek bir durum seçilerek önerilen yönetim kullanılarak elde edilen sonuçlar ile mevcut durumdaki makine yüklemesine ilişkin veriler karşılaştırılmıştır. Seçilen örnek probleme ait Kumaş Talepleri tablosu Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.2. Örnek Problem Kumaş Talepleri Tablosu

KUMAŞ TALEPLERİ				
GRAMAJLAR (gr)				
ENLER (cm)	165	180	200	230
70	4	0	0	0
75	0	0	4	0
80	0	4	6	2
85	0	0	0	0
91	12	5	24	1
95	0	2	9	9
100	2	0	0	0
105	0	8	2	6
110	2	8	0	0
115	2	0	6	0
120	2	0	0	0
TOPLAM	24	27	51	18

Tablo 5.2 de verilen kumaş talepleri önerilen yöntem için oluşturulan Excel dosyasına girilerek önerilen yönetimin uygulama adımları izlenmiştir. Kumaş talepleri tablosundaki talepler için sütun türetme tekniği ile türetilen planların Özet Makine Planları Listesi Şekil 5.9’da verilmektedir. Liste incelendiğinde tüm kumaş gramajları için 18 adet makine planı oluşturulduğu görülmektedir.

Makine	KULLANILACAK PLANLAR											Kullanım	Gramaj	PLANLAR				Gramaj	
	70	75	80	85	91	95	100	105	110	115	120			1	2	3	4		
1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3		1	91	91	91		165
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1		2	91	115	115		165
3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2		3	70	70	91	91	165
4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	165	4	100	110	120		165
5	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2		5	95	105	105		180
6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1		6	91	91	91		180
7	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2		7	91	105	105		180
8	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	4	180	8	80	110	110		180
9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	6		9	91	91	91		200
10	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3		10	95	95	95		200
11	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1		11	80	105	105		200
12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3		12	80	80	115		200
13	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		13	75	75	75	75	200
14	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	3	200	14	91	91	115		200
15	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1		15	95	95	95		230
16	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3		16	95	105	105		230
17	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1		17	91	91	91		230
18	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	230	18	80	95	95		230

Şekil 5.9. Örnek Problem Özet Makine Planları Listesi

Örnek probleme ilişkin özet makine planları listesi oluşturulduktan sonra makineler üzerinde bulunan makine planları ve özellikleri ilgili Excel sayfasına girilmiştir. Girilen bilgiler ile oluşturulan örnek probleme ilişkin makine üzerindeki makine planları ve özellikleri Şekil 5.10'da verilmektedir.

**MAKİNELERİN ÜZERİNDEKİ MAKİNA
PLANLARI ve ÖZELLİKLERİ**

Makine no	1	2	3	4	Gr	Çözü Tel Sayısı	Çözü Metresi
1	91	105	105		180	2077	850
2	80	110	110		180	2070	3000
3	91	91	91		165	1570	1850
4	91	91	91		165	1570	1300
5	91	105	105		180	2077	1800
6	91	91	91		200	1884	0
7	80	110	110		180	2070	3450
8	80	110	110		180	2070	1200
9	75	80	115		200	1863	4450
10	80	95	105		230	1932	4200
11	95	95	95		165	1639	3500
12	95	95	95		200	1967	500
13	91	95	105		180	2008	3450
14	95	95	110		165	1725	4300
15	75	80	115		200	1863	850
16	91	91	91		165	1570	4500
17	95	95	95		200	1967	100
18	91	91	91		200	1884	2750
19	91	91	91		200	1884	750
20	91	91	91		200	1884	100

Şekil 5.10 Örnek Problem Makine Bilgileri

Makine üzerinde bulunan makine planlarına ilişkin bilgiler girildikten sonra atama modelinde kullanılacak olan katsayı matrisi, kapasite matrisi ve atama maliyet matrisleri ilgili butonlar yardımıyla otomatik olarak oluşturulmuştur. Atama modelinde kullanılacak olan matrisler oluşturulduktan sonra atama lingo modeli seçilerek çalıştırılmıştır. Lingo modelinden elde edilen atama sonuçları ile oluşturulan Özet Atama Sonuçları Tablosu Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3. Örnek Problem Özet Atama Sonuçları Tablosu

ATAMA ÖNCESİ MAKİNA PLANLARI

ATAMA SONRASI MAKİNA PLANLARI

	1	2	3	4	Gr	Çözgü Metresi		1	2	3	4	Gr	Maliyet	Süre	Uygulanan Ceza
1	91	105	105		180	850	7	91	105	105		180	100	0	100
2	80	110	110		180	3000	14	91	91	115		200	525	225	300
3	91	91	91		165	1850	5	95	105	105		180	755	555	200
4	91	91	91		165	1300	3	70	70	91	91	165	680	480	200
5	91	105	105		180	1800	13	75	75	75	75	200	425	225	200
6	91	91	91		200	0	17	91	91	91		230	30	30	0
7	80	110	110		180	3450	8	80	110	110		180	400	0	400
8	80	110	110		180	1200	8	80	110	110		180	200	0	200
9	75	80	115		200	4450	2	91	115	115		165	725	225	500
10	80	95	105		230	4200	16	95	105	105		230	950	450	500
11	95	95	95		165	3500	12	80	80	115		200	895	495	400
12	95	95	95		200	500	15	95	95	95		230	130	30	100
13	91	95	105		180	3450	11	80	105	105		200	625	225	400
14	95	95	110		165	4300	4	100	110	120		165	950	450	500
15	75	80	115		200	850	18	80	95	95		230	340	240	100
16	91	91	91		165	4500	1	91	91	91		165	500	0	500
17	95	95	95		200	100	10	95	95	95		200	100	0	100
18	91	91	91		200	2750	6	91	91	91		180	315	15	300
19	91	91	91		200	750	9	91	91	91		200	100	0	100
20	91	91	91		200	100	9	91	91	91		200	100	0	100
TOPLAM													8845	3645	5200

Tablo incelendiğinde atama ile 13 adet makine planında değişiklik yapıldığı ve bu değişikliklerin 5 adedinin ebat değişimi 3 adedinin atkı değişimi ve 5 adedinde çözgü değişimi olduğu gözlenmektedir. Bu 13 değişim için toplam 8845 dk maliyet oluştuğu ve makine çözgülerine uygulanan ceza süreleri çıkarıldığında toplamda 3645 dk'nın hazırlık süresi olarak harcandığı tespit edilmiştir.

Önerilen çözüm yönteminin performansının ölçülebilmesi amacıyla ele aldığımız örnek problemin mevcut durumda yapılan atamalar ile karşılaştırılması ve yöntemin faydaları ortaya konulmalıdır.

Ele aldığımız örnek probleme ilişkin mevcut durumdaki atama bilgileri Tablo 5.4 verilmektedir. Tablo 5.4 incelendiğinde sadece 4 adet makine planı değişimi gerçekleştiği ve bu değişimlerin 3 adedinin ebat değişimi, birini ise çözgü değişimi olduğu gözlenmektedir.

Tablo 5.4. Mevcut Durumda Yapılan Atamalar Matrisi

ATAMA ÖNCESİ MAKİNA PLANLARI							ATAMA SONRASI MAKİNA PLANLARI						
	1	2	3	4	Gr		1	2	3	4	Gr	Süre	
1	91	105	105		180	850	1	91	105	105		180	0
2	80	110	110		180	3000	2	80	105	115		200	210
3	91	91	91		165	1850	3	91	91	91		165	0
4	91	91	91		165	1300	4	95	95	105		230	570
5	91	105	105		180	1800	5	91	105	105		180	0
6	91	91	91		200	0	6	91	91	91		200	0
7	80	110	110		180	3450	7	80	110	110		180	0
8	80	110	110		180	1200	8	80	110	110		180	0
9	75	80	115		200	4450	9	75	80	115		200	0
10	80	95	105		230	4200	10	80	95	105		230	0
11	95	95	95		165	3500	11	70	100	115		165	210
12	95	95	95		200	500	12	95	95	95		200	0
13	91	95	105		180	3450	13	91	95	105		180	0
14	95	95	110		165	4300	14	70	110	120		165	210
15	75	80	115		200	850	15	75	80	115		200	0
16	91	91	91		165	4500	16	91	91	91		165	0
17	95	95	95		200	100	17	95	95	95		200	0
18	91	91	91		200	2750	18	91	91	91		200	0
19	91	91	91		200	750	19	91	91	91		200	0
20	91	91	91		200	100	20	91	91	91		200	0
											TOPLAM	1200	

Mevcut durumda yapılan atamalar sonucu makine kullanım kayıpları ve ele alınan sipariş dönemi için üretim miktarları hesaplanmıştır. Mevcut durum makine kullanım kayıpları ve üretim miktarları Tablo 5.5'te verilmektedir. Üretim miktarları hesaplanırken makine planlarındaki değişimlerde katlanılan hazırlık süreleri düşülmüştür. Planlama uzayı

sonunda Tablo 5.2 de belirtilen kumaş taleplerinin karşılanma miktarlarını kontrol edilmiştir. Kumaş taleplerinden 91 cm – 230 gr kumaş talebinin karşılanamadığı tespit edilmiştir.

Tablo 5.5 Mevcut Durum Makine Kullanım Kaybı ve Üretim Miktarlar Tablosu

	1	2	3	4	Gr	Süre	Makine eni (cm)	Makine Kaybı (cm)	Makine Kaybı (%)	Üretim (kg)
1	91	105	105		180	0	301	5	1,63%	1625
2	80	105	115		200	210	300	6	1,96%	1713
3	91	91	91		165	0	273	57	18,63%	1351
4	95	95	105		230	570	295	11	3,33%	1767
5	91	105	105		180	0	301	5	1,63%	1625
6	91	91	91		200	0	273	33	10,78%	1638
7	80	110	110		180	0	300	6	1,96%	1620
8	80	110	110		180	0	300	6	1,96%	1620
9	75	80	115		200	0	270	36	10,91%	1620
10	80	95	105		230	0	280	26	8,50%	1932
11	70	100	115		165	210	285	45	14,71%	1342
12	95	95	95		200	0	285	21	6,86%	1710
13	91	95	105		180	0	291	15	4,90%	1571
14	70	110	120		165	210	300	30	9,09%	1413
15	75	80	115		200	0	270	36	11,76%	1620
16	91	91	91		165	0	273	57	17,27%	1351
17	95	95	95		200	0	285	21	6,86%	1710
18	91	91	91		200	0	273	33	10,78%	1638
19	91	91	91		200	0	273	33	10,78%	1638
20	91	91	91		200	0	273	33	10,78%	1638
	TOPLAM					1200	5701	515	8,26%	32143

Önerilen yöntem ile yapılan atamalar sonucu makine kullanım kayıpları ve ele alınan sipariş dönemi için üretim miktarları hesaplanmıştır. Mevcut durum makine kullanım kayıpları ve üretim miktarları Tablo 5.6’te verilmektedir. Üretim miktarları hesaplanırken makine planlarındaki değişimlerde katlanılan hazırlık süreleri düşülmüştür. Planlama uzayı sonunda Tablo 5.2 de belirtilen kumaş taleplerinin tamamının karşılandığı tespit edilmiştir.

Tablo 5.6 Önerilen Yöntem Makine Kullanım Kaybı ve Üretim Miktarları Tablosu

	1	2	3	4	Gr	Maliyet	Süre	Makine eni (cm)	Makine Kaybı (cm)	Makine Kaybı (%)	Üretim (kg)
1	91	105	105		180	100	0	301	5	1,63%	1625
2	91	91	115		200	525	225	297	9	2,94%	1689
3	95	105	105		180	755	555	305	1	0,33%	1435
4	70	70	91	91	165	680	480	322	8	2,42%	1417
5	75	75	75	75	200	425	225	300	6	1,96%	1706
6	91	91	91		230	30	30	273	33	10,78%	1871
7	80	110	110		180	400	0	300	6	1,96%	1620
8	80	110	110		180	200	0	300	6	1,96%	1620
9	91	115	115		165	725	225	321	9	2,73%	1506
10	95	105	105		230	950	450	305	1	0,33%	1885
11	80	80	115		200	895	495	275	31	10,13%	1461
12	95	95	95		230	130	30	285	21	6,86%	1953
13	80	105	105		200	625	225	290	16	5,23%	1649
14	100	110	120		165	950	450	330	0	0,00%	1463
15	80	95	95		230	340	240	270	36	11,76%	1760
16	91	91	91		165	500	0	273	57	17,27%	1351
17	95	95	95		200	100	0	285	21	6,86%	1710
18	91	91	91		180	315	15	273	33	10,78%	1469
19	91	91	91		200	100	0	273	33	10,78%	1638
20	91	91	91		200	100	0	273	33	10,78%	1638
	TOPLAM					8845	3645	5851	365	5,88%	32468

Mevcut durumda elde edilen atama sonuçları ile önerilen yöntem ile elde edilen atama sonuçlarının karşılaştırılması için bir karşılaştırma tablosu oluşturulmuştur. Oluşturulan karşılaştırma tablosu 5.7’de verilmektedir.

Tablo 5.7 Örnek Problem Atama Sonuçları Karşılaştırma Tablosu

	Önerilen	Mevcut	Önerilen	Mevcut	Önerilen	Mevcut	Önerilen	Mevcut	Önerilen	Mevcut
	Hazırlık Süresi	Hazırlık Süresi	Toplam Makine eni	Toplam Makine eni	Makine Kaybı (cm)	Makine Kaybı (cm)	Makine Kaybı (%)	Makine Kaybı (%)	Üretim (kg)	Üretim (kg)
1	0	0	301	301	5	5	1,63%	1,63%	1625	1625
2	225	210	297	300	9	6	2,94%	1,96%	1689	1713
3	555	0	305	273	1	57	0,33%	18,63%	1435	1351
4	480	570	322	295	8	11	2,42%	3,33%	1417	1767
5	225	0	300	301	6	5	1,96%	1,63%	1706	1625
6	30	0	273	273	33	33	10,78%	10,78%	1871	1638
7	0	0	300	300	6	6	1,96%	1,96%	1620	1620
8	0	0	300	300	6	6	1,96%	1,96%	1620	1620
9	225	0	321	270	9	36	2,73%	10,91%	1506	1620
10	450	0	305	280	1	26	0,33%	8,50%	1885	1932
11	495	210	275	285	31	45	10,13%	14,71%	1461	1342
12	30	0	285	285	21	21	6,86%	6,86%	1953	1710
13	225	0	290	291	16	15	5,23%	4,90%	1649	1571
14	450	210	330	300	0	30	0,00%	9,09%	1463	1413
15	240	0	270	270	36	36	11,76%	11,76%	1760	1620
16	0	0	273	273	57	57	17,27%	17,27%	1351	1351
17	0	0	285	285	21	21	6,86%	6,86%	1710	1710
18	15	0	273	273	33	33	10,78%	10,78%	1469	1638
19	0	0	273	273	33	33	10,78%	10,78%	1638	1638
20	0	0	273	273	33	33	10,78%	10,78%	1638	1638
TOPLAM	3645	1200	5851	5701	365	515	5,88%	8,26%	32468	32143

Tablo 5.7. incelendiğinde mevcut durumda katlanılan hazırlık süresi miktarı ve sayısının önerilen yöntemden daha az süre ve sayıda olduğu gözlemlenmektedir. Mevcut durumda oluşturulan makine planlarının makine kullanım kayıp miktarının 515 cm ve makine kullanım kayıp oranının %8,26 gerçekleştiği görülmektedir. Önerilen yöntem ile elde edilen makine planlarında makine kullanım kayıp miktarı 365 cm ve makine kullanım kayıp oranının %5,26 düştüğü tespit edilmektedir. Planlama uzayında yapılan üretim miktarları incelendiğinde mevcut durumda daha az süre hazırlık süresine katlanılmasına rağmen önerilen modelden daha az bir üretim yapıldığı gözlemlenmektedir. Mevcut durumda 32.143 kg üretim yapılabilirken önerilen yöntem ile 32.468 kg üretim yapılabilir.

Tablo 5.8 Kumaş Talepleri Karşılanma Durumları Tablosu

En	Gramaj	Talepler	Karşılanan	
			Mevcut Yöntem	Önerilen Yöntem
70	165	4	4	4
91	165	12	12	12
100	165	2	2	2
110	165	2	2	2
115	165	2	2	2
120	165	2	2	2
80	180	4	4	4
91	180	5	5	5
95	180	2	2	2
105	180	8	8	8
110	180	8	8	8
75	200	4	4	4
80	200	6	6	6
91	200	24	24	24
95	200	9	9	9
105	200	2	2	2
115	200	6	6	6
80	230	2	2	2
91	230	1	0	1
95	230	9	9	9
105	230	6	6	6

Tablo 5.8. incelendiğinde mevcut durumda 91 cm 230 gr kumaş talebinin karşılanamadığı diğer kumaş taleplerinin karşılandığı tespit edilmektedir. Önerilen yöntemde tüm kumaş taleplerinin karşılandığı tespit edilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çuval kumaşı üretimi yapan bir fabrikada planlama departmanına gelen siparişlerin en yüksek işletme verimliliğini elde edebilecek şekilde karşılanması amacıyla işlerin makinelere yüklenmesine dair bir yaklaşım sunulmuştur. Bu yaklaşımın temel amacı, dokuma sürecindeki tezgâh yükleme problemine anlaşılabilir ve uygulanabilir bir çözüm sunmaktır. Ayrıca,

- Makine kullanım oranlarında artış
- Siparişlerin teslim sürelerindeki gecikmelerde azalması
- Üretim miktarında artış

gerçekleştirilmektedir.

Yaklaşımın temel avantajı oldukça karmaşık bir problemi 2 aşamada ele alması ve çözmesidir. Sütun türetme yöntemiyle ele alınan problemin eniyi çözümü bulunmaktaysa da bu çalışmada önerilen yaklaşımın problemin geneli için eniyi sonucu bulduğu söylenemez. Çünkü planlama periyodu 3 gün olarak alınmakta ve gelen siparişler bir 3 günlük parçalara bölünerek çözüme dâhil edilmektedir. Burada oluşacak bilgi kaybı nedeniyle eniyi çözüm bulunduğu söylenemez. Öte yandan 3 günlük periyota ait eniyi çözümün elde edildiği söylenebilir. Çünkü sütun türetme tekniği gerçekten işe yarayacak planları türetmekte ve atama modeliyle planlar tezgâhlara yüklenmektedir. Zaten bu karmaşık problemin bilgisayar ortamında izlenebilir ve çözülebilir hale gelmesi önemli bir başarıdır ve benzer dokuma işletmelerinde kullanılabilir bir yapı tasarlanmıştır.

Dokuma işletmelerinde planlama faaliyetlerine katkı sağlayacak olan çizelgeleme modelinin oluşturulduğu bu çalışmanın devamında bu yaklaşımın bütünleşik bir bilgisayar programına dönüştürülmesi süreci gelmektedir. Bu çalışmada önerilen yöntem adımları için Excel programında bir arayüz geliştirilmiştir. Geliştirilen yapı aslında bir bilgi sistemidir. Ancak üzerinde biraz daha çalışarak yapının tam anlamıyla bir yönetim bilişim sistemine dönüştürülmesi mümkündür. Çünkü model tabanı olarak kullanılacak yöntem tanımlanmış

PDF Eraser Free

ve kodlanmıştır. Kullanılacak eniyileme yazılımının da Excel ile bağlantıları sağlanmıştır. Arayüzlerin daha iyi tasarlanmasıyla ve ürünlere ve kesme planlarına ait bilgilerin daha profesyonel tanımlanmış bir veri tabanında tutulmasıyla oluşturulacak yapı, yönetim bilişim sistemi olacaktır.

Bu çalışmada önerilen yaklaşımın geliştirilmesinde, makine üzerinde değişikliklerde oluşan hazırlık işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli iş gücü beklemesinin olmadığı yeterli iş gücünün hazır bulunduğu varsayılmıştır. Fakat tekstil sektörü, daha çok emek yoğun olan bir sektör olduğu için işgücü yetersizliği veya eksikliği sebebiyle çizelgelenmiş olan işler gecikebilmektedir. Bu çalışma ile önerilen model içerisinde, işler için gerekli olan işgücü kısıtının da dikkate alınması ile çizelgeleme modeli geliştirilebilir. Ya da işgücündeki hızlı değişimler göz önüne alınarak planlama periyodu daha kısa bir süre alınabilir. Böylece ani değişikliklere hızlı cevap vermesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Acar, N. , 2000, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 214s.
- Akker, M.A. van den, Hoogeveen, J.A. & Velde, S.L. van de (1999). Parallel machine scheduling by column generation. *Operations Research*, 47(6), 863-872.
- Allahverdi et al., 2008, A survey of scheduling problems with setup times or costs. *European Journal of Operational Research*. v187. 985-1032.
- Allahverdi, A., Gupta, J. N. D., ve Aldowaison,T., 1999, A review of scheduling research involving setup considerations. *OMEGA, The International Journal of Science*. v27. 219-239.
- Allahverdi, A., Ng, C. T., Cheng, T. C. E., ve Kovalyov, M., 2008, A survey of scheduling problems with setup times or costs, *European Journal Of Operations Research*, 187, 985-1032.
- Alpay, S. ve Yüzügüllü, N. , 2004, Kaçırılan Teslim Zamanı Performansı için Bir Benzetim Çalışması”, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği – XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep - Adana.
- Alpay Ş., 2003, Kaçırılan Teslim zamanı performansı için dinamik stokastik çok makineli atölye tipi üretim ortamı çizelgeleme, Doktora Tezi, Osmangazi Üniveritesi Fen Bil. Ens., 104. Sayfa.
- Armentano V.A., Filho M.F., 2007, “Minimizing total tardiness in parallel machine scheduling with setup times: An adaptive memory-based GRASP approach”, *European Journal of Operational Research*, 183, 1.
- Azizoğlu, M., 1994, Paralel machine Scheduling To minimize Total Cost Functions, Phd.Thesis, Middle East Technical University, 183 p.
- Baser, G., 1998, Dokuma Teknigi ve Sanatı. Temel Dokuma Teknigi ve Kumas Yapıları, 1, Tekstil Mühendisleri Odası Yayınları, izmir, 251s.
- Baskak, V. ve Erol, V. , 2004, Sipariş Tipi Atölyelerde İş Sıralama Problemi için Bir Genetik Algoritma Uygulaması”, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep - Adana.

PDF Eraser Free

- Beraldi P., Ghiani G., Grieco A., Guerriero E., 2007, "Rolling-horizon and fix-and-relax heuristics for the parallel machine lot-sizing and scheduling problem with sequence dependent set-up costs", *Computers and Operations Research*, 234-112.
- Chen, G., and Harlock, S. C. , 1999, A Computer Simulation Based Scheduler for Woven Fabric Production. *Textile Research Journal*, 69: (6) 431-439.
- Chen, Z. L. and W.B. Powell (1999). Solving parallel machine scheduling problems by column generation. *INFORMS Journal on Computing* 11, 78–94.
- Cheng, T. C. E., and Jiang, J. , 1998, Job shop scheduling for missed due dates performance. *Computers and Industrial Engineering*, 34: (2) 297-307.
- Çelikçapa, F. O. , 1999, Üretim Planlaması, Alfa Basım Yayın, stanbul, 216s.
- Çörekcioglu, M., 2002, Uzaktan Öğrenimde bir Ders / Seminer Sunumu, Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 51s.
- Dunstall S., Wirth A., 2005, "Heuristic methods for the identical parallel machine flowtime problem with set-up times", *Computers and Operations Research*, 32, 11.
- Eren, T., ve Güner, E. , 2002, Tek Ve Paralel Makinalı Problemlerde Çok Ölçütlü Çizelgeleme Problemleri için Bir Literatür Taraması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17: (4) 37-69.
- Evans, G. W. , 1984, An Overview of Techniques For Solving Multi-Objective Mathematical Programs. *Management Science*, 30: (11) 1268-1283.
- Gharbi A., Haouari M., 2007, "An approximate decomposition algorithm for scheduling on parallel machines with heads and tails", *Computers and Operations Research*, 34, 15.
- Graham, R. L., Lawler, E. L., and Rinnooy Kan, A. H. G., 1979, Optimization and Approximation in Deterministic Sequencing and Scheduling. *Annals of Discrete Mathematics*, 5: 287-326.
- Güner, E., Erol, S., ve Tani, K., 1998, One machine scheduling to minimize the maximum earliness with minimum number tardy jobs. *International Journal of Production Economics*, 55: 213-219.
- Güner, E., ve Altıparmak, F. , 2003, İki Ölçütlü Tek Makinalı Çizelgeleme Problemi için Sezgisel Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18: (3) 27-42.

PDF Eraser Free

- Kogan K., 2006, "Optimal scheduling of parallel machines with constrained resources", *European Journal of Operational Research*, 170,
- Leonardi S., Raz D., 2006, "Approximating total flow time on parallel machines", *Journal of Computer and System Sciences*, 73, 1-2.
- Liao C.J., Lin C.H., 2003, "Makespan minimization for two uniform parallel machines. *Int. J. Production Economics*", 84, 4.
- Logendran R., McDonnell B., Smucker B., 2007, "Scheduling unrelated parallel machines with sequence-dependent setups", *Computers and Operations Research*, 34, 1-17.
- Lopez M, Carvalho J.M., 2007, "A branch-and-price algorithm for scheduling parallel machines with sequence dependent setup times", *European Journal of Operational Research*, 176; 1.
- Nessah R., Yalaoui F., Chu C., 2006, "A branch-and-bound algorithm to minimize total weighted completion time on identical parallel machines with job release dates", *Computers and Operations Research*.
- Omar M.K., Teo S.C., 2006, "Minimizing the sum of earliness/tardiness in - identical parallel machines schedule with incompatible job families: An improved MIP approach", *Applied Mathematics and Computation*, 283-224.
- Pinedo, M., and Chao, X. , 1999, *Operations Scheduling with Applications In Manufacturing And Services*, McGraw-Hill International Editions, Singapore.
- Pinedo, M., 2002, *Scheduling : Theory, Algorithms, and Systems*, 2nd Ed., Prentice Hall, 586.
- Rocha P., Ravettia M., Mateus G., Pardalos P., 2006, "Exact algorithms for a scheduling problem with unrelated parallel machines and sequence and machine-dependent setup times", *Computers and Operations Research*, 154-234.
- Saad, A., Kawamura, K., and Biswas, G. , 1997, Performance Evaluation of Contract Net-Based Heterarchical Scheduling for Flexible Manufacturing Systems. *International Journal of Automation and Soft Computing*, 3: 229-248.
- Sabuncuoğlu, İ., 1998, Scheduling with neural Networks: a review of literature and new research directions, *Production Planning and Control*, 9,2-12.
- Serafini, P. , 1996, Scheduling jobs on several machines with the job splitting property. *Operational Research*, 44: (4) 617-628.

PDF Eraser Free

- Shabtay D., Kaspi M., 2006, "Parallel machine scheduling with a convex resource consumption function. *European Journal of Operational Research*", 173, 3-13.
- Shim S.O., Kim Y.D., 2006, "A branch and bound algorithm for an identical paralel machine scheduling problem with a job splitting property". *Computers and Operations Research*, 134-222.
- Sipper, D., and Bulfin, R. , 1997, *Production: Planning, Control, and Integration*, McGraw-Hill Companies, USA, 640s.
- Tersine, R., 1985, *Production/Operation Managment: Concepts, Structure and Analysis*, Elsevieer Science Publishing co., New York.
- Ulutas, B. , 2004, *Esnek İmalat Sistemlerinin Dinamik Çizelgelemesi için Bir Yaklaşım*", *Yöneylem Arastırması / Endüstri Mühendisligi - XXIV Ulusal Kongresi*, Gaziantep - Adana.
- Webster S., Azizoglu M., 2001, "Dynamic programming algorithms for scheduling paralel machines with family setup times", *Computers and Operations Research*, 28, 1.
- Weng M.X., Lu J., Ren H., 2001, "Unrelated parallel machine scheduling with setup consideration and a total weighted completion time objective", *Int. J. Production Economics*, 70, 1.
- Xing, W., and Zhang, J. , 2000 *Parallel machine scheduling with splitting jobs*. *Discrete Applied Mathematics*, 103: 259-269.

EKLER

EK-1 Lingo 11 Programında Oluşturulan Plan Türetim Modeli

EK-2 Lingo 11 Programında Oluşturulan Atama Modeli

PDF Eraser Free

EK-1 LINGO 11 PROGAMINDA OLUŞTURULAN PLAN TÜRETME MODELİ

MODEL:

! Bir dokuma çizelgeleme problemi için dokuma planlarının
Sütun oluşturma yaklaşımı ile türetilmesi;

SETS:

PLANLAR_A: MALIYET_A, X_A;
FG_A: EN_A, DEMA, PRICE_A, Y_A, YIELD_A;
FXP_A(FG_A, PLANLAR_A): NBR_A;

ENDSETS

DATA:

PLANLAR_A = 1..50;
RMEN165 = 330;
RNEN = 270;
FG_A = F70 F75 F80 F85 F91 F95 F100 F105 F110 F115 F120;
GRA = @ole();
EN_A = @ole();
DEMA = @ole();
BIGM = 999;

ENDDATA

SUBMODEL MASTER_PROBA:

[MSTROBJA] MIN= @SUM(PLANLAR_A(J)| J #LE# NPATSA:
MALIYET_A(J)*X_A(J));
@FOR(FG_A(I):
[R_DEMA]
@SUM(PLANLAR_A(J)| J #LE# NPATSA:
NBR_A(I, J) * X_A(J)) >= DEMA(I);
);

ENDSUBMODEL

SUBMODEL INTEGER_REQA:

@FOR(PLANLAR_A: @GIN(X_A));

ENDSUBMODEL

SUBMODEL PLANLAR_GENA:

[SUBOBJA] MAX = @SUM(FG_A(I): PRICE_A(I)* Y_A(I));
@SUM(FG_A(I): EN_A(I)*Y_A(I)) <= RMEN165;
@SUM(FG_A(I): EN_A(I)*Y_A(I)) >= RNEN;
@FOR(FG_A(I): @GIN(Y_A(I)));

ENDSUBMODEL

CALC:

! Set parameters;
@SET('DEFAULT');
@SET('TERSEO', 2); ! Turn off default output;

PDF Eraser Free

```

MXPATSA = @SIZE( PLANLAR_A);

```

```

! Yüksek maliyetli ilk planın oluşturulması;

```

```

MALIYET_A( 1) = BIGM;

```

```

@FOR( FG_A( I): NBR_A( I, 1) = 1);

```

```

! Loop as long as the reduced cost is
  attractive and there is space;

```

```

NPATSA= 1;

```

```

RC = -1; ! Clearly attractive initially;

```

```

@WHILE( RC #LT# 0 #AND# NPATSA #LT# MXPATSA:

```

```

  ! Solve for best patterns to run among ones
  generated so far;

```

```

  @SOLVE( MASTER_PROBA);

```

```

  ! Copy dual prices to PATTERN_GEN submodel;

```

```

  @FOR( FG_A( I): PRICE_A( I) = -@DUAL( R_DEMA( I)));

```

```

  ! Generate the current most attractive pattern;

```

```

  @SOLVE( PLANLAR_GENA);

```

```

  ! Marginal value of current best pattern;

```

```

  RC = 1 - SUBOBJA;

```

```

  ! Add the pattern to the Master if it is attractive;

```

```

  @IFC( RC #LT# 0:

```

```

    NPATSA = NPATSA + 1;

```

```

    @FOR( FG_A( I): NBR_A( I, NPATSA) = Y_A( I));

```

```

    MALIYET_A( NPATSA) = 1;

```

```

  );

```

```

);

```

```

! Finally solve Master as an IP;

```

```

@SOLVE( MASTER_PROBA, INTEGER_REQA);

```

```

ENDCALC

```

```

DATA:

```

```

  @ole( , PLAN165) = @WRITEFOR(PLANLAR_A(P): @WRITEFOR( FXP_A( F, P) | P #LE# NPATSA: NBR_A( F, P)));

```

```

  @ole( , KULLANIM165) = X_A;

```

```

ENDDATA

```

```

END

```

```

GO

```

```

QUIT

```


PDF Eraser Free

EK-2 LINGO 11 PROGAMINDA OLUŞTURULAN ATAMA MODELİ

MODEL:

SETS:

PLAN:KULLANIM, BAND;
 MAKINA;;
 EN;;
 GRAMAJ;;
 MIKTAR(PLAN,GRAMAJ,EN):KATSAYI;
 URUN (GRAMAJ, EN): TALEP;
 ATAMA(MAKINA,PLAN):X, MALIYET,KAPASITE;

ENDSETS

DATA:

PLANLAMA_UZAYI = @ole();
 PLAN = 1..18;
 MAKINA = 1..20;
 EN = 70, 75, 80, 85, 91, 95, 100, 105, 110, 115, 120;
 GRAMAJ = 165, 180, 200, 230;
 KATSAYI = @ole();
 KULLANIM = @ole();
 MALIYET = @ole();
 TALEP = @ole();
 KAPASITE = @ole();
 BAND = @ole();

ENDDATA

MIN = OBJECTIVE;
 OBJECTIVE = @SUM(ATAMA(I,J): X(I,J)*MALIYET(I,J));
 @FOR (MAKINA(I):
 @FOR (PLAN(J) :
 @SUM (URUN(K,L): PLANLAMA_UZAYI*KATSAYI(J,K,L)*X(I,J)) <= KAPASITE (I,J);
));

@FOR (URUN(K,L):
 @SUM (MAKINA(I):
 @SUM (PLAN(J):PLANLAMA_UZAYI*KATSAYI(J,K,L)*X(I,J))) >= TALEP (K,L);
);

@FOR (MAKINA (I):
 @SUM (PLAN(J):X(I,J)) <=1;
);

PDF Eraser Free

```
@FOR (PLAN (J):  
@SUM (MAKINA(I):X(I,J)) >=1;  
);
```

```
@FOR (PLAN (J):  
@SUM(MAKINA(I):KAPASITE(I,J))>=KULLANIM (J)*BAND(J));
```

```
@FOR (ATAMA:@GIN(X));
```

```
DATA:
```

```
@ole( , ATAMA) = X;  
@ole( ,OBJECTIVE ) = OBJECTIVE;
```

```
ENDDATA
```

```
END  
GO  
QUIT
```