

T.C.
EGE UNIVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Kod : 10.2700.0000.112

DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİNİN BİR PAMUKLU DOKUMA ÜRETİMİNE UYGULANMASI

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
Kürşat ÖNCÜL

Danışman
Doç. Dr. Yalçın BOZKURT

BU TEZ

Doç. Dr. Yalçın BOZKURT
Prof. Orhan YÜKSEL
Doç. Dr. Arif KURBAK

oluşan jüri tarafından oybirliği
ile kabul edilmiştir.

Bornova - İZMİR
1992

İÇİNDEKİLER

ABSTRAKT

ABSTRACT

TABLolar DİZİNİ

SEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
1.GİRİŞ	1
1.1 Amaç	1
1.2 Üretim Ve Üretim Yönetimi	2
1.2.1 İşletme Fonksiyonları Ve Üretim	2
1.2.2 Üretimin Tanımı	3
1.2.3 Üretim Yönetiminin Tanımı	5
1.2.4 Üretim Yönetiminin Amaç Ve Görevleri	6
1.2.5 Üretim Yönetimi Ve Diğer İşletme Fonksiyonları	8
1.3 Üretim Sistemi Ve Sistem Yaklaşımı	10
1.3.1 Sistem Kavramı	10
1.3.2 Üretim Sisteminin Tanımı	12
1.3.3 Üretim Sistemi Ve İşletme İçi Çevre	13
1.3.4 Üretim Sistemi Ve İşletme Dışı Çevre	16
1.3.5 Üretim Sistem Türleri	17
1.4 Karar Alma Ve Model Kurmada Bilimsel Yaklaşım	18
1.4.1 Bilimsel Yaklaşım	18
1.4.2 Karar Alma İşleminin Tanımı	20
1.4.3 Karar Alma İşleminin Unsurları Ve Aşamaları	22
1.4.4 Model Kurma	23
2.TARİHSEL GELİŞİM	29
2.1 Üretim Yönetiminin Tarihsel Gelişimi	29
2.2 Doğrusal Programlamanın Tarihsel Gelişimi	31

2.3 Doğrusal Programlama Uygulamaları	33
3.PAMUKLU KUMAS ÜRETİMİ	35
3.1 İplik Üretimi	35
3.1.1 Harman-hallaç	35
3.1.2 Tarak	36
3.1.3 Band birleştirici (Dublör)	36
3.1.4 Katlı cer	36
3.1.5 Penye	36
3.1.6 Cer	36
3.1.7 Fıtlı	37
3.1.8 Ring	37
3.2 Bobin Sarma	37
3.3 Atkı Aktarma	38
3.4 Çözgü Sarma	38
3.5 Haşılama	38
3.6 Taharlama	39
3.7 Dokuma	39
4.MATERYAL VE METOD	41
4.1 Kullanılan Malzeme ile ilgili Bilgiler	41
4.2 Çalışma Planı	41
4.3 Problem Ve Çözüm Modeli	44
4.3.1 Notasyon	46
4.3.2 Problemin Matematiksel Formülasyonu	48
5.ARASTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER	60
5.1 Çözüm Tablolarının Yorumlanması	60
5.2 Çözümün Duyarlılık Analizi	75

5.2.1 Amaç Fonksiyonu Katsayılarının Değiştirilmesi	77
5.2.2 Sınırlılık Katsayılarının Değiştirilmesi .	78
5.2.3 Probleme Yeni Bir Kısıtlama Ekleme . . .	80
5.2.4 Probleme Yeni Bir Değişken Ekleme	80
TEŞEKKÜR	86
YARARLANILAN KAYNAKLAR	87
EKLER	



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
4.1 İplik Dairesindeki Makinalar Hakkında Genel Bilgi	41
4.2 Bobin Dairesindeki Makinalar Hakkında Genel Bilgi	41
4.3 Çözü Sarma Makinaları Hakkında Genel Bilgi . . .	43
4.4 İşletmedeki Hasıl Makinaları Hakkında Genel Bilgi	43
4.5 İşletmedeki Dokuma Makinaları Hakkında Genel Bilgi	44
4.6 Üretimi Söz konusu Olan Kumaşlara Ait Bilgiler . .	45
4.7 İşletmedeki Makinaların Kısıtlama Süreleri	50
4.8 İplikler İçin Hesaplanan Birim İşlem Zamanları . .	51
4.9 Sipariş Kumaşları İçin Gerekli Olan İplikler . . .	51
4.10 İplik Bükümleri	52
4.11 Kumaşlarda Kullanılan İpliklerin Planları	52
4.12 Kumaş Çözülerinin Sarılma Hesapları	54
4.13 Kumaşlara Ait $C(i)$ Değerleri	56
4.14 Problemin Giriş Verileri	57
4.15.a Uygun Çözumsuz İlk Simplex Tablosu	57
4.15.b Tamamlanmış İlk Simplex Tablosu	58
5.1 Çözüm Tablosu	61
5.2 Problemin Optimal Çözümü	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil	Sayfa
1.1 Üretim Süreci	3
1.2 Üretim Sistemi ile İşletme İçi Ve İşletme Dışı Çevre	14
1.3 Karar Alma İşleminin Yapısal Görünümü	23
4.1 Tekstil İşletmesindeki Çalışma Planı	42
E.1 Kumaşların Dokuları, Armür, Tahar Ve Karton Planları	

ABSTRAKT

Bu çalışma bir tekstil işletmesinde üretim planlama faaliyetlerinde uygulanmak üzere matematiksel bir model (bir doğrusal programlama modeli) geliştirmek için yapılmıştır. Çalışma süresince, amaç fonksiyonu katsayıları ile kapasite ve anlaşma kısıtları, üretim sistemini oluşturan iş istasyonlarının detaylı analizleriyle belirlenmiştir.

Sonuç olarak üretim periyodu süresince karı maksimize eden bir üretim planı elde edilmiştir. Ayrıca üretimde darboğaz meydana getiren iş istasyonları belirlenmiştir.

ABSTRACT

This study was carried out in order to develop a mathematical model (a linear programming model) for production planning activities in a textile company. During the course of the study, the coefficients of the objective function and capacity and subcontracting constraints were determined by detailed analysis of work stations which constitute the production system.

As a result, an optimum production plan which maximizes the profit during the period of production was obtained. In addition, the work stations which create bottlenecks in production were determined.

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

Yönetici, genellikle idare etmede hünerli ve yetenekli kişi demektir. Bu yetenekleri daha çok, çalışmalarının büyük bir kısmını alan finansmanla ilgili konularda, aldığı isabetli kararlarda kendisini gösterir. Gerçekten sanayi yöneticileri üretime yönelen hammadde, malzeme ve işgücünün pratik fakat ekonomik koordinasyonu için devamlı çaba sarfederler. Bu bakımdan üretim, yöneticilerin temel çözüm için fizibilite hesapları yapılmış ekonomik kararlarının bir sonucudur. Mühendislik kavramı, özel bir dikkatin varlığını haber verir. Özellikle sınırlı bir uygulamayı tanımlar. Örneğin makinelerin çalışması, bina yapımı, faaliyetlerin düzenlenmesi, projenin çizimi gibi fizik etkinliği kıstas alabilir.

Organizasyon, insanlığın yararına tabiatın madde ve kuvvetlerini kontrol altına alma sanatı olarak tanımlanır. Bu nedenle kendiliğinden geniş bir sorumluluğu üzerine alma durumu ile karşılaşırız. Diğer taraftan organizasyon, yöneticilik veya yönetim demektir. Tabiatın madde ve kuvvetleri de ekonominin kullandığı kaynaklar olarak ihtiyaçları tatmin eden mal ve hizmetlere d n ş rl r.

Teknolojinin hızla değişip geliştiği modern ekonomilerde üretim faaliyetlerinin yürütüldüğü modern işletmelerde ortaya çıkan karmaşık problemlerin çözümü modern arac ve gereçlerle ve en yeni üretim yöntemlerinin uygulanmasıyla sağlanmaktadır. Bu bakımlardan mühendislerin yönetimde önemi gittikçe artmaktadır.

Diğer taraftan matematik, istatistik ve bilgisayar tekniklerindeki gelişmeler daha kompleks işletme problemlerinin ele alınmasında yardımcı olmakta ve yönetici bu bakımlardan da karar verme sürecinde bulunmaktadır. Bunun için yönetici, yalnız teknikleri anlamak bakımından değil fakat ayrıca bilimsel değerlendirmenin gereği olan bilgilere sahip olmanın düşünce ve hazırlığı içinde olmalıdır.

Bu çalışma , modern matematiksel programlama yöntemlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen üretim yönetiminin bir uygulamasıdır. Matematiksel programlama olarak Doğrusal Programlama'nın bir uygulaması olan Simpleks Algoritması kullanılmıştır .

1.2. Üretim Ve Üretim Yönetimi

1.2.1. İşletme Fonksiyonları Ve Üretim

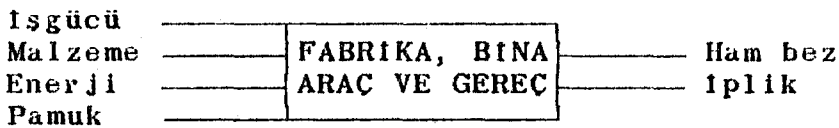
Her endüstri işletmesi en az iki işlemi yerine getirmek zorundadır. Bunlardan birincisi, herhangi bir şey üretmektir; diğeri ise üretilen mal veya hizmetlerin pazarlanmasıdır. Bu iki temel işlemde üretim; insan gücü, malzeme, bina, makina, araç-gereç vb. üretim faktörlerini tedarik etmeyi ve bunlardan yararlanmayı sağlar. Pazarlama ise pazarlama araştırması, promosyon, satış, dağıtım vb. faaliyetleri içerir (Mayer, 1968).

Gerek üretim ve gerekse pazarlama faaliyetlerinin yerine getirilebilmesi için paraya ihtiyaç vardır. Başka bir deyişle, bu iki faaliyete ilişkin harcamaları finanse

etmek gerekir. İste buradan da finansman, işletmenin üçüncü bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylece işletmenin belli başlı fonksiyonel alanı (a) üretim, (b)pazarlama ve (c) finansman olarak belirlenmektedir. Öte yandan sözü edilen üç fonksiyonun yerine getirilebilmesi için insana ihtiyaç vardır. Başka bir deyişle, gerek üretim ve gerekse pazarlama ve finansman fonksiyonları ancak insan gücüyle yerine getirilebilir. Böylece personel alımı, seçimi, eğitimi, motivasyonu ve yönetimi oluşturulur. Burada üretim fonksiyonu ele alınacak ve ayrıntılı bir biçimde incelenecektir.

1.2.2. Üretimin Tanımı

Genel olarak üretim, insan ihtiyaçlarını karşılayan mal veya hizmetlerin meydana getirilmesidir. Başka bir deyişle, belirli girdilerin belirli bir dönüştürme sürecinden geçirilerek belirli bir mal veya hizmet haline dönüştürülmesine üretim denir. Böylece üretimi tanımlarken; girdiler, dönüştürme süreci ve çıktılardan söz etmek gerekir (Levin ve arkadaşları, 1974). Bu tanım, şematik olarak Şekil 1.1'de gösterilmektedir. Buna göre, belirli hammadde ve yarı mamullerin bir takım üretim süreçlerinden geçerek mamul hale gelmesi bir üretimdir.



Sekil 1.1 Üretim Süreci

Aynı şekilde, yolcuların otobüs, tren veya uçakla bir yerden bir başka yere taşınması da üretimdir. Fakat bu üretim, bir hizmet üretimidir. Oysa fabrikadaki üretim, bir mal üretimidir. Mal üretiminde elle tutulabilir bir işlem sözkonusu iken hizmet üretiminde böyle değildir (Starr, 1971).

Öte yandan teknik ve ekonomik açıdan üretim, farklı anlamlara gelmektedir. Ekonomistler üretimi fayda yaratmak biçiminde tanımlamaktadırlar. Teknik anlamda ise belirli bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini artıracak bir değişikliğin yapılması veya yarı mamullerin kullanılabilir bir mamul haline dönüştürülmesi, üretim olarak tanımlanmaktadır. Bu duruma göre bankacılık, sigortacılık, taşımacılık vb. hizmet faaliyetleri teknik anlamda üretim sayılmamaktadır. Bu nedenle, işletme biliminin üretimden çıkardığı anlam, teknik anlamdaki tanıma büyük ölçüde ters düşmektedir. İşletme bilimi, ekonomistler tarafından yapılan üretim tanımına yakın bir tanıma benimsemektedir. Buna göre, üretim faktörlerinin uygun bir şekilde birleştirilerek belirli süreçlerden geçirilmesi ve insan ihtiyaçlarını karşılayabilen mal veya hizmetin oluşturulması, üretim olarak tanımlanmaktadır. Teknik anlamdaki üretim tanımı, işletmeciler açısından oldukça dar bir çerçeveye ifade etmektedir. Bu açıklamalardan sonra üretim yöneticilerinin üretimle ilgili fonksiyonu insan, sermaye, malzeme, bilgi ve enerji gibi girdilerin belirli bir dönüştürme süreciyle istenilen miktar, kalite, zaman ve yerde mal veya hizmet haline dö-

nüştürölerek işletme amaçlarının en uygun biçimde karşılanması olmaktadır.

1.2.3. Üretim Yönetiminin Tanımı

Bilindiği gibi üretim, mal ve hizmetlerin oluşturulduğu bir süreçtir. Üretim süreçlerine fabrika, büro, hastane ve süpermarketlerde rastlanabilir. Üretim yönetimi, istenilen miktar, yer, zaman, kalite ve en düşük maliyetle, mal veya hizmet üretilebilmesi için, üretim sisteminin tasarımı ve kontrolü olmak üzere iki geniş faaliyet alanıyla ilişkili bulunmaktadır (Buffa, 1969). Başka bir açıdan üretim yönetimi, girdilerin belirli bir dönüştürme süreciyle çıktı haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. Ancak bu tanım yetersizdir. Çünkü üretim yönetimi çok geniş kapsamlı işleri gerektirir. Bu nedenle tanım yapmak zordur. Genel olarak üretim yönetimi, işletmenin elindeki insangücü, sermaye, malzeme, bilgi ve enerji gibi girdilerin belirli süreçlerden geçirilerek istenilen miktar, kalite, fiyat, zaman ve yerde mal veya hizmet elde edilmesi ve böylece işletme amaçlarının en uygun bir biçimde karşılanmasıdır (Kobu, 1981). Bu arada şu hususu belirtmek gerekir; eldeki kaynakları bir araya getirirken işletmenin diğer fonksiyonlarını da gözönünde bulundurmak zorundayız. Başka bir deyişle, üretim yönetimi işletmenin pazarlama, finansman ve diğer fonksiyonlarından soyutlanamaz, ayrı düşünülemez. Bu fonksiyonlarla birlikte hareket etmek gerekir. Çünkü üretim yönetimine ilişkin faaliyetler, bu fonksiyonların da belirli ölçülerde yerine getirilmesini öngörür.

Yukarıda üretim yönetimi olarak verilen tanımlama, büyük ölçüde fabrika yönetimiyle ilgilidir. Üretim yönetimi geniş ölçüde fabrikasyon sistemiyle birlikte gelişmiştir. Çünkü üretime ilişkin sorunlar, ilk olarak fabrikalarda gözlenmiştir. Fabrika sisteminden önce, tek kişi tarafından yapılan üretimde, üretim yönetimi önemsiz bir sorun olarak karşımıza çıkmaktaydı. Oysa fabrika sistemiyle bu durum tamamen değişti. Örgütlenme, işyeri düzenleme, kalite kontrolü, üretim ve stok kontrolü vb. sorunlar ortaya çıktı. Bu sorunlara çözüm arandıkça, üretim yönetimi alanı da gelişmeye başladı. Önceleri Taylor gibi araştırmacıların etkisiyle ağırlık doğrudan işgücü maliyetlerinin kontroluna verildi. Daha sonra makineleşme ve otomasyona doğru olan sürekli gelişme, dolaysız işçilik maliyetlerine oranla dolaylı işçilik maliyetlerindeki önemli artışı ortaya çıkardı. Bu gelişme sonucunda üretim yönetimi, fabrika sistemi içerisinde makine ve araç-gereç seçimi, dolaylı işçilik, maliyet kontrolü, üretim kontrolü, stok kontrolü, kalite kontrolü vb. alanlarda gelişme yapmak zorunda kaldı. Taylor' dan bu yana şüphesiz üretim yönetimi kapsamına giren daha birçok yeni alan saptandı ve bu alanlarda gelişmeler oldu (Buffa, 1976). Bu çalışmada üretim yönetiminin kapsamını oluşturan konuları bir fabrika sistemi açısından işleyeceğiz. Burada işlenen konular, birtakım uyarlamalar yapılarak diğer durumlara da uygulanabilir.

1.2.4. Üretim Yönetiminin Amaç Ve Görevleri

Üretim yönetimi, belirli girdilerin bir takım üretim

süreçlerinden geçirilerek istenilen miktar, kalite, zaman ve en düşük maliyetle belirli mal veya hizmetlerin elde edilmesiyle ilgilidir. Böylece üretim yönetiminin amacının saptanmasında miktar, kalite , zaman, yer ve maliyet temel taşlar olmaktadır. Üretim yönetimi hangi malların, ne miktarlarda, hangi özelliklerde, nasıl, ne zaman, nerede ve kim tarafından yapılacağı sorularına en az maliyetle (veya en yüksek karla) çözüm sağlayan cevabı bulmaya çalışır.

Üretim yönetiminin amacı üç noktada toplanabilir (Kobu, 1981):

-Müşteri taleplerinin fiyat, zaman, miktar ve kalite açısından en iyi biçimde karşılanması,

-Stok miktarının mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması, ve

-İşletmenin işgücü ve makine kaynaklarından yararlanma derecesinin yükseltilmesi.

Üretim yönetiminin yukarıda ifade edilen amaçlarına ulaşabilmek için, üretim yöneticilerinin aşağıdaki işlemleri yerine getirmesi gerekir (Mayer, 1969) :

-Üretim yöneticileri, belirli bir mamulun üretiminde çeşitli üretim metodlarını uygulayabilirler. Alternatif üretim metodları analiz edilerek en etken metodun saptanması gerekir. Bu faaliyet metod analizi olarak adlandırılmaktadır.

-Üretim yöneticileri, imalat sürecinde kullanılan materyalin bir yerden bir başka yere taşınması maliyetlerini en aza indirmelidir. Ayrıca departmanlar ve iş istasyonları, etkin bir biçimde düzenlenmelidir. Bu

faaliyetler, fabrika düzenlemesi ve materyal yönetimi olarak ifade edilmektedir.

-İmalat sürecinde kullanılmakta olan hammadde, yarımamul yardımcı malzeme, mamul ve diğer kalemlerin stok miktarlarının ekonomik düzeyde olmasını sağlamak amacıyla stok kontrolu yapılmaktadır.

-İşletmenin gelecekte üreteceği mamul veya mamuller için gerekli olan imkanlar, izlenmesi gereken politika, üretim süreçlerinin saptanması, üretim kapasitesi ve geleceğe ilişkin diğer konuların belirlenmesiyle ilgili olarak üretim planlamasının yapılması gerekmektedir.

-Üretim planlamasıyla saptanan konuların öngörülen biçimde uygulanıp uygulanmadığını belirlemek amacıyla üretim kontrolunun gerçekleştirilmesi gerekir.

-İstenilen kalitede üretimin yapılıp yapılmadığını saptayabilmek için üretim yöneticileri kalite kontrolunu yapmak zorundadırlar.

-İşçilik maliyetlerini kontrol edebilmek amacıyla hareket ve zaman etüdlerinin yapılması gereklidir.

-Etkin bir ücret yönetimi doğrultusunda personele adil ücret ödenmelidir.

1.2.5. Üretim Yönetimi Ve Diğer İşletme Fonksiyonları

Endüstri işletmelerinde istenilen miktar, kalite ve zamanda en iyi ve en ucuz yöntemle üretimde bulunabilmek

için işletme yönetimi içerisinde yer alan satış, pazarlama araştırması, kontrol, satınalma, mühendislik, finansman ve diğer bölümlerle yakın ve uyumlu bir işbirliğine gitmek gereklidir. Büyük bir endüstri işletmesindeki bölümler ve fonksiyonel birimler arasındaki bilgi alışverişi şu şekilde özetlenebilir (Özgen, 1976) :

Pazarlama araştırması bölümü, gelecekte pazarda oluşacak alıcı taleplerinin mamullere karşı olabilecek ilgisi ve her mamulun beklenen satış miktarlarını saptamaktadır. Satış bölümü, üretilen mamullere ilişkin gerçek alıcı taleplerinin alınması, teslim tarihlerinin saptanması ve bu siparişlere ilişkin bilgileri materyal yönetimi ve planlama-kontrol bölümlerine aktarmaktadır. Planlama ve kontrol bölümü bu bilgilerin ışığında işletmenin stoklarına ilişkin ekonomik sipariş miktarı, teslim zamanı, eksik ve fazla işçi çalıştırma vb. konularda izleyeceği politikayı saptamaktadır. Mühendislik bölümü, üretilecek ve üretilmekte olan mamul veya mamullere ilişkin teknik bilgileri, plan taslağı, malzeme istek fişi, araç-gereç ve makina tasarımı ve kalite standartları şeklinde planlama ve kontrol bölümüne sunmaktadır. Bu bölümde bu bilgilerin ışığında önceden belirlenen özellik ve standartlara uygun olacak biçimde üretim siparişlerini saptayarak üretim faaliyetlerinin başlamasını sağlar.

Bütün bu açıklamalar, üretim yönetimine ilişkin fonksiyonlar yerine getirilirken üretim yöneticilerinin işletmenin diğer fonksiyonlarını da gözönünde bulundurmaları

gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Bilinmelidir ki işletme örgütü içerisinde yapılan bölümler, bir bütünü oluşturan ayrılmaz parçalardır. Biri aksayınca veya iyi bir biçimde işlemeyince işletmenin faaliyetleri bir bütün olarak aksayacaktır.

1.3. Üretim Sistemi Ve Sistem Yaklaşımı

1.3.1. Sistem Kavramı

"Sistem" kelimesi değişik anlamlarda kullanılmaktadır. Genel olarak sistem, önceden saptanmış bir amaca ulaşabilmek için tasarlanan ve birbirleriyle bağıntılı veya bağımsız bir bütün, belirli bir düzen veya plana göre organize veya karmaşık bir bütün meydana getiren parçalar olarak ifade edilebilir (Levin, 1974). Bu tanımdan üç önemli nokta ortaya çıkmaktadır. Birincisi, sistemde parçalar, faaliyetler veya fonksiyonların belirli bir düzen veya plana göre yerleştirilmiş olması gerekir. İkincisi, sistemin ulaşmayı tasarladığı bir amacın önceden saptanmış olması zorunludur. Üçüncüsü ise , sistem tanımında " bir organize veya karmaşık bütün " kavramının var olmasıdır. Bu sistem tanımı, fiziksel sistemler, biyolojik sistemler, toplumsal sistemler gibi değişik tür ve nitelikteki sistemler için geçerlidir.

Sistemler değişik biçimlerde sınıflandırılabilir. Oluşumlarına göre sistemler, (a) doğal sistemler ve (b) insan yapısı sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Buna göre işletme, her türlü iç görünümü ile insan yapısı sistem

olmasına karşın işletmenin faaliyetini sürdürdüğü çevre doğal bir sistemdir.

Bir başka sınıflama da (a) açık sistem ve (b) kapalı sistem biçimindedir. Açık sistemler, tek yönlü etki-tepki ilişkisiyle açıklanabilir. Bu sistemde enerji alınmakta yeniden organize edilerek sistemin dönüştürme süreciyle işleme tabi tutulmakta ve çıktı olarak çevreye verilmektedir. Çevre, sistemin çalışabilmesi ve faaliyetlerini tekrarlayabilmesi için gerekli kaynakları vermektedir. Açık sistemlerde sistemi kuşatan çevre, sistemin elemanlarını ve elemanlarının niteliklerini etkiler. Öte yandan kapalı sistemler, açık sistemlerin tam tersidir. Bu tür sistemlerde çevre, sistemi etkileyemez. Kapalı sistemler, bütün sorunlarını ve güçlüklerini çevreye başvurmaksızın kendi içinde çözümleme prensibine sahiptir.

Sistemler çevresindeki değişimlere göre (a) uyarlı sistemler ve (b) uyarsız sistemler biçiminde ikiye ayrılırken bir başka açıdan da (a) durağan sistemler ve (b) dinamik sistemler biçiminde iki grupta toplanmaktadır. Sistemlere ilişkin bir başka sınıflandırma ise (a) genel sistemler ve (b) alt sistemler biçimindedir. Örnek olarak işletme bir bütün olarak genel sistemdir. İşletmeyi oluşturan finansman, üretim, pazarlama, personel vb. bölümler ise birer alt sistemdir. Aynı şekilde ülke ekonomisi genel sistemi ifade ederken, ekonominin sektörleri (tarım, sanayi, hizmet vb.) birer alt sistem olarak karşımıza çıkar.

1.3.2. Üretim Sisteminin Tanımı

Üretim sistemi bir takım girdilerin (işgücü, malzeme, bilgi, enerji vb) belirli süreçlerden geçirilerek insan ihtiyaçlarını karşılayan mal veya hizmetlerin oluşturulduğu bir süreçtir. Genellikle fabrika, hastane, banka, süpermarket ve uçak şirketlerinde üretim sistemlerinden sözedilebilir. Herhangi bir üretim sisteminin yapısı genel olarak (a) girdi, (b) dönüştürme süreci ve (c) çıktı olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Öte yandan burada ifade edilen girdi-çıkı sistem, dinamik yapıya sahip sistemlerde yeterince uygulanamaz. Çünkü bu sistemlerde çevre şartları sürekli olarak değişmektedir. Bu yüzden sistemi tam olarak çalıştırabilmek ve çevre şartlarındaki değişikliklere uyabilmek için yeni sistem unsurlarına ihtiyaç vardır. Bu yeni unsurlar (a) kontrol ve (b) geri besleme olarak ifade edilebilir. Böylece kontrol ve geri besleme unsurlarıyla sistemin öngörülen biçimde çalışıp çalışmadığı saptanmakta, gerekli karşılaştırmalar yapılarak çevredeki değişimlere uyum sağlanmaktadır.

Herhangi bir sistemi analiz ederken, sistemi oluşturan tüm unsurların birlikte ele alınması gerekir. Aksi halde hatalı bir analiz yapılmış olur. Çünkü sistemi oluşturan unsurlar birbirlerini tamamlayıcı özelliğine sahiptirler. Örneğin bir fabrikayı ele alalım. Bir sistem olarak kabul edilen fabrikada bir takım girdiler (enerji, malzeme, işgücü, bilgi vb.) belirli üretim süreçlerinden geçirilerek belirli mamul veya mamuller elde edilmektedir. Üretimin

öngörülen biçimde yapılıp yapılmadığını saptayabilmek için üretimin kontrol edilmesi gerekir. Başka bir deyişle, elde edilen gerçekleşmiş sonuçlarla planların karşılaştırılarak herhangi bir sapmanın meydana gelip gelmediğinin saptanması gerekir. İşte bu saptama işlemi "kontrol" ile yapılmakta ve sapma varsa geri besleme yoluyla tekrar dönüştürme sürecine sokularak gerekli düzeltmeler yapılmaktadır.

1.3.3. Üretim Sistemi Ve İşletme İçi Çevre

Üretim sistemi, işletme içi çevre sistemi ve işletme dışı çevre sistemlerinin etkisi altındadır. Açık bir üretim sisteminin işletme içi ve işletme dışı çevreyle olan ilişkisi Şekil 1.2' de gösterilmiştir (Levin, 1971).

Üretim Sistemi - Pazarlama Sistemi İlişkisi

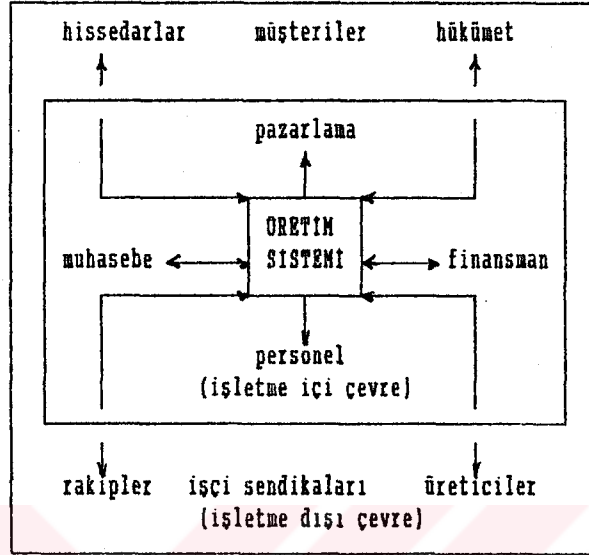
Tüm işletme faaliyetleri, müşteri ihtiyaç ve taleplerini karşılamaya yönelik olmalıdır. Bu nedenle herhangi bir işletme organizasyonunun temel amacı, müşterilerin temel isteklerine uygun ve onların ihtiyaçlarını karşılayan mal veya hizmetlerin üretilmesi olmalıdır. İşletme örgütü içinde yer alan pazarlama sistemi, müşteri talep ve ihtiyaçlarını saptayarak işletme sistemine ulaştırır.

Pazarlama sistemine verilen görev ve sorumluluklar genellikle (a) planlama, (b) satış ve (c) hizmet olmak üzere üç temel grupta toplanabilir.

Üretim Sistemi - Finansal Sistem İlişkisi

Üretim sistemi fonksiyonlarını yerine getirebilmek için bir takım varlıklara sahip olmak zorundadır. Bir taraftan

fabrika binası, makina, araç-gereç vb. sabit varlıklara ihtiyaç duyulurken öte yandan işletmenin, kısa dönemdeki



Sekil 1.2 Üretim Sistemi ile İşletme İçi Çevre ve İşletme Dışı Çevre

faaliyetleri ile ilgili ücret, malzeme ve diğer ödemeleri için işletme sermayesine ihtiyaç vardır. İşte bu durumda finansal sistem ile üretim sistemi arasındaki ilişkiler söz konusu olmaktadır. Üretim sistemi ile finansal sistem arasındaki ilişkiler, sermaye yatırımlarından doğmaktadır.

Üretim Sistemi - Muhasebe Sistemi İlişkisi

Muhasebe sistemi; işletme içi kontrol, nakit kontrolü, bütçeleme, değerlendirme, revizyon ve kontrol, işletme dışı raporlar, maliyetler ve etkenlik ölçüsü fonksiyonlarıyla bir bütün olarak işletme sistemine katkıda bulunur. Üretim sistemiyle muhasebe sistemi arasındaki ilişki, belirli bir mamul fikrinin doğuşu ve geliştirilmesi aşamalarında başlamakta ve söz konusu mamul satılıp kar üzerinden vergisi

ödeninceye kadar devam etmektedir.

Muhasebe kayıtlarına geçirilen bilgiler, yatırım projelerine ilişkin fizibilite etüdlerinde de bir girdi olarak kabul edilir. Muhasebe sistemi, sözkonusu yeni mamul yatırımıyla ilgili değişken ve sabit maliyetleri önceden belirlenmiş bir kritere göre saptar. Ayrıca yatırım için gerekli işletme ve sabit sermaye tutarları, stok düzeyleri belirlenir.

Üretim Sistemi - Bilgi Sistem İlişkisi

Bilgi sistemi, yönetimin içine ve dışına doğru olmak üzere iki yönlü bir akım şeklinde karşımıza çıkar. Etkin bir bilgi sisteminin sisteminin geliştirilmesi ve uygulanması, işin ne zaman ve nasıl yapılması gerektiği, iş için gerekli parçalar ve her parçanın işe olan katkısı konusunda yönetime yardımcı olacaktır. Bilgi sistemi, gerekli bilgileri işletme içi ve işletme dışı kaynaklardan sağlar.

Bilgi sistemlerinin üretim sistemine uygulanması değişik şekillerde olur. Bu uygulama, stok kontrolü, maliyet kontrolü, sipariş kayıtlarının rapor edilmesi, üretim programlanması, standartların yerleştirilmesi ve devam ettirilmesi, malzeme ihtiyacının tahmini ve programlanması, üretim sürecindeki işlerin kontrolü, iş emirlerinin verilmesi, kalite kontrolü, makina yükleme kayıtları, işlerin sıralaması, bakım planlama-programlama ve kontrolü, makinelerin sayısal kontrolü, önleyici bakım

planlaması, "yap" veya "satın al" kararları, insan gücünden yararlanma, işgücü faaliyet kayıtları, mühendislikteki değişmeler vb. konularda olmaktadır.

1.3.4. Üretim Sistemi Ve İşletme Dışı Çevre

İşletme dışı çevre, işletme yönetiminin kontrol alanı dışındaki faktörler olarak ifade edilebilir. Bu çevre, politik-yasal, ekonomik-sosyolojik faktörler olmak üzere iki grupta toplanabilir.

Politik - Yasal Faktörler

Bu faktörler tüm işletme sistemini olduğu gibi işletmenin üretim sistemini de etkiler. Yasalar, işletme açısından genellikle işletme hukuku, genel hukuk ve iş hukuku olmak üzere üçe ayrılarak incelenebilir. Öte yandan hükümetlerin politik kararları da üretim sistemini önemli ölçüde etkiler. Örnek olarak hükümetin izlediği para ve gelir politikası üretim kararlarını büyük ölçüde etkiler. Para arzının artması ve vergi oranının düşürülmesi, tüketici gelirlerinin artmasını sağlar. Böylece belirli mamullere ilişkin talepte artış olur. Bunun aksi durumlarda talepte düşme olur.

Ekonomik - Sosyolojik Faktörler

Ekonomik faktörler, teknoloji, talep, tüketici istekleri, genel ekonomik durumda birçok değişmelere neden olur.

Sosyolojik faktörler ise bireylerin davranış, iş yapma ve güdülerini etkileyen eğilim ve değerler olarak

tanımlanabilir. Buradaki bireyler, formal örgütlerde çalışan kişilerdir. Örgütteki herkes, kendisi ile birlikte birtakım ihtiyaçları da beraberinde getirir. Kişinin verimi, örgüt içindeki pozisyon ve görevlerin ihtiyaçlarını tatmin etmesine bağlıdır.

1.3.5. Üretim Sistem Türleri

Üretim işlemi, belirli girdilerin bir takım üretim süreçlerinden geçirilerek çıktı haline getirilmesiyle gerçekleşir. Bu üretim işlemi genellikle üç şekilde yapılır (Starr, 1984). Bunlar, (a) sürekli üretim (flow shop), (b) kesikli üretim (job shop) ve (c) proje tipi üretim (project shop) olarak ifade edilebilir. Aslında bu üç üretim tipini bir sanayi işletmesinde yalnız başına görmek genelde mümkün olmaz. Çoğunlukla bunların karışımından oluşan bir üretim tipi uygulanır. Bununla birlikte bu üç tipten biri daha ağırlıklıdır. Biz burada sürekli üretim, sipariş üzerine üretim ve proje tipi üretim türlerine değineceğiz.

Sürekli Üretim

Çağdaş sanayi işletmelerinin genel özelliği, kütle halinde üretime imkan veren sürekli üretim tipidir. Sürekli üretimde, işbölümü nedeniyle üzerinde uzmanlaşmanın sağlanmış olduğu tek veya çok az çeşitle mamul, zaman içinde sürekli bir akış içerisinde üretilmektedir. Mamul çeşit sayısı çok az veya tek olduğundan üretim sürecindeki işler aynı sıralama çerçevesinde sürekli olarak tekrarlanır ve büyük miktarlarda üretim yapılmış olur.

Sipariş Üzerine Üretim

Bu üretimde değişik tür ve nitelikte mamuller, partiler halinde üretilir. Her çeşit mamulün üretimi, müşteri siparişlerine uygun bir biçimde yapılır. Üretimde genel amaçlı makina ve araç-gereçler kullanılır. Başka bir deyişle aynı makinalar değişik mamullerin üretiminde kullanılır. Her bir mamulün üretimi yalnızca bir kez yapılır. İşlerde tekrarlama sözkonusu değildir. Bu üretim tipi, müşteri isteklerine göre üretimi uyguladığı için yüksek maliyetlidir (Özgen, 1977).

Proje Tipi Üretim

Proje tipi üretimde, üretim sistemi tek bir mamul veya sınırlı bir imalat hattıyla üretim yapabilecek biçimde tasarlanmıştır. Bu üretim tipi hem sürekli üretim ve hem de sipariş üzerine üretim tiplerinin özelliklerini karma bir biçimde taşır. Aslında proje tipi üretim, sipariş üzerine olan tipe çok benzer. Yalnızca bu üretim tipinin öngördüğü büyüklük veya işlerin kapsamı geniştir. Bu nedenle proje tipi üretim, sürekli üretim tipinde bazı özelliklerinden yararlanır.

1.4. Karar Alma Ve Model Kurmada Bilimsel Yaklaşım

1.4.1. Bilimsel Yaklaşım

İşletmelerin karar alma problemlerine bilimsel yaklaşımın uygulanması, 1930 yılındaki krizle birlikte başlamıştır. Bu kriz döneminde işletme sahipleri ve

sonucunda bunun nedenlerinin araştırılması gerektiği görüşünü ortaya attılar. Acaba yanlış olan nedir? Firmalar neden sürekli olarak yokolup gitmektedir? Bu olumsuz gidişi durduracak daha iyi yollar yok mudur? biçimindeki sorular karşısında sürekli bir arayış başladı ve bilimsel yaklaşımın temelleri böylece atılmış oldu.

İşletme yönetiminde bilimsel yaklaşım, karşılaşılan sorunları düzenli inceleme, ölçme işlemleri için izlenecek adımları ve yöntemi göstermekte ve belirli bir konunun sistematik bir biçimde incelenmesini öngörmektedir.

Bilimsel yaklaşım genellikle aşağıdaki dört aşamanın sırasıyla izlenmesiyle ilgilidir (Garet, 1973) :

- Problemin tanımlanması,
- Bir hipotez geliştirilmesi,
- Geliştirilen hipotezin test edilmesi, ve
- Hipotezin geçerli olup olmadığının saptanması.

Öte yandan bilimsel yaklaşım ile yöneylem araştırmasının temel aşamaları arasında büyük benzerlikler vardır. Aralarındaki tek fark, yöneylem araştırması problemi kantitatif olarak çözerken bilimsel yaklaşımda çözümün mutlaka kantitatif olması gerekmediği hususudur. Bu durumda bilimsel yaklaşım şu şekilde ifade edilebilir :

- Problemin açık bir şekilde tanımlanması,
- Sistemi temsil edebilecek bir modelin kurulması,
- Modelden bir çözüm elde edilmesi,
- Modelin ve çözümünün test edilmesi,

- Cözümün kontrol altına alınması, ve
- Cözümün uygulanması.

1.4.2. Karar Alma İşleminin Tanımı

Karar alma işleminde genellikle iki yaklaşımdan sözedilebilir. Birinci yaklaşım, kantitatif yaklaşımdır. Burada problem tanımlanarak analiz edilir, alternatif çözüm yolları belirlenerek belirli bir kritere göre bu çözüm yollarından biri seçilir ve uygulanır. Diğer yaklaşımda ise karar vericinin kişisel deneyim ve yargısı esas alınarak karar verilir. Burada herhangi bir kantitatif analiz sözkonusu değildir. Biz burada birinci yaklaşımı dikkate alarak karar teorisi konusunu inceleyeceğiz.

Karar alma işlemi, karar vericinin değişik seçeneklerle karşı karşıya bulunduğu durumlarda bunlar arasından kendi amaçlarına uygun, kendisince saptanmış belirli ölçütlere göre en elverişlisini seçebilmesidir (Başar, 1976). Başka bir deyişle kişi veya karar vericinin birden fazla alternatif arasından belirli bir amaca ulaşabilmek için seçim yapması "karar" olarak ifade edilebilir. "Karar" elde edilmesini sağlayan işlemler de "karar alma" olarak adlandırılır.

Gerek uygulama ve gerekse teoride, karar alma işleminin yerine getirildiği ortamın bilinmesinde büyük yararlar olduğu kabul edilmektedir. Çünkü kararın alındığı ortam bilinmezse, sağlıklı kararların alınması da mümkün olmaz. Karar ortamları genellikle (a) belirlilik , (b) belirsizlik,

(c) risk ve (d) belirsizlik + risk olmak üzere dört değişik biçimde karşımıza çıkmaktadır.

Belirlilik ortamında karar verici, mevcut alternatiflerin herbirinin hangi koşullar altında gerçekleşeceği ve nasıl bir sonuç doğuracağı konusunda tam ve kesin bir bilgiye sahiptir. Başka bir deyişle herhangi bir karar alma sürecine ilişkin davranışların doğuracağı sonuçlar önceden kesinlikle biliniyorsa buna belirlilik altında karar alma adı verilir. Örnek olarak devlet tahviline yapılacak bir yatırım sonunda elde edilecek gelir tutarı kesin olarak bilinir. Böyle bir konuda karar alma, belirlilik altında karar almadır.

Karar verici birden fazla sayıda alternatifle karşılaştığında ve her eylemin sonucu belirli bir olasılık çerçevesinde elde edilebiliyorsa risk ortamındaki karar alma işleminden söz edilebilir. Başka bir deyişle risk ortamındaki karar alma işleminde karar alternatifleri için elde kısmi bir bilgi vardır. Her alternatifin izlenmesiyle elde edilecek sonuçların yüzde yüz başarılı veya başarısız olacağı kesin olarak bilinmemektedir. Yalnızca mevcut alternatiflerin belirli bir olasılık dağılımına göre sonuç verdiği ve bunun da önceden bilindiği kabul edilmektedir.

Belirsizlik ortamında ise karar verici, mevcut alternatiflerden değişik sonuçlar elde edebilmektedir. Her eylemin sonucu hakkında hiçbir bilgi sağlanamamaktadır. Yani eylem sonuçlarına ilişkin olasılıklar, belirsizlik

ortamında bilinmemektedir.

Gerçek hayatta , işletme yöneticileri genellikle belirsizlik ortamındaki karar alma sorunlarıyla karşılaşır. Belirlilik ortamındaki karar alma, yöneticilerin çok az karşılaştıkları bir durumdur. İşletme yöneticileri genellikle risk ve belirsizlik ortamlarının karışımından oluşan bir ortamda karar almak zorunda kalırlar.

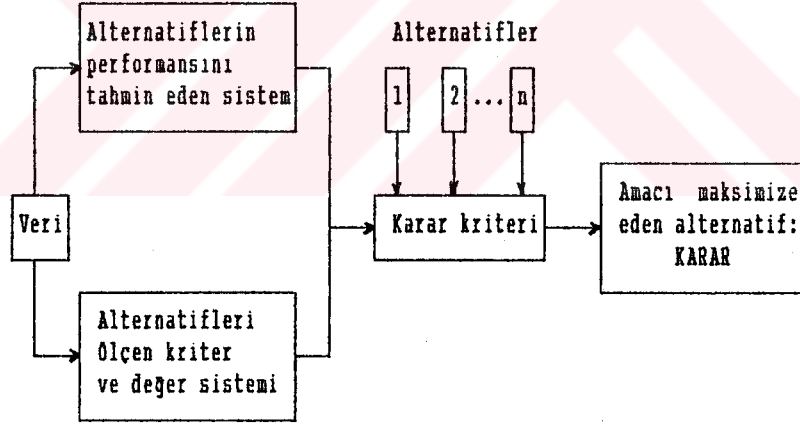
1.4.3. Karar Alma İşleminin Unsurları Ve Aşamaları

Belirli bir karar alma işleminin yapısal görünümü Şekil 1.3' de gösterilmiştir (Buffa, 1969). Şekilden de görüleceği gibi karar alma sürecinin belli başlı unsurları aşağıdaki biçimde ifade edilebilir :

- Karar alma işleminin yerine getirildiği doğa koşulları,
- Karar verici,
- Ulaşılmak istenen amaçlar,
- Birden fazla sayıda alternatif çözüm yolu,
- Elde edilen sonuçlar,
- Alternatifler arasından seçim yapılması, ve
- Doğa koşullarına ilişkin ihtimallerin hesaplanabildiği ortam.

Yukarıda ifade edilen unsurlar herhangi bir karar alma işleminin belli başlı elemanlarıdır. Öte yandan herhangi bir karar alma işleminde aşağıdaki aşamalar sırasıyla izlenir:

- Alternatif stratejilerin belirlenmesi,
- Alternatif stratejilerden elde edilebilecek muhtemel sonuçların belirlenmesi,
- Uygun bir karar kriterinin seçilmesi,
- Elde edilmesi muhtemel sonuçlara ilişkin ihtimallerin belirlenmesi,
- Her stratejiye ilişkin kazanç ve maliyetle ilgili tahminlerin yapılması,
- Seçilen karar kriterini kullanarak elde edilen her sonucun değerlendirilmesi,
- Gerçekleşen sonuçlarla öngörülen sonuçları karşılaştırarak varsa sapmaların belirlenmesi.



Şekil 1.3 Karar Alma İşleminin Yapısal Görünümü

1.4.4. Model Kurma

Kavram Ve Tanım

İşletme yönetimine modeller yoluyla yaklaşımda model kurma önemli bir yer tutar. İyi bir model kurabilmek için "modelin ne olduğunu" bilmek gerekir. Model, gerçek hayatın

basitleştirilmiş bir biçimi olarak tanımlanabilir (Star, 1971). Modeller gerçek hayatın tümünü değil yalnızca bir bölümünü göstermek amacıyla ortaya atılmıştır. Her model bir takım varsayımlara dayanmaktadır. Örnek olarak doğrusal programlama modellerinin dayandığı varsayımlardan biri modelin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin olmasıdır. Herhangi bir model matematiksel olabilir veya olmayabilir. Matematiksel modellerin yanında sematik, fiziksel, deskriptif ve analog model türleri de vardır. Model türleri genellikle (a) ikonik modeller, (b) analog modeller ve (c) matematiksel modeller olmak üzere üç grupta toplanabilir (Turban ve Meredith, 1977).

İkonik yani taklit modeller, üzerinde çalışılan sistemin fiziksel olarak temsil edilmesi şeklinde karşımıza çıkar. Örnek olarak bina ve köprü maketleri, uçak modelleri, üretim hattı modelleri gibi.

Analog modeller gerçek sisteme benzememekle birlikte gerçek sisteme benzer bir davranış içindedir. Bu tür modellerde şema ve diyagramlar gibi fiziksel araçlar, işletmedeki organizasyon yapısının otorite ve sorumluluk ilişkilerinin organizasyon şemasıyla gösterilmesi, bir makinanın tasarımı ve kullanımına ilişkin teknik resimler, su ve dağları değişik renklerde gösteren haritalar vb. faaliyetler verilebilir.

Matematiksel modeller, fiziksel araçlarla model kurmanın çok zor veya riskli olduğu durumlarda kullanılır.

Bu tür modellerde bir takım semboller kullanılmaktadır. Örnek olarak yöneylem araştırmasına ilişkin modellerde genellikle matematiksel semboller kullanılmaktadır. Matematiksel modeller eşitlik veya diğer matematiksel ifadeler biçiminde gösterilebilir. Monte Carlo simülasyonu, doğrusal paragraflama, dinamik programlama, oyun teorisi belli başlı matematiksel modellerdir.

Model Kurma Süreci

Model kurma sürecinde çözümlenmesi istenen problem, ayrıntılı bir biçimde incelenerek bir model halinde ifade edilmeye çalışılır. Bu model, bir ikonik model, bir analog model veya bir matematiksel model olabilir. Bir model kurma işleminde genellikle dört temel unsur dikkate alınır (Özgen, 1976) . Bunlar (a) kontrol edilebilir değişkenler, (b) kontrol edilemeyen değişkenler, (c) etkinlik ölçüsü ve (d) sınırlayıcı şartlardır.

Kontrol edilebilir değişkenler, karar vericinin istediği biçimde yönlendirilebilir ve değiştirilebilir. Örnek olarak belirli bir işletmede her çeşit mamulden üretilecek miktarlar $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ biçiminde birer karar değişkeni olarak ifade edilebilir.

Kontrol edilemeyen değişkenler ise karar verici tarafından değiştirilemeyen ve etkilenemeyen değişkenlerdir. Kontrol edilemeyen değişkenler parametre olarak da adlandırılabilir. Örnek olarak birim başına düşen kar ve maliyetler birer kontrol edilemeyen değişken olarak

gösterilebilir. $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ katsayıları, birim karı veya birim maliyetleri ifade eden parametrelerdir.

Etkinlik ölçüsü sözkonusu problemin amacını yansıtan ve karar değişkenleri ile parametrelerin bir fonksiyonu olarak belirlenen bir ölçüdür. Toplam kar, toplam maliyet, toplam gelir, verimlilik vb. sonuçlar birer etkinlik ölçüsüdür. Sınırlayıcı şartlar ise farklı şekillerde karşımıza çıkar. Bazı durumlarda karar değişkenlerinin belirli değerler alması gerekir. Örnek olarak x_1 , bir işletmede imal edilmekte olan bir mamulu ifade etsin. Eğer piyasada x_1 , mamulüne olan talep en fazla 500 birim ise bu mamulden en fazla 500 birim üretilmesi gerekir ve bu bir sınırlayıcı şarttır.

Model kurma işleminde gözönünde bulundurulması gereken hususlar şunlardır :

-Model, gerçeği gerektiği kadar duyarlı ve uygun bir biçimde temsil etmelidir.

-Model, sistemin veya karar vericinin amaçlarını en uygun bir biçimde temsil eden basit bir yapıya sahip olmalıdır.

-Sistemin davranışına ve işleyişine çok az etkisi olan değişken ve parametreler gözönüne alınmamalıdır.

-Model için gerekli olan bilginin mevcut olması gerekir.

-Modelin çözümü, mevcut çözüm teknikleriyle elde edilebilmelidir.

-Problemle ilgili uygun model geliştirildikten sonra yeni çözüm teknikleri aranarak model çözümlenmelidir.

-Sistemi az ve kolay şekilde tanıtabilecek değişkenler saptanmalıdır. Başka bir deyişle modelin kapsamı, uygulanabilirlik ve yeterlilik bakımından optimal bir büyüklükte olmalıdır.

Öretim Yönetimine İlişkin Analitik Modeller

Öretim yönetiminin gelişme durumu, sorunların çözümünde kullanılan analitik yöntemlerin yoğunluk derecesine ve analizlerde izlenecek yaklaşıma bağlıdır. Önceleri genellikle bir takım grafiksel ve sematik modeller aracılığıyla üretim sistemi analiz edilmekteydi. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra daha karmaşık analitik modeller kullanıldı. Özellikle matematiksel, istatistiksel, simulasyon ve sezgisel modeller yaygın bir uygulama alanı buldu.

Öretim süreçlerinin analizinde izlenen analitik yaklaşımda en modern analitik yöntemlerin kullanılıp kullanılmaması önemli değildir. Önemli olan problemin en sağlıklı bir biçimde tanımlanarak optimal çözüme en uygun analitik yöntem aracılığıyla ulaşmaktır.

Analitik yaklaşımda genellikle aşağıdaki temel aşamaların sırasıyla izlenmesi gerekir (Buffa, 1976) :

- Sistemin veya problemin tanımlanması,
- Etkinlik ölçüsünün belirlenmesi,
- Modelin kurulması,
- Alternatif çözüm yollarının geliştirilmesi, ve

-Kantitatif ve kalitatif analizler sonucunda en uygun alternatifin seçilmesi.

Öretim yönetiminde sorunlara analitik yaklaşımla bir çözüm bulabilmek için bazı analitik yöntemlere ihtiyaç vardır. Özellikle model kurma aşamasında sözkonusu analitik yöntemler olmaksızın etkinlik sağlanamaz. Bu analitik yöntemler, doğrusal programlama , doğrusal olmayan programlama, tamsayılı programlama, dinamik programlama, ulaştırma yöntemi, sıralama teorisi, simulasyon modelleri, istatistiksel analiz, şematik ve grafiksel analiz, PERT ve CPM, maliyet analizi, sezgisel ve bilgisayarla araştırma modelleri ve diğer programlama modelleridir.

2. TARİHSEL GELİŞİM

2.1. Üretim Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

Üretim yönetiminin tarihsel gelişimi çok öncelere gitmekle birlikte çağdaş anlamdaki üretim yönetimi sanayi devrimiyle birlikte gelişmeye başlamış ve bugünkü duruma gelmiştir. Üretim yönetiminin bugünkü durumuna ulaşmasında kuşkusuz insanlığın eğitim, sosyal, kültürel , bilimsel ve diğer alanlarda gösterdiği gelişme ve ilerlemelerin de önemli bir payı vardır. Bunun yanında üretim yönetimi çağdaş niteliğe 19. yüzyıldaki sanayi devrimiyle kavuşmuş ve gittikçe artan bir biçimde değişikliklere uğramıştır.

Elwood S. Buffa, "Modern Üretim Yöntemi" adlı eserinde üretim yönetiminin tarihsel gelişimini aşağıdaki sıralamayla ifade etmektedir (Buffa, 1969) :

-1776 yılında Adam Smith, "Milletlerin Servetleri" adlı eserinde işbolumu ile üç temel avantajın elde edilebileceğini gözlemiştir. Bunlar (a) belirli bir iş veya görev sürekli olarak tekrarlanırsa işi yapanın yeteneği gelişecektir, (b) bir faaliyetten diğerine doğru bir değişme yapılırsa zaman tasarrufu normal olarak kaybolmaktadır, (c) çalışanlar yaptıkları işlerde uzmanlaşınca makina veya araçlarda yeni buluşlar olacaktır. Smith, bu üç gözlem sonunda üretimde bir artış olabileceğini belirtmiştir.

-İngiltere'de Cambridge Üniversitesinde bir matematik profesörü olan C. Babbage, "Makina Ve Imalatçıların Ekonomisi Üzerine " adlı eserinde Adam Smith tarafından

geliştirilen emek kavramını incelemiştir. Babbage'e göre Smith, işbölümü konusunda ayrıntılı bir analiz yapmamıştır. Bu eserde ikinci olarak işletmede bir yönetim sorununun mevcut olduğu, bu sorunun çözümünde bir takım bilimsel tekniklerin kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Son olarak da reklam satış ve yeni mamul geliştirme konularına yer vermektedir. İş bölümünü incelemekten başka Babbage, iş basitleştirme, uzmanlaşma ve reorganizasyon ile üretkenliğin artırılması yolunda deneyler yapmıştır.

-Frederick W. Taylor, üretim yönetiminin tarihsel gelişiminde en fazla katkısı olmuş bir kişidir. 1900-1920 yılları arasında Taylor bilimsel yönetimin kurallarını ortaya atarak üretim yönetimine önemli katkılarda bulunmuştur. Taylor ile birlikte verimlilik artışı, örgütlenme, işgücü verimi, işyeri düzeni vb. kavramların bugünkü anlamda kullanılmaya başlandığı söylenebilir. Taylor'un bilimsel yönetim kuralları şöyle ifade edilebilir: (a) iş analizlerinde parmak hesabı üzerine bilimsel yöntemlerin kullanılması, (b) çalışanların seçim eğitim ve yetiştirilmesi konusunda sistematik yöntemlerin uygulanması, (c) çalışan ile yöneten arasında sağlam temellere dayanan etkin bir işbirliğinin kurulması, (d) iş yükünün çalışanlar ve yönetenler arasında dengeli adil ve uygun biçimde dağıtılması.

F. W. Taylor ile birlikte çalışmış ve Taylor'un görüşlerinin yayılması, gelişmesi ve uygulanmaya konulması

Lillian Gilbert ve diğer araştırmacılar üretim yönetimine ilişkin çalışmalar yapmışlardır.

-1915'lerde F. W. Harris tarafından stok kontrolüne ilişkin bir matematiksel model geliştirilmiş ve basit bir uygulama yapılmıştır.

-1940'larda Walter Shewhart olasılık yöntemleri aracılığıyla istatistiksel kalite kontrolünü yapmış ve L. H. C. Tippet , örnekleme iş-zaman etüdlerini gerçekleştirmiştir.

-Doğrusal programlama ve diğer matematiksel yöntemler, diğer matematiksel modellerin uygulanmasının genelleşmesi, yüksek hızda bilgisayar kullanımı, üretim modellerinin simulasyon modelleriyle çözümü, otomasyon ve işgücü mühendisliği gibi konularda İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gelişmeler olmuştur.

-1960'lardan günümüze kadar simulasyon (benzetme), heuristik (bulgusal) ve diğer modellerin üretim sistemlerin tasarımı, planlaması ve kontrolünde kullanılmıştır.

2.2. Doğrusal Programlamanın Tarihsel Gelişimi

Bir optimizasyon problemi tipi olarak doğrusal programlama, ilk olarak 1930'larda ekonomistler tarafından , kaynakların optimal yerleşimi yöntemlerinin geliştirilmesi sırasında kabul edildi. İkinci Dünya Savaşı boyunca ABD Hava Kuvvetleri, kaynakların yerleştirilmesinde daha etkili prosedürler aradılar ve doğrusal programlamaya döndüler.

genel doğrusal programlama problemini tanımladı ve 1947' de simpleks çözüm yöntemini tasarladı. Bu gelişme, doğrusal programlamanın daha geniş anlamda kullanılması yolunda önemli bir adım oldu. Tam bu sıralarda İngiltere'de de benzer gelişmeler sağlandı. Sonraları doğrusal programlamanın teorik gelişiminde ve pratik uygulamalarında daha fazla gelişmeler kaydedildi. Bütün bu çalışmaların arasında Kuhn ve Tucker tarafından gerçekleştirilen teorik katkılar, doğrusal programlamada Duality Teorisi'nin gelişmesinde en büyük etkiyi oluşturdu. Doğrusal programlamanın endüstriyel uygulamaları, Charnes ve Cooper'ın çalışmaları sonucunda gerçekleşti.

Doğrusal programlamanın ilk ve en verimli endüstriyel uygulamaları, petrol rafinerilerinde gerçekleştirildi. Bunlar, doğrusal programlamanın, bir karışım problemi çözümünde kullanılacak bir algoritma olarak görülmesiyle yapıldı. Bundan başka doğrusal programlama, bir imalat firmasının optimal üretim planının bulunmasında kullanılmıştır.

Gıda işleme endüstrisinde doğrusal programlama, bir ulaştırma probleminin çözümünde kullanıldı. Demir ve çelik endüstrisinde ise doğrusal programlama, karı maksimize edecek şekilde dönen millerin yapımında kullanılacak olan ürün tiplerinin belirlenmesinde kullanıldı. Metal işleme endüstrileri ve kağıt işletmeleri de doğrusal programlamayı kullanmaktadır. Bundan başka, bir haberleşme ağındaki

edilmektedir.

2.3. Doğrusal Programlama Uygulamaları

Greenwood' un 1969 yılında çeşitli makalelerden derlediği "Decision Theory And Information Systems" adlı kitabında yer verdiği ve William M. Young ile Kurt Eisemann' e ait olan " Study Of A Textile Mill With The Aid Of Linear Programming" (doğrusal programlama yardımıyla bir tekstil işletmesinin planlanması) adlı makalede dokuz çeşit yünlü battaniye arasından en yüksek karı sağlayacak battaniyelerin belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır.

Senel' in 1974 yılında yayınladığı "Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması Ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama " adlı kitabında vatka, tarak, cer, fitil, iplik, düzeltme ve dokuma bölümleri olarak ele alınan bir tekstil işletmesinde pamuktan kumaşa en az maliyette gerçekleştirilecek olan ürünlerin doğrusal programlama yöntemi kullanılarak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Gürdoğan 1981 yılında, " Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama Ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama " isimli kitapçıkta çalışmanın amacı olarak, doğrusal programlama tekniğinin üretim planlaması aracı olarak kullanılmasının sağladığı yararların, Demir Çelik İşletmeleri Karabük Kontinü Haddehanesinde yapılan bir uygulamayla ortaya çıkışı gösterilmektedir.

J.K. Lee ve Y.S. Kim, 1984 yılında Hong Kong'da 1984 yılında düzenlenen Yıllık Dünya Konferansı'nda (The Annual World Conference) teblig ettikleri "Pamuk Harmanı İçin Doğrusal Programlama" (Linear Programming For Cotton Mixing) isimli makalede, pamuk harman oranlarının belirlenmesi için bir bilgisayar programı geliştirdiklerini belirtmektedirler. Burada pamuk harman kalitesini etkileyen faktörler olarak, lif uzunluğu, incelik, mukavemet ve olgunluk derecesi verilmiş ve kapasite kısıtları bunlara göre düzenlenmiştir.

1984' de D. Sharma, yukarıda adı geçen konferansta ve aynı tarihte yayınladığı "Bilgisayar Destekli Yöneylem Araştırma Modeli Kullanarak İplik Eğirme İşletmeleri İçin Pamuk Harman Oranlarının Tesbiti" (Cotton Blending For Spinning Mills Using Computer Assisted Operation Research Model) isimli makalede ekonomi, uygunluk, kalite ve güvenilirlik için düzenlemiş olduğu bilimsel yaklaşım ve yöntemlere göre hayli masraflı olan geleneksel harman karışımı tayin yöntemlerine bir alternatif olarak yöneylem araştırmasının bir modeli olan doğrusal programlamayı getirmektedir. Böylece daha verimli karışım oranlarının elde edilebileceği belirtilmektedir.

3. PAMUKLU KUMAS ÜRETİMİ

Pamuklu kumaş üretimi çeşitli safhalardan oluşmaktadır. Bu bölümde, bu safhalar hakkında genel açıklamalar yapılacaktır.

3.1. İplik Üretimi

Teknolojik olarak iplik, open-end ve ring ipliği esasına göre üretilmektedir. Çalışma bölgesi olarak yararlanıldığımız entegre tekstil işletmesinde ring yöntemine göre iplik üretildiği için biz burada ring iplikçiliğinden sözedeceğiz.

Ring ipliği, karde ipliği ve penye ipliği olarak iki şekilde üretilir. Penye ipliği, arzu edilen derecede kısa lifleri taranarak alınan ve bu şekilde üretilen iplik türüdür. Karde ipliği ise kısa lifleri alınmadan üretilen iplik türüdür. Bu yüzden karde ipliği üretiminde kullanılan materyal, dublör, katlı cer ve penye makinalarına uğramadan geçer.

3.1.1. Harman - Hallaç

Bu kısmın görevi, ham malzemeyi açmak, karıştırmak, elyafın içindeki yabancı maddeleri mümkün olduğu kadar ayırmak ve uzaklaştırmaktır. Bunun sağlanabilmesi için pamuk küçük topaklar haline gelinceye kadar açılır. Kısmen temizlenmiş ve açılmış olan pamuk, topak besleme sisteminde sevk boruları aracılığı ile tarak makinalarına aktarılır.

3.1.2. Tarak

Burada pamuk, tek lif haline gelinceye kadar açılır ve bu sırada ortaya çıkan yabancı maddeler ve kısa elyaf ayrıştırılır. Tarak işlemi sonunda materyal band formuna getirilir.

3.1.3. Band Birleştirici (Dublör)

Bu makinanın görevi, tarak bandlarını yumak halinde toplamaktır.

3.1.4. Katlı Cer

Burada, dublörde üretilen yumaklardan altı veya sekizi çekime tabi tutulur ve tekrar kat kat birleştirilerek yumak haline getirilir. Amaç, penye makinasına uniform yumak hazırlamaktır.

3.1.5. Penye

Bu makinada, pamuk içindeki bütün yabancı maddeler ve özellikle nepsler ayrılır, kısa lifler taranarak düzgünlük ve mukavemet artırılır ve liflerin paralelliği daha da mükemmelleştirilir. Yumaklar band haline getirilir ve cer makinalarına hazırlanmış olur.

3.1.6. Cer

Burada materyal, çekilerek paralelleştirilir, dublajla düzgünleştirilir, karıştırılarak materyal arasında denge sağlanır.

Materyal cer makinasından iki pasaj geçirilir. Bundaki amaç, liflerin her iki ucunda bükülmeyi gidermektir.

3.1.7. Fitol

Fitol makinasının görevleri:

- Çekimle bantları inceltmek ve fitil haline getirmek,
- Bükümle fitili sağlamlastırmak,
- Özel sarma tertibatı ile fitili bobin halinde sarmak.

3.1.8. Ring

İplikhanedeki işlemler, ileride kullanılma tarzına uygun bir şekilde belli bir incelik ve gereken bükümle iplik makinasında bükülerek ipliğin meydana getirilmesi ile sona erer. İplik makinasının görevi, fitile çekim vasıtası ile son iplik numarasını vermek, ipliği büküp sarmaktır.

3.2. Bobin Sarma

İplikte bulunan ince yer, kalın yer ve nepslerin elimine edilmesi, bir başka deyişle iplik düzgünlüğünün artırılması için masuraya sarılı olan iplikler bobinleme işlemine tabi tutulurlar. Böylelikle iplikler hem temizlenmiş hem çözgü sarma makinasında kullanılacak şekilde hazırlanmış ve hem de boyamaya hazır hale getirilmiş olur. Masuradan bobine sarılan iplikler, boyama işleminden geçirilirler, bundan sonra tekrar bobinden bobine aktarma yapılır.

3.3. Atkı Aktarma

Bobine sarılan iplikler, dokumada kullanılacağı yere göre çözgü veya atkı hazırlama işlemlerinden geçirilirler. Atkı olarak kullanılacak iplikler atkı aktarma makinalarında tekrar masuraya sarılırlar. Atkı besleme sistemi bobin olan makinalarda iplikler atkı aktarma işlemine tabi tutulmazlar.

3.4. Çözgü Sarma

Çözgü Sarma, kumaşın dokusuna uygun bir şekilde çözgü ipliklerinin bobinlerden leventlere sarılma işlemidir. Çözgü sarma teknolojik olarak iki şekilde gerçekleştirilmektedir: Konik Çözgü ve Düz Çözgü. Konik çözgü daha çok, renkli kumaşların ve çözgü tel adedi fazla olan kumaşların çözgülerinde; düz çözgü ise çözgü raporu az renkli olan kumaşların çözgülerinde kullanılır.

3.5. Haşılama

Çözgü sarma işlemine tabi tutulan iplikler, taharlamaya geçmeden önce haşılama işleminden geçer. Burada, haşıl makinalarında, çözgü ipliklerine özel olarak hazırlanmış haşıl maddesi yedirilir. Haşılama da çözgü iplikleri aşağıdaki özellikleri kazanırlar :

- Mukavemet
- Minimum elastikiyet kaybı
- Eğilip bükülebilme
- Aşınma direnci
- Elyaf yatkınlığı

- Higroskopik durum
- Uniformluk
- Ağırlık artışı
- Kalınlık

3.6. Taharlama

Taharlama işlemi, leventlere sarılmış haldeki çözgü ipliklerinin, kumaşın doku düzenine göre dokuma tezgahının gücü tellerinden geçirilmesidir. Taharlama aşağıda belirtilen çeşitleri ile sınıflandırılabilir :

- Düz tahar
- Atlamalı tahar
- Balık sırtı tahar
- Karışık tahar

3.7. Dokuma

Çözgü ve atkı iplikleri, dokuma işlemi ile dokuma tezgahında belirli bir yüzey oluşturlar. Bunun bir diğer adı "ham bez" dir. Ham bez , genel olarak konfeksiyona veya kullanılacağı endüstriyel alana hazır olacak şekilde terbiye işlemlerine tabi tutulmamış olan kumaşın yalnızca dokuma tezgahında üretildikten sonraki haline denir. Dokuma işlemi temel olarak üç hareketten oluşur :

- Ağızlık açılması
- Atkı atılması
- Atkı sıkıştırma

Bununla birlikte devamlılığı sağlayan hareketler de vardır :

- Cözgü salma
- Kumaş sarma
- Otomatik durdurma

Bütün bu işlemler sonucunda dokunmuş ham bez elde edilir. Fakat bu haliyle kullanıma hazır değildir. Dokumadan çıkan ham bez niteliğindeki kumaş ilk önce kalite kontrole tabi tutulur, daha sonra kullanılacağı yere göre kimyasal bitim işlemlerinden geçirilir.



4. MATERİYAL VE METOD

4.1. Kullanılan Malzeme ile ilgili Bilgiler

İşletmede hammadde olarak Ege Bölgesi'nin çeşitli yörelerinde yetiştirilen Standart I kalitesinde pamuk lifi kullanılmaktadır.

4.2. Çalışma Planı

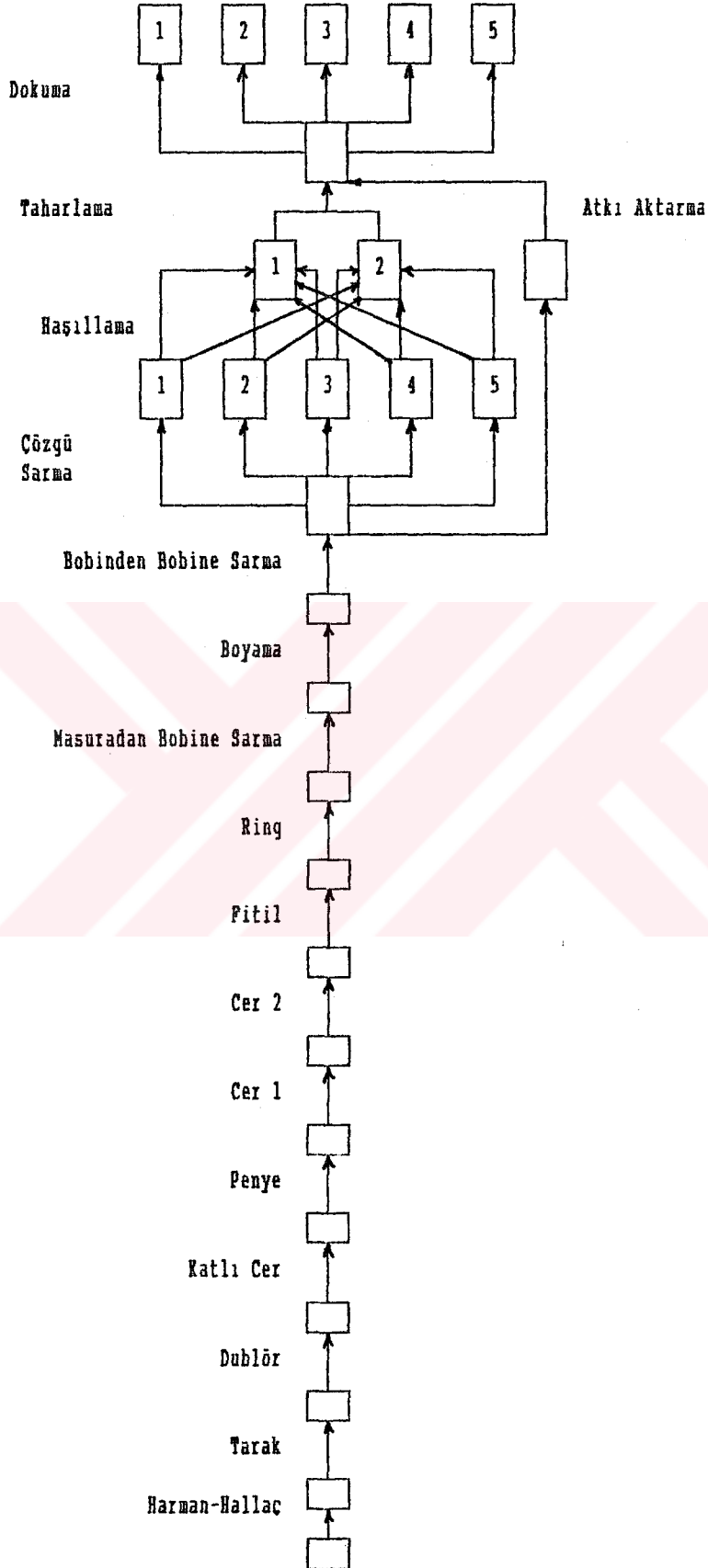
Çalışma sahası olarak İzmir 'de daha çok gömleklik kumaş olmak üzere pamuklu tekstil mamulleri üreten entegre bir tekstil işletmesi seçilmiştir. İşletmedeki çalışma planı Şekil 4.1'de gösterildiği düzende gerçekleştirilmektedir.

Tablo 4.1 İplik dairesindeki makineler hakkında genel bilgi

Makina	Marka	Makina sayısı	Makinadaki birim sayısı	Toplam birim sayısı
Harman-Hallaç	Plat	1	1	1
Tarak	Plat	13	1	13
Dublör	Rieter	2	1	2
Katlı Cer	Rieter	2	1	2
Penye	Rieter	12	2 kova	24
Cer 1	Plat	2	2 kova	4
Cer 2	Vouk	2	2 kova	4
Pitil	Plat	4	108 iğ	432
Ring	Plat	40	432 iğ	17280

Tablo 4.2 Bobin Dairesindeki Makineler Hakkında Genel Bilgi

Makina	Masuradan Bobine		Bobinden Bobine		
	GKW P-X	GKW P-X-C	BKN	IKN	SOVYE
Adet	6	6	2	1	1
İğ Sayısı	50	50	120	96	96
Toplam İğ Sayısı	300	300	240	96	96
Genel Toplam	600		432		



Şekil 4.1 Tekstil işletmesindeki Çalışma Planı

İşletmede 10 iğlik 8 adet atkı aktarma makinası bulunmaktadır. Toplam iğ sayısı 80'dir.

Tablo 4.3 Çözgü Sarma Makinaları Hakkında Genel Bilgi

Çözgü Makina No	Max. Sarım Hızı	Çözgü Eni	Çağlık Kapasitesi	Tambur Sarım Kapasitesi	Levent Sarım Kapasitesi
	(m/dk)	(cm)	(adet)	(kg)	(m/vardiya)
1	500	180	550	31	8000
2	350	230	1000	50	7800
3	500	230	650	32	9300
4	800	230	700	98.5	27000
5	1000	220	624	307	45000
1 : Schlafhorst Dar Konik DSB 72675 (Konik 1) 2 : Schlafhorst Geniş Konik DSB 73973 (Konik 2) 3 : Schlafhorst Geniş Konik DSB 77338 (Konik 3) 4 : Beninger Süpertronik ZDA 101470 (Konik) 5 : Beninger (Düz)					

Tablo 4.4 İşletmedeki Haşıl Makinaları Hakkında Genel Bilgi

Makina tipi	Makina Sayısı	Levent Kapasitesi	Çalışma Eni(cm)	Makina Hızı	
				Levent Eni(cm)	Hız (m/dk)
Sucker Müller WR-ML (No1)	1	1 - 16	230	130	105
				160	renkli 100 beyaz 70
				214	65
Sucker SD 40 (No2)	1	1	180	180	50

Tablo 4.5 İşletmedeki Dokuma Makinaları Hakkında Genel Bilgi

Tezgah no	Tezgah sayısı	Maks. devir (atkı/dk)	Tarak eni(cm) max. min.	Atkı renk kap.	Max. çerçeve sayısı	Atkı atma sistemi	Ağızlık açma sistemi	Dokuma kapasitesi (cm)
1	48	225	120 -	4	24	Mekikli	Armürlü	90
2	55	170	230 -	4	18	Mekikli	Armürlü	2*90
3	48	172	240 -	1	10	Unifilli	Eksantrikli	2*90
4	27	380 - 440	184 135	6	22	Kancalı	Armürlü	150
5	48	330	360 -	2	10	Mermili	Eksantrikli	3*90 2*150 240
1 : Ruti CP4N 2 : Ruti CP4N 3 : Ruti CULN 4 : Sulzer - Rapier G-6100 5 : Sulzer - Ruti Projectile								

4.3. Problem Ve Çözüm Modeli

Bu çalışmada, fabrika ile ilgili aşağıdaki konular üzerinde durulmaktadır :

-Üç aylık bir periyotta Tablo 4.6'da tanımlanan on kumaş içinden karı maksimize eden ürün karışımının belirlenmesi.

-Fabrikada darboğazlar meydana getiren iş istasyonlarının belirlenmesi.

-Vardiyaların tekrar belirlenmesiyle iş istasyonları arasındaki kapasitelerin kısa dönem dengelemesi.

-Eğer varsa, atıl kapasiteye sahip olan departmanların talep karşılayan potansiyellerinin belirlenmesi.

Üretimle ilgili problemler hakkında verilen en önemli karar, kısa bir süre içinde üretilecek ürün karışımının belirlenmesidir. Verilen zaman periyodu içinde şirketin üretip satması muhtemel bir miktar kumaş tipi vardır. Fakat

önemli olan, üretim için hangi tipten ne kadar üretileceğine karar vermektir. Üzerinde durulan konu, kumaşların net

Tablo 4.6 Üretimi Sözkonusu Olan Kumaşlara Ait Bilgiler

Kumaş No.-Kod No.	Endeki çözgü sayısı	Çözgü sıklık (tel/cm)	Atkı sıklık (tel/cm)	Kumaş eni (cm)	Atkı Renk sayısı	Çerçeve sayısı	Çözgü No (Nm)	Atkı No (Nm)
1 3059-45	3340	37	27	90	4	4	51 k	51 k
2 8505-13	4080	45	26	90	8	1	71 p	71 p
3 0509-39	4320	48	26	90	11	1	71 p	71 p
4 0509-56	4320	48	26	90	12	1	71 p	71 p
5 0509-36	4500	50	26	90	10	1	71 p	71 p
6 0410-07	4654	51.7	29	90	6	1	71 p	85 p
7 4400-03	4956	33	25	150	6	6	34 k	34 k
8 0454-01	6195	41.3	28	150	6	1	71 p	85 p
9 9400-84	7140	47.6	26	150	6	1	71 p	71 p
10 9400-87	7650	51	26	150	6	1	71 p	44 p

miktarını maksimize edebilmek için kısıtlı kaynaklardan yararlanmaktır. Problem, kaynaklar ve müşteri siparişleri üzerinde yapılan kısıtlamaları dengeleyerek kar üzerindeki toplam katkıyı maksimize eden bir üretim programı bulmaktır.

Aşağıda, problemin çözüm modelinin oluşturulmasında doğrudan etkili olan faktörler sıralanmaktadır :

- Kara olan katkının maksimizasyonu.
- Kaynak sınırlamalarından gelen kısıtlamalar.
- Müşterilerle yapılan anlaşmalardan gelen kısıtlamalar.

Genel olarak ürün karışımı problemlerinde matematiksel programlama problemlerini temel alarak model oluşturulur. Bu çalışmada, üretilecek olan herbir kumaşın niteliğine bağlı olmaksızın satılabileceği ihtimaline dayanarak problem, bir doğrusal programlama problemi olarak düşünülmüştür.

Planlama kapasitesi : Fabrikadaki çalışma, ayda 26 gün ve günde, üç vardiya olacak şekilde 22.5 saat yürütülmektedir. Buna göre üç aylık bir planlama periyodu aşağıdaki gibi gösterilebilir :

Güne göre	78 gün
Saate göre	1755 saat
Dakikaya göre	105300 dakika

Kurulan modelde bu periyotlar yalnızca, bir birim kapasitesi olarak kabul edilmektedir. Birden fazla birim varsa toplam kapasite, bu periyotlarla birim sayılarının çarpımı ile hesaplanır.

Modelde sözü geçen iş istasyonlarının kapasiteleri, Tablo 4.7'de gösterilmektedir.

Örün birimi : Modelde, kumaş birimi olarak 1000 metre kumaş ve iplik birimi olarak 1 kg iplik alınmaktadır.

4.3.1. Notasyon

Problemin matematiksel formulasyonunda kullanılan parametreler ve değişkenler, aşağıda tanımlanmaktadır :

Parametreler :

NmC(i) : Tarak makinasında i cins iplik için üretilen ipliğin band numarası (m/g)

RC : Tarak makinasının randımanı

LC : Tarak makinasının birim zamanda çıkardığı band uzunluğu (m/dk)

NMD : Dublörden çıkan yumağın numarası (m/g)

RD : Dublör makinasının randımanı = 0.8

- LD : Dublör makinasının birim zamanda ürettiği yumak
uzunluğu = 60 m/dk
- NmP : Penye makinasında üretilen bandın numarası (m/g)
- RP : Penye makinasının randımanı
- LP : Penye makinasının birim zamanda ürettiği band
uzunluğu = 40 m/dk
- NmDr(i): Cer makinasında i cins iplik için üretilen bandın
numarası (m/g)
- RDr : Cer makinasının randımanı = 0.95
- LDr : Cer makinasının birim zamanda ürettiği band
uzunluğu = 244 m/dk
- TurF(i): i cins iplik için üretilen fitil bandına verilen
büküm miktarı (tur/m)
- NmF(i) : i cins iplik için üretilen fitil bandının numarası
(m/g)
- NSpF : Fitil makinasında iğ devri (devir/dk)
- RF : Fitil makinasının randımanı = 0.95
- TurR(i): i cins ipliğe verilen büküm miktarı (tur/m)
- NmR(i) : i cins iplik numarası (m/g)
- NSpR : Ring makinasında iğ devri (devir/dk)
- RR : Ring makinasının randımanı = 0.9
- VS(i) : i cins iplik için bobin makinasında uygulanan
hız (m/dk)
- NmW(i) : i'nci çözgü ipliği numarası (m/g)
- NmP(i) : i'nci atkı ipliği numarası (m/g)
- VP : Atkı aktarma makinasının sarım hızı = 340 m/dk
- VWM(j) : j'inci çözgü sarma makinasının sarım hızı (m/dk)
- Wnb(i,j): j'inci çözgü sarma makinasında i'nci kumaşın

sarılmasında uygulanan çözgü tel sayısı

$VS_i(j)$: j'inci hasıllama makinasının sarım hızı (m/dk)

$Cyn(i)$: i'nci kumaşa bulunan toplam çözgü tel sayısı

RW : Dokuma makinalarının randımanı

$Pd(i)$: i'nci kumaşın atkı sıklığı (atkı/cm)

$Pplt(j)$: j'inci kumaşın atkı atım süresi (atkı/dk)

$Ww(i)$: i'nci kumaşın 1 metresindeki çözgü teli ağırlığı
(kg/m)

$Pw(i)$: i'nci kumaşın 1 metresindeki atkı teli ağırlığı
(kg/m)

$C(i)$: i'nci kumaşın 1 kg'ından elde edilen net kazanç.

Modelde kullanılan değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır :

$x(i)$: i'nci sipariş kumaşın üretim miktarı

Genel olarak üretimdeki alternatif yerleştirmelere bağlı olarak değişkenlerin tanımlanması hem üretim amacına paralel olacak şekilde üretim birimlerinden yeterince yararlanmaya yardım edecek ve hem de üretim alternatiflerinin etkili bir şekilde değerlendirilmesi problemine bir çözüm getirecektir.

4.3.2. Problemin Matematiksel Formulasyonu

İşletmeye uygulanan doğrusal programlamanın matematiksel formulasyonu, aşağıdaki varsayımlara dayanarak hazırlanmıştır:

- Planlama çalışmaları kolaylıkla yürütülmektedir.

Modelin kurulmasından çözümüne kadar bütün aşamalarda

planlama bölümü eksiksiz çalışacaktır.

- Makina parkı sabit düzendedir. Daha avantajlı bir yerleşim düzeni olsa bile üretim birimlerinin mevcut pozisyonuna göre çalışılacaktır.

- Planlama süresince, belirtilen on kumaştan başka kumaş üretilmeyecektir.

- Ardışık proseslerde makina duraklaması olmayacak şekilde her ne şekilde olursa olsun oldukça sağlam önlemler alınmaktadır.

- Stoklar bu çalışmayı etkilememektedir.

- Mevcut şartların ideal olduğu düşünülmektedir.

Aynı iplik numarasına sahip kumaşlar kapasite kısıtlaması olarak tek görüleceğinden bunlar aynı grupta toplanacaktır. Karde iplikleri bir grup, penye iplikleri ise bir başka grup olarak ele alınacaktır.

Tablo 4.7 'de işletmedeki makinaların kısıtlama süreleri gösterilmektedir.

Tarama :

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmC(i)}{RC.LC} x(i) \leq 1368900 \quad (D.4.1)$$

Dublör ve katlı cer :

Dublör ve katlı cer makinaları üretim durumları aynı olduğundan burada tek formül olarak düzenlenmiştir.

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmK(i)}{RK.LK} x(i) \leq 210600 \quad (D.4.2)$$

Penye :

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmP(i)}{RP.LP} x(i) \leq 2527200 \quad (D.4.3)$$

Cer :

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmDr(i)}{RDr.LDr} x(i) \leq 8424000 \quad (D.4.4)$$

Fıtil :

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmF(i)}{RF.LF} x(i) \leq 45489600 \quad (D.4.5)$$

Tablo 4.7 Tekstil İşletmesindeki Makinaların Kısıtlama Süreleri

Makine No	Birim Sayısı	Vardiya Sayısı	Öç Aylık Süre(dk)	Toplam Kısıtlama Süresi(dk)
Dokuma 5	48	3	105300	5054400
Dokuma 4	27	3	105300	5054400
Dokuma 3	48	3	105300	5054400
Dokuma 2	55	3	105300	5791500
Dokuma 1	48	3	105300	5054400
Haşıl 2	1	1	35100	35100
Haşıl 1	1	1	35100	35100
Çözgü 5	1	3	105300	105300
Çözgü 4	1	3	105300	105300
Çözgü 3	1	3	105300	105300
Çözgü 2	1	3	105300	105300
Çözgü 1	1	3	105300	105300
Atkı	81	2	70200	5616000
Bobin	600	2	70200	4212000
Ring	17280	3	105300	1819584000
Fıtil	432	3	105300	45489600
Cer	8	3	105300	842400
Penye	24	3	105300	2527200
Katlı Cer	2	3	105300	210600
Dublör	2	3	105300	210600
Tarak	13	3	105300	1368900

Ring :

Bu makinalardaki birim işlem zamanları, eğrilen ipliğin numarasına bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada sözkonusu kumaş tiplerinde kullanılan iplikler için hesaplanan birim işlem zamanları Tablo 4.8'de belirtilmektedir.

Tablo 4.8 Iplikler İçin Hesaplanan Birim İşlem Zamanları

Kumaş	İplik		Süre(dk/kg)		Toplam Süre
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	
1 3059-45	51k	51k	3442	3098	6540
2 8505-13	71p	71p	5727	5154	10881
3 0509-39	71p	71p	5727	5154	10881
4 0509-56	71p	71p	5727	5154	10881
5 0509-36	71p	71p	5727	5154	10881
6 0410-07	71p	85p	5727	6835	12562
7 4400-03	34k	34k	2071	1864	3935
8 0454-01	71p	85p	5727	6835	12562
9 9400-84	71p	71p	5727	5154	10881
10 9400-87	71p	44p	5727	2593	8320

Tablo 4.9 Sipariş Kumaşları İçin Gerekli Olan Iplikler

İplik cinsi		tex	Nm	Ne
Karde	Çözgü	49.21	20.32	12
		29.53	33.87	20
		19.68	50.80	30
	Atkı	29.53	33.87	20
		19.68	50.80	30
Penye	Çözgü	14.06	71.12	42
		22.71	44.03	26
		14.06	71.12	42
	Atkı	14.06	71.12	42
		11.81	84.67	50

Tablo 4.10 İplik Bükümleri

İplik (Nm)	Ring(Cözgü)		Ring(Atkı)		Pitil	
	T/m	T/"	T/m	T/"	T/m	T/"
20 Karde	580	14.5	-	-	38	0.95
34 Karde	740	18.6	666	16.7	43.5	1.9
44 Penye	-	-	715	18	38	0.95
51 Karde	820	20.7	738	18.63	46.5	1.16
71 Penye	980	24.8	882	22.32	58	1.45
85 Penye	-	-	976	24.66	58	1.45

Tablo 4.11 Kumaşlarda Kullanılan İpliklerin Planları

Makina	Karde			Penye		
	Nm	Dublaj	Çekim	Nm	Dublaj	Çekim
Ring	20	1	13	44	1	18.49
	34	1	21.69	71	1	29.87
	51	1	32.65	85	1	35.59
Pitil	1.563	1	7.66	2.381	1	10
Cer II	.204	8	8	0.238	8	8
Cer I	.204	8	8.65	0.238	8	8
Penye	-	-	-	0.238	8	6
KatlıC.	-	-	-	60 g/m	6	6
Dublör	-	-	-	60 g/m	22	1.65
Tarak	.189	1	120.75	0.222	1	142.22

Buradan aşağıdaki kapasite kısıtlaması formüle edilebilir :

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmP(i)}{RP.LP} x(i) \leq 1819584000 \quad (D.4.6)$$

Bobin sarma :

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmW(i) + NmP(i)}{VS(i)} x(i) \leq 4212000 \quad (D.4.7)$$

Atkı aktarma :

Sadece atkı sistemi mekikli olan dokuma makinalarında

dokunacak kumaşların atkıları atkı aktarma makinalarında işlem görür.

$$\sum_{i=1}^{10} 1000 \frac{NmP(i)}{VP} x(i) \leq 5616000 \quad (D.4.8)$$

Çözümler :

Tablo 4.12'den yararlanarak aşağıdaki kısıt denklemi formüle edilebilir :

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 1000 \frac{NmW(i)}{VWM(j).Wnb(i,j)} x(i) \leq 105300 \quad (D.4.9)$$

Hasıllama :

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^2 1000 \frac{NmW(i)}{VSi(j).Cyn(i)} x(i) \leq 35100 \quad (D.4.10)$$

Dokuma :

İşletmedeki beş değişik dokuma tezgahının kapasite kısıtları aşağıdaki gibidir :

Ruti CP4N için

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{100 . Pd(i)}{RW.Pplt(1).(Ww(i) + Pw(i))} x(i) \leq 5054400 \quad (D.4.11)$$

Ruti CP4H için

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{100 . Pd(i)}{RW.Pplt(2).(Ww(i) + Pw(i))} x(i) \leq 5791500 \quad (D.4.12)$$

Ruti CU1N için

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{100 . Pd(i)}{RW.Pplt(3).(Ww(i) + Pw(i))} x(i) \leq 5054400 \quad (D.4.13)$$

Tablo 4.12 Kumaş Çözümlerinin Çözgü Makinalarında
Tek, Çift Ve Üçlü Enler İçin Sarılma Hesapları

Çözgü Mak.No	En Say.	Kumaş No									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		Wnb	456	532	492	498	550	516	350	540	540 405
	1	bs	7	7	8	8	8	9	14	11	13 18
		sts	148	356	384	336	100	10	56	225	120 360
	2	bs	14	15	17	17	16	18	28	22	26 37
		sts	296	180	386	174	200	20	112	510	240 315
	3	bs	21	23	26	26	24	27	-	-	- -
		sts	444	4	168	12	300	30	-	-	- -
2		Wnb	912	988	984	996	1000	920	700	950	- -
	1	bs	3	4	4	4	4	5	7	6	7 8
		sts	604	128	384	336	500	54	56	495	168 90
	2	bs	7	8	8	8	9	10	14	13	14 16
		sts	296	256	768	672	-	108	112	40	336 180
	3	bs	10	12	13	13	13	15	-	-	- -
		sts	900	384	168	12	500	162	-	-	- -
3		Wnb	456	608	615	498	650	645	350	640	- -
	1	bs	7	6	7	8	6	7	14	9	11 14
		sts	148	432	15	336	600	139	56	345	12 90
	2	bs	14	13	14	17	13	14	28	19	22 28
		sts	296	256	30	174	550	278	112	230	24 180
	3	bs	21	20	21	26	20	21	-	-	- -
		sts	440	80	45	12	500	417	-	-	- -
4		Wnb	684	684	615	664	700	688	700	680	- -
	1	bs	4	5	7	6	6	6	7	9	10 11
		sts	604	660	15	336	300	526	56	75	180 225
	2	bs	9	11	14	13	12	13	14	18	20 22
		sts	524	636	30	8	600	364	112	150	360 450
	3	bs	14	17	21	19	19	20	-	-	- -
		sts	444	612	45	344	200	202	-	-	- -

Tablo 4.12 Devamı

Çözgü Mak.No	En Say.	Kumaş No										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5		Wnb	0	0	0	0	0	630	0	630	636	540
	1	bs	-	-	-	-	-	7	-	9	11	14
		sts	-	-	-	-	-	244	-	525	144	90
	2	bs	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-
		sts	-	-	-	-	-	488	-	-	-	-
	3	bs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		sts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Wnb : banttaki tel sayısı bs : bant sayısı sts : son tel sayısı lts : leventteki tel sayısı ls : levent sayısı											

Sulzer - Rapier G - 6100 için

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{100 \cdot Pd(i)}{RW.Pplt(4) \cdot (Ww(i) + Pw(i))} x(i) \leq 2843100 \quad (D.4.14)$$

Sulzer - Ruti Projectile için

$$\sum_{i=1}^{10} \frac{100 \cdot Pd(i)}{RW.Pplt(5) \cdot (Ww(i) + Pw(i))} x(i) \leq 5054400 \quad (D.4.15)$$

Anlaşmalar : Planlanan periyot içinde müşteriler, bazı kumaşların miktarları için kesin şartlar öne sürmüşlerdir :

Kumaş No (i)	Istenen miktar (metre)
1	≥ 20000
4	≥ 20000
5	≤ 10000
6	≤ 20000
9	≥ 20000

Böylece aşağıdaki kısıtlamalar modele eklenecektir :

$$\begin{aligned} x(1) &\geq 2732 & ; & \quad x(4) \geq 2174 & \quad ; & \quad x(5) \leq 1114 \\ x(6) &\leq 2268 & ; & \quad x(9) \geq 3576 \end{aligned}$$

Amaç fonksiyonu : Problem, müşteri siparişleri ve kapasite sınırlamalarının meydana getirdiği yukarıda sözü geçen kısıtlamaları sağlayacak şekilde, planlanan zaman içinde karı maksimize eden üretim programını bulmaktır. Buradan, modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde formüle edilebilir :

$$Z = \sum_{i=1}^{10} R(i) \cdot x(i) \quad (D.4.15)$$

Yapılan dönüştürmelerle $C(i)$, Tablo 4.13'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Tablo 4.14'de ise problemin giriş verileri gösterilmektedir.

Tablo 4.13 Kumaşlara Ait $C(i)$ Değerleri

Kumaş SıraNo	Çözgü Ağı. (kg/m)	Atkı Ağı. (kg/m)	Toplam Ağı. (kg/m)	1 m.'den kazanç(TL)	1 kg.'dan kazanç(TL)
1	.0723	.0643	.1366	1300._	9517._
2	.0732	.0414	.1146	1385._	12086._
3	.0672	.0414	.1086	1480._	13628._
4	.0673	.0414	.1087	1520._	13983._
5	.0700	.0414	.1114	1690._	15171._
6	.0720	.0388	.1134	1750._	15432._
7	.1609	.1435	.3044	1810._	5946._
8	.1036	.0609	.1645	2200._	13374._
9	.1105	.0683	.1788	2271._	12701._
10	.1183	.0683	.1866	2280._	12351._

Tablo 4.14 Problemin Giriş Verileri

Kumaş No.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Kısıtlama değeri
Miktar.....	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	
Sınırlama konusu :											
Dokuma 5...	.000	86.0	.000	.000	88.4	99.0	.000	64.5	55.0	53.0	≤ 5054400
Dokuma 4...	.000	.000	.000	.000	.000	.000	26.0	53.0	45.0	44.0	≤ 2843100
Dokuma 3...	.000	165	.000	.000	170	190	.000	124	106	101	≤ 5054400
Dokuma 2...	145	167	176	176	172	193	.000	125	107	103	≤ 5791500
Dokuma 1...	110	126	133	133	130	145	.000	.000	.000	.000	≤ 5054400
Haşıl 2...	.150	.170	.160	.160	.160	.150	.070	.110	.100	.100	≤ 35100
Haşıl 1...	.140	.160	.150	.150	.140	.140	.060	.090	.090	.080	≤ 35100
Çözü 5...	.000	.000	.000	.000	.000	.110	.000	.110	.110	.130	≤ 105300
Çözü 4...	.090	.130	.140	.130	.130	.130	.060	.130	.130	.130	≤ 105300
Çözü 3...	.220	.230	.230	.290	.220	.220	.190	.220	.220	.260	≤ 105300
Çözü 2...	.160	.210	.210	.200	.200	.220	.140	.210	.200	.210	≤ 105300
Çözü 1...	.220	.270	.290	.290	.260	.280	.190	.260	.260	.350	≤ 105300
Atkı.....	150.	209.	209.	209	209	250	.000	250	209	130.	≤ 5616000
Bobin.....	113.	157.	157.	157	157	173	75.6	173.	157	127.	≤ 4212000
Ring.....	6.54	10.8	10.8	10.8	10.8	12.5	3.93	12.5	10.8	8.32	≤ 1819584
Pitil.....	.125	.238	.238	.238	.238	.238	.117	.238	.238	.197	≤ 45489.6
Cer.....	.880	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	.880	1.03	1.03	1.03	≤ 842400
Penye.....	.000	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	.000	6.60	6.60	6.60	≤ 2527200
Katlı Cer..	.000	.350	.350	.350	.350	.350	.000	.350	.350	.350	≤ 210600
Dublör.....	.000	.350	.350	.350	.350	.350	.000	.350	.350	.350	≤ 210600
Tarak.....	2.74	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	2.74	3.22	3.22	3.22	≤ 1368900
x1 satışı..	1.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	≥ 2732
x5 satışı..	.000	.000	.000	.000	1.00	.000	.000	.000	.000	.000	≤ 1114
x4 satışı..	.000	.000	.000	1.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	≥ 2174
x6 satışı..	.000	.000	.000	.000	.000	1.00	.000	.000	.000	.000	≤ 2268
x9 satışı..	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.00	.000	≥ 3576
Birim Katkı..	9517	12086	13628	3983	15171	15432	5946	13374	12701	12351	dk. TL/Lg.

Verilen bu bilgiler ışığında ilk simpleks çözüm tablosu, Tablo 4.15.a' daki gibi oluşturulur.

Tablo 4.15.a Uygun Çözumsuz İlk Simpleks Tablosu

Değiş. Miktar	x14	x15	x16	.....	x35
14 5054400	1	0	0	.....	0
15 2843100	0	1	0	.....	0
16 5054400	0	0	1	.....	0
.					
.					
.					
34 1114	0	0	0	.....	0
35 2268	0	0	0	.....	1

Bu durumda ilk olarak uygun bir temel çözüm yoktur. Yukarıda verilen tablonun temsil ettiği denklem sistemindeki çözüm $x_1 = x_2 = \dots = x_{10} = 0$, $x_{11} = -2732$; $x_{12} = -2174$; $x_{13} = -3176$; $x_{14} = 5054400$; ...; $x_{34} = 1114$; $x_{35} = 2268$ 'dir. Görüldüğü gibi burada x_{11} , x_{12} ve x_{13} negatiftir. Bu durum " $\geq$ " kısıtlamalarından kaynaklanmaktadır. Bundan kurtulabilmek için algoritma prosedürü doğrultusunda temel bir uygun çözüm bulmaya çalışılacaktır. İlk üç kısıtlamada (diğer 22 kısıtlamada sorun yok), pozitif değerde x_{36} , x_{37} ve x_{38} suni değişkenlerini ekleyerek Tablo 4.15.b' yi elde ediyoruz.

Tablo 4.15.b. Tamamlanmış İlk Simpleks Tablosu

Değiş.	Miktar	.....	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	.....	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}
36	2732	.....	-1	0	0	0	.....	0	1	0	0
37	2174	.....	0	-1	0	0	.....	0	0	1	0
38	3576	.....	0	0	-1	0	.....	0	0	0	1
14	5054400	.....	0	0	0	-1	.....	0	0	0	0
.	.										
.	.										
.	.										
34	1114	.....	0	0	0	0	.....	0	0	0	0
35	2268	.....	0	0	0	0	.....	1	0	0	0

Burada temel uygun çözüm açıkça görülmektedir: $x_1 = x_2 = \dots = x_{13} = 0$ ve $x_{14} = 5054400$; $x_{15} = 2843100$; ...; $x_{34} = 1114$; $x_{35} = 2268$; $x_{36} = 2732$; $x_{37} = 2174$; $x_{38} = 3576$. Daha sonra $x_{36} + x_{37} + x_{38} = w$ denkleminin en büyük değerini bulmak için simpleks yöntemini kullanıyoruz. Problemin birinci aşaması (I. Faz), suni amaç fonksiyonu olarak adlandırılan w ' nin maksimizasyonundan oluşmaktadır.

I. Faz tamamlandığında w , x_{36} , x_{37} ve x_{38} değerleri maksimize edilmiş olur ve Tablo 4.15.a ile Tablo 4.15.b denk hale gelmiş olur. w değerinin maksimizasyon işlemleri sürerken bu arada aynı zamanda amaç fonksiyonu da maksimum değerine doğru ilerlemektedir. I. Faz sona erdiğinde suni değişkenlerin etkisi olmayacağından bundan sonraki işlemlere sokulmaz.

Herşeyden önce w değeri, temel olmayan değişkenler cinsinden tanımlanmalıdır. Böylece aşağıdaki denklemi elde ederiz :

$$-x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7 - x_8 - x_9 - x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} = w - 8482$$

5. ARASTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

5.1. Çözüm Tablolarının Yorumlanması

Bu tezde, bir doğrusal programlama modeli olarak tanımlanıp sunulan, tekstil işletmesinde üretim planlaması probleminin analiz ve çözümünde ekte sunulan bilgisayar programı kullanıldı.

Bir doğrusal programlama probleminde formülasyon ve çözüm aşamaları işin teknik yanını oluşturan önemli aşamalar olmasına karşın çözüm sonucu elde edilen değerleri anlamak, yorumlamak ve buna dayalı olarak akılcı kararlar vermek belki de bu tekniğin en önemli aşamasıdır. Doğrusal programlama tekniğinden ve optimal kaynak dağılımı problemlerinden ancak bu şekilde tam olarak yararlanılır ve ancak bu şekilde bu teknik, etkin bir planlama ve programlama aracı olarak kullanılabilir. Aksi durumda bir denklem sisteminin çözümünü bulmaktan öteye gitmeyen sınırlı bir teknik olarak kalacaktır.

Bu nedenle Tablo 5.1.a - Tablo 5.1.l' de gösterilen iterasyonlar, bilgi üretme ve ortaya çıkan sayısal değerlerin yorumlanması açısından ele alınacaktır.

Teknik yetersizlikler nedeniyle çözüme ait tablolarda önemli sütunlar alınmış bir kısmı ise gösterilmemiştir. Bununla birlikte bu kısaltma işlemi, çözümlerin yorumlanmasında herhangi bir eksikliğe yol açmayacaktır.

Problemdeki bilgiler de dikkate alınarak ilk tablo

[illegible]

değişkenler sırasıyla atkı aktarma, bobin sarma, ring, fitil, cer, penye, dublör ve tarak bölümlerindeki boş kapasitelere; ve son olarak x34, x5' e ait üretim miktarına; x35, x6' ya ait üretim miktarına karşılık gelmektedir. Bütün çözüm tablolarında bu sıra aynıdır. Buradan örnek olarak x14'e bakarak 5 nolu dokuma makinası tipine ait boş kapasitenin 5054400 dk. olduğu görülebilir.

Değişkenlerin $a(i,j)$ katsayılarının açıklamasını yapmak için örnek olarak birinci sütunu yani x_1 değişkenini ele

Tablo 5.1.b iterasyon 1

[illegible]

alalım. x1' i temsil eden kumaşın üretimini bir birim artırmak için x17' den yani 2 nolu dokuma makinasının değerinden 145 birim ve aynı zamanda 1 nolu dokuma makinasının değerinden 110 birim vazgeçmek gerekiyor. Kuşkusuz burada sözü geçen birim, boş zaman kapasitesi ile aynı anlamdadır. Çünkü x1' in temsil ettiği kumaşın 2 nolu dokuma makinasında dokunması için 145 dakika, 1 nolu dokuma makinasında dokunması için 110 dakika gerekmektedir. Dolayısıyla 1 birim x1 üretmek için her iki makina tipinde

Tablo 5.1.c İterasyon 2

[illegible]

belirtilen miktarlarda boş (kullanılmayan) zamandan vazgeçmek gerekecektir. Bu açıklama aynı mantığa uygun olarak diğer değişkenler ve diğer katsayılar için yapılabilir.

x14'e ve geri kalan değişkenlere ait $a(i,j)$ katsayılarının anlamı daha değişiktir. Örnek olarak x14 sütunundaki duruma göre bir birim x14 üretmek yani x14' ü bir birim artırmak için x14' den bir birim ve diğer değişkenlerden sıfır birim vazgeçmek gerekir. x14 değişkeni

Tablo 5.1.d İterasyon 3

değ.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
4	2174.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
14	4857720.00	0.0	86.0	0.0	0.0	88.0	99.0	0.0	64.5	0.0	53.0	0.0	0.0
15	2682180.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	53.0	0.0	44.0	0.0	0.0
16	4675344.00	0.0	165.0	0.0	0.0	170.0	190.0	0.0	124.0	0.0	101.0	0.0	0.0
17	4630104.00	0.0	167.0	176.0	0.0	172.0	193.0	0.0	125.0	0.0	103.0	145.0	176.0
18	4464738.00	0.0	126.0	133.0	0.0	130.0	145.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.0	133.0
19	33984.76	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
20	34069.58	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
21	104906.64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
22	104306.62	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
23	103281.78	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2	0.3
24	103712.88	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2
25	103138.74	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.2	0.3	0.0	0.3	0.2	0.3
26	4004450.00	0.0	209.0	209.0	0.0	209.0	250.0	0.0	250.0	0.0	130.0	150.0	209.0
27	2995114.50	0.0	157.8	157.8	0.0	157.8	173.3	75.6	173.3	0.0	127.8	113.3	157.8
28	1739151.00	0.0	10.9	10.9	0.0	10.9	12.6	3.9	12.6	0.0	8.3	6.5	10.9
29	43777.90	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.1	0.2
30	834073.31	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.9	1.0	0.0	1.0	0.9	1.0
31	2489250.00	0.0	6.6	6.6	0.0	6.6	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6
32	208587.50	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
33	1342899.38	0.0	3.2	3.2	0.0	3.2	3.2	2.7	3.2	0.0	3.2	2.7	3.2
34	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	12086	13628	0	15171	15432	5946	13374	0	12351	9517	13983
w	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z(j)	101818264	9517	0	0	13983	0	0	0	0	12701	0	-9517	-13983

boş zamanı temsil ettiğine göre daha anlamlı bir ifade ile 5 nolu dokuma makinalarında 1 dakikalık boş zaman elde etmek için x14' den yani bu makinaların kullanılmayan boş zamanından 1 dk. vazgeçmek gerekecektir. Bir başka deyişle aynı yerde bir taraftan boş işgücü 1 dk. artarken diğer taraftan 1 dk. eksilecektir. Çünkü mevcut işgücü miktarı mevcut şartlarda değiştirilemez. Öte yandan 1 dakikalık x14 artışının diğer bölümlerdeki boş zaman kullanımı üzerinde herhangi bir etkisi yoktur, yani sıfırdır. Çünkü bu çözüm aşamasında her iki bölümde boş kapasite bulunduğu için başka

Tablo 5.1.e İterasyon 4

deg.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
4	2174.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
14	4633188.00	0.0	86.0	0.0	0.0	88.0	0.0	0.0	64.5	0.0	53.0	0.0	0.0
15	2682180.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	53.0	0.0	44.0	0.0	0.0
16	4244424.00	0.0	165.0	0.0	0.0	170.0	0.0	0.0	124.0	0.0	101.0	0.0	0.0
17	4192380.00	0.0	167.0	176.0	0.0	172.0	0.0	0.0	125.0	0.0	103.0	145.0	176.0
18	4135878.00	0.0	126.0	133.0	0.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.0	133.0
19	33644.56	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
20	33752.06	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
21	104657.16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
22	104011.77	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
23	102782.82	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2	0.3
24	103213.92	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2
25	102503.70	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.2	0.3	0.0	0.3	0.2	0.3
26	3437450.00	0.0	209.0	209.0	0.0	209.0	0.0	0.0	250.0	0.0	130.0	150.0	209.0
27	2602070.00	0.0	157.8	157.8	0.0	157.8	0.0	75.6	173.3	0.0	127.8	113.3	157.8
28	1710660.38	0.0	10.9	10.9	0.0	10.9	0.0	3.9	12.6	0.0	8.3	6.5	10.9
29	43237.66	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.1	0.2
30	831737.25	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.9	1.0	0.0	1.0	0.9	1.0
31	2474281.25	0.0	6.6	6.6	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6
32	207793.70	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
33	1335596.38	0.0	3.2	3.2	0.0	3.2	0.0	2.7	3.2	0.0	3.2	2.7	3.2
34	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	12086	13628	0	15171	0	5946	13374	0	12351	9517	13983
z(j)	136818048	9517	0	0	13983	0	15432	0	0	12701	0	-9517	-13983

amaçlarda kullanmak için boş zaman ayırımı ancak o bölümdeki kullanılabilecek boş zamanı etkiler.

x14' e benzer diğer sütunların açıklaması da yukarıdaki biçimde yapılabilir.

Özetlemek gerekirse simpleks tablolarında değişkenlerin $a(i,j)$ katsayıları, sütunlardaki değişkenlerin miktarlarını bir birim artırmak için çözümdeki değişkenlerden vazgeçilecek miktarı belirtmektedir.

Tablo 5.1.f iterasyon 5

değ.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
4	2174.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
14	4535156.00	0.0	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5	0.0	53.0	0.0	0.0
15	2682180.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	53.0	0.0	44.0	0.0	0.0
16	4055044.00	0.0	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.0	0.0	101.0	0.0	0.0
17	4080772.00	0.0	167.0	176.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.0	0.0	103.0	145.0	176.0
18	3991058.00	0.0	126.0	133.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.0	133.0
19	33466.32	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
20	33596.10	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
21	104657.16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
22	103866.95	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
23	102537.74	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2	0.3
24	102991.13	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2
25	102214.06	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.3	0.2	0.3
26	3204624.00	0.0	209.0	209.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.0	0.0	130.0	150.0	209.0
27	2426280.75	0.0	157.8	157.8	0.0	0.0	0.0	75.6	173.3	0.0	127.8	113.3	157.8
28	1698539.00	0.0	10.9	10.9	0.0	0.0	0.0	3.9	12.6	0.0	8.3	6.5	10.9
29	42972.31	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.1	0.2
30	830589.81	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.0	0.0	1.0	0.9	1.0
31	2466928.75	0.0	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6
32	207403.80	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3
33	1332009.25	0.0	3.2	3.2	0.0	0.0	0.0	2.7	3.2	0.0	3.2	2.7	3.2
5	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	12086	13628	0	0	0	5946	13374	0	12351	9517	13983
z(j)	153718544	9517	0	0	13983	15171	15432	0	0	12701	0	-9517	-13983

Simpleks tablosundaki $z(j)$ değerleri, bulunan çözümün amaç fonksiyonunda sağlamış olduğu toplam katkıyı (miktar sütunundaki değer) ve değişkenlerin o çözümdeki birim katkılarını ifade etmektedir. İlk aşamada hiçbir ürün üretilmediği için bu değerler sıfırdır. Tablodaki $c(j)-z(j)$ farkları, değişkenlerin potansiyel katkılarını göstermektedir. Çünkü $c(j)$ katsayıları, problemde değişkenlerin olası katkıları olarak verilmiştir.

İlk tablonun en alt sırasını oluşturan w değerleri, yalnızca ilk temel çözümü belirlemek için problem kapsamına alınmıştır.

Tablo 5.1.g İterasyon 6

değ.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
4	17507.13	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.6	0.7	0.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
14	4535156.00	0.0	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5	0.0	53.0	0.0	0.0
15	2682180.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	53.0	0.0	44.0	0.0	0.0
16	4055044.00	0.0	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.0	0.0	101.0	0.0	0.0
17	1302141.25	0.0	-9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-85.5	0.0	-6.5	18.7	0.0
18	1951751.88	0.0	-7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-159.1	0.0	-82.7	14.5	0.0
19	31013.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	31296.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0
21	104657.16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
22	101873.65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0
23	98091.13	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
24	99924.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
25	97767.45	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
12	15333.13	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.6	0.7	1.0
27	6712.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.6	-15.5	0.0	29.6	0.0	0.0
28	1531699.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	-0.5	0.0	1.6	-1.3	0.0
29	39319.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0
30	814796.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	-0.2	0.0	0.4	0.1	0.0
31	2365730.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.3	0.0	2.5	-4.7	0.0
32	202037.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.3	0.0
33	1282636.63	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	-0.6	0.0	1.2	0.4	0.0
5	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$c(j)-z(j)$		0	-1897	-355	0	0	0	5946	-3352	0	3653	-519	0
$z(j)$	368121696	9517	13983	13983	13983	15171	15432	0	16726	12701	8698	519	0

Oçüncü iterasyonun sonunda w değerleri hepsi sıfırlandığı (veya negatif değer kalmadığı) için Faz 1 tamamlanmıştır. Bu yüzden dördüncü iterasyonda yapay değişkenler alınmayacaktır. 4. iterasyonda x5 değişkeni, en yüksek marjinal gelire sahip olduğundan bu değişken çözüme alınacaktır. Yani x5 üretilecektir.

Tablo 5.1.d' de görüldüğü gibi x5 üretmek için x14' den 88 birim, x16' dan 170 birim vb. vazgeçmek gerekir. Örnek olarak x14' de yani 5 nolu dokuma makinalarında mevcut boş

Tablo 5.1.h iterasyon 7

değ.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
4	17507.13	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.6	0.7	0.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
14	4535156.00	0.0	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5	0.0	53.0	0.0	0.0
15	2679871.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3	0.0	33.8	-0.0	0.0
16	4055044.00	0.0	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.0	0.0	101.0	0.0	0.0
17	1302141.25	0.0	-9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-85.5	0.0	-6.5	18.7	0.0
18	1951751.88	0.0	-7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-159.1	0.0	-82.7	14.5	0.0
19	31006.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0
20	31290.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0
21	104657.16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
22	101868.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0
23	98074.26	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
24	99912.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	97750.58	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
12	15333.13	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.6	0.7	1.0
7	88.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-0.2	0.0	0.4	0.0	0.0
28	1531349.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	-1.3	0.0
29	39309.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0
30	814718.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
31	2365730.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.3	0.0	2.5	-4.7	0.0
32	202037.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.3	0.0
33	1282393.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.4	0.0
5	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	-1897	-355	0	0	0	0	-2136	0	1322	-522	0
z(j)	368649664	9517	13983	13983	13983	15171	15432	5946	15510	12701	11029	522	0

zaman 4633188 dk. olduğu için bu bölümde $\theta = 4633188 / 88 = 52650$ birim x_{14} üretilebilir. Bir başka örnek olarak üç nolu dokuma makinalarında ise durum $\theta = 4244424 / 170 = 24967$ birim x_{16} ' dir.

Bu hesaplamaların içinde en az birim üretim x_{34} kısmında yapılmaktadır: $\theta = 1114 / 1 = 1114$ birim x_{34} . Dolayısıyla x_{34} çözümden çıkarılacak ve x_5 çözüme girecektir. Yani 1114 birim x_5 üretilecek ve bu miktar bütün x_{34} zamanını tüketecektir. Böylece bu bölümde boş kapasite kalmayacak ve x_{34} çözümden $x_{34} = 0$ olarak çıkacaktır.

4. iterasyon sonunda katkı sağlayan değişkenler bulunduğundan henüz optimal çözüme ulaşılmamıştır.

5. iterasyonda görüldüğü gibi x_1 , x_4 , x_5 , x_6 ve x_9 üretime girmiş durumdadır. Bu aşamada bu kumaşların üretilmesi ile elde edilen kar:

$$z = c_1x_1 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6 + c_9x_9 = 153718544 \text{ TL.}$$

Ancak üretim bölümlerinde hala boş zaman kalmaktadır. x_{26} ' nin temsil ettiği atkı aktarma bölümünde 3437450 dk. boş zaman vardı. x_5 1114 birim olunca bir birim x_5 ' in atkı aktarmadan geçme zamanı 209 dk. ile x_5 ' in üretim miktarı 1114 çarpıldığında x_{26} ' da harcanan zaman bulunur: 232826 dakika. x_{26} ' dan geriye $3437450 - 232826 = 3204624$ dk. boş zaman kalır.

5. iterasyonda x_{12} değişkeninin temsil ettiği sütuna

göre atkı aktarma bölümündeki boş zamanı bir dakika artırmak için x_4 ' e ait üretim miktarından -1 birim vazgeçmek yani mevcut boş zamana 1 birim eklemek ve x_{26} üretiminden 209 birim vazgeçmek gerekir. Görüldüğü gibi pozitif katsayılar, çözümdeki değişkenlerden vazgeçmeyi belirtirken negatif katsayılar, bu değişkene eklenecek oranı ifade etmektedir. Çünkü x_4 ' den bir birim vazgeçmek $2174 - (-1) = 2174 + 1$ ifadesi ile aynıdır.

Tablo 5.1.f.' deki çözümün optimal olup olmadığını

Tablo 5.1.i iterasyon 8

değ.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12	x26
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0
4	17366.29	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	-1.6	1.5	0.0	0.0	0.7	0.0	0.2
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.4
14	4523155.00	0.0	86.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-135.2	92.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	1.1
15	2672217.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-86.2	75.9	0.0	0.0	-0.1	0.0	2.6
16	4032174.50	0.0	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-257.6	176.7	0.0	0.0	-0.2	0.0	-1.0
17	1303607.13	0.0	-9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	-88.9	0.0	0.0	18.7	0.0	2.7
18	1970483.88	0.0	-7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	211.0	-202.2	0.0	0.0	14.7	0.0	0.0
19	31012.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	31299.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	104627.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
22	101862.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
23	98073.10	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	99905.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	97729.04	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	15192.29	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	-1.6	1.5	0.0	0.0	0.7	1.0	0.02
10	226.43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	-0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	-0.03
28	1531347.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.4	0.0	0.0	-1.3	0.0	-0.01
29	39308.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
30	814708.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
31	2365165.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.4	0.0	0.0	0.0	-4.7	0.0	0.03
32	202007.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0
33	1282361.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.02
5	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	-1897	-355	0	0	0	-3370	-1447	0	0	-524	0	26.1
z(j)	368948928	9517	13983	13983	13983	15171	15432	9316	14821	12701	12351	524	0	-26.1

araştırdığımızda $c(j)-z(j)$ değerlerinin sıfır veya pozitif olduğu görülmektedir. En büyük $c(j)-z(j)$ değerine sahip olan yani en çok katkıyı sağlayan değişken x_{12} ' dir ($c(j)-z(j) = 13983$). Bu durumda hala daha iyi bir çözüm var demektir.

Tablo 5.1.f' deki çözümde sağlanan toplam karın, Tablo 5.1.e' dekinden $153718544-136818048=16900496$ TL fazla olduğu görülmektedir. Bu kar fazlalığı x_5 ' in temsil ettiği tipteki kumaşın üretime girmesinden kaynaklanmaktadır. x_5 ' in katkısı $15171.1114=16900496$ ' dir.

Tablo 5.1.j İterasyon 9

deg.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12	x35
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0
4	2174.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	3528951.75	0.0	20.6	-65.4	0.0	0.0	0.0	-31.4	-7.4	0.0	0.0	-47.0	-65.4	-27.1
15	1846840.75	0.0	-54.3	-54.3	0.0	0.0	0.0	-0.0	-6.7	0.0	0.0	-39.0	-54.3	59.7
16	2137560.75	0.0	40.3	-124.7	0.0	0.0	0.0	-59.7	-13.0	0.0	0.0	-89.5	-124.7	-53.0
17	2045318.88	0.0	39.8	48.8	0.0	0.0	0.0	-60.9	-14.7	0.0	0.0	53.7	48.8	-53.3
18	3991058.00	0.0	126.0	133.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	110.0	133.0	-145.0
19	31567.82	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
20	32077.30	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
21	102189.12	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	0.0
22	101398.91	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
23	97601.64	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.1
24	99004.28	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.1	0.1
25	95569.31	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.2	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.2
26	736576.31	0.0	48.5	48.5	0.0	0.0	0.0	-76.9	73.7	0.0	0.0	34.7	48.5	-73.7
10	18984.98	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.6	1.4	0.0	1.0	0.9	1.2	-1.4
28	1540583.88	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	-1.0	1.3	0.0	0.0	-0.8	0.6	-1.3
29	39230.37	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
30	811035.31	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	-0.4	0.0	0.0	-0.0	-0.2	0.4
31	2341627.75	0.0	-1.5	-1.5	0.0	0.0	0.0	-3.9	-2.3	0.0	0.0	-5.9	-1.5	2.4
32	200759.06	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	0.1
33	1270877.75	0.0	-0.8	-0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	-1.1	0.0	0.0	-0.1	-0.8	1.1
5	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
$c(j)-z(j)$		0	-3164	-1622	0	0	0	-1360	-3374	0	0	-1433	-1267	1316
$z(j)$	388202048	9517	15250	15250	13983	15171	15432	7306	16748	12701	12351	1433	1267	-1316

Cözümde girmiş olan değişkenlerin $c(j)-z(j)$ değerlerinin sıfır olduğu görülmektedir. Çünkü bunların olası katkıları ile gerçekleştirdiği katkılar birbirine eşittir ($c(j)=z(j)$).

Tablo 5.1.f' deki çözüm optimal olmadığına göre bir iterasyon daha yapılacak ve en büyük katkıyı x_{12} yaptığından bu değişken çözüme eklenecektir. Çözümde çıkarılacak değişkeni belirlemek için x_{12} ' den üretilecek üretim miktarını belirlemek amacıyla θ değerleri hesaplanırsa bunların en küçüğünün x_{26} değişkenine ait olduğu görülür: $\theta = 1114 / 1 = 1114$. Bu nedenle $x_{12}=1114$ kadar çözüme girecek ve x_{26} , çözümde çıkacaktır. Çünkü 1114 birim x_{12} , bu aşamada x_{26} ' nin tüm kapasitesini kullanacaktır. Bu bilgilerin ışığında Tablo 5.1.g oluşturulur.

Negatif $a(i,j)$ değerlerinin üretimden vazgeçmek değil üretimi artırmak anlamına geldiğini daha önce belirtmiştik. Bu, Tablo 5.1.g' de açıkça görülmektedir. Tablo 5.1.f' de x_{12} değişkeninin bir biriminin atkısı aktarmadan geçmesi için 209 dakikalık zaman harcadığını ve bunun x_4 ' e etkisinin artma şeklinde olduğunu görmüştük. Gerçekten de x_{12} ' nin çözüme girmesiyle x_4 ' ün miktarı $2174 - (-3204624 / 209) = 17507,13$ olarak Tablo 5.1.g' de görülmektedir.

Tablo 5.1.g' deki çözümde elde edilen kar, x_4 ' ün artmasıyla 36812169 TL' a yükselmıştır. Daha önceki tabloulardan farklı olarak Tablo 5.1.g' de $c(j)-z(j)$ satırında bir farklı özellik görülmektedir. Bu farklılık, bazı $c(j)-z(j)$ değerlerinin negatif olmasından

kaynaklanıyor. Bunun anlamı bu negatif değerleri temsil eden değişkenlerin üretime girmesi sonucunda negatif değer oranında toplam karda bir düşme olmasıdır. Mantıksal olarak, pozitif $c(j)-z(j)$ değerleri potansiyel katkıyı gösterdiğine göre negatif $c(j)-z(j)$ değerleri potansiyel düşmeyi gösterecektir.

Tablo 5.1.g' de $c(j)-z(j)$ değerleri arasında hala potansiyel katkı sağlayacak değişkenler bulunmaktadır ve bu yüzden Tablo 5.1..g' deki çözüm en iyi çözüm değildir. Yapılan hesaplamalarda x7 değişkeni çözüme girecek ve en küçük $\theta = 88,8$ değeriyle x27 değişkeni çözümden çıkacaktır.

Yapılan işlemlerle 11. iterasyona ulaşılır. Buradaki çözümün optimalliğini test etmek için $c(j)-z(j)$ değerlerine baktığımızda bütün $c(j)-z(j) \leq 0$ olduğu için optimal çözüm bulunmuştur diyoruz. Çünkü $c(j)-z(j) = -96,64$ değerine sahip olan x27 değişkenini çözüme almak istersek tabloda görüldüğü gibi bobin sarma bölümünde bir birim boş zaman (x27) artırmak için x10' dan 0,0078 birim vazgeçerken çözümde bulunan diğer x1, x4 ve x9 değişkenlerinde hiçbir değişiklik söz konusu değildir. x27' nin boş bırakılmasından yalnızca x10 etkilenir ve bu etkilenme zarar şeklinde olur. $c_{10}=12351$ olduğuna göre bu zarar, $12351 \cdot 0,0078 = 96,64$ TL. kadardır. Tabloda $c(j)-z(j)$ değerleri potansiyel katkı olarak tanımlandığı için bu zarar negatif değerde görünmektedir.

Diğer boş değişkenlere ait sütunlara baktığımızda

bunlardan hiçbirinin zarara neden olmadığını görüyoruz. Çünkü bunlarda zaten boş kapasite vardır.

Bu açıklama ve yorumlara dayalı olarak denilebilir ki herhangi bir nedenle üretim birimlerinin herhangi birinde boş bir zaman bırakılmak istenirse bobin sarma dairesinin dışındaki bölümler tercih edilmelidir. Eğer bu bölümlerin herhangi birinde aynı maliyette ek kapasite artırma imkanı varsa bobin sarma bölümü seçilmelidir. Çünkü bu bölüm darboğaz meydana getirmekte diğer bölümlerin kapasitelerinin tam kullanılamamasına neden olmaktadır.

Tablo 5.1.k iterasyon 10

deg.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12	x34
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0
4	2174.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-0.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	3590484.00	0.0	20.6	-65.4	0.0	0.0	27.1	-31.4	-7.4	0.0	0.0	-47.0	-65.4	-22.6
15	1711520.25	0.0	-54.3	-54.3	0.0	0.0	-59.7	-0.0	-6.7	0.0	0.0	-39.0	-54.3	54.3
16	2257858.75	0.0	40.3	-124.7	0.0	0.0	53.0	-59.7	-13.0	0.0	0.0	-89.5	-124.7	-45.3
17	2166270.00	0.0	39.8	48.8	0.0	0.0	53.3	-60.9	-14.7	0.0	0.0	53.7	48.8	-44.8
18	4319918.00	0.0	126.0	133.0	0.0	0.0	145.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	110.0	133.0	-130.0
19	31600.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.0
20	32148.78	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	-0.0
21	102038.79	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	0.2
22	101293.94	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
23	97300.98	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.1
24	98857.39	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.1	0.1
25	95127.94	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.0	-0.2	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.2
26	903765.88	0.0	48.5	48.5	0.0	0.0	73.7	-76.9	73.7	0.0	0.0	34.7	48.5	-48.5
10	22060.45	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	1.4	0.6	1.4	0.0	1.0	0.9	1.2	-1.2
28	1543486.63	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	1.3	-1.0	1.3	0.0	0.0	-0.8	0.6	-0.6
29	39164.43	0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0
30	810203.63	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.4	0.3	-0.4	0.0	0.0	-0.0	-0.2	0.2
31	2336298.50	0.0	-1.5	-1.5	0.0	0.0	-2.3	-3.9	-2.3	0.0	0.0	-5.9	-1.5	1.5
32	200476.45	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	0.1
33	1268277.75	0.0	-0.8	-0.8	0.0	0.0	-1.1	0.8	-1.1	0.0	0.0	-0.1	-0.8	0.8
5	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
35	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	-3164	-1622	0	0	-1316	-1360	-3374	0	0	-1433	-1267	79.0
z(j)	391187328	9517	15250	15250	13983	15171	16748	7306	16748	12701	12351	1433	1267	-79.0

Problemin optimal çözümü, daha düzenli ve açık bir şekilde Tablo 5.2' de görülmektedir. Elde edilen sonuçlar önemli bir gerçeği ortaya çıkarmıştır: Optimal şartlar altında elde edilen kar, bu planlama yapılmaksızın elde edilenden daha yüksektir.

5.2. Çözümün Duyarlılık Analizi

Doğrusal programlama problemi çözüldükten sonra ek hesaplamalar gerektiren iki önemli konu ortaya çıkar :

- Doğrusal programlama problemlerinde genellikle

Tablo 5.1.1 İterasyon 11

değ.	miktar	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x10	x11	x12
1	2732.00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0
4	2174.00	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0
9	3576.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
14	3615614.50	0.0	20.6	-65.4	0.0	22.6	27.1	-31.4	-7.4	0.0	0.0	-47.0	-65.4
15	1650998.13	0.0	-54.3	-54.3	0.0	-54.3	-59.7	-0.0	-6.7	0.0	0.0	-39.0	-54.3
16	2308313.00	0.0	40.3	-124.7	0.0	45.3	53.0	-59.7	-13.0	0.0	0.0	-89.5	-124.7
17	2216201.25	0.0	39.8	48.8	0.0	44.8	53.3	-60.9	-14.7	0.0	0.0	53.7	48.8
18	4464738.00	0.0	126.0	133.0	0.0	130.0	145.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	110.0	133.0
19	31641.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
20	32194.70	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
21	101859.98	0.0	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2
22	101259.95	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0
23	97188.43	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.0
24	98791.34	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.1
25	94936.15	0.0	-0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.0	-0.2	0.0	0.0	-0.1	-0.1
26	957776.56	0.0	48.5	48.5	0.0	48.5	73.7	-76.9	73.7	0.0	0.0	34.7	48.5
10	23435.95	0.0	1.2	1.2	0.0	1.2	1.4	0.6	1.4	0.0	1.0	0.9	1.2
28	1544163.88	0.0	0.6	0.6	0.0	0.6	1.3	-1.0	1.3	0.0	0.0	-0.8	0.6
29	39158.67	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0
30	809934.25	0.0	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	-0.4	0.3	-0.4	0.0	0.0	-0.0	-0.2
31	2334572.50	0.0	-1.5	-1.5	0.0	-1.5	-2.3	-3.9	-2.3	0.0	0.0	-5.9	-1.5
32	200384.92	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1
33	1267435.75	0.0	-0.8	-0.8	0.0	-0.8	-1.1	0.8	-1.1	0.0	0.0	-0.1	-0.8
34	1114.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	2268.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c(j)-z(j)		0	-3164	-1622	0	-79	-1316	-1360	-3374	0	0	-1433	-1267
z(j)	391275648	9517	15250	15250	13983	15250	16748	7306	16748	12701	12351	1433	1267

verilen problemin yalnızca çözümü ile ilgilenmeyiz, aynı zamanda parametrelerden bazıları ($c(j)$ veya $b(i)$) değiştirildiğinde çözümde ne gibi değişiklikler meydana geleceğini de bilmek isteriz. Başka bir deyişle bir duyarlılık analizi yapmak isteriz.

- Problemin çözümünden sonra bir veya daha fazla $c(j)$ değerinin uygun olmadığı, bir veya daha fazla $b(i)$ değerinin yanlış olduğunu veya değiştirilmesi gerektiğini görebiliriz.

Çoğu zaman problemin tamamını tekrar çözmek gerekmez. Optimal çözüm üzerinde yapılacak az bir çalışma, duyarlılık analizi için yeterli gelmektedir.

Burada aşağıda genel olarak verilen ve daha sonra detaylı bir şekilde incelenecek olan dört spesifik problemi tartışacağız:

- Optimallik sınırları içinde amaç vektörü c nasıl değiştirilebilir ve bu değişmeden sonra yeni bir optimal çözüm nasıl geliştirilebilir ?

- Optimallik sınırları içinde b sınır değerleri nasıl değiştirilebilir ve bu değişmeden sonra yeni bir optimal çözüm nasıl geliştirilebilir ?

- Bir başka değişkenin modele eklenmesi nasıl değerlendirilebilir ?

- Bir başka ek kısıt sisteme nasıl kaynaştırılabilir ?

5.2.1. Amaç Fonksiyonu Katsayılarının Değiştirilmesi

Amaç fonksiyonunda bir katsayının değişme etkisi o katsayıyı taşıyan değişkenin optimal çözümde olup olmadığına bağlıdır.

Değişken çözümde değilse bu değişkenin $c(j)$ katsayısı çözüme girmek için yeterli büyüklükte (maksimizasyon durumu için) değil demektir. Dolayısıyla bu katsayının daha da küçültülmesi optimal çözümü etkilemeyecektir. Çünkü bu değişken yine çözüme giremeyecektir. Ancak katsayı değeri büyültülürse bu değişken için $c(j)-z(j)=0$ olduğu noktada amaç fonksiyonu değeri değişmeyen yeni bir seçenek çözüm ortaya çıkacaktır. Böylece $c(j)-z(j)=0$ ve burada $c(j)=z(j)$ olduğu için çözüme girmeyen değişkenin katsayısı $c(j) \geq z(j)$ olunca optimal çözüm biçim değiştirecektir. Çünkü bu durumda artık sözkonusu değişken çözüme girecektir.

Modelimizin çözüm tablosuna göre çözüme girmeyen değişkenlerin duyarlılık sınırları :

- | | | |
|---------------------------------|---|---------------------------------|
| - sonsuz $\geq c(2) \geq 15250$ | , | - sonsuz $\geq c(6) \geq 16748$ |
| - sonsuz $\geq c(3) \geq 15250$ | , | - sonsuz $\geq c(7) \geq 7306$ |
| - sonsuz $\geq c(5) \geq 15250$ | , | - sonsuz $\geq c(8) \geq 16748$ |

Değişken çözümde ise amaç fonksiyonu katsayısının artırılması amaç fonksiyonunun değerini artıracak ancak optimal çözüm sonucu değiştirmeyecektir. Çünkü değişken zaten çözümde. Bu mantığa göre düzenlenmiş olan aşağıdaki eşitsizlik formülü, çözüme giren değişkenlerin duyarlılık sınırlarını vermektedir.

$$\max_{a(k,j) > 0} (c(j) - z(j)/a(k,j)) \leq c(j) \leq \min_{a(k,j) < 0} (c(j) - z(j)/a(k,j))$$

Burada k , çözüme giren değişkenin bulunduğu satırı belirtmektedir. Bütün $a(k,j)$ değerleri negatif ise alt sınır yoktur; bütün $a(k,j)$ değerleri pozitif ise üst sınır yoktur demektir. Buna göre aşağıdaki duyarlılık sınırları elde edilir :

$$\begin{array}{ll} - \text{sonsuz} \geq c(1) \geq 10950 & , \quad - \text{sonsuz} \geq c(4) \geq 15250 \\ - \text{sonsuz} \geq c(9) \geq 15250 & , \quad 12286 \geq c(10) \geq + \text{sonsuz} \end{array}$$

5.2.2. Kaynak Sınırlılık Katsayılarının Değiştirilmesi

Kaynak sınırlılıklarının optimal çözümü geçersiz kılan değişme alanı aynı zamanda gölge fiyatlarının geçersiz olduğu yan doğru olmadığı alanı ifade eder. Çünkü gölge fiyatlar problemde verilen $b(i)$ değerlerine göre hesaplanmıştır. Eğer bu değerlerdeki değişme optimal çözümü değiştirmiyorsa gölge fiyatlarının değerinde de değişme olmayacaktır.

Kaynak sınırlılık katsayılarındaki değişme her kaynağa ilişkin olan boş değişkenlerin çözümdeki durumuna bağlıdır. Eğer boş değişkenler çözümde ise o boş değişkenin temsil ettiği kaynakta çözümdeki değer kadar fazlalık var demektir. Dolayısıyla verilen kaynaktan boş değişkenin çözümdeki değerinden az bir oranda azalma yapılırsa çözüm değişmez. Ancak boş değişkenin değeri kadar (veya daha çok) azalma yapılırsa boş değişken çözümden çıkar ve çözüm değişir. Buna göre kaynak kısıtlamalarının duyarlılık sınırları

aşağıdaki gibi olur :

+1438785.0 $\geq$ B(1) $\geq$ + sonsuz ,	+1216885.8 $\geq$ B(14) $\geq$ +5153569.0
+1192101.8 $\geq$ B(2) $\geq$ + sonsuz ,	+275420.00 $\geq$ B(15) $\geq$ + sonsuz
+2746086.5 $\geq$ B(3) $\geq$ + sonsuz ,	+6330.9219 $\geq$ B(16) $\geq$ + sonsuz
+3575298.5 $\geq$ B(4) $\geq$ + sonsuz ,	+32465.688 $\geq$ B(17) $\geq$ + sonsuz
+589662.00 $\geq$ B(5) $\geq$ + sonsuz ,	+192627.25 $\geq$ B(18) $\geq$ + sonsuz
+3458.8359 $\geq$ B(6) $\geq$ + sonsuz ,	+10215.078 $\geq$ B(19) $\geq$ + sonsuz
+2905.2949 $\geq$ B(7) $\geq$ + sonsuz ,	+10215.078 $\geq$ B(20) $\geq$ + sonsuz
+3440.0312 $\geq$ B(8) $\geq$ + sonsuz ,	+101464.38 $\geq$ B(21) $\geq$ + sonsuz
+4040.0547 $\geq$ B(9) $\geq$ + sonsuz ,	0 $\geq$ B(22) $\geq$ +29167.252
+8111.5703 $\geq$ B(10) $\geq$ + sonsuz ,	0 $\geq$ B(23) $\geq$ + sonsuz
+6508.6719 $\geq$ B(11) $\geq$ + sonsuz ,	0 $\geq$ B(24) $\geq$ +21154.445
+10363.844 $\geq$ B(12) $\geq$ + sonsuz ,	0 $\geq$ B(26) $\geq$ + sonsuz
+4658222.5 $\geq$ B(13) $\geq$ + sonsuz ,	0 $\geq$ B(27) $\geq$ +22556.445

Boş değişken çözümde değilse durum biraz farklılaşır.

Modelin çözümünde x27 boş değişkeni çözümde değildir. Bir an için x27 değişkeninin çözüme gireceğini varsayalım. Tablodaki verilere göre bir birim x27 elde etmek için artırma payı en yüksek olan x26 kapasitesini 1,0172 birim artırmak gerekiyor. Buna göre x26 satırında x27 değişkeninin çözüme girmesi için,

$$\theta (1) = 957776,6 / -1,0172 \\ = -941569$$

kadar bobin sarma dairesinde kapasite darlığı vardır. 0 halde x27 değişkenine ilişkin bobin dairesi kaynağı 941569 birimden daha fazla artırılırsa yani $b(14) > b(14) + 941569$ olursa x27 çözüme girer ve x26 çözümden çıkar. Aynı şekilde en büyük vazgeçme değerine sahip olan x10 değişkenini çözümden çıkarmak ve x27 değişkenini çözüme almak istersek

$$\theta (2) = 957776,6 / -1,0172 \\ = -941569$$

kadar bobin dairesinde kapasite fazlalığı olacaktır. 0

halde bu dairede 2995114,2 değeri kadar bir daralma olursa x_{10} çözümden çıkar ve x_{27} çözüme girer. Böylece optimal çözümün geçerlilik alanı ($b(14) + 941569$) ve ($b(14) - 2995114,2$) aralığıdır ve bunlar bobin dairesindeki kapasitenin alt ve üst sınırlarıdır. b_{14} ' ün değeri 4212000 olarak tanımlandığına göre bu sınırlar aşağıdaki gibi gösterilir :

$$1216885,8 > b(14) > 5133569$$

5.2.3. Probleme Yeni Kısıtlama Ekleme

Optimal çözümü belirlenen bir probleme ilişkin olarak daha sonra ortaya çıkabilecek bir sınırlılığın bu çözümü değiştirip değiştirmeyeceğini saptamak gerekebilir. Bunun için belirlenen optimal çözüm değerlerini, verilen kısıtlamada yerine koymak ve bulunan optimal değerlerin bu kısıtlamaya uyup uymadığına bakmak yeterlidir.

Optimal değerler kısıtlamayı sağlıyorsa problem yok demektir; sağlamıyorsa ek kısıtlamalı yeni problem tekrar çözülecek ve optimal değerler aranacaktır.

5.2.4. Probleme Yeni Bir Değişken Ekleme

Problem kapsamına yeni bir değişken eklemek gerektiğinde bunun çözümü değiştirip değiştirmeyeceğini yani çözüme girip girmeyeceğini belirlemek için üretim faktörlerinin gölge fiyatına ve probleme eklenen değişkenin amaç fonksiyonunda yer alacak olan $c(j)$ katsayısına bakmak gerekir. Bu değişkenin tüketeceği üretim faktörlerinin

gölge fiyatı toplamı, sağladığı katkıdan ($c(j)$ ' den) fazla ise bu değişken çözüme girmeyecektir. Çünkü çözüme alınırsa zarara neden olacaktır. Dolayısıyla değişken çözüme girmeyeceği için bulunan optimal çözüm geçerlidir diyebiliriz. Ancak bunun tersi bir durum olursa yani değişkenin $c(j)$ katsayısı gölge fiyatlar toplamından büyük ise amacı maksimize etmek için bu değişkenin çözüme girmesi gerekecektir. Bu ise bulunan çözümün artık geçerli olmadığını gösterir. Böylece problemi yeni baştan çözmeden optimal çözüm sonucuna göre ve belirlenen gölge fiyatlara dayalı olarak çözümün geçerliliği konusunda bir karara varılır.

Örnek olarak bobin dairesinin boş kapasitesinden 2 birim kullanan bir x_{11} değişkeninin problem kapsamına alınacağını ve bu değişkenin katkısının $c_{11} = 12000$._ olduğunu varsayalım. Bobin dairesinin gölge fiyatı 96,64 olduğu için x_{11} değişkeninin toplam maliyeti $2 * 96,64 = 193,28$ TL.'dir. Öte yandan $c_{11} = 12000$._ olduğu için x_{11} değişkeni $12000 - 193,28 = 11806,72$ TL. kadar birim başına gelir getirecektir. Bu nedenle bu değişken çözüme girebilir ve daha önce belirlenmiş olan optimal çözüm artık geçersiz sayılır. Ancak $c_{11} \leq 193,28$ durumunda, bu değişkenin çözüme girmesi zarara neden olacağından çözüme alınmaz ve ilk çözüm geçerliliğini korur.

SONUÇ

Bu çalışmada sunulan problemin çözümünden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir :

- Üzerinde durulan operasyonel karakteristiklere ait kantitatif verilerin oluşturulması, kendi şartları içinde bir başarı sağlamıştır.

- Doğrusal programlama çözümlerini gösteren tablolar, işletmedeki üretim durumunun aslında hayli karışık bir problem haline geldiğini kantitatif ölçüler sunarak göstermektedir.

- Kritik olarak sınırlandırılan işlem adımları aydınlatılmış ve kantitatif bir şekilde ölçülendirilmiştir.

- Üretim hedeflerinin oluşturulmasında, satış planlarının ve sermaye yatırımlarının değerlendirilmesinde ve gerçek işletme kazancını elde etmek için makinaların kullanılmasındaki verimliliğin artırılmasında doğrusal programlamanın yeterli olduğu görülmüştür.

Bu aşamada yapılan çalışma son bulmamalıdır. Çözüm tekniğinin daha verimli uygulanabilmesi için tekstil işletmesindeki yönetim kararlarının daha da geliştirilmesi gerekmektedir. İlk olarak problemin genişletilmesi düşünülebilir. Bu, üç yönlü bir çalışmadır :

- Makina kısıtlamaları olarak görülen bütün üretim prosesleri çalışmaya eklenecek. Bu çalışmada iplik boyama ve taharlama işlemleri darboğaz meydana getirmeyeceği

düşüncesiyle hesaba katılmamıştır. Bir de katlı cer makinası, formulasyonda da belirtildiği gibi dublör ile aynı çalışma şartlarına sahip olduğu için dikkate alınmamıştır. Eğer alınsaydı kısıt duplikasyonu sözkonusu olacaktı. Bunlar hariç olmak üzere yönetim birimleri birbirlerine danışarak yürütecekleri bir çalışma ile üretim birimleri ile ilgili daha değişik kısıtlamalar ortaya çıkarabilirler (enerji, işçi, makina vb. kaynaklanan kısıtlamalar).

- Daha fazla satış kısıtlamaları dikkate alınacak ve daha değişik bir şekilde sisteme sokulacak. Mevcut tahminlere göre maksimum ve minimum satış kısıtlamaları, en çok göze çarpan kumaşlar için yapılacak ve bu ilk çalışmadan daha iyi sonuçlar çıkacaktır. Böylece üretimi sözkonusu olan kumaş sayısı artmış olacak ve makinalar daha fazla miktarda yüklenecek, boş zamanlar azalacaktır.

- Değişik üretim kombinasyonları geliştirilerek sözkonusu kumaşların değişik şartlarda üretilmesi durumu modele eklenecektir. Böylelikle makinaları, aynı ürün için değişik bir tarzda kullanımına imkan sağlanmış olacaktır. Bu çalışmada, kumaşların tek, çift ve üçlü enlerde dokunabileceklerini belirttik ve hem dokuma makinalarının dokuma enlerinin çeşitlerini ve hem de çözgü sarmada bunların hesaplarını gösterdik. Genişletilecek bir çalışmada, bu enlerin değişik kombinasyonlarda sözü geçen makinelerde üretilmesi daha detaylı bir şekilde dikkate alınabilir. Bunun problemin görünüşüne etkisi, satır ve sütunların çoğalması şeklinde olacaktır.

Yukarıda belirtilen geliştirme çalışmaları, problemin daha gerçekçi bir şekilde düşünülmesine yardımcı olacaktır.



TEŞEKKÜR

" Pamuklu dokuma üretiminde teknolojik bilgi yönetimi, ekonomik değerlendirmeler ve iteratif çözüm yöntemlerinin kullanılması ile pamuktan kumaşa optimal üretim koşullarının sağlanması" konulu yüksek lisans tezimin yöneticiliğini üstlenen ve her türlü bilgi ve desteği ile bana yön veren sayın hocam Doç. Dr. Yalçın BOZKURT'a, tezimin her aşamasında değerli katkıları ve yapıcı eleştirileriyle beni aydınlatan değerli hocalarım Prof. Dr. Orhan YOKSEL'e , Doç. Dr. Arif KURBAK' a ve Doç. Dr. Fikri ŞENOL' a, bana araştırma ortamı sağlayıp gerekli verileri toplamada yardımcı olan tekstil işletmesi yetkililerine en içten teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tezimin yazımı ve derlenmesinde bilgisayar düzeneğini bana sunan değerli arkadaşım Mustafa ÖZLÖKCAN'a teşekkür ederim.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Aydıncıoğlu, A., 1976, Yönetim Ekonomisi, T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi Temel Bilimler Fakültesi Yayınları, Sayı 1067.

Başar , T. , 1976, Karar Teorisi Ve Yöneylem Araştırması, Bildiriler 75, Kocaeli .

Buffa, E.S., 1969, Modern Production Management, John Wileys and Sons, N.Y.

Buffa, E.S., 1976, Operations Management; The Management Of Productive Systems, John Wileys and Sons, N.Y.

Charness, A. and Cooper, W.W., 1961, Management Models And Industrial Application Of Linear Programming, Volume I, Wiley, New York.

Dantzig, G.B., 1963, Linear Programming And Extensions, Princeton University, Princeton N.J.

Demiris, O., 1991, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, İzmir.

Garett, L.J. , 1973, Silver, M., Production Management Analysis, Harcourt Brace Inc., N.Y.

Greenwood, W.T., 1969, Decision Theory And Information Systems - An Introduction To Management Decision Making, 438-451 Cincinnati , Ohio.

Gürdoğan, N., 1981, Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama Ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No 473.

Hadley, G., 1962, Linear Programming , Addison - Wesley Pub., Co., Inc., Mass.

Johnson, L.A. and Montgomery, D.C., 1974, Operations Research In Production Planning, Scheduling, And Inventory Control, Wiley, New York.

Kobu, B. , 1981, Üretim Yönetimi , Üçüncü Baskı İ.U. İşletme Fak. Yayını, İstanbul.

Lawrence, K.D. and Zanakis, S.H., 1984, Production Planning And Scheduling : Mathematical Programming Applications, Institute Of Industrial Engineers, Atlanta.

Lee, J.K., and Kim Y.S., 1984, The Annual World Conference.

Levin, R.I., McLaughlin, C.D., Lamore , R.P., and Kotas, C.F., 1974, Production-Operations Management, Mc Graw Hill, New Delhi .

Levin, R.I., and Kirkpatrick, C.H., 1971, Quantitative Approaches to Management, Mc Graw Hill, New York.

Loomba, N.P., and Turban, E., 1974, Applied Programming For Management Holt, Rinehart & Winston, New York.

Magee, J.F., and Boodman, D.M., 1967, Production Planning And Inventory Control, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York.

Mayer, R.R., 1968, Production Management, Mc Graw Hill, N.Y.

Özgen, H. , 1976, İmalat Sanayi İşletmelerinde Doğrusal Ulaştırma Yöntemi ile Üretim Planlama Ve Kontrol, Adana.

Özgen, H. , 1977, Yöneylem Araştırması, Adana i.T.i.A. Yayını, Adana .

Sarıaslan, H. , 1986, Kaynak Dağılımında Doğrusal Programlama, A.U. Siyasal Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Yayınları, Ankara .

Sharma, D., 1984, The Annual World Conference.

Starr , M.K., 1971, Systems Management of Operations, Prentice Hall, N.J.

Stevenson, W.J., 1982, Production / Operations Management, Richard D. Irwin, Homewood.

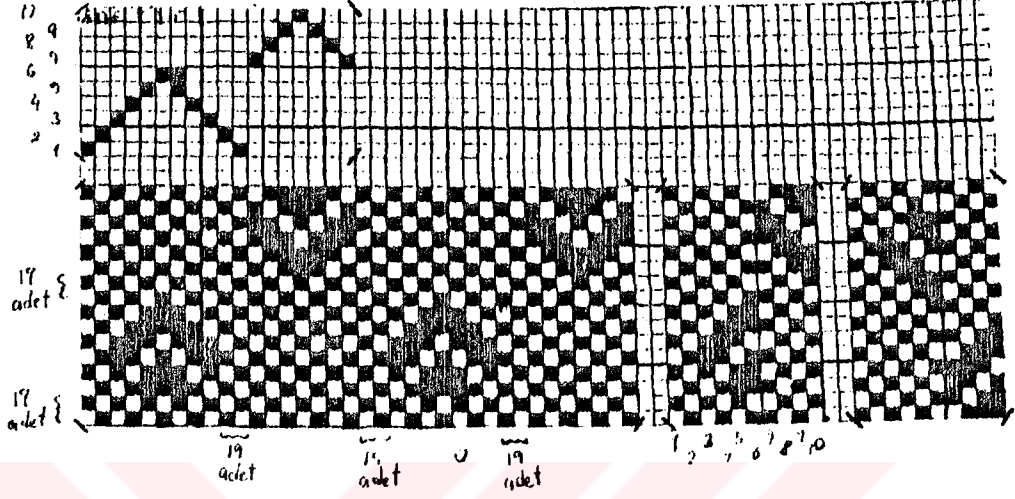
Şenel, M. , 1974, Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması Ve bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, Ankara.

Turban, E. and Meredith, J.R., 1977, Fundamentals of Management Science, Business Publications Inc., Texas.

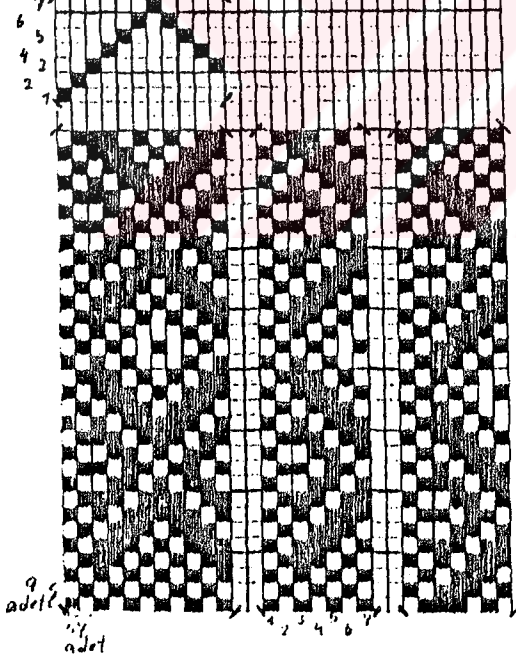
EKLER

Çelik Eki-Hamagların Dokuları, Armür, Tahai Ve Karton Planları

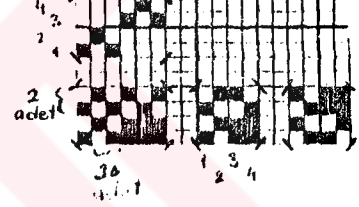
0505 - 56



0509 - 39

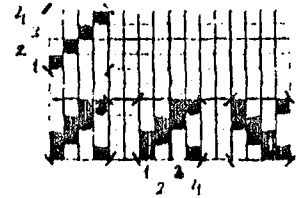


8505 - 13



3059 - 45

4400 - 33



0410 - 07

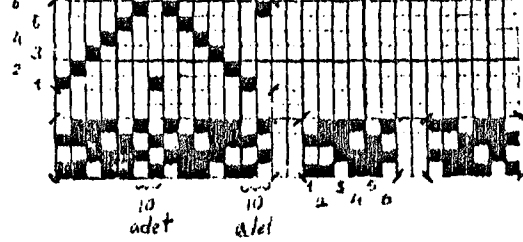
0454 - 01

9400 - 54

9400 - 37



0506 - 56



Tablo El. Kumaşların çözgü ve atkı renk raporları

Kumaş No	Çözgü renk raporu	Atkı renk raporu
0410 - 07	Beyaz 7 Mavi 36 43	Düz beyaz
9400 - 87	Vişne 2 1 1 1 5 Açık pembe 60 5 5 60 130 135	Düz açık pembe
9400 - 84	Beyaz 6 Siyah 6 12	Düz beyaz
0454 - 01	Düz beyaz	Düz vişne
8505 - 13	Beyaz Ne42 2 28 1 2 2 1 28 5 69 Beyaz Ne12 1 1 - 1 - 1 1 - 5 Açık mavi - - 1 - 1 - - - 2 76	Düz beyaz
0509 - 39	Beyaz 17 3 3 1 1 1 1 77 104 Kahverengi 1 - 1 - - - - - 2 Pembe - 6 - - - - - - 6 Açık mavi - - 1 1 1 1 1 - 5 117	Düz beyaz
0509 - 36	Beyaz 9 3 3 3 12 3 3 3 3 42 Açık yeşil 1 1 1 1 1 1 1 1 1 8 50	Düz beyaz
0509 - 56	Kahverengi - - 1 - - - - - 1 - - - 2 Beyaz - 37 1 1 1 1 35 - - 35 1 1 1 1 37 152 Açık yeşil - - 1 1 1 - - - - 1 1 1 - - 6 Sarı - - - - - 1 - - 1 - - - 1 - 3 Vişne 2 - - - - - 1 - - - - - 3 166 Atkı Renk Raporu Düz beyaz	

Tablo E1 Devamı

3059 - 45	Sarı	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	4	
	Mavi	15	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	19	38	
	Siyah	2	-	2	-	15	-	2	-	2	-	-	-	2	-	2	27	27	54	
	Yeşil	-	-	-	-	-	2	-	2	-	11	-	4	-	2	-	23	23	46	
	Beyaz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	39	-	-	43	43	86	
	Bir defa ters simetri																114	114	228	
Atkı renk raporu																				
	Yeşil	-	2	-	2	-	4	-	10	-	2	-	2	-	-	-	22	22	44	
	Siyah	2	-	2	-	-	-	-	2	-	2	-	14	-	2	-	26	26	52	
	Beyaz	-	-	-	-	34	-	4	-	-	-	-	-	-	-	2	40	40	80	
	Mavi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	18	18	36
	Bir defa ters simetri																106	106	212	

3059 - 45	Sarı	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	4	
	Mavi	15	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	19	38	
	Siyah	2	-	2	-	15	-	2	-	2	-	-	-	2	-	2	27	27	54	
	Yeşil	-	-	-	-	-	2	-	2	-	11	-	4	-	2	-	23	23	46	
	Beyaz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	39	-	43	43	86	
	Bir defa ters simetri																114	114	228	
Atkı renk raporu																				
	Yeşil	-	2	-	2	-	4	-	10	-	2	-	2	-	-	-	22	22	44	
	Siyah	2	-	2	-	-	-	-	2	-	2	-	14	-	2	-	26	26	52	
	Beyaz	-	-	-	-	34	-	4	-	-	-	-	-	-	-	2	40	40	80	
	Mavi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	18	18	36
	Bir defa ters simetri																106	106	212	

4400 - 03	Siyah	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99
	Yeşil	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
	Beyaz	17	8	-	5	-	4	-	4	-	-	-	4	-	4	-	5	-	8
	Açık k.	2	-	2	-	5	-	11	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	17
	Kırmızı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	-	-	34
	Gri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	11	-	5	-	2	2
	350																		
Atkı renk raporu																			
	Siyah	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73
	Yeşil	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
	Beyaz	17	9	-	5	-	6	-	3	-	-	-	3	-	6	-	5	-	9
	Açık k.	3	-	3	-	5	-	6	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	11
	Kırmızı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	31
	Gri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	6	-	5	-	3	3
	300																		

Problemin Çözümünde Kullanılan Bilgisayar Programı

```
DECLARE SUB writer (pa, pb, pc, pd)
DECLARE SUB subrow (a(), ak(), m2, p, n0, m1, m1, n, k)
DECLARE SUB outputer (a(), ak(), sl(), nb(), m2, p, m, m1, n0, m1, n)
OPEN "out.bas" FOR OUTPUT AS #1
CLS
READ ss
READ be, ke, kk, n
nn = be + ke: m = nn + kk: mk = be + kk: n1 = mk + n
p = n1 + nn: m1 = m + 1: m2 = m + 2: n0 = n1
DIM a(m2, p), ak(m), nb(p), v(m2), sl(p)
FOR i = 1 TO m1: FOR j = 1 TO n: READ a(i, j): NEXT j, i
IF be <> 0 THEN
    FOR i = 1 TO be: a(i, n + i) = -1: a(i, n1 + i) = 1: ak(i) = n1 + i: READ a(i, 0): NEXT i
END IF
IF ke <> 0 THEN
    FOR i = be + 1 TO m: a(i, n + i) = 1: ak(i) = n1 + i: READ a(i, 0): NEXT i
END IF
IF kk <> 0 THEN
    FOR i = nn + 1 TO m: a(i, n + i - ke) = 1: ak(i) = n + i - ke: READ a(i, 0): NEXT i
END IF
IF nn <> 0 THEN
    l = 1: n0 = p
    FOR i = 1 TO nn: FOR j = 0 TO n1: a(m2, j) = a(m2, j) - a(i, j): NEXT j, i
ELSE
    PRINT #1, "faz 1 yok"
END IF
m1 = m1 + 1
IF ss >= 0 THEN
    PRINT #1, TAB(30); "ilk Tablo": PRINT #1,
    CALL subrow(a(), ak(), m2, p, n0, m1, m1, n, k)
END IF

FOR i = 1 TO m: nb(ak(i)) = 1: NEXT i
sifir = 1E-08
DO
    min = -sifir
    s = 0: pv = 0: m1 = m1 + 1
    FOR j = 1 TO n0
        IF nb(j) <> 1 THEN
            IF a(m1, j) < min THEN
                min = a(m1, j): s = j
            END IF
        END IF
    NEXT j
    IF s = 0 THEN
        IF l = 0 THEN
            CALL outputer(a(), ak(), sl(), nb(), m2, p, m, m1, n0, m1, n)
        ELSE
            IF ABS(a(m1, 0)) >= 1E-08 THEN
                PRINT #1, "uygun çözüm yok "
                PRINT #1, "yapay değişkenler toplamı :"; -a(m1, 0)
                CALL subrow(a(), ak(), m2, p, n0, m1, m1, n, k)
                CALL outputer(a(), ak(), sl(), nb(), m2, p, m, m1, n0, m1, n)
            END IF
        END IF
    END IF

```

```

ELSE
    PRINT #1, : PRINT #1, "faz 1 tamam": l = 0: n0 = n1
END IF
END IF
ELSE
    min = 1E+20: r = 0
    FOR i = 1 TO m
        IF a(i, s) > sıfır THEN
            rt = a(i, 0) / a(i, s)
            IF rt < min THEN
                r = i
                min = a(i, 0) / a(i, s)
            END IF
        END IF
    NEXT i
    IF r = 0 THEN
        PRINT #1, "değişken"; s; "sınırsız"
        CALL subrow(a(), ak(), m2, p, n0, m1, m1, n, k)
    END IF
    pv = a(r, s)
    FOR j = 0 TO n0: a(r, j) = a(r, j) / pv: NEXT j
    FOR i = 1 TO m1: v(i) = a(i, s): NEXT i
    FOR i = 1 TO m1
        IF i <> r THEN
            FOR j = 0 TO n0: a(i, j) = a(i, j) - v(i) * a(r, j): NEXT j
        END IF
    NEXT i
    nb(ak(r)) = 0: nb(s) = 1: ak(r) = s: k = k + 1
    IF ss >= 0 THEN
        PRINT #1, TAB(30); "iterasyon "; k: PRINT #1,
        CALL subrow(a(), ak(), m2, p, n0, m1, m1, n, k)
    END IF
END IF
LOOP

SUB outputer (a(), ak(), sl(), nb(), m2, p, m, m1, n0, m1, n)
    PRINT #1, : PRINT #1, TAB(30); "son çözüm"
    PRINT #1, "kis. temel değer"
    pb = 144
    FOR i = 1 TO m: sl(ak(i)) = a(i, 0): PRINT #1, " "; i; " "; ak(i); : pa = a(i, 0)
    CALL writer(pa, pb, pc, pd): PRINT #1, : NEXT i: PRINT #1,
    PRINT #1, "z'nin minimumu="; -a(m1, 0): PRINT #1,
    PRINT #1, "kısıt durum gevşek"
    FOR i = 1 TO m: PRINT #1, " "; i; " ";
    IF (i <= be OR i > nn) THEN
        IF nb(n + i) = 1 THEN
            PRINT #1, "gevşek"; : pa = sl(n + i): CALL writer(pa, pb, pc, pd): PRINT #1,
        ELSE
            PRINT #1, "etkili 0"
        END IF
    END IF
    NEXT i: PRINT #1,
    CALL subrow(a(), ak(), m2, p, n0, m1, m1, n, k)
END
END SUB

```