

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMAN ÜRÜNLERİ SANAYİ SEKTÖRÜNDE
ÜRETİM PLANLAMA SİSTEMİNİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

Orm. End. Yük. Müh. İbrahim YILDIRIM

**ARALIK 2011
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMAN ÜRÜNLERİ SANAYİ SEKTÖRÜNDE
ÜRETİM PLANLAMA SİSTEMİNİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI**

Orm. End. Yük. Müh. İbrahim YILDIRIM

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25.11.2011
Tezin Savunma Tarihi : 19.12.2011**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında
İbrahim YILDIRIM Tarafından Hazırlanan

ORMAN ÜRÜNLERİ SANAYİ SEKTÖRÜNDE
ÜRETİM PLANLAMA SİSTEMİNİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA
YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29/11/2011 gün ve 1431 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR

Üye : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Üye : Prof. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe Üretim Planlama Sisteminin Doğrusal Programlama Yöntemi ile Geliştirilmesi ve Uygulaması” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmasının her aşamasında karşılaşılan sorunların aşılmasında fikirlerinden faydalandığım, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecini sürekli olarak izleyen, değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT ve Yrd. Doç. Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ’ye şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında her türlü ilgi ve desteklerini gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN, Doç. Dr. Ali TEMİZ, Yrd. Doç. Dr. İlker AKYÜZ, Prof. Dr. İsmail AYDIN, Prof. Dr. Hakkı YAVUZ ve Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma boyunca yardım ve desteklerini sakınmayan değerli arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK, Yrd. Doç. Dr. Derya USTAÖMER, Yrd. Doç. Dr. Aytaç AYDIN, Arş. Gör. Dr. Eylem DİZMAN TOMAK, Arş. Gör. Yasin BALABAN, Arş. Gör. Taner TAŞDEMİR ve Arş. Gör. Bünyamin SARI’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca benden güler yüz ve desteklerini esirgemeyen Orman Fakültesi ve KTÜ bünyesinde çalışan tüm hocalarıma, yakın mesai arkadaşlarıma ve emeği geçen herkese yürekten teşekkür ederim.

Çalışmanın uygulama aşamasında bana zaman ayırarak gerekli verilerin sağlanmasında her türlü yardımı yapan tüm işletme çalışanlarına ve yönetimine de teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren maddi manevi desteklerini esirgemeyen ve her an koşulsuz sevgi ve desteğini gösteren Samsun’da bulunan canım ailem ile her daim yanımda olan ve her türlü sıkıntımı paylaşan çok değerli eşim Necla YILDIRIM ve biricik evladım Yusuf Enes YILDIRIM’a sonsuz minnet duygularımı ifade etmek isterim.

İbrahim YILDIRIM

Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe Üretim Planlama Sisteminin Doğrusal Programlama Yöntemi ile Geliştirilmesi ve Uygulaması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/11/2011



İbrahim YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Üretim Planlama.....	2
1.2.1. Üretim Planlama ve Kontrol Süreci.....	4
1.2.2. Orta Vadeli Üretim Planlama Faaliyetleri.....	6
1.2.3. Bütünleşik Üretim Planlamada Kullanılan Yaklaşımlar.....	10
1.2.4. Tahmin Yöntemleri.....	12
1.2.4.1. Nitel (Kalitatif) Yöntemler.....	15
1.2.4.2. Nicel (Kantitatif) Yöntemler.....	16
1.2.4.2.1. Zaman Serisi Analizi.....	17
1.2.4.2.2. Karma Yöntemler.....	19
1.3. Yöneylem Araştırması ve Doğrusal Programlama.....	22
1.3.1. Yöneylem Araştırması ve Uygulama Alanları.....	22
1.3.2. Doğrusal Programlama ve Uygulama Alanları.....	25
1.3.3. Doğrusal Programlama Modellerinin Kurulum Aşamaları.....	29
1.3.4. Doğrusal Programlama Modellerinin Matematiksel Gösterimi.....	31
1.3.5. Duyarlılık Analizi.....	34
1.3.5.1. Duyarlılık Analizinin Ekonomik Etkisi.....	34
1.3.5.2. Duyarlılık Analizinde Gölge Fiyatlar.....	35
1.4. Orman Ürünleri Sanayi.....	35
1.5. Literatür Özeti.....	47
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	53

2.1.	Materyal	55
2.2.	Yöntem.....	56
2.2.1.	ABC (Pareto) Analizi	56
2.2.2.	Yapay Sinir Ağı (YSA) Yöntemi	57
2.2.3.	Doğrusal Programlama (DP) Modeli.....	62
3.	BULGULAR VE İRDELEME	65
3.1.	ABC Analizi ve Ürünlerin Sınıflandırılması	65
3.2.	Yapay Sinir Ağı Yöntemi ve Tahmin Sonuçları.....	68
3.3.	Doğrusal Programlama Modeli ve En Uygun Ürün Bileşiminin Tespiti.....	72
3.4.	Duyarlılık Analizi Sonuçları	89
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	97
5.	KAYNAKLAR.....	104
6.	EKLER	115
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

ORMAN ÜRÜNLERİ SANAYİ SEKTÖRÜNDE ÜRETİM PLANLAMA SİSTEMİNİN
DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI

İbrahim YILDIRIM

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ
2011, 114 Sayfa, 32 Sayfa Ek

Bu çalışmada, Orman Ürünleri Sanayi Sektörü içerisinde faaliyet gösteren ve Lif Levha üretiminde bulunan bir fabrikada Bütünleşik Üretim Planlama faaliyetinin uygulanması amaçlanmıştır. Dinamik haldeki doğrusal programlama (DP) modeli kullanılarak, hangi ürünlerin hangi dönemde ve ne kadar üretilip satılması veya depolanması kararları belirli kısıtlar çerçevesinde analiz edilmiştir. DP modelinin kurulmasından önce, planlama dönemlerinde üretilmesi gereken ürünler Pareto analizi ile belirlenmiştir. Ürünlerin belirlenmesinin ardından gelecek dönemlere ilişkin satış tahminleri, yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile hesaplanmıştır. 15 ürüne ait 180 karar değişkeni ve 207 sınırlayıcı koşuldan oluşan DP modelinin oluşturulmasıyla, 65 ardışık çözüm sonucu en fazla kazanç sağlayacak en uygun ürün bileşimi modeli elde edilmiştir. Elde edilen en uygun DP modelinin çözümüne ilişkin duyarlılık analizleri yapılarak üretim yönetimi kararlarının daha iyi yorumlanması sağlanmıştır. Duyarlılık analizi sonucunda, planlanan model uygulandığı takdirde her bir döneme ilişkin kullanılamayan pres hattı kapasitesinin mevcut olduğu ve toplamda %15,5'lik bir üretim kaybının olduğu tespit edilmiştir. İşletmenin bu zaman zarfında ortalama 9.453 m³ daha fazla ürün üretebileceği, yani 4 dönemlik süreçte 51.518 m³ yerine 60.971 m³ üretim yapabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı durum zaman yönünden değerlendirildiğinde, günde ortalama 22,22 saat yerine 18,77 saatlik bir çalışmayla da aynı üretimin gerçekleştirilebileceği görülmüştür. DP gibi karar verme tekniklerinin, Orman Ürünleri Sanayinde başarılı bir şekilde kullanılarak üretim kayıplarının azaltılacağı ve sektörün verimlilik ve kârlılığına büyük katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üretim planlama, Doğrusal programlama, Yapay sinir ağları, Orman ürünleri sanayi

PhD. Thesis

SUMMARY

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF PRODUCTION PLANNING SYSTEM WITH THE LINEAR PROGRAMMING METHOD ON THE FOREST PRODUCTS INDUSTRY

Ibrahim YILDIRIM

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Kadri Cemil AKYUZ
2011, 114 Pages, 32 Pages Appendix

The aim of this study was to apply aggregate production planning in a fiber board manufacturing factory as an example of the forest products industry. Sales and storing decisions of types, periods and amount of products within the constraints were analyzed by using the linear programming (LP) model of the dynamic state. Before setting the LP model, in planned periods, decisions on the products produced were made by Pareto analysis. The artificial neural network (ANN) method was used to forecast of sales for future periods after reaching decisions on the products. The objective function of linear programming consisting of 15 product types and 180 decision values was obtained for optimum product composition with maximum income by using 207 constraints and 65 iterations. In order for production management to make better decisions, sensitivity analysis was applied to obtain the best LP model. When the obtained model was used, the unused capacity of the press line was found to be 15.5% regarding all production periods according to sensitivity analysis. The results showed that the factory could produce an average of 9,453 m³ more products i.e. 60,971 m³ productions instead of 51,518 m³ for four terms if the proposed model was used. When production time was considered, it was observed that 18.77 hours of working time would be sufficient for the same production amount, instead of 22.22 hours. It was concluded that successfully using the decision making techniques such as LP reduce the production losses and provide a huge contribution on productivity and profitability on Forest Products Industry.

Key Words: Production planning, Linear programming, Artificial neural network, Forest products industry

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Üretim planlama ve kontrol sürecine etki eden faktörler.....	6
Şekil 2.	Orta dönemli üretim planlama hiyerarşisi	7
Şekil 3.	Üretim planlama işlem şeması.....	8
Şekil 4.	Uzun, orta ve kısa dönemli üretim planlarının birbiriyle ilişkisi	9
Şekil 5.	Tipik bir matematiksel modelin kuruluşu.....	11
Şekil 6.	Talep tahmin yöntemleri	14
Şekil 7.	Nicel tahmin yöntemleri.....	16
Şekil 8.	Üretim modeli için akış diyagramı	29
Şekil 9.	Türkiye'nin orman serveti.....	38
Şekil 10.	Türkiye'nin odun arz talep durumu	38
Şekil 11.	Odun esaslı levhalar, lif levha ve MDF'nin tüketim miktarları (m^3)	45
Şekil 12.	Çalışmanın genel kavramsal çerçevesi	54
Şekil 13.	Yapay sinir hücresi (yapay nöron).....	57
Şekil 14.	Çok katmanlı bir yapay sinir ağı örneği	59
Şekil 15.	İşletme verilerine göre ABC analizi eğrisi	66
Şekil 16.	Lif levha satış tahmin modeli olarak seçilen YSA mimarisi.....	69
Şekil 17.	Seçilen YSA'nın ardışık çözüme bağlı hata değişim grafiği	70
Şekil 18.	Gerçek değerler ile YSA değerleri arasındaki ilişki	71
Şekil 19.	Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması	71
Şekil 20.	4 dönem boyunca üretilmesi ve satılması planlanan miktarlar (m^3)	86
Şekil 21.	Ürünlerin kalınlıklarına göre 4 dönem için satış ve üretim miktarları (m^3)	88
Şekil 22.	Ürünlerin kalınlıklarına göre dört dönemlik toplam gerçekleşen satış ve üretim miktarları (m^3).....	88

TABLÖLAR (ÇİZELGELER) DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Türkiye'nin ekonomik faaliyet kollarına göre işyeri sayısı, çalışanların sayısı ve katma değeri	37
Tablo 2.	Ahşap sanayi ürün kapasite durumu	39
Tablo 3.	Türkiye'nin 1996-2010 yılları arasında gerçekleştirdiği dış ticaret (Milyon\$)	40
Tablo 4.	Orman ürünleri (OÜ) ve kâğıt sanayi sektörünün üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri.....	42
Tablo 5.	Türkiye'nin mobilya bazında dış ticareti.....	43
Tablo 6.	Odun esaslı levhaların üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri.....	44
Tablo 7.	Lif levha üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri	44
Tablo 8.	MDF üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri	45
Tablo 9.	Lif levha fabrikalarının illere göre dağılımı ve ortalama kapasiteleri.....	55
Tablo 10.	Modelde kullanılan bazı değişkenler ve açıklamaları.....	64
Tablo 11.	Lif levhaların kalınlıklarına göre toplam satış tutarları üzerinden yapılan ABC analizi	67
Tablo 12.	Gerçek satış değerleri ile hesaplanan satış değerlerinin karşılaştırılması.....	68
Tablo 13.	YSA modeli sonucu elde edilen satış miktarı tahminleri.....	72
Tablo 14.	Lif levhaların kalınlıklarına göre satış miktar sınırları (m^3)	73
Tablo 15.	Lif levhaların satış fiyatları, üretim ve stok maliyetleri (TL/m^3).....	74
Tablo 16.	2100 mm enindeki lif levhalara kalınlıklarına göre uygulanan makine hızları ve birim işlem süreleri.....	75
Tablo 17.	16 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	82
Tablo 18.	10 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	82
Tablo 19.	18 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	82
Tablo 20.	9 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	82
Tablo 21.	12 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	83
Tablo 22.	22 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	83
Tablo 23.	8 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m^3)	83

Tablo 24.	30 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	83
Tablo 25.	6 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	84
Tablo 26.	5 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	84
Tablo 27.	25 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	84
Tablo 28.	2.8 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	84
Tablo 29.	14 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	85
Tablo 30.	7.8 mm kalınlığındaki HDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	85
Tablo 31.	18 mm kalınlığındaki LDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m ³)	85
Tablo 32.	Lif levhanın dört dönem için en uygun toplam satış, üretim ve stok miktarları (m ³).....	86
Tablo 33.	Tüm lif levha ürünlerinin dört dönem için satış miktarları (m ³)	87
Tablo 34.	Tüm lif levha ürünlerinin dört dönem için üretim miktarları (m ³).....	87
Tablo 35.	Karar değişkenleri katsayılarının ilk dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL)	89
Tablo 36.	Karar değişkenleri katsayılarının ikinci dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL).....	91
Tablo 37.	Karar değişkenleri katsayılarının üçüncü dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL).....	92
Tablo 38.	Karar değişkenleri katsayılarının dördüncü dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL)	93
Tablo 39.	Pres sürelerinin tüm dönemlerde alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (dk).....	95
Ek Tablo 1.	YSA mimarisinin bağlantı ağırlıkları	146

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AÜP	: Ana Üretim Planı (Master Production Schedule)
CPM	: Kritik Yol Yöntemi (Critical Path Method)
DK	: Dakika
DP	: Doğrusal Programlama (Linear Programming)
EFI	: Avrupa Ormancılık Enstitüsü (European Forest Institute)
GINO	: General Integer and Non-Linear Optimizer
HDF	: Sert Lif Levha (High Density Fiberboard)
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
LINDO	: Linear Interactive and Discrete Optimizer
LDF	: Düşük Yoğunluklu Lif Levha (Light Density Fiberboard)
MDF	: Orta Yoğunluklu Lif Levha (Medium Density Fiberboard)
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OSL	: Optimization Software Library
OÜS	: Orman Ürünleri Sanayi
PERT	: Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi (Program Evaluation and Review Technique)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ÜPK	: Üretim Planlama ve Kontrol
YA	: Yöneylem Araştırması (Operations Research)
YSA	: Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Son yıllarda artan rekabet koşulları işletmelerin varlıklarını uzun süreli olarak devam ettirebilmeleri için kaynaklarını en verimli şekilde kullanmalarını ve bu sayede maliyetlerini asgariye indirerek kârlarını en yüksek düzeye çıkarmalarını zorunlu kılmaktadır. Üretime yön verebilmek için alınacak kararların, işletmenin tüm birimlerini etkileyeceği açıktır. İşletmelerin birincil önceliği, müşterilerinin istediği ürünü ona tüm koşulları sağlayarak sunabilmelerine imkân verecek nitelikte kararlar alması, tüm birim ve faktörlerin birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda rekabetin getirdiği zorluklar ve teknolojinin getirdiği alternatif yaklaşımların, aynı sorun havuzunda birlikte değerlendirilerek çözüme ulaştırılabilecek bir karar alma mekanizması kurulmalıdır.

Karar verme bilimi olarak tanımlanan ve matematiksel işlemler dizini olarak kabul edilen yöneylem araştırması (YA), birçok alanda işletmelerin karar verirken kullanabilecekleri yöntemler bütünüdür. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı doğrusal programlamadır (DP). DP, değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı kalarak matematiksel hale dönüştürülen problemlere bilimsel yöntemlerle çözüm arayarak, sistemi bulunduğu durumdan daha iyi bir duruma getirebilmek için belirlenen amaç fonksiyonunu en uygun (optimum) kılmaya çalışır. Kârı artırarak, maliyetleri en düşük seviyeye indirmeyi hedef olarak seçen DP, kaynakların ve zamanın en uygun kullanımı ile müşteri isteklerini bir arada çözüme ulaştırma karmaşasına bilimsel çözüm üretme niteliğine sahip bir yöntemdir. Yani, DP değişkenlere ve kısıtlayıcı şartlara bağlı kalarak amaca en iyi ulaşma tekniğidir. Bu özelliklerinden dolayı, DP ve YA üretim sürecinin planlanmasında çok önemli bir yere sahiptir.

Günümüz üretim ortamlarında çok farklı sorunlara çözüm arayan ve üretimin planlanması ile ilgili problemlere yön veren DP'nin teoride gelişmiş olmasına rağmen aynı durumu uygulamasında görmek pek mümkün olamamaktadır. Mevcut talebi zamanında ve en düşük maliyetle karşılayabilme amacına sahip olan üretim planlamada, belirlenen amaçlara ulaşabilmek için birçok ölçütü en uygun şekilde planlayan ve en fazla faydayı sağlayabilen modellerden yararlanılmaktadır. Farklı dönemlerde birden

fazla ürün çeşidini bir arada üreten işletmeler üretimle ilgili bütünleşik planlama yapmak zorundadırlar.

Orman Ürünleri Sanayi Sektörü, imalat sanayi içerisinde sahip olduğu üretim gücünün ve kullanıyor olduğu kaynağın hassasiyetinden dolayı, üretim ortamında yaşamakta olduğu sorunların çözümüne ve alınacak kararların amaca en uygun niteliğe taşınabilmesi için Yöneylem Araştırması tekniklerine ihtiyaç duyan bir yapıdadır.

Bu çalışmada DP yöntemi ile orman ürünleri sanayi alanında faaliyet gösteren bir lif levha işletmesinin üretim planlama sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Planlamalar gelecek odaklı olduğu için, içerisinde her zaman belirsizlikler taşırlar ve öngörülerі oldukça zordur. Bu sebepten dolayı talep tahmininin gerçekleştirilmesinde, son yıllarda birçok alanda başarılı bir şekilde kullanılan yapay sinir ağları (YSA) yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada, bütünleşik üretim planlaması kapsamında en uygun ürün bileşimi modelinin oluşturulmasında, ilk olarak ünite kapasiteleri ve ürünlerin ünitelerdeki birim işlem süreleri belirlenmiş daha sonra ABC analizi kullanılarak hangi ürünlerin modelde kullanılacağı tespit edilmiştir. Yapay sinir ağı modelleri ile elde edilen tahminler doğrultusunda her bir ürüne ait aylık satış tahminleri belirlenmiş ve eğer varsa ürünlere ait dönem başı stoklar da dikkate alınarak ürünlerin dönemlere ait asgari üretim miktarı kısıtları oluşturulmuştur. Son olarak da her bir ürüne ait birim satış fiyatı, üretim maliyeti ve stoklama maliyeti belirlendikten sonra DP modeli oluşturularak, hangi dönemde her bir üründen ne miktarda üretilip satılacağına sınırlı kaynaklar da dikkate alınarak en uygun çözüm bulunmuştur. Bulunan en uygun DP modelinin duyarlılık analizlerine de çalışma kapsamında yer verilmiştir.

1.2. Üretim Planlama

Üretim, eldeki kaynakları kullanarak bir dizi girdi elemanın bir değer üretmek için önceden belirlenmiş çıktı elemanlarına dönüşebilmesi amacıyla oluşturulan işlemler bütünü şeklinde tanımlanmaktadır (Chase vd., 2001). Kapsam bakımından geniş, faaliyet hacmi bakımından ise çok yüklü bir işletmecilik fonksiyonu olan üretim yönetimi ise; amaca yönelik olarak planlama, yürütme ve kontrol gibi genel yönetimle ilgili sorumlulukları yerine getirmekle yükümlü bir yapıya sahiptir. Daha geniş bir anlatımla üretim yönetimi, belirli miktardaki ürünün istenilen niteliklerde, istenilen zamanda ve en

düşük maliyetle üretimini sağlayacak şekilde işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve insan gücü kaynaklarının bir araya getirilmesi için planlama, yürütme ve kontrol gibi sorumlulukların gerçekleştirilmesi olarak ifade edilebilir (Monks, 1996; Kobu, 2006).

Üretim yönetimi bu sorumlulukları yerine getirebilmek için üretimin planlamasını çok iyi organize etmek zorundadır. Planlama faaliyeti gelecekte neler yapılabileceğinin belirlenmesi değil, belirsiz bir geleceğe hazır olmak için bugünden neler yapılması gerektiği sorusuna cevap arayan, kısa veya uzun dönemde gelecekteki olaylara işletmenin en iyi biçimde uyum sağlayabilmesinin uğraşı içinde olan yapılardır (Drucker, 1969). Üretim planlaması, işletmelerin altyapısını güçlendirerek, müşterilere ürünlerin rekabetçi bir şekilde sunulmasının imkânını sağlamaktadır. Bunlardan dolayı üretim planlaması, işletmelerin dinamik ve rekabetçi iş ortamında ayakta kalabilmeleri için son derece önemli olmaktadır (Uluçam, 2008).

İşletmelerin üretim planlamasındaki hedefleri, üretim imkânları ile mevcut kaynakların birbirleriyle etkin bir şekilde karşılaştırılıp belirli dönemlere göre kaynakların ilgili üretimler için tahsis edilmesini sağlamak olmalıdır (Wu ve Ierapetritou, 2007). İşletmelerin sahip olduğu amaç yapılanmasına göre şekillenebilen üretim planlaması esas olarak, mevcut talebi zamanında ve en düşük maliyetle karşılayabilmek anlamına gelmektedir (Schmenner, 1993; Nerio ve Pinto, 2005). Üretime yönelik araştırma, üretimin geliştirilmesi ve tasarım faaliyetleri şeklinde üç önemli fonksiyonu bulunmakta olan üretim planlaması, (Mitchell, 1990) işletmenin mevcut kaynaklarını rasyonel olarak kullanarak üretim faaliyetlerinin istenilen miktar, kalite, yer ve zamanda; kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağına ilişkin faaliyetlerden meydana gelmektedir. Üretim planlamasının temel amacı olan belirli bir ürünün üretimini istenilen miktarda ve nitelikte gerçekleştirebilmesi, gerekli üretim faaliyetlerinin yeterli miktarda ve uygun zamanda sağlanabilmesi ile mümkün olur. Bu nedenle üretim planlarından yola çıkılarak ayrıntılı üretim programlarının hazırlanması gereklidir (Barutçugil, 1988; Tekin ve Maraşlı, 1988; Tanyaş ve Baksak, 2003).

Üretimin istenildiği biçimde planlanabilmesi, işletme yöneticilerinin piyasa hakkında tahminlerde bulunması önceliğinin yerine getirilmesine bağlıdır. Yapılacak üretim faaliyetleri sonucu elde edilecek ürünlerin, piyasada olabilecek durumu ve gelecekte teknolojiye etkilenebilme gibi hususları, birtakım tahmin metotlarına göre önceden tespit edilmelidir. Bu tahminlerden sonra planlama faaliyetleri başlar. Bu aşamada üretilen ürünlerin özellikleri ve var olan olanaklar değerlendirilmelidir.

Sonraki aşamalarda ise ürünlerin imalat ve montaj süreçleri, alternatif süreçler, süreçteki işlemlere ilişkin standart süreler, üründen üretilecek miktar vb. bilgiler elde edilir. Daha sonra satış planını gerçekleştirecek üretim planını desteklemek amacıyla, işgücü, makine, malzeme ve finansman planları yapılması veya bu planları yapacak kısımlara gerekli bilgilerin iletilmesi gerekmektedir. Üretim planlamada ayrıntı ve kesinlik yoktur, gerekli görüldüğünde değişiklik yapılabilir. Üretim planları yardımıyla oluşan üretim programları üretimin tüm boyutlarının belirlendiği ayrıntılı işlem çizelgeleridir. Bu nedenle programlarda değişiklik yapılamaz. Hangi ürünün hangi tezgâhta ve hangi süre içerisinde üretileceği üretim programlarında belirlenir. Üretim planları bağlayıcı değildir, ancak üretim programları bağlayıcıdır (Barutçugil, 1988; Tanyaş ve Baksak, 2003). Üretim planlaması ve programlamasının etkin bir şekilde yönetilmesi ile üretimin ilgili dönem içerisinde mevcut kapasitesini ve buna bağlı olarak da sağlayabileceklerini bilmeyi, müşterilere yerine getirilemeyecek veya kapasitenin yetersiz kalacağı bir üretim hakkında söz verilmemesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Birden fazla çeşitte ürünün bir arada üretildiği ve talebin dönemlere göre değişiklik arz ettiği durumlarda üretim planlama faaliyetleri bütünsel üretim planlama olarak tanımlanmaktadır (Uluçam, 2008).

1.2.1. Üretim Planlama ve Kontrol Süreci

Üretimin istenildiği gibi yapılması ve belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için planlama ve kontrol sürecinde üzerinde hassas bir biçimde durulması gereken 3 ana unsur bulunmaktadır (Kobu, 2006).

1. Uygun planlama döneminin seçilmesi,
2. Uygun ürün gruplarının oluşturulması,
3. Kısıtlayıcı faktörlerin hesaba katılması şeklinde tanımlanan bu unsurlar tüm işletmelerin kendi üretim şartları ve ürün gruplarına göre şekillendirebileceği özel bir yapılanmaya sahiptir.

Üretimin planlanması, tek tek ürünlerin her birini değil üretim hatlarında üretilen veya üretim kapasitesi bulunan her ürünü içermek durumundadır. Bunun yanında hedeflenen satış düzeylerini karşılamak için yapılması gereken üretim hacmini ve planlanan stok düzeylerini de tanımlamak gerekmektedir (Tanyaş ve Baksak, 2003). Sürekli üretim yapan, ürün çeşitliliği fazla olan ve talep dalgalanmaları nedeni ile stok

bulundurma zorunda kalabilen bir işletme için üretim planlama ve kontrol çalışmalarının hazırlanmasında dikkat edilecek diğer önemli hususları ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Kobu, 2006).

a. Üretim planının kapsayacağı zaman aralığının tespiti: Üretim sürecinde birer aylık dönemler halinde bir yıllık süreç dikkate alınmakta ve genellikle stok düzeyleri, üretim hızı ve kapasiteye ilişkin planlar ve kontroller 3'er aylık dönemleri kapsayan bir niteliğe büründürülmektedir. İşletmenin ihtiyaçlarına göre planlama dönemi için daha kısa ya da daha uzun zaman aralıkları seçilebilir.

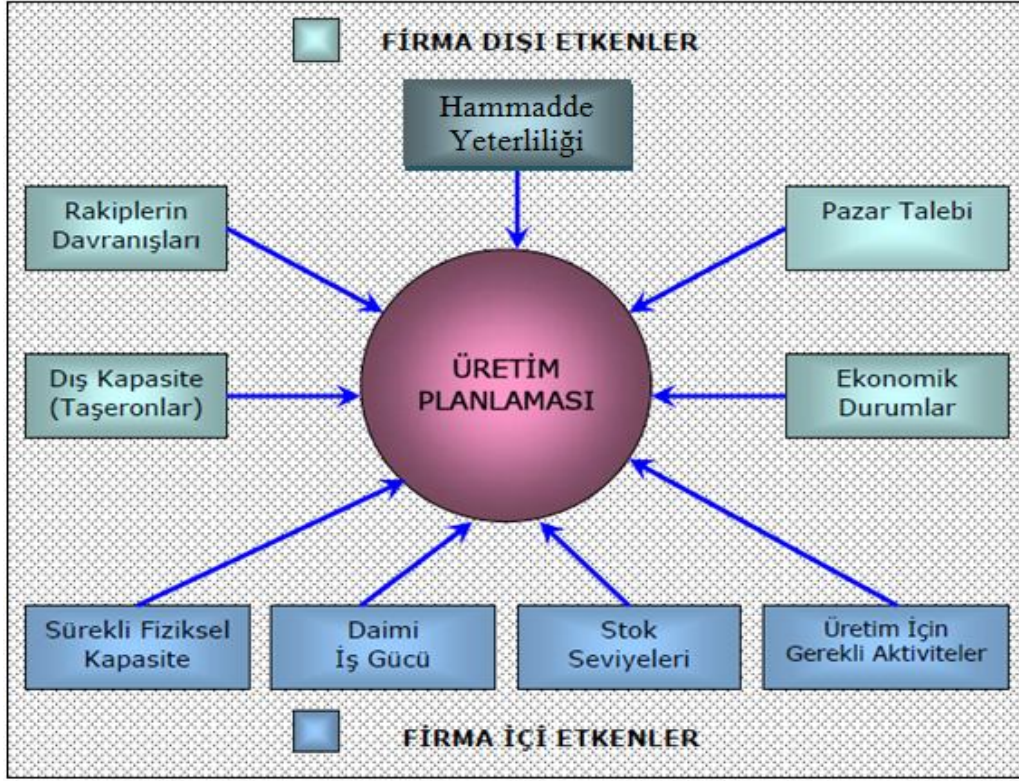
b. Talep tahminleri: Planlama, hizmet veya ürün üretimi gerçekleştiren bir işletmede talep tahminleri ile başlamaktadır. Talep tahminleri ile müşterilerin her üründen ne miktar talep edecekleri ve bu taleplerin planlama dönemlerinin hangi aşamasında gerçekleşeceği konusunda bilgiler sağlanmaktadır (Nahmias, 2005). Talebin kontrol edilemeyen bir faktör olması ve tüketici isteklerinin karşılanmasında doğrudan etkili olması, önemini daha da artırmaktadır. Planlama dönemi içinde talebin aylara veya uygun bir zaman aralığına göre değişimi ve en küçük-en büyük düzeylerinin belirlenmesi gereklidir.

c. Ekonomik stok düzeylerinin hesaplanması: Stok politikalarına ve talep değişim özelliklerine göre maliyetleri en küçük yapan güvenlik stoklarının normal stoklara eklenmesi ile belirlenmektedir.

d. Plan dönemi başındaki ve sonundaki stok düzeylerinin belirlenmesi: Dönem başında elde bulunan stoklarla, dönem sonunda güvenlik stoğuna ek olarak bulundurulması istenen stok miktarlarıdır.

e. Üretim miktarının belirlenmesi: Dağıtım, stok düzeyleri, üretim hızının değişkenliği, tatil kayıpları, tamir bakım süreleri ve kapasite olanakları göz önüne alınarak, üretim miktarları belirlenmelidir.

Üretim planlama ve kontrol sürecine etki eden faktörler Şekil 1'de gösterilmiştir (Chase vd., 1998).



Şekil 1. Üretim planlama ve kontrol sürecine etki eden faktörler

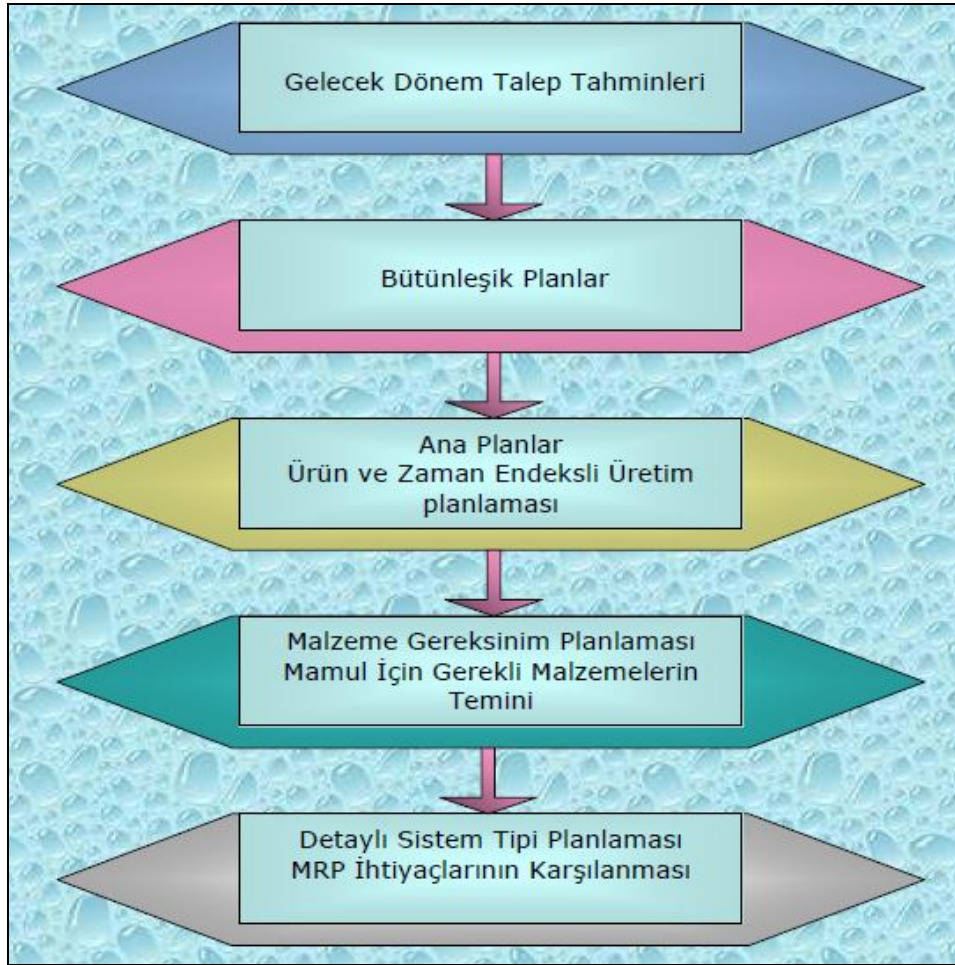
1.2.2. Orta Vadeli Üretim Planlama Faaliyetleri

Orta vadeli bir üretim planlama, üç aydan bir yıla kadarki dönemler için hazırlanmaktadır. Bu tip planlar genel olarak, aylık olarak güncelleştirilmektedir ve bir yıllık bir dilimi kapsamaktadır. Orta vadeli bir planı oluşturan girdiler, uzun vadeli plandan elde edilen kapasite ve ürün kararlarıdır. Bu planlarda, işçilik, orta vadeli stok seviyeleri, kullanılacak araç-gereç ve fabrikadaki değişiklikler planlanmaktadır (Sipper ve Bulfin, 1998).

Orta dönemli üretim planlamadaki temel amaç, hangi üründen ne kadar üretilmesi gerektiği sorusuna yanıt bulmaktır. Bu planlama fonksiyonları hiyerarşik bir düzende incelenirse, ilk olarak işletmenin bütünleşik planlar için önceden belirlenmiş planlama ufku içerisinde talebi tahmin etmesi gelmektedir. Bütünleşik üretim planları, ileri dönemler için belirlenen üretim seviyeleri ve talep tahminlerinin ayrıntılı bir planının hazırlanmasını da sağlamaktadır. Yapılan tahminler planlama ufku için iş gücü seviyesi ve bütünleşik üretim planları için girdilerin belirlenmesine öncelik etmektedir. Daha

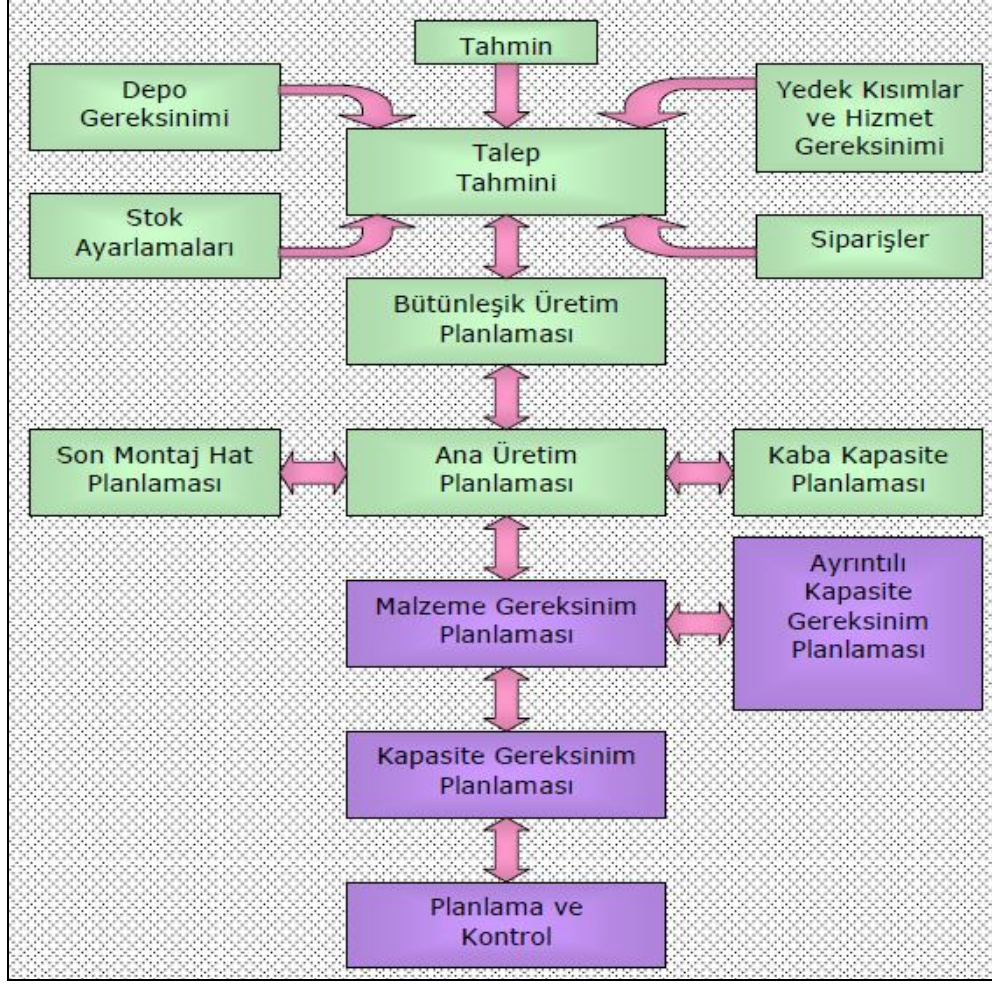
sonra bütünleşik üretim planlarının, ana üretim planına (AÜP) (master production schedule: MPS) dönüştürülmesi gelmektedir. Orta dönemli üretim planlamanın hiyerarşisi Şekil 2’de görülmektedir (Nahmias, 2005).

Ürün bileşiminin saptanmasında doğrusal programlama yöntemi, AÜP’nin belirlenmesinde ise DP’nin yanı sıra ulaştırma modeli ve dinamik programlama yöntemleri ile bütünleşik üretim planlama yaklaşımları kullanılabilmektedir. Orta dönemli planlamaların kalbi, bütünleşik üretim planlamasıdır (Heizer ve Render, 2004).



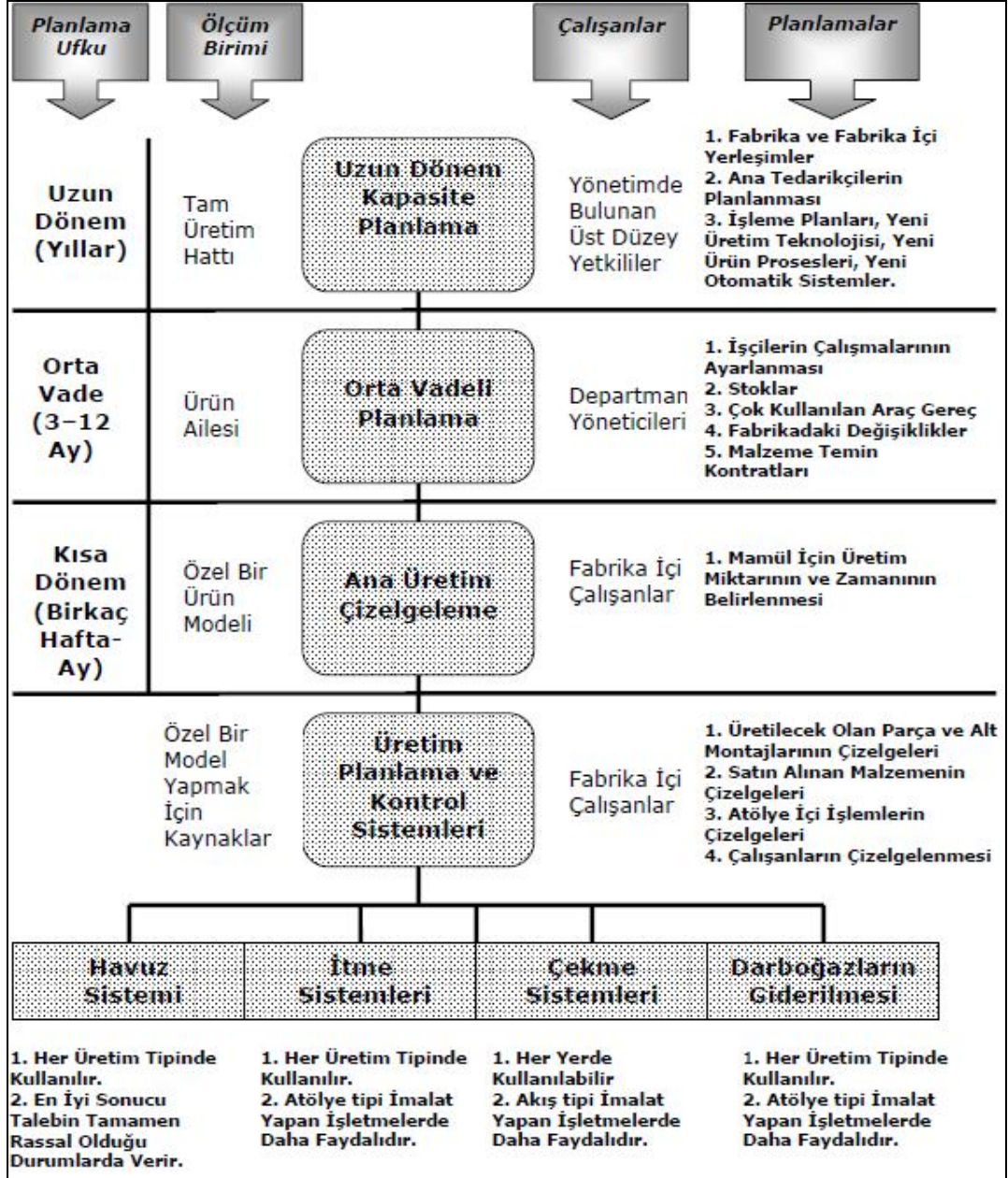
Şekil 2. Orta dönemli üretim planlama hiyerarşisi

Orta dönemli bir üretim planlamanın işlem basamakları ise Şekil 3’de gösterilmektedir (Evans, 1998).



Şekil 3. Üretim planlama işlem şeması

Uzun, orta ve kısa dönemli üretim planlarının birbiriyle olan ilişkisi Şekil 4’de ayrıntılı olarak görülmektedir (Gaither, 1996).



Şekil 4. Uzun, orta ve kısa dönemli üretim planlarının birbiriyle ilişkisi

Makro üretim planlama olarak da tanımlanan bütünleşik üretim planlama, üretim yapan bir işletmede çalışacak kişi sayısı ve üretilecek ürün karmasının miktarına karar verme problemlerine ışık tutmaktadır (Nahmias, 2005). 1950’li yıllardan bu yana üzerinde çalışılan ve birçok modelin geliştirildiği, ağırlıklı olarak üretim ve stok maliyetlerinin dikkate alındığı bir üretim planlama yaklaşımıdır. Bütünleşik üretim planlaması, 3 ile 12 ay arasındaki sürekli olarak artıp azalan müşteri taleplerini tahmin

ederek kapasite ile dengeleyebilecek orta dönemli bir üretim planlamasıdır (Jain ve Udatta, 2005).

1.2.3. Bütünleşik Üretim Planlamada Kullanılan Yaklaşımlar

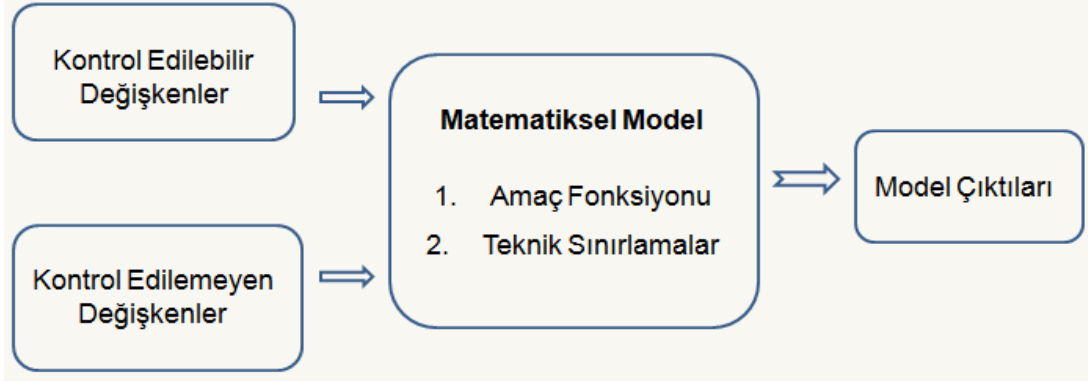
Son kırk yılda gelişen teknolojiler ve ihtiyaçlar doğrultusunda birçok bütünleşik üretim planlama modelleri geliştirilmiştir (Gomes da Silva vd., 2006). Geliştirilen bu üretim planlama modellerinin üç grup altında toplanması mümkündür.

a. Grafiksel yaklaşım: Grafiksel yaklaşımlar, anlaşılması ve uygulanması kolay olduğundan en çok kullanılan tekniklerdir. Temelde bu planlar belirli bir zamanda az değişkenle çalıştığından planlayıcılar mevcut kapasite ile iz düşümlerini karşılaştırabilme olanağı elde ederler. Bunlar, bir anlamda sına ve yanılma yaklaşımlarıdır. Grafiksel yaklaşımlar en iyi üretim planını güvence altına almazlar (Render ve Heizer, 2006).

b. Deneme yanılma yaklaşımı: Mümkün olan bütün alternatifler değerlendirilmedikçe en düşük maliyet kesin olarak bulunmuş olmaz. Değişik örnekler bütünleşik planlar kullanılarak çözümlenir ve en düşük maliyetin bulunmasına çalışılır (Stevenson, 1996).

c. Matematiksel yaklaşım: Matematiksel programlama doğrusal, doğrusal olmayan ve tamsayı değişkenler içeren problemlerin ilgili değişkenlerini en küçük ya da en büyük yapacak çözümlerin elde edilmesi için matematiksel tekniklerin kullanıldığı yöntemlerdir (Dantzig ve Thapa, 1997). Bütünleşik planlarda kullanılan matematiksel programlama yöntemlerinde karşılaşılan en büyük güçlüklerden birisi bütünleşik planların çok karmaşık ve büyük ölçekli problemler olmalarıdır (Singhvi vd., 2004).

Matematik modeller, bir veya daha çok olayın geçmişte ve şu anda elde edilmiş sonuçlarını dikkate alarak bu olayın gelecekte ne gibi sonuçlar doğuracağını veya birden çok olay varsa, onların geçmişteki sonuçlarını analiz edip, aralarında ilişki kurarak karşılıklı etkileşmelerinin ilerideki oluşumlarına ne şekilde etkiler yapacağını araştırılmasına yardımcı olan nicel bir yöntemdir (URL- 1, 2010). Tipik bir matematiksel modelin kuruluşu Şekil 5’de görülmektedir (Top, 2001).



Şekil 5. Tipik bir matematiksel modelin kuruluşu

Tipik bir matematiksel model amaç fonksiyonu ve teknik sınırlamalardan oluşmakta olup, kontrol edilebilen ve edilemeyen değişkenlere maruz kalabilmektedir. Matematiksel model yaklaşımları beş başlık altında toplanmaktadır.

1. Doğrusal programlama: Matematiksel programlama yöntemleri arasında yer alan doğrusal programlama, belli bir amacı gerçekleştirmek için sınırlı kaynakların etkin kullanımını ve çeşitli seçenekler arasında en uygun dağılımı sağlayan matematiksel bir tekniktir (Sarıaslan, 1986). Doğrusal programlamanın işletmelerde kullanıldığı birçok alan mevcuttur. Örneğin, en uygun üretim miktarının saptanması, malların dağıtım yerine üretim yerinden en küçük masrafla ulaştırılmasının belirlenmesi, kuruluş yeri seçimi ve üretim programının belirlenmesi gibi (URL- 1, 2010).

2. Doğrusal karar verme kuralı: Talep tahminlerini temel alarak en iyi üretim hızı ve iş gücü seviyesinin belirlenmesi ile gelecek planlama dönemleri için, aylık olarak yol gösterici bir yöntemdir. Planlama ufkunu oluşturan toplam maliyetler, üretim hızı ve iş gücü seviyesinden kaynaklanan maliyetlerin bir toplamıdır (Dilworth, 1993).

3. Ulaştırma metodu: Ulaştırma metodu, tahmin edilen talebin karşılanabilmesi için kapasitenin planlanması ve bütünleşik planların oluşturulması için kullanılabilir (Heizer ve Render, 2004). Ulaştırma metodunun kullanılabilmesi için talebin her dönem için tahmin edilebilmesi, iş gücünün her dönem için belirlenebilmesi, kapasite ile taşeron kullanılabilme ihtimali ve maliyetlerinin her dönem için biliniyor olması gerekmektedir (Krajewski vd., 2007).

4. Benzetim (simülasyon) yöntemi: Benzetim, çok sayıda farklı karar değişkenlerinin ya da üretim seçeneklerinin hızlıca değerlendirilmesinde kullanılabilen bir yöntemdir (Gaither, 1996). Benzetim basit olarak sistem modelini kurarak, bu model

üzerinde denemeler yapmak şeklinde tanımlanabilir. Deneysel problem çözme tekniği olarak ta adlandırılan benzetim tekniği, sistem içerisindeki ilişkilerin anlaşılabilmesi için benzetimin çok sayıda tekrarlanmasını öngörmektedir (Top, 2001).

Gerçek hayatta çözülmesi zor problemler, bir laboratuvar ortamında incelenerek çözümlenmeye çalışılır. Bu açıdan benzetim bir deneme yanılma yöntemidir. Bir model kurma ve problem çözme yöntemi olarak kullanılan bu yöntemde model geçmişteki verilerden yararlanılarak kurulur ve gelecekte de aynen işleyeceği bir varsayım olarak kabul edilir. Benzetim yöntemi, dikkate alınması gerekli faktör sayısı çok olduğundan yararlı bir yöntemdir, ancak model kurmanın maliyeti yüksektir ve zaman alır (URL- 1, 2010).

5. Amaç programlama: Amaç programlamanın amacı, problemdeki her hedef için en uygun çözümün bulunmasıdır. Bu modellerde bazı amaçların sağlanabilmesi için başka hedeflerden kısıtlama ya da fedakârlık gerekebilmektedir. Bu yüzden problemdeki hedefler belirlendikten sonra bunların hiyerarşik sıralamasına göre sıralanması da bir koşul olmaktadır (Render ve Stair, 1997; Uluçam, 2008).

İşletmelerde alınan kararlar genelde dönemlik verilerin analizi ile incelenmektedir. Dönemlik verilerin analizinde geçmiş verilere bakılarak yapılan çıkarımlarla elde edilen tahmini sonuçlar dinamik doğrusal programlama modellerinin girdilerini oluşturur. Üretim planlaması yapmak isteyen bir firmanın, geleceğe ilişkin tahmini satış oranları ve önceden kararı verilmiş en küçük stok miktarları üzerinden her ürünün ne kadar üretilmesi gerektiği hesaplanmalıdır. Bu tür modellerde dikkat çekici iki özellik, öncesinde bir tahmin modelinin çalışması ve sonrasında yapılan tahminlere ilişkin üretim miktarlarının çözülebilmesidir (Ulucan, 2007).

1.2.4. Tahmin Yöntemleri

Yönetimin çeşitli kademeleri, işletmenin gelecekteki faaliyetleri hakkında değişik tahminlere gereksinim duyarlar. Örneğin, genel müdür bir kaç yılın toplam parasal gelirlerinin tahmini ile ilgilenirken, üretim yönetimi belli bir dönemde her bir üründen ne miktar talep edileceği ile ilgilenir. Tahmin çeşitleri dört başlık altında toplanabilmektedir.

a. Pazar tahmini: Bu tahmin bir yıldan yirmi yıla kadar, uzun dönemin genişleme planları ile araştırma ve geliştirme faaliyetlerine rehberlik eder. Şirketin izleyeceği yolu belirleyen bu tahmin oldukça önemlidir. Bu nedenle büyük bir titizlikle hazırlanmalıdır.

b. Finansal tahmin: Gelecekteki kârları tahminde kullanılacağından, finansal tahminde nakit akışı ve sermaye ihtiyaçları saptanır. Finansal tahmin ile bir aydan iki yıla kadar bütçenin tahmini yapılır.

c. Satış tahmini: Kısa dönem satışları için yapılan bu tahmin satış kampanyalarının ve diğer pazar stratejilerinin planlanmasında kullanılır. Genellikle bir aydan bir yıla kadar olabilir. Ancak çoğunlukla üçer aylık tahminler daha faydalıdır.

d. Üretim tahmini: Bu tahmin her üründen kaç birim talep edileceğinin belirlenmesi için yapılır. Tahmin, genel bir plan süresinde (genellikle üç aylık veya bir yıl) her bir dönem (genellikle bir hafta veya ay) için yapılır. Teker teker dönemlere göre yapılan tahminler daha sonra toplam talebi elde etmek üzere birleştirilir. Bu toplam tahminden yararlanarak, uzun dönem üretim planları yapılır. Bu planlarda vardiya sayıları, işgücü miktarları, ilâve araç gereç miktarı, fason üretim ile ilgili kararlar bulunur. Dönemlerle ilgili tahminler üretim emirlerinin, malzeme ihtiyaçlarının saptanmasında kullanılır. Bunlar detaylı programların yapılmasında, işçi ve makinenin görevlendirilmesinde ve diğer kısa dönem kararların alınmasında yardımcı olacaktır (URL-7, 2010).

Üretim planlama sürecinde, üretim planının kapsayacağı zaman aralığı belirlendikten sonra en önemli sorun talep tahmini konusudur. Talep tahmini, üretim planlama çalışmasının temelini oluşturur. Üretilmesi düşünülen ürüne ne kadar talep olacağını bilmeden yapılan bir planlama gerçek bir planlama sayılamaz. Planlama dönemi içinde talebin, aylara veya uygun bir zaman aralığına göre değişimi ve alt-üst seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

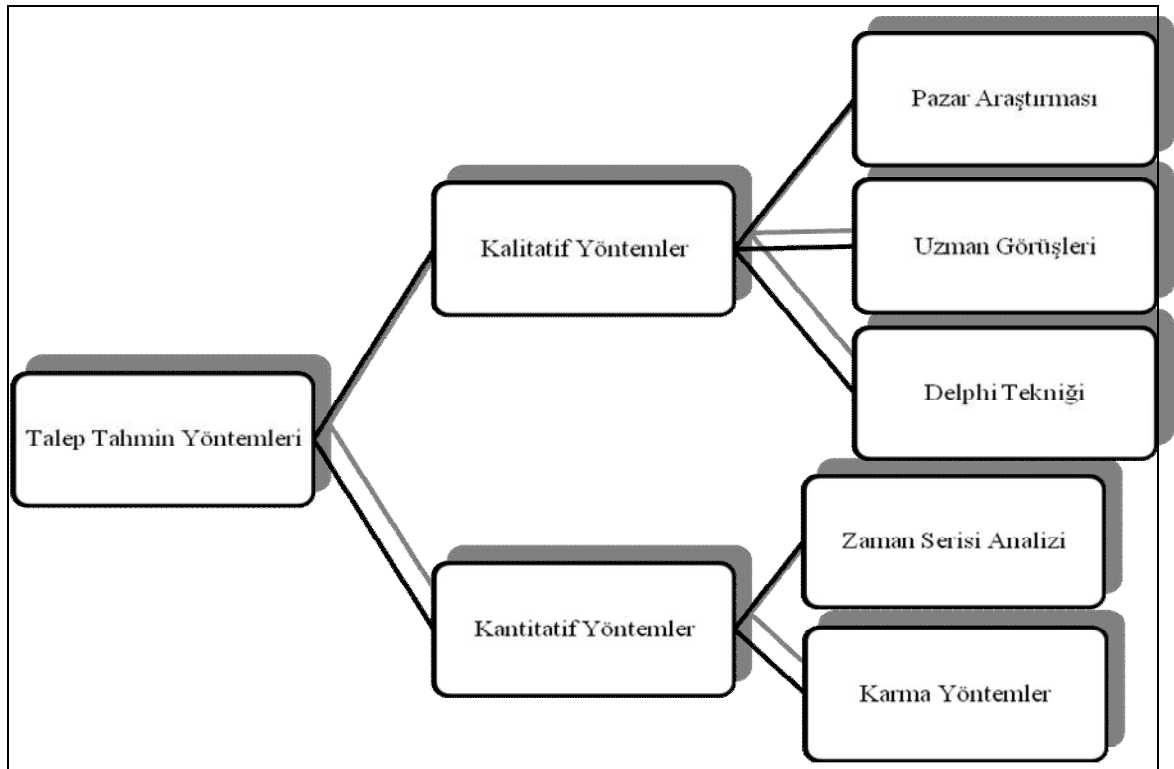
Talep tahmini, tüketicilerin gelecekte ne miktarda mal ve hizmet talep edeceklerinin kestirilmesi işlevidir. Bu tahmin işletmenin üretim seviyesinin saptanmasında temel oluşturur. Hangi ürünün üretileceği, tüketicilerin bu üründen ne miktar talep edecekleri ve bu talebin çoğunlukla hangi tarihlerde gerçekleşme olasılığının bulunduğu talep tahminleri ile yorumlanır (URL-7, 2010).

Talep tahmini için tek bir yöntem yoktur. Tek bir yöntem olmaması da doğaldır. Bir ekonomide üretilen mal ve hizmetlerin çok çeşitli oluşu, tüketim malları, ara malları, sermaye malları taleplerinin birbirinden farklı şekilde meydana gelişi, elde edilebilen

istatistiklerin çoğu zaman sınırlı ve güvenilirlik derecelerinin çok farklı oluşu, tek bir talep tahmin yönteminin olmasını imkânsız kılmaktadır.

Sayısal yöntemlerin gelişmesi ve ekonomi teorisinin tamamlanması ile tahmin yöntemlerine verilen önem artmaya başlamıştır. Yıldızların hareketini tahmin etmekle başlayan, ardından insan davranışlarını, ekonomik sistemdeki olayları tahmin etmeye çalışan öngörüleme çabası 20. yüzyılda sosyal ve ekonomik hayattaki tüm parametreleri tahmin edebilme arayışına ve son olarak da yapay zekâ ile insan davranışlarını taklit edebilme hedefine ilerlemiştir.

Çalışma kapsamında uygulamada en çok kullanılan ve Şekil 6’da ayrıntılı olarak görülmekte olan talep tahmin yöntemlerine değinilmiştir (Floudas ve Pardalos, 2009; URL-2, 2010).



Şekil 6. Talep tahmin yöntemleri

1.2.4.1. Nitel (Kalitatif) Yöntemler

Talep tahminlerinde, matematik ve istatistiğe dayanan teknikler dışında öznel, bilimsellik derecesi tartışmalı bazı metotlar da kullanılmakta olup, bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

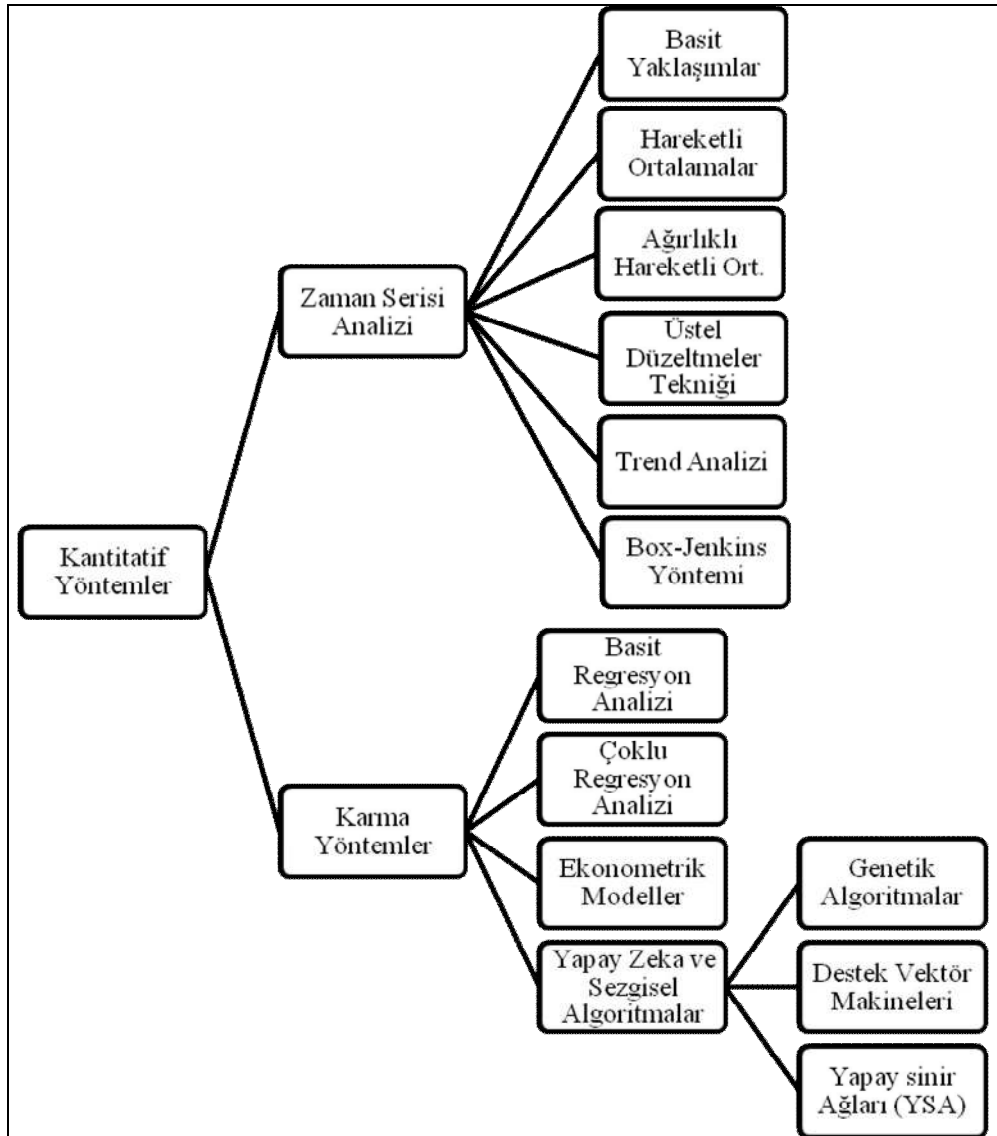
a. Pazar araştırması yöntemi: Gelecekteki talep tahminleri hakkında bilgi almak amacıyla tüketicilerden, mülakat, anket ve telefonla konuşma gibi yöntemler ile bilgi toplanmasını amaçlayan bir tahmin yöntemidir. Zaman alıcı ve yüksek maliyetli olup bu yöntemle elde edilen bilgilerin güvenilirlik derecesi çok düşük olmaktadır (Bulut, 2006).

b. Uzman görüşleri yöntemi: Üretim, planlama, finans ve personel gibi çeşitli bölümlerden uzmanlar bir araya gelerek tahminin oluşturulmasına destek olurlar (Shim, 1999). Genellikle geçmiş satış verilerinin olmadığı durumlarda (yeni ürünler gibi) uzman görüşleri tahmin oluşturmadaki tek kaynak olabilmektedir (Nahmias, 2005). Hızlı ve kolay olarak tahminin yapılması, istatistiksel gereksinim olmaması bu yöntemin avantajlarından olurken, grup psikolojisine bağlı olarak grup düşüncesinin oluşması en önemli dezavantajıdır (Shim, 1999).

c. Delphi tekniği: Tahmin yapılmak istenen konu hakkında uzman kişilere problemdeki değişkenler, olaylar ve durumlar hakkında anket olarak hazırlanmış sorular sorulur. Anket formatı uzman görüşlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmaktadır. Uzmanlar bir arada olmadıklarından birbirlerini etkileyemezler (Shim, 1999). Süreç dikkatli bir şekilde tasarlandığında uzun dönem için alternatif senaryoların değerlendirilmesi ve bir uzlaşma sağlanır (Hanke ve Reitsch, 1998). Belirli bir veri tabanının söz konusu olmadığı durumlarda teknolojik gelişimlerin öngörülmesi için kullanılır (Erkan, 2008).

1.2.4.2. Nicel (Kantitatif) Yöntemler

Talep tahmin yöntemlerinden uygulamada en fazla bahsedilen nicel tahmin yöntemleri Şekil 7’de görülmektedir (Floudas ve Pardalos, 2009; URL-2, 2010). Nicel yöntemlerden zaman serileri analizi ve karma yöntemlerin analizine ilişkin farklı çözüm yaklaşımlarına da çalışma kapsamında değinilmiştir.



Şekil 7. Nicel tahmin yöntemleri

1.2.4.2.1. Zaman Serisi Analizi

Gelecek dönemlere ait planların yapılması için, geçmiş dönemlerde meydana gelen olaylardan büyük ölçüde faydalanmak mümkündür. Yöneticiler geçen dönemlerde meydana gelen olayları istatistiksel yöntemlerle inceledikleri takdirde, belirgin olmayan gelecek dönem problemlerini daha kolay çözme olanağını bulabilirler. İstatistiksel incelemeler için ilk ve en önemli adım, geçen dönemlere ait gerçek bilgilerin elde edilmesidir (Bağırkan, 1993). Zaman serisi analizi, geçmişin gözlemine dayanılarak geleceğe ait tahminlerde bulunmak esasına dayanır. Geçmişin gözlemi ise belirli aralıklarla toplanan istatistik verilerle, başka bir ifadeyle zaman serileri ile yapılabilir. Zaman serilerinden yararlanılarak, üretimi öngörülen mal ve hizmetin geçmiş yıllardaki tüketiminin göstermiş olduğu eğilim saptanır ve gelecekteki talebin de aynı şekilde gelişeceği kabul edilerek tahminler yapılır (URL-7, 2010).

Zaman serisi herhangi bir olaya ilişkin gözlem değerlerinin zamana göre sıralanmasıyla oluşturulan dizilerdir. Zaman serisi analizi ise, belirli zaman aralıklarında gözlenen bir olay hakkında, gözlenen serinin yapısını veren rastlantısal (stokastik) süreci modellemeyi ve geçmiş dönemlere ilişkin gözlem değerleri yardımıyla geleceğe yönelik tahminler yapmayı amaçlayan bir metottur. İşletme, ekonomi ve finans alanında yaygın olarak kullanılan zaman serileri analizi ile yapılan tahminler, gerek ülke ekonomisi gerekse işletme temelinde yapılacak, geleceğe yönelik planlama çalışmaları açısından son derece önemlidir (Kaynar ve Taştan, 2009). Zaman serisi analizlerinde en çok kullanılan yöntemlerden bazıları aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

a. Aritmetik ortalama: Talep tahmini açısından geleceğe en basit bakış, geleceğin, geçmişte olanların ortalamasına doğru eğilim göstereceğini varsaymaktadır. Bu varsayıma göre geleceğin en geçerli tahmini, geçmişte olup bitenlerin tek tek toplanıp ortalamasını almaktır. Bu talep tahmin yöntemi, oldukça basittir. Aritmetik ortalama (AO), 1 numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanır. (y_t : gerçekleşen satış değerlerini, F_{t+1} : tahmin edilecek değeri, n : veri sayısını ifade etmektedir).

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (1)$$

b. Hareketli ortalama yöntemi: Yaygın şekilde kullanılan bir tahmin tekniğidir. Hareketli ortalama yöntemi, uzak geçmişten çok yakın geçmişe ağırlık verir ve buna dayanarak, yalnızca bir dönem satış tahminini yapar. Örneğin geçmiş tarihi dönem verilerinin üçü, dördü veya beşi alınarak, en son gerçekleşen dönem bunlara ilave edilir. Daha sonra, bu verilerin ortalaması, bir sonraki dönem satış miktarı olarak kabul edilir. Bu yöntem ile yapılacak tahmin, talep yükselen bir eğilim gösteriyor ise çok küçük, alçalan bir eğilim gösteriyor ise çok büyük olacaktır. Aynı şekilde şayet “n” çok az ise gerçek talebin etkileri abartılmış olacak, “n” çok büyük ise bu etkiler azaltılmış olacaktır. Matematiksel olarak 2 numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$F_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-n+1}}{n} \quad (2)$$

c. Ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi: Hareketli ortalama yönteminin sakıncalarından bir kısmı ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi kullanılarak giderilebilir. Bu yöntemde en yakın veriye en büyük ağırlık verilir. Matematiksel olarak 3 numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$F_{t+1} = w_1 y_t + w_2 y_{t-1} + \dots + w_n y_{t-n+1} \quad (3)$$

Bazı talep yapılarında bu yöntem, standart hareketli ortalamaların zayıflıklarını kısmen ortadan kaldırır. “n” için seçilecek değer ve ağırlık katsayıları (w) ihtiyari olarak seçilir ve çeşitli deneyimlerden geçirildikten sonra kabul edilir.

d. Üssel düzeltme yöntemi: Üssel düzeltme yöntemi de, hareketli ortalama yöntemindeki amaca benzer bir amaç taşır. Aralarındaki farkı kısaca belirtmek gerekirse üssel düzeltme yöntemi, tüm verileri göz önünde bulundurarak geçmişe daha az ağırlık verir. Oysa hareketli ortalama, eski dönemleri bütünüyle görmezden gelmektedir. Üssel düzeltme yönteminin kullanılmasındaki temel düşünce talepte tesadüfî dalgalanmaların etkilerini gidererek genel yönetime uygun bir tahminde bulunabilmektir. Üssel düzeltme yönteminde kullanılan formüller 4 ve 5 numaralı eşitliklerde görüldüğü gibidir.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (y_t - F_t) \quad (4)$$

$$F_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (5)$$

F_t : Bir önceki tahmin değerini, α : Düzeltme faktörünü (geçmiş göz önünde bulundurularak, araştırmacının arzusuna göre 0 ile 1 arasında değerler seçilir) ifade etmektedir.

e. Trend (eğilim) analizi: İncelenen serinin dönem içinde doğrusal veya eğrisel olarak artması veya azalması söz konusu olduğunda ileriye yönelik değerlerin öngörülmesi için eğilim analizi kullanılır (Akgül, 2003). Eğilim analizinde bağımsız değişken zamandır. Zaman içinde serideki trende neden olan veya etkileyen temel etmenlere örnek olarak nüfustaki değişim, fiyat değişimleri, teknolojik değişim, verimlilik artışları ve ürün yaşam eğrileri verilebilir (Hanke ve Reitsch, 1998).

f. Box-Jenkins yöntemi: Box-Jenkins yöntemi tek değişkenli zaman serilerinde tahmin için uygun modelin seçilmesi amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır (Enders, 1995). Tahmin için kullanılacak serilerin geçmiş verilerinde her hangi bir eğilim varsaymaz. Genel modeller arasında mümkün olan en iyi modeli belirleyebilmek için ardışık çözüm (iterasyon) yaklaşımını kullanır (Erkan, 2008).

1.2.4.2.2. Karma Yöntemler

Nicel tahmin yöntemlerinden ikincisi karma yöntemler olup bu yöntemlerden bazıları aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

a. Basit regresyon (en küçük kareler) analizi: Regresyon analizi veriler arasındaki ilişkiyi incelemede kullanılan bir yöntemdir. Basit regresyonda bir bağımsız değişkenle bir bağımlı değişken arasındaki ilişki incelenir (Özdamar, 2002; Kalaycı, 2009). Eğilim metotlarından en güvenilir olanlarından biri regresyon metodudur. Regresyon yöntemine göre, bir zaman serisine en iyi uyan başka bir deyişle bir değerler serisini en iyi ifade eden doğru veya eğridir. Diğer bir ifade ile geçmiş yıllara ait gerçek değerlerle formülün uygulanması ile bulunacak teorik değerler arasındaki farkların karelerinin toplamını (sapmaların kareleri toplamını) en küçük yapan doğru veya eğridir (URL-7, 2010).

Söz konusu metotta eğilim matematik bir fonksiyonla belirtilir. Zaman serisinin göstermiş olduğu eğilim, doğrusal olabileceği gibi, bir eğri şeklinde de olabilir. Bu

nedenle, zaman serilerinde eğilimi ortaya koyabilmek için en çok kullanılan denklemler 6, 7 ve 8 numaralı eşitliklerde görülmektedir (Kobu, 2006).

$$Y = a + bX \quad \text{Doğru denklemi} \quad (6)$$

$$Y = a + bX + cX^2 \quad \text{Parabol denklemi} \quad (7)$$

$$Y = a \cdot bX \quad \text{Yarı logaritmik eğri denklemi} \quad (8)$$

Denklemlerde;

Y: çeşitli yıllara ait bağımlı değişkeni,

X: bağımsız değişkeni,

a ve b: katsayıları göstermektedir.

$Y = a + bX$ regresyon doğrusu denklemindeki a ve b katsayıları hesaplanırsa, herhangi bir X değeri için Y'nin alacağı değer hesaplanır ve böylece gelecek dönemlerin tahminleri yapılabilir. “a” ve “b” katsayıları 9 ve 10 numaralı eşitliklerle hesaplanabilir.

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} \quad (9)$$

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (10)$$

b. Çoklu regresyon analizi: Basit regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilir ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklanması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Kalaycı, 2009).

Çoklu doğrusal regresyon modeli 11 numaralı eşitlikteki gibi kurulabilmektedir ve böyle bir model parametre tahmini yapmayı amaçlamaktadır (Özdamar, 2002).

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \quad (11)$$

Denklemden;

Y: çeşitli yıllara ait bağımlı değişkeni,

X: farklı bağımsız değişkenleri,

a: katsayıları göstermektedir.

c. Ekonometrik modeller: Ekonometrik hayatı, bir eş zamanlı denklemler setinin bir bileşkesi olarak algılasak ekonometrik model de bu denklemler setinin bütünü veya bir sistemi olarak tanımlanabilir (Yıldırım, 2003). Birden fazla bağımsız değişken içeren doğrusal denklem sistemlerinin oluşturduğu modellere ekonometrik modeller denir. Regresyon eşitlikler, ekonometrik modellerin bir parçasıdır (Yüksel, 2002).

d. Yapay zekâ ve sezgisel algoritmalar: Yapay zekâ, zekâ ve düşünme gerektiren işlemlerin bilgisayarlar tarafından yapılmasını sağlayacak araştırmaların yapılması ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi alanında çalışan bir bilim dalıdır. Yapay zekânın amacı insanın zekâsını bilgisayar aracılığı ile taklit ederek bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilmektir. Yapay zekâ çoğunlukla insanın düşünme kabiliyetini, beynin çalışma sistemini, çevredeki doğal olayları veya doğanın biyolojik evrimini modellemeye çalışan yöntemlerden oluşur. Bilgisayar teknolojisindeki gelişime paralel olarak, sezgisel olarak çözülebilen ya da matematik teknikler ile çözülmesi mümkün olmayan problemleri çözmeye yönelik ileri teknikler yapay zekâ teknikleri olarak adlandırılır. Bu tekniklerden bazıları, genetik algoritmalar, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağlarıdır (Öztemel, 2006).

1. Genetik algoritmalar: 1975 yılında ilk olarak John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Genetik algoritmalar, karmaşık en uygun problemlerinin çözülmesinde kullanılan bir tekniktir (Holland, 1975; Bingül vd., 2000). Esasen doğadaki değişim süreçlerinin bilgisayar ortamında modellenmesine dayanan genetik algoritmalar, çok büyük, karmaşık, sürekli ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan rastlantısal bir arama yöntemidir (Goldberg, 1989).

2. Destek vektör makineleri: Destek vektör makineleri sınıflandırma tekniği, istatistiksel öğrenme teorisine dayalı bir eğitilmiş sınıflandırma tekniği olup temelleri Vapnik (1995) tarafından geliştirilmiştir. Hem doğrusal olarak ayırt edilebilen hem de edilemeyen veri kümesini sınıflandırabilir. Doğrusal olmayan bir eşlem ile “n” boyutlu veri kümesi $m > n$ olacak şekilde “m” boyutlu yeni bir veri kümesine dönüştürülür. Yüksek boyutta doğrusal sınıflandırma işlemi yapılır. Uygun bir dönüşüm ile her zaman veri, bir hiper düzlem ile iki sınıfa ayrılabilir. Hiper düzleme en yakın öğrenme verileri destek vektörleri olarak adlandırılır.

3. Yapay sinir ağları: Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin nöronlardan oluşan yapısını ve öğrenme yöntemlerini inceler. 19. yüzyıldaki psikolog ve nöropsikologların

insan beynini anlamaya çalışmaları YSA'ların temelini oluşturur. Fakat bu konulardaki ilk modern çalışmalar McCulloch ve W. Pitts ile başlar (Öztemel, 2006). Biyolojik sinir hücresinin modellenmesi ile oluşturulan ve onlara göre çok daha basit bir yapıya sahip olan yapay sinir hücresi, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük bilgi işleme birimidir (Koca, 2006).

1.3. Yöneylem Araştırması ve Doğrusal Programlama

1.3.1. Yöneylem Araştırması ve Uygulama Alanları

Yöneylem araştırması (YA), yeni bir bilim dalı olmasına rağmen tarihi 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. Birinci Dünya savaşında Thomas Edison adlı araştırmacı mini oyun alanı oluşturarak askeri sevkியattaki kaybı en küçük yapabilmek için taktiksel oyun modeli geliştirmiştir. Erlag adlı diğer bir bilim adamı ise, telefon hatlarının kullanımında meydana gelen ihtiyaç dalgalanmalarını gidermek amacıyla otomatik arama aletlerini kullanarak kuyruk teorisini geliştirmiştir.

İşletme Bilimi, Harekât Araştırması, Karar Bilimi, Sistem Bilimi ve Matematiksel Programlama gibi birçok terimlerle anılan bilimsel karar verme tekniklerinin, yani yöneylem araştırmasının ilk ciddi uygulaması ancak İkinci Dünya savaşı sırasında başlamıştır (Başkent, 2004). İkinci Dünya savaşı sırasında İngiltere'de var olan radar sistemi ile Almanların hava saldırılarından en iyi şekilde korunabilmek için, farklı disiplinlerden gelen bilim adamları tarafından ilk defa geliştirilen ve bugünlerde teknoloji ve bilimin bütün dallarında kullanılmaya başlayan yöneylem araştırması, üç temel yaklaşımdan oluşmaktadır. Bunlar (Kara, 1985);

- a. Yöneylem araştırması bütünleşik bir yaklaşımdır. Problemi, sistemin bulunduğu çevrede bütün bileşenleri inceler,
- b. Yöneylem araştırması disiplinler arası bir yaklaşımdır,
- c. Yöneylem araştırması bilimsel bir yöntemdir.

Yöneylem araştırmasının en önemli tekniklerinden biri olan doğrusal programlama tekniğinin çözümünü, yani Simpleks metodunu, Amerikalı bilim adamı George B. Dantzig 1947 yılında geliştirmiştir. Bilimsel yöntemlerin etkili olarak ticari ve endüstriyel amaçlı kullanımı, 1950'li yıllardan sonra bilgisayarların ortaya çıkmasıyla yaygınlaşmıştır. Günümüzde yöneylem araştırması teknolojileri, bilgisayar teknolojisinin

gelişmesiyle birlikte hemen hemen tüm sivil ve askeri işletmecilik ya da yönetim faaliyetlerinde kullanılmaktadır (Başkent, 2004).

YA, gerçek hayat sistemlerinin matematiksel modellerle temsil edilmesi ve en iyi çözümü bulmak için kurulan modellere sayısal yöntemler (algoritmalar) uygulanmasıdır. YA genellikle kıt kaynakların tahsis edilmesi gereken durumlarda en iyi şekilde bir sistemi tasarlamaya ve işletmeye yönelik karar verme sürecine bilimsel bir yaklaşımdır (Topçu, 2010).

Herhangi bir işletmenin yönetiminden sorumlu yönetici yahut karar verici en iyi kararı vermek zorundadır. Bu durumda, yönetici kendine karar vermede yardımcı olan YA kavramının ve yöntemlerinin temel prensiplerini anlamalıdır. Hiçbir yönetici, kendisinin yeterince kavrayamadığı bir süreçte oluşan verilere dayalı kararlar vermez yahut vermemelidir. Bu durumda yönetici, işletmesiyle ilgili vereceği kararları doğrudan yahut dolaylı etkileyen verileri-bilgileri ve bunları işleyen bilimsel mekanizmayı bilmelidir. Bu da ancak YA kavramının ve ilkelerinin bilinmesiyle mümkün olabilmektedir.

Burada, bir problemin çözümüne yönelik teorik yapıdaki düşünce ve fikirler, daha uygulamaya aktarılmadan, sanal ortamda sentezlenerek çözümlenmeye çalışılır. Sanal çözüm aşamasında gerçekte herhangi bir somut kaynak tüketilmez. Buna rağmen, en uygun çözüm alternatifi yahut çıkış noktası belirlenmeye çalışılır. İşte YA'nın mantığı bu yaklaşıma dayanmaktadır.

YA tekniklerinin endüstriyel amaçlı kullanımıyla işletmelere çeşitli faydalar sağlanmaktadır. Örneğin YA tekniklerinden faydalanan faaliyet gösteren çoğu işletmelerin performanslarında geleneksel karar verme yöntemlerine göre bir hayli artış olduğu açıkça görülmektedir. Herhangi bir işletme, kuruluş, şirket yahut organizasyon birçok konuda kararlar almak zorundadırlar. Bu kararları geleneksel karar verme yöntemleri yerine YA tekniklerini kullanarak yapmalıdırlar. YA'da önemli olan, alınacak kararın en uygun seçenekler topluluğundan oluşmasıdır. Bunun gerçekleşmesi ancak karar vermede sistem öğelerinin (karar değişkenlerinin) etkili olarak belirlenmesi ve bilimsel yöntemlerin kullanılması ile olasıdır (Başkent, 2004).

Bir karar verme aracı olan YA tekniklerinin, Türkiye ormancılık ve orman ürünleri sanayi sektöründe kullanılmış bazı örnekleri mevcut olup bunlar; Soykan (1978), Soykan (1979), Asan (1980), Asan (1983), Köse (1985), Gavcar (1992), Gül (1995),

Karayılmazlar (1997), Mısır (2001), Keleş (2003), Karahalil (2003), Yolasıǧmaz (2004), Özkan (2006), Şengöl (2007) ve Yılmaz (2010) dur.

Yöneylem araştırmasını kullanarak hangi alanlarda ne gibi çalışmalar yapılabileceği konusunda bir fikir oluşturması için YA'nın en yaygın kullanım alanları aşağıda verilmiştir (Yılmaz, 2005);

1. Üretim planlama
2. Üretim çizelgeleme
3. Verimlilik analizi
4. Toplam kalite yönetimi
5. Proje yönetimi
6. Taşıma/ulaşım/aktarma
7. Stratejik planlama
8. Kent hizmetleri yönetimi
9. Yatırım planlama
10. Savunma uygulamaları
11. En uygun duruma getirme
12. Benzetim
13. Bilgisayarla bütünleşik imalat
14. Tam zamanında üretim
15. Karar destek ve uzman sistemler
16. Malzeme ve stok yönetimi
17. Tahmin ve kestirme yöntemleri
18. Esnek imalat sistemleri
19. Karar modelleri
20. Rassal süreçler
21. Tesis yer seçimi ve dağıtım
22. Maliyet analizi
23. Finansal planlama
24. Bütçe planlama ve kontrol
25. Bakım planlaması
26. Enerji planlaması
27. Performans ölçümü
28. Reorganizasyon

29. İnsan gücü planlaması

30. Yönetim bilişim sistemleri

Her hangi bir kurumun karmaşık bir problemini yöneylem araştırması teknikleriyle çözerken genellikle aşağıdaki yedi adımlık sistematik bir işlem süreci izlenir. Bunlar (Başkent, 2004);

- Problemin tanımlanması,
- Sistemin belirlenmesi,
- Modelin kurulması,
- Model geçerliliğinin sağlanması ve modele çözüm aranması,
- Uygun alternatifin seçilmesi,
- Bulguların ve sonuçların kuruma açıklanması,
- Sonuçların uygulamaya konulması ve önerilerin değerlendirilmesidir.

1.3.2. Doğrusal Programlama ve Uygulama Alanları

Sınırlı kaynakların kullanımını en uygun kılmak için tasarlanmış bir matematiksel modelleme yöntemi olan doğrusal programlama (DP), II. Dünya Savaşı sırasında askeri alanda kullanılmak üzere Amerikan Hava Kuvvetleri adına çalışan özel bir şirket tarafından geliştirilmiştir (Taha, 2000).

İşletmeler kârlarını arttırmak, acımasız rekabet koşullarında varlıklarını sürdürebilmek için; kaynaklarını en uygun şekilde kullanacak, piyasa koşulları içinde en iyi üretimi sağlayacak üretim planlarına ihtiyaç duyarlar. Bu en uygun planları ise YA teknikleri arasında ilk ve çok sık olarak kullanılan matematiksel programlama yöntemlerinden biri olan DP metodu ile yapmak mümkündür. DP, Simpleks çözüm yönteminin 1947 yılında George Dantzig tarafından geliştirilmesinden bu yana bankacılık, eğitim, petrol endüstrisi, taşımacılık, ziraat ve ormancılık gibi çeşitli alanlarda en uygun olanı bulma problemlerinin çözümünde başarıyla kullanılmıştır. Örneğin, Fortune 500 firmasının yaptığı bir anket çalışmasına konu firmaların yaklaşık %85'inin problemlerinin çözümünde, DP tekniğini kullandıkları ortaya çıkmıştır (Winston, 2003).

İşletmeler çoğu zaman gerçek maliyetlerini hesaplayamadıklarından elde edebileceklerinden daha az kârlar elde etmektedirler. DP, gerçek maliyetler ve işletme

kısıtlarının matematiksel olarak formüle edilmesinden sonra, kârı en büyük veya maliyeti en küçük yapacak en uygun çözümü sunan matematiksel bir karar ölçütüdür.

Genel anlamda DP problemi, sınırlayıcı koşullar adı verilen doğrusal denklemler veya eşitsizlikler grubu ile birlikte, amaç denklemi adı verilen değişkenlerin doğrusal bir fonksiyonunu en iyilemeyi (en büyük veya en küçük) gerektirmektedir. En iyileme kabaca eldeki kısıtlı olanaklar içinde en iyi davranışın nitelenmesi veya belirli sınırlamalar içinde amacın en iyi şekilde yerine getirilmesidir.

Firmaların analiz yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullandıkları DP, yalın bir anlatımla, kıt kaynakların birbirleri ile rekabet durumunda olan kullanım alanları arasında, en iyi paylaştırılması sorunu ile ilgilenir. Bu haliyle DP, birden fazla ürün üreten ve kaynak kullanan işletmelerin sorunlarını çözmede kullanılabilecek bir analiz yöntemidir (Öğüt, 1980). Örneğin, işletme problemleri yönünden DP, para, makine, araç, gereç, zaman, insan gücü gibi kaynakları bazı sınırlayıcı koşullar altında en uygun yararı sağlayacak biçimde bir arada nasıl kullanmak gerektiğini çözümleyen bir teknikler dizisidir (Bakoğlu, 1982; Özsan, 2006).

Her türlü karar probleminde doğrusal programlama yönteminin uygulanabilirliğini kısıtlayan veya belirli ölçüde daraltan, bazı varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlar dört başlık altında ele alınmaktadır.

1. Doğrusallık: Modelin değişkenleri arasındaki ilişkiler doğrusal olmalıdır. Yani, modeldeki tüm eşitlik ya da eşitsizliklerdeki değişkenler birinci dereceden olmalı, aralarındaki ilişkiler birinci dereceden fonksiyonlarla anlatılabilmelidir. Doğrusallık varsayımları aslında iki özellik ile ilgilidir (Taha, 2000);

a. Orantılı olma: Bu özellik her bir karar değişkeninin amaç fonksiyonu ve tüm kısıtlara etkisinin, söz konusu değişkenin değeriyle doğru orantılı olması gerektiğini ifade etmektedir.

b. Katkı sağlama: Kısıtlarda ve amaç fonksiyonunda yer alan tüm değişkenlerin toplam katkısının bu değişkenlerin bireysel katkılarının toplamından oluşması şarttır. Örneğin, iki farklı ürünün üretiminde de belirli miktarlarda kullanılan makine saatin toplamı, her bir ürünün tek tek kullandığı miktarın toplamı kadar olmalıdır.

2. Bölünebilirlik: Modelin değişkenleri rakamla ifade edilebilmeli ve bölünebilir nitelikte olmalıdır. Buradaki bölünebilirlikten kasıt, karar değişkenlerinin tamsayı değerler yanında kesirli değerleri de alabilmesi, yani kıt kaynakların kesirli miktarlarla da kullanılabilesidir.

3. Toplanabilirlik: Kıt kaynakların kullanılması çerçevesinde, toplanabilirlik varsayımı ile rakip faaliyetler tarafından birlikte kullanılan toplam kaynak miktarının, bu rakip faaliyetlerin teker teker kullandıkları miktarların toplamına eşit olması kastedilirken, amaç fonksiyonu yönünden de bağımlı değişkenlerin değerinin tek tek faaliyetlerden kaynaklanan kâr katkılarının toplamına eşit olmasıdır. Ayrıca, toplanabilirlik varsayımı doğrusallık varsayımının da doğal bir sonucudur (Özgüven, 2002).

4. Belirlilik (Kesinlik): Modeldeki rakip faaliyetlerin amaç fonksiyonuna katkılarının (amaç fonksiyonu katsayıları (c_j)), kullandıkları kaynak miktarlarının (teknolojik katsayıların (a_{ij})) ve kıt kaynakların mevcut miktarlarının (sağ taraf sabitlerinin (b_i)) kesinlikle bilindiği varsayılır. Zaten, doğrusal programlama modelleri kesin (deterministik) yapıları modellerdir. Belirlilik varsayımı, doğrusal programlama modellerinin kullanımını en çok sınırlandıran varsayımdır.

Doğrusal programlamanın üretim yönetimi alanındaki kullanım amaçlarından bazılarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Üreten, 2002);

- Bir ürüne olan talebi karşılayacak, üretim ve stoklama maliyetlerini en küçük yapacak üretim planının hazırlanması,
- İşletmenin kârını en büyük yapacak şekilde mevcut makine ve iş gücüyle üretilebilecek ürün karmasının belirlenmesi,
- En küçük maliyetle üretimi gerçekleştirecek hammadde bileşimlerinin belirlenmesi,
- En küçük maliyetle üretim ve dağıtımın gerçekleştirilmesini sağlayabilecek şekilde fabrika kuruluş yerinin seçilmesi,
- İş gücünün makinelere tahsis edilmesidir.

Doğrusal programlamanın uygulama alanlarının sayılamayacak kadar çok olmasına rağmen, genellikle uygulamaları endüstriyel ve ekonomik alanlar olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Esin, 2003);

Endüstriyel problemlere DP'nin uygulanması:

- Standart taşıma problemlerine,
- Üretim ve tahsis problemlerine,
- İşletmelerde görevlerin planlaması problemlerine,
- İş makinelerinin yerleşim problemlerine,
- Normal ve fazla mesai problemlerine,

- En iyi ürün karışım ve faaliyetlerinin düzenlenmesi problemlerine,
- İşletmelerin kuruluş yerlerinin tespiti problemlerine,
- Beslenme problemlerinin çözümlenmesine.

Ekonomik teoriye DP'nin uygulanması:

- Firma teorisine klasik yaklaşım problemlerine,
- Dual (ikili) doğrusal programlama problemlerinin ekonomik yorumuna,
- Pratikte kullanılan girdi-çıktı modelleri ve bunların analizleri problemlerine.

Üretim planlamada karşılaşılan karar sorunlarının çözümü için ele alınacak sistemin niteliklerine göre, çeşitli DP modelleri geliştirilmiştir. Genel olarak üretim sistemlerinde gözlenen dört ana karar problemi vardır (Tanyaş ve Baksak, 2003);

1. Çok ürünlü sistemler: İki veya daha çok ürünün üretildiği ve kaynakların kısıtlı olduğu bu sistemlerde problem, eldeki kaynaklardan (işgücü, işletme sermayesi, tezgâh kullanım süresi vb.) her bir ürüne ne kadar ayrılacağına belirlenmesidir.

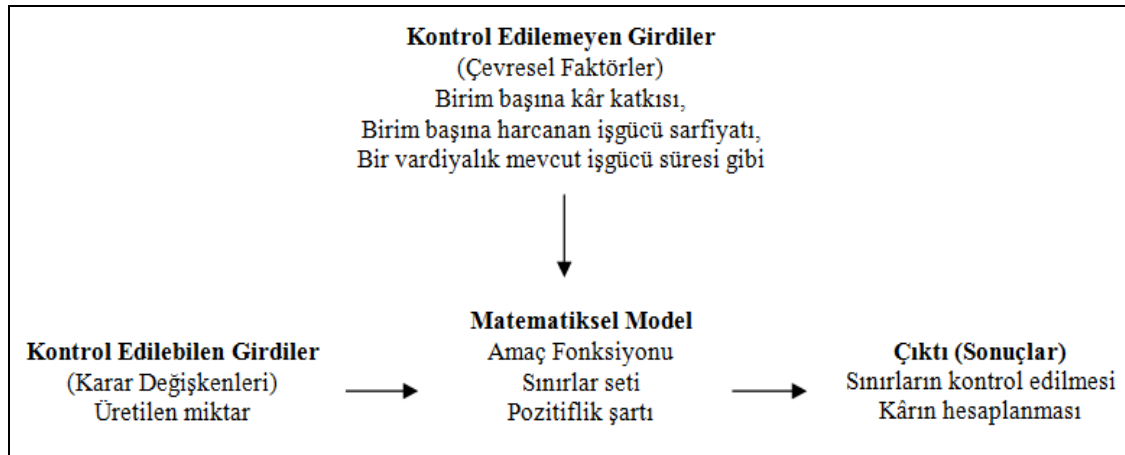
2. Karışım sistemleri: Bir ürünün üretilmesi için birkaç malzemenin belirli oranlarda karıştırılmasını gerektiren üretim süreçlerinde görülen bu sistemlerde problem, istenilen kalitedeki ürünün üretimi için gereken en düşük maliyetli karışımın saptanması şeklinde ortaya çıkar. Problemin çözümü ise, son ürünün üretimi için kullanılacak malzemelerin miktarını (oranını) verir.

3. Çok süreçli sistemler: Bir ürünün üretilmesi için birden çok üretim sürecinin bulunduğu bu sistemlerde problem, her bir üretim süreciyle ne miktarda ürün üretilceğinin belirlenmesidir. Bir ürünün üretilmesinde söz konusu olabilecek farklı üretim süreçleri değişik malzeme kullanımı, farklı kesme ve işleme yöntemleri, satın alma veya yerli üretim kararları, fazla mesai, fason üretim, stoklama, yok satma, işgücü düzeyini değiştirme seçenekleri, farklı iş çizelgeleri vb. olabilir.

4. Çok tesisli sistemler: Bu sistemler çok aşamalı sistemler olup, bir aşamanın çıktısı, onu izleyen aşamanın girdisini oluşturur. Aşamalar arasında sürekli bir iş akışının söz konusu olduğu bu sistemlerde problem, her aşamada yer alan tesislerdeki üretimin planlanması, aşamalar arası stok miktarlarının kontrolü ve en son aşamadaki çıktının talebi karşılayacak düzeyde olmasının sağlanması şeklinde ortaya çıkar.

1.3.3. Doğrusal Programlama Modellerinin Kurulum Aşamaları

Sayısal karar verme yöntemlerinin hepsinde olduğu gibi doğrusal programlama modellerinin kurulması, problemin tanımlanması ile başlar. Karar vericinin ulaşmak istediği bir amacının olması, bu amaca ulaşmada izlenebilecek alternatif stratejilerin bulunması, bu stratejilerden hangisinin amacı en iyi şekilde gerçekleştireceği hususunda kuşkuların bulunması, doğrusal programlama yönteminin kullanılabileceği bir probleminin varlığını gösterir. Bu problem bulunduğu sistem içerisinde gözlemlenerek, probleme etki eden parametreleri belirlenir. Bu parametreler kullanılarak problemin amaç fonksiyonu ve kısıt setinden oluşan doğrusal programlama modeli kurulmuş olur. Bu modelin çözülmesiyle, tüm sınır şartlarını sağlayan ve amaç fonksiyonunun değerini de en uygun yapan karar değişkenlerinin değerleri elde edilir. Bir üretimde, doğrusal programlama modelinin girdilerinin çıktıya çevrilme süreci Şekil 8’de şematik olarak gösterilmektedir (Özgüven, 2002).



Şekil 8. Üretim modeli için akış diyagramı

Doğrusal programlama modellerinin temel kurulum aşamaları ve bu aşamalarda yerine getirilen faaliyetler ise aşağıda verilmiştir (Özgüven, 2002);

1. Problemin belirlenmesi: Bu aşamada çalışmaya konu olan karar vericiler, karar vericinin amaçları, karar değişkenleri, parametreler, sınır şartları gibi temel faktörler belirlenir.

Karar verici, problemi içeren sistemdeki faaliyetleri planlayan, yönlüten, denetleyen ve sapmaları düzeltici önlemlerin alınmasını sağlayan kişi veya farklı disiplinlerden temsilcilerden oluşan gruplardır.

Karar değişkenleri, problemi etkileyen kontrol edilebilir değişkenlerdir. Karar verici tarafından karar değişkenlerinin, kavramsal tanımları (üretilecek ürünler, kullanılacak makineler vb.) yapıldıktan sonra bunlar X_i , $i=1, 2, 3, \dots, n$ şeklinde simgelerle gösterilir.

Sistemde kontrol edilemeyen değişkenlere ise parametre denir. Parametreler, belirli koşullarda karar vericinin kontrolü dışında belirli değerler alabilirler. Bir doğrusal programlama modelindeki parametreler; makine kapasitesi, kalıp kapasitesi, insan gücü, birim başına maliyet, devletin aldığı kararlar, kanunlara uygun olarak fazla mesainin normal mesaiye oranı, bir hammaddenin ürüne dönüşüm oranı vb. olabilir. Parametreler de c_j , $j=1, 2, 3, \dots, n$ şeklinde simgelerle gösterilir.

Kurulacak doğrusal programlama modelinin, çözüm getirmek istediği problemin içinde bulunduğu sistem veya çevre sistemlerden kaynaklanan sınırlayıcı koşullara kısıtlar denir. Bir anlamda kısıtlar, problemin dayandığı karar ortamında, karar değişkenlerini ve bunlarla parametreler arasındaki ilişkileri etkileyen koşullardır. Sınırlar kullanılan kaynaklardan (malzeme, para, makine, işgücü), çevre sistemlerden (devlet, toplum, müşteriler, rakipler vb.), karar vericinin amaçlarından ve karar değişkenleri arasındaki zorunlu ilişkilerden (montaj hattı iş sıralaması, iş akışı, işlem zamanı vb.) meydana gelebilir.

2. Modelin geliştirilmesi: Problem belirlendikten sonra problemi en iyi şekilde temsil edecek doğrusal bir matematiksel modelin kurulması gerekir. Model gerçeğin basitleştirilmiş bir gösterimidir.

3. Modelin çözümü: Model geliştirildikten sonra modelin çözülerek, bilinmeyen değişkenlerinin hesaplanması gerekir. Doğrusal programlama modellerinin çözümünde grafik yöntemi ve simpleks yöntemi kullanılmaktadır. Ancak günümüzde bilgisayar programlarındaki ilerlemelerle beraber kurulan çok karmaşık modeller, Lindo (Linear Interactive and Discrete Optimizer), Lingo, Gino (General Integer and Non-Linear Optimizer), Osl (Optimization Software Library), Winqsb, Microsoft Excel gibi paket programlar ile kısa sürede çözümlenebilmektedir.

4. Modelin çözüm sonuçlarının değerlendirilmesi: Modelin çözümü sonucunda ulaşılan karar değişkenlerinin değerleri ile beklenen değerler karşılaştırılır. Bunun

sonucunda modelin sistemi hangi ölçüde temsil ettiği, modeldeki varsayımların geçerliliği, model kapsamına alınmış gereksiz değişkenler, ulaşılmak istenen amaçların tutarlılığı ortaya konulmaya çalışılır. Belirlenen hata veya eksiklikler karar modeli üzerinde düzeltilir ve model tekrar çözülür.

5. Çözümün uygulanması: Bu aşama, elde edilen sonuçların karar verici tarafından uygulanmasıdır.

1.3.4. Doğrusal Programlama Modellerinin Matematiksel Gösterimi

DP modelleri yapı olarak üç temel kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım, kimi maliyetlerin en küçüklenmesi ya da kimi kazançların en büyüklenmesi gibi modelin birincil amacını oluşturan amaç fonksiyonu iken, ikinci kısım gerçekleştirilmeye çalışılan en iyilik ölçütü üzerindeki sınırlamaları tanımlayan eşitlik ve/veya eşitsizlik kümesinin oluşturduğu kısıtlayıcılarıdır. Üçüncü kısım ise, karar değişkenlerinin negatif olmama şartının verildiği kısımdır (Çınar, 1990).

Amaç fonksiyonu, yönetimin ulaşmak istediği hedefin matematiksel ifadesidir. Bu ifadede, karar vericinin kontrolü altındaki parametrelerin, yani karar değişkenlerinin amaç üzerindeki etkilerinin analitik olarak gösterimi sağlanır. Amaç fonksiyonu negatif olmayan karar değişkenlerinden oluşur. Çünkü karar değişkenleri, bir malın üretilmesi, bir aracın yaptığı sefer sayısı, bir işin yapılmasında kullanılacak işgücü, bir reklam aracının kullanılması gibi unsurları temsil etmek için modelde yer alır ve bu unsurların da negatif olması düşünülemez.

Problemi şekillendiren koşullar da sınırlar setini oluşturur. Amaç fonksiyonunda olduğu gibi sınırlar seti de matematiksel denklemler şeklindedir. Bu denklemlerde eşitliklerin bulunması tanımlanan kaynakların tümüyle kullanılacağını gösterirken, eşitsizliklerin bulunması kaynak kullanımlarının koşullu olduğunu gösterir (Çınar, 1990). Eğer tüm sınırlar eşitlik biçiminde ifade edildiyse en iyi çözüm tek bir noktada oluşur (denklemlerin kesim noktası), tam tersi olarak tüm sınırlar eşitsizlik şeklindeyse sonsuz sayıda olası çözüm vardır ancak amaç fonksiyonunun tek bir en iyi değeri vardır.

Bir doğrusal programlama modelinin yapısındaki amaç fonksiyonu, sınır denklemleri ve pozitiflik şartından oluşan üç temel bileşen matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir (Büyükkökçü, 2007).

1. Amaç fonksiyonu: Doğrusal programlamanın varsayımına uygun olarak doğrusaldır. Genellikle kârın enbüyüklenmesi (maksimizasyonu) veya maliyetin enküçüklenmesi (minimizasyonu) amacına yönelik kurulurlar.

Karar değişkenleri X_j ($j=1, 2, 3, \dots, n$)

Sabit katsayılar (parametreler) c_j ($j=1, 2, 3, \dots, n$) ile gösterilmek üzere, amaç fonksiyonu;

Enbüyüklenme problemlerinde 12 numaralı eşitlikteki gibi kurulur.

$$Z_{\max} = \sum_{j=1}^n c_j X_j \quad (12)$$

Enküçüklenme problemlerinde ise 13 numaralı eşitlikteki gibi kurulur.

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n c_j X_j \quad (13)$$

2. Sınır şartları: Modelde yer alan kısıt kaynaklarla ilgili sınır şartları,

b_i : i . kısıt kaynağın kullanılabilir miktarı (sağ taraf sabitleri),

a_{ij} : i . kısıt kaynağın j . madde üretimi için kullanılması gereken miktarı (teknolojik katsayılar) olmak üzere;

Enbüyüklenme problemlerinde 14 numaralı eşitlikteki gibi kurulur.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad (14)$$

Enküçüklenme problemlerinde ise 15 numaralı eşitlikteki gibi kurulur.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_i \quad (15)$$

3. Pozitiflik şartı: Faaliyetler koordinat ekseninin iki değişkenin de pozitif olduğu, birinci bölgesinde meydana geleceğinden karar değişkenleri mutlaka pozitif olacaktır.

Bu durum $j=1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere,

$X_j \geq 0$ şeklinde ifade edilir.

Doğrusal programlama modelleri 16, 17 ve 18 numaralı vektörler şeklinde de formüle edilebilmektedir (Büyükkelik, 2007).

1. Amaç fonksiyonu

$$Z_{\max/\min} = [c_1, c_2, c_3, \dots, c_n] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (16)$$

2. Sınır şartları

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \begin{matrix} \leq \\ = \\ \geq \end{matrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (17)$$

3. Pozitiflik şartı

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

1.3.5. Duyarlılık Analizi

Doğrusal programlama tanımı gereği, bulunmak istenen karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlardan oluşmaktadır. Kısıtların, amaç fonksiyonu içerisindeki karar değişkeni katsayılarının değişmesinin, problemin çözümüne etkisinin incelenmesine duyarlılık analizi denmektedir (Güleç, 2007). Duyarlılık analizi her doğrusal programlama çalışmasının önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Hillier ve Lieberman, 1990). Çünkü orijinal modeldeki parametre değerleri gelecek ile ilgili durumların tahminine olanak sağlamaktadır. Modeldeki bazı parametrelerin değişmesi ile ulaşılabilecek farklı en uygun çözümlerin oluşması ve bunların değişim aralıklarının incelenebilmesi duyarlılık analizi ile mümkün olabilmektedir (Halaç, 2001). Duyarlılık analizi doğrusal programlamanın parametrelerindeki değişimin en uygun çözümü nasıl etkilediğinin bulunmasını amaçlamaktadır (Öztürk, 2005). Bu nedenle duyarlılık analizi bir çözüm yöntemi değil, belirlenen en uygun çözümün, problemde verilen katsayıların hangi değişim alanı içinde geçerli olduğunu belirtmeyi amaçlayan bir çalışmadır. Duyarlılık analizinin yapılabilmesi için öncelikle problemin en uygun çözümünün bulunması gerekmektedir (Sarıaslan, 1986).

Bir işletme açısından belirli ürünlerle tanımlanmış problemlerde amaç fonksiyonu, kârı en büyük yapmak olacaktır. Bu yaklaşımda, her ürün için elde edilecek kâr amaç fonksiyonunda üretim miktarlarının katsayıları olarak karşımıza çıkacaktır. Duyarlılık analizi ise ürünlerin kârlarının değişmesi durumunda, ürünlerin üretim miktarları olarak bulunan sonucun ne kadar değişeceğinin gözlemlenmesidir. İşletme açısından ifadesi, ürün kârları ne kadar değişirse verilen karar doğru olacaktır sorusuna cevap verilmesi ve böylelikle karar vericinin aldığı riski görmesinin sağlanmasıdır (Güleç, 2007).

1.3.5.1. Duyarlılık Analizinin Ekonomik Etkisi

Herhangi bir kısıtlayıcı denkleminde, eğer kaynakların toplam sıra dışı (marjinal) değeri, kâr değerini aşar ise istenen kaynak gereğinden fazla olacağından, o ürün üretilmemelidir (Öztürk, 2005). Kaynakların sıra dışı değerinin miktarı kâr değerinden fazla olduğunda, bu fazla miktar elverişli kaynakların etkin olmayan dağıtımından sonuçlanacak fırsat kaybını veya maliyetini ifade etmektedir. Eğer kaynakların toplam sıra dışı değeri kâr değeri ile tam bir eşitlik gösteriyorsa, bu kaynakların etkin bir şekilde

kullanıldığı anlamına gelmektedir. Sıra dışı değer, söz konusu kaynaktan bir birim daha fazla olduğunda amaç fonksiyonuna yapacağı katkıyı göstermektedir.

1.3.5.2. Duyarlılık Analizinde Gölge Fiyatlar

Doğrusal programlama teorisi, formüle edilen her bir problemin gerçekte primal ve dual olarak adlandırılan iki problem olduğunu ifade etmektedir (Öztürk, 2005). Bir doğrusal programlama problemi formüle edildiğinde, aynı verileri kullanan fakat dual olarak adlandırılan ikiz doğrusal programlama problemine ulaşılmaktadır. DP'deki simetriden dolayı dual problemin duali primal problemidir. Primal ve dual problem arasındaki ilişki gölge fiyatlar için bakış açısı kazandırmaktadır. Dual değişkenlerin en uygun değerleri gölge fiyatlar olarak adlandırılmaktadır. Gölge fiyatlar, herhangi bir üretim kaynağının miktarının bir birim artırılması veya azaltılması durumunda amaç fonksiyonunda meydana gelecek artış veya azalış olarak tanımlanmaktadır.

Gölge fiyatları tam rekabet ortamında ulaşılacak fiyatlardır. Fakat uygulamada tam rekabet ortamından uzaklaşmış olunması, piyasa fiyatlarının da gölge fiyatlardan sapmasına yol açmaktadır (Öney, 1971). Gölge fiyatları, firmanın elindeki verilerin sayılarını arttırarak yöneticiye karar vermede yardımcı olmaktadır (Öztürk, 2005).

1.4. Orman Ürünleri Sanayi

Üretim faaliyetlerini gerçekleştiren üç sektörden (Ticaret, Sanayi, Hizmetler) biri olan sanayi sektörü, hammadde ya da ara malların makine ve el emeğiyle işlenerek her türlü malın elde edilmesi faaliyeti olarak tanımlanabilmekte ve genellikle madencilik, imalat sanayi ve enerji olarak literatürde ve istatistiklerde yer almaktadır. Sanayinin gelişimi ise istihdamın büyük bir kısmını barındıran imalat sanayi üzerinden yapılmaktadır (Akyüz, 1995).

Orman ürünleri sanayi (OÜS) irili ufaklı binlerce işletmeden oluşan, imalat sanayinin bir alt sektörüdür. Bu sektörde kendi içersinde alt sektörlerle veya faaliyet gruplarına ayrılmaktadır. Uluslararası standart sanayi sınıflandırmasına göre imalat sanayinin ikili bir alt sanayi grubu olan orman ürünleri sanayi, ara malı üreten sanayiler arasında yer alan ağaç ve mantar ürünleri ile tüketim malı üreten sanayiler arasında yer

alan mobilya sanayinden oluşmaktadır (Özcan, 1991). Bu sektör, ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ham ürünlerin özellikle odunun yarma, kesme, biçme ve soyma şeklinde biçim değiştirerek, yongalayarak veya liflere ayırarak yapıştırıcı madde kullanarak veya kullanmaksızın presleme, buharlama, kurutma, emprenye etme ve benzeri işlemlerle odunun bünyesini değiştirmeden veya değiştirerek yarı mamul veya mamul üreten, gerektiğinde birinin mamulünü hammadde olarak kullanıp bütünleşmiş düzende üretim yapan bir sanayi koludur (Anonim, 1991).

Hammadde odunun işlenmesindeki amaca ve uygulanan teknolojilere göre çok değişik görünümde olan bu sanayi kolunun, daha yakından tanınabilmesi için değişik açılardan sınıflandırması yapılmaktadır. Ancak son zamanlarda üzerinde en çok uzlaşılan şekliyle bu sanayi kolu iki ana grupta toplanmaktadır (Anonim, 1991);

a. Birincil imalat sanayi ana grubu: Bu grupta odunu doğrudan hammadde olarak kullanan sanayi çeşitleri toplanmaktadır. Bu ana grup elde edilen ürünleri çeşitlerine göre üç kısma ayırmaktadır;

1. Bıçkı sanayi; kereste, ambalaj vb.
2. Levha sanayi; kaplama, kontrplak, kontratabla, yonga levha, lif levha vb.
3. Kâğıt hamuru ve kâğıt sanayi

b. İkincil imalat sanayi ana grubu: Bu grup birincil imalat sanayi tarafından üretilen ürünleri işleyerek ahşap, parke, doğrama, mobilya, prefabrik inşaat elemanları vb. ürünleri üreten sanayi dallarını içine almaktadır. İkincil imalat sanayi ana grubu; kalem, kibrit, oyuncak, karoser, silah dipçiği, müzik aletleri, el aletleri parçaları, ayakkabı topuğu ve burada sayılamayacak kadar çok geniş bir alanı kapsamaktadır (Akyüz, 2000).

Orman ürünleri sanayi, odun hammaddesinin kullanım değerini artırmak amacıyla faaliyet gösteren sektör konumunda olup, Türkiye ekonomisi içerisinde ağırlığını zamanla artırabilen bir yapıya sahip olmuştur. Gerek istihdam ettiği çalışanlar ve gerekse üretim sürecine aktardığı ürünler ile kalkınma sürecinde etkili olmuş ve ekonomik faaliyetlerin gelişimini sağlamıştır (Yıldırım ve Özşahin, 2004). Orman ürünleri sanayinin Türkiye ekonomisine katkısı (katma değer: bir malın üretiminin tüm aşamalarında satış fiyatından bir önceki aşamada yapılmış ana tüketim harcamasının çıkarılmasından kalan miktardır) ve imalat sanayi içersindeki durumunun yıllara göre değişimi Tablo 1’de görülmektedir (Yıldırım ve Özşahin, 2004; Balaban, 2007; TÜİK, 2010).

Tablo 1. Türkiye'nin ekonomik faaliyet kollarına göre işyeri sayısı, çalışanların sayısı ve katma değeri

Ekonomik Faaliyet Kolları	Yıllar	İşyeri Sayısı	Çalışanların Yıllık Ortalama Sayısı	Katma Değer (Bin TL)
İmalat Sanayi	1994	198.265	1.216.234	976.445
	2001	211.046	1.597.538	43.483.541
	2008	349.023	2.858.584	93.804.448
Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayi	1994	47.378	76.338	17.834
	2001	50.793	130.048	734.269
	2008	43.886	190.032	2.842.489
Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri Sanayi	1994	5.737	28.985	19.836
	2001	8.917	53.283	1.169.014
	2008	2.495	41.346	1.531.759

15 yıllık veriler incelendiğinde orman ürünleri ve mobilya sanayinin işyeri sayısı bazında imalat sanayi içerisinde sahip olduğu payın, %24'lerden %13'lere düşmesine rağmen, çalışan sayısına ilişkin oranın %6-8 arasında değiştiği ve katma değer bakımından oranının ise %1,7'den %3 seviyelerine çıktığı görülmektedir. Bu da bize işletmelerdeki çalışan sayılarının arttığını, yani küçük işletmelerin orta ve büyük ölçekli işletmeler haline geldiklerini göstermektedir. Ayrıca katma değer artması, ürün çeşitliliğinin artmasını ve ürünlerin Türkiye'de daha fazla işlendiğini de ifade etmektedir.

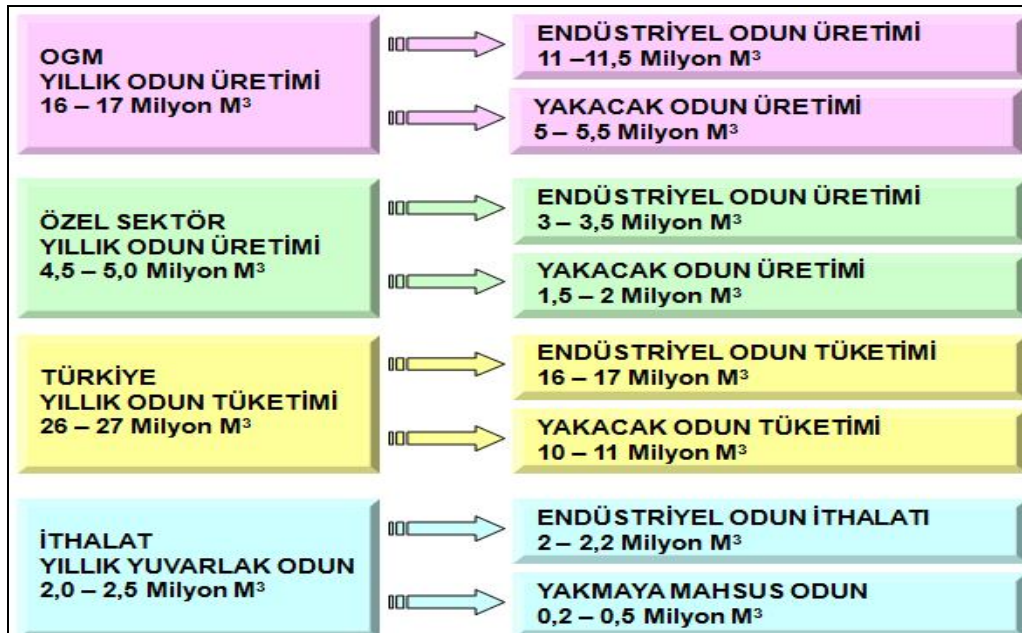
Aynı şekilde kâğıt ve kâğıt ürünleri sanayinin imalat sanayi içerisindeki payının 15 yıllık değişimi incelendiğinde işyeri sayısı, çalışan sayısı ve katma değer bakımından bir azalma olduğu görülse de gerçekte çalışan sayısı ve özellikle de katma değer bakımından büyük bir artış söz konusudur.

Türkiye'de ormanların toplam alanı, toplam serveti, üretim yapılabilir alanı, yıllık artımı, üretim yapılabilir alanlardaki yıllık artımı ve yıllık üretim miktarının koru ve baltalık olarak serveti Şekil 9'da görülmektedir (Kaplan, 2011).



Şekil 9. Türkiye'nin orman serveti (Asan, 2010).

Türkiye'nin yıllık odun arz talep durumuna ilişkin bilgiler Şekil 10'da verilmektedir (Kaplan, 2011).



Şekil 10. Türkiye'nin odun arz talep durumu

Şekil 10'da görüleceği üzere Türkiye'de yıllık olarak yaklaşık 25 milyon m³ odun tüketilmekte olup bunun 17 milyon m³'ü Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından, 5 milyon m³'ü özel sektör tarafından ve 2,5 milyon m³'ü de ithalat yoluyla temin edilmektedir. Tüketilen miktarın 15 milyon m³'ü endüstriyel odun olarak, 10 milyon m³'ü ise yakacak odun olarak kullanılmaktadır. Türkiye'nin endüstriyel odun tüketiminin %88'i ülke kaynaklarından karşılanmakta olup kişi başı endüstriyel odun üretimi 0,2 m³ iken tüketim 0,22 m³'tür.

Yıllık olarak 30 milyon m³ hammadde odun işleme kapasitesine ulaşan Türkiye, kâğıt sektörü hariç orman ürünleri sanayi (mobilya, lif levha, yonga levha, parke, ambalaj, palet vb.) alanında dünya piyasaları ile rekabet edebilir teknoloji ve kalitede ihracat gücüne ulaşarak bilhassa AB piyasalarında önemli bir pazar payı elde etmiştir (Kaplan, 2011).

Türkiye orman ürünleri sanayi dinamik yapısı ile daralan AB pazarlarına karşılık, Asya bölgesinde pazar payını artırmaya çalışmış ve bu pazarlarda başta komşu ülkeler olmak üzere orman ürünleri ihracatını artırmayı başarmıştır (Kaplan, 2011).

Türkiye'nin ahşap sanayi sektörüne ilişkin tesis sayısı, yıllık teorik ve fiili üretim kapasiteleri Tablo 2'de görülmektedir (Kaplan, 2011).

Tablo 2. Ahşap sanayi ürün kapasite durumu

Sanayi Kolu	Tesis Sayısı (adet)	Pratik Üretim Kapasitesi (1000m ³ /yıl) (B)	Fiili Üretim Miktarı (1000m ³ /yıl) (A)	Çalışma Derecesi (%) (A/B)
Yonga levha	24	3.972	2.950	75
Lif levha	16	3.937	2.500	65
Kontrplak ve benzeri ürün	55	300	210	70
Kaplama	18	110	90	82
Kereste	10.000	10.000	6.100	61

Not: Üretim miktarları 2007, 2008 ve 2009 yıllarının ortalaması olarak alınmıştır.

Tablo irdelendiğinde görüleceği üzere çalışma derecesi en fazla %82 ile kaplama sanayinde, en az %61 ile kereste sanayindedir. Diğer sanayilerde çalışma derecesi %65-75 arasında değişiklik göstermektedir. İşletme başına yıllık ortalama olarak en fazla üretim 156.250 m³ ile lif levha sanayinde, en az üretim ise 610 m³ ile kereste sanayinde gerçekleşmektedir.

Akyüz vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ihracatta mobilya ürün grubunun, ithalatta ise kâğıt-karton ve kâğıt-karton esaslı ürünlerin ön planda bulunduğu görülmektedir.

Türkiye'nin beş farklı levha ürünü (MDF (orta yoğunluklu lif levha), yonga levha, kontrplak, ahşap kaplamalı levha, izolasyon levha) ve bu ürünlere ait üretim, ithalat ve ihracat değerlerine ilişkin Avrupa Birliği (AB) ülkeleriyle rekabet edebilirliği incelenmiş ve Türkiye'nin İngiltere, Polonya, İspanya, İtalya, Belçika ve Avusturya gibi ülkelerle aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir (Yıldırım, 2006; Yıldırım vd., 2008).

Türkiye'nin 15 yıllık süreçte orman ürünleri sanayi alanında gerçekleştirmiş olduğu ihracat değeri, genel ihracat değerine paralel bir artış göstermiş olup ithalat değerinin genel ithalat değerinden daha az bir oranda artış gösterdiği görülmektedir. Böylece orman ürünleri sanayi bakımından dış ticaretteki açık oranı genel dış ticaret açık oranına kıyasla azalarak artmıştır.

Türkiye'nin 1996-2010 yılları arasında gerçekleştirdiği genel dış ticaret değerleri Tablo 3'de görülmektedir (URL-3, 2011).

Tablo 3. Türkiye'nin 1996-2010 yılları arasında gerçekleştirdiği dış ticaret (Milyon\$)

Yıllar	İhracat (A)	Değişim (%)	İthalat (B)	Değişim (%)	Dış Ticaret Hacmi	Dış Ticaret Açığı	A/B (%)	A/GSYH (%)	B/GSYH (%)
1996	23.224	7,3	43.627	22,2	66.681	-20.403	53,2	8,8	16,5
1997	26.261	13,1	48.559	11,3	74.820	-22.298	54,1	10,2	18,9
1998	26.974	2,7	45.921	-5,4	72.895	-18.947	58,7	10,0	17,1
1999	26.587	-1,4	40.671	-11,4	67.258	-14.084	65,4	10,7	16,5
2000	27.775	4,5	54.503	34,0	82.278	-26.728	51,0	10,5	20,5
2001	31.334	12,8	41.399	-24,0	72.733	-10.065	75,7	15,9	21,0
2002	36.059	15,1	51.554	24,5	87.613	-15.495	69,9	15,6	22,4
2003	47.253	31,0	69.340	34,5	116.593	-22.087	68,1	15,5	22,7
2004	63.167	33,7	97.540	40,7	160.707	-34.373	64,8	16,2	25,0
2005	73.476	16,3	116.774	19,7	190.251	-43.298	62,9	15,3	24,3
2006	85.535	16,4	139.576	19,5	225.111	-54.041	61,3	16,2	26,5
2007	107.272	25,4	170.063	21,8	277.334	-62.791	63,1	16,5	26,2
2008	132.027	23,1	201.964	18,8	333.991	-69.936	65,4	17,8	27,2
2009	102.143	-22,6	140.928	-30,2	243.071	-38.786	72,5	16,6	22,9
2010	113.883	11,5	185.544	31,5	299.427	-71.661	61,4	15,5	25,2

Ele alınan 15 yıllık süreçte ihracatın ithalatı karşılama oranı %55-75 arasında değişiklik göstermiş olup ihracat yaklaşık 5 kat, ithalat ise 4 kat artış göstermiştir. Yıllar itibariyle dış ticaret açığı yaklaşık olarak 3 kat artış göstermiştir. Fakat ihracatın gayri safi yurtiçi hasılaya oranı yaklaşık %80 artış göstermiş, ithalatın gayri safi yurt içi hasılaya oranı ise yaklaşık %45 civarında artış gösterebilmiştir.

Türkiye'nin 1995-2009 yılları arasında gerçekleştirdiği orman ürünleri sanayi dış ticaret değerlerine ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 4'de görülmektedir (URL-4, 2011).

Tablo 4. Orman ürünleri (OÜ) ve kâğıt sanayi sektörünün üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri

Yıllar	OÜ Üretim(m ³) A	Kâğıt Üretim(ton) A*	OÜ İthalat(m ³) B	Kâğıt İthalat(ton) B*	İthalat (1000\$) C ¹	OÜ İhracat(m ³) D	Kâğıt İhracat(ton) D*	İhracat (1000\$) E ¹	OÜ Tüketim(m ³) (A+B-D)	Kâğıt Tüketim(ton) (A* + B* - D*)	Fark (1000\$) (E-C)
1995	16.540.000	2.347.000	1.109.000	713.800	903.313	292.100	101.100	113.794	17.356.900	2.959.700	-789.519
1996	16.070.000	2.076.000	1.588.300	925.600	931.969	103.100	39.248	68.797	17.555.200	2.962.352	-863.172
1997	15.985.000	2.292.000	1.330.000	1.137.900	883.160	96.000	50.000	87.414	17.219.000	3.379.900	-795.746
1998	13.512.000	2.441.000	1.744.000	1.112.000	984.212	155.000	62.000	74.553	15.101.000	3.491.000	-909.659
1999	13.843.000	2.389.000	1.829.000	1.248.000	963.600	100.000	78.000	78.528	15.572.000	3.559.000	-885.072
2000	14.958.000	2.805.000	2.736.000	1.402.540	1.250.694	111.000	66.000	81.516	17.583.000	4.141.540	-1.169.178
2001	13.851.000	2.651.000	1.270.000	1.037.000	808.887	346.000	164.000	168.279	14.775.000	3.524.000	-640.608
2002	16.200.000	2.937.000	1.664.000	1.621.000	1.052.445	396.964	179.208	181.471	17.467.036	4.378.792	-870.974
2003	16.290.000	2.937.000	2.411.940	1.622.470	1.122.741	489.969	179.208	202.992	18.211.971	4.380.262	-919.749
2004	18.685.000	2.937.000	4.162.626	1.629.000	1.362.197	499.877	179.208	237.603	22.347.749	4.386.792	-1.124.594
2005	19.715.000	2.937.000	5.195.156	2.604.961	2.755.749	644.945	179.208	256.278	24.265.211	5.362.753	-2.499.471
2006	20.666.000	2.797.000	5.170.804	2.613.118	2.789.829	607.800	179.208	294.764	25.229.004	5.230.910	-2.495.065
2007	21.872.000	2.787.000	5.783.300	3.123.470	3.403.319	930.000	205.110	492.688	26.725.300	5.705.360	-2.910.631
2008	21.797.000	5.576.000	5.229.000	2.911.001	3.529.614	816.260	323.723	623.546	26.209.740	8.163.278	-2.906.068
2009	21.217.000	5.567.000	4.599.285	2.889.991	2.718.006	825.264	264.096	519.439	24.991.021	8.192.895	-2.198.567

Not: ¹ C ve E harfleriyle kodlanan ithalat ve ihracat değerleri, OÜ ve kâğıt sanayinin toplamı şeklinde verilmektedir.

OÜ sanayi kapsamında: Lif levha, yonga levha, kontrplak, kaplama, kereste, kerestelik ve kaplamalık tomruk, kâğıt hamuru üretimi için odun ve yonga, yonga ve lif. Kâğıt sanayi kapsamında: Mekanik odun hamuru, kimyasal odun hamuru, yarı kimyasal odun hamuru, gazete kâğıdı, diğer lif hamuru, diğer kâğıt ve karton, baskı ve yazı kâğıdı, atık kâğıt, çözünebilen odun hamuru yer almaktadır.

Bahsi geçen yıllar itibariyle Türkiye'nin orman ürünleri tüketimi %45'ler civarında, kâğıt tüketimi ise %173'ler civarında bir artış göstermiştir. Yıllar itibariyle genel dış ticaret açığına paralel olarak orman ürünleri sanayi dış ticareti de yaklaşık 3 kat artış göstermiştir. Yıllara göre OÜ ve kâğıt sanayi ihracatının gayri safi yurtiçi hasılaya oranı yaklaşık 2,7 kat artış göstermişken, ithalatın gayri safi yurt içi hasılaya oranı ise yaklaşık 1,2 kat civarında artış göstermiştir.

Avrupa Ormancılık Enstitüsü (European Forest Institute - EFI) verilerine göre Türkiye'nin mobilya (hasır mobilya, ahşap yatak odası mobilyası, ahşap mobilya, ahşap mutfak mobilyası, ahşap ofis mobilyası, ahşap mobilya vb.) ürün grubu bakımından gerçekleştirmiş olduğu dış ticaret verileri Tablo 5'de görülmektedir (URL-5, 2011).

Tablo 5. Türkiye'nin mobilya bazında dış ticareti

Yıllar	İthalat (ton)	İhracat (ton)	Fark (ton)	İthalat (1000\$)	İhracat (1000\$)	Fark (1000\$)
1999	26.667	28.707	2.040	120.404	74.684	-45.720
2000	33.738	38.133	4.395	150.609	93.445	-57.164
2001	21.982	42.233	20.251	87.676	78.747	-8.929
2002	16.320	77.693	61.373	75.242	132.338	57.096
2003	15.635	108.955	93.320	85.273	216.830	131.557
2004	53.006	100.619	47.613	146.186	315.706	169.520
2005	53.033	162.676	109.643	206.680	412.910	206.230
2006	67.098	168.632	101.534	279.887	426.938	147.051

Tablo 5'de görüldüğü üzere Türkiye'nin mobilya sanayi alanında, orman ürünleri sanayi ve genel dış ticaretinde olan dış ticaret açığının yerini dış ticaret fazlası veren bir hal almaktadır. Mobilya sanayi, imalat sanayi içersinde dış ticaret fazlası veren ender sektörlerden biridir. Mobilya ihracatı yıllar itibariyle yaklaşık 6 kat artış gösterirken ithalat yaklaşık 2 kat artış göstermiştir.

Türkiye'nin 15 yıllık süreçte odun esaslı levhaların, lif levhaların ve MDF'nin dış ticaret durumu ve tüketim miktarları Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 8'de ayrıntılı olarak verilmiştir (URL-4, 2011). Ayrıca her üç tabloya ilişkin tüketim miktarları da Şekil 11'de görülmektedir.

Tablo 6. Odun esaslı levhaların üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri

Yıllar	Üretim (m ³) A	İthalat (m ³) B	İthalat (1000\$) C	İhracat (m ³) D	İhracat (1000\$) E	Tüketim (m ³) (A+B-D)	Fark (1000\$) (E-C)
1995	1.464.000	142.800	28.901	82.100	16.032	1.524.700	-12.869
1996	1.573.000	115.000	36.837	56.200	16.787	1.631.800	-20.050
1997	2.379.000	104.000	41.130	48.000	19.692	2.435.000	-21.438
1998	1.942.000	124.000	54.862	47.000	19.951	2.019.000	-34.911
1999	2.042.000	81.000	38.645	59.000	21.615	2.064.000	-17.030
2000	2.370.000	535.000	99.420	64.000	21.428	2.841.000	-77.992
2001	2.098.000	140.000	44.931	170.000	44.013	2.068.000	-918
2002	2.714.000	333.000	83.793	229.400	53.518	2.817.600	-30.275
2003	3.196.000	450.519	114.369	321.560	86.665	3.324.959	-27.704
2004	3.833.000	728.785	237.336	406.360	123.523	4.155.425	-113.813
2005	4.771.000	1.130.206	381.199	513.186	138.634	5.388.020	-242.565
2006	4.989.000	895.804	348.362	560.682	181.087	5.324.122	-167.275
2007	5.459.000	1.102.300	524.405	842.000	292.203	5.719.300	-232.202
2008	5.614.000	933.000	489.809	780.800	354.241	5.766.200	-135.568
2009	5.482.000	690.460	299.290	783.400	314.700	5.389.060	15.410

Not: Odun esaslı levhalar: Lif levha, yonga levha, kontrplak ve kaplama

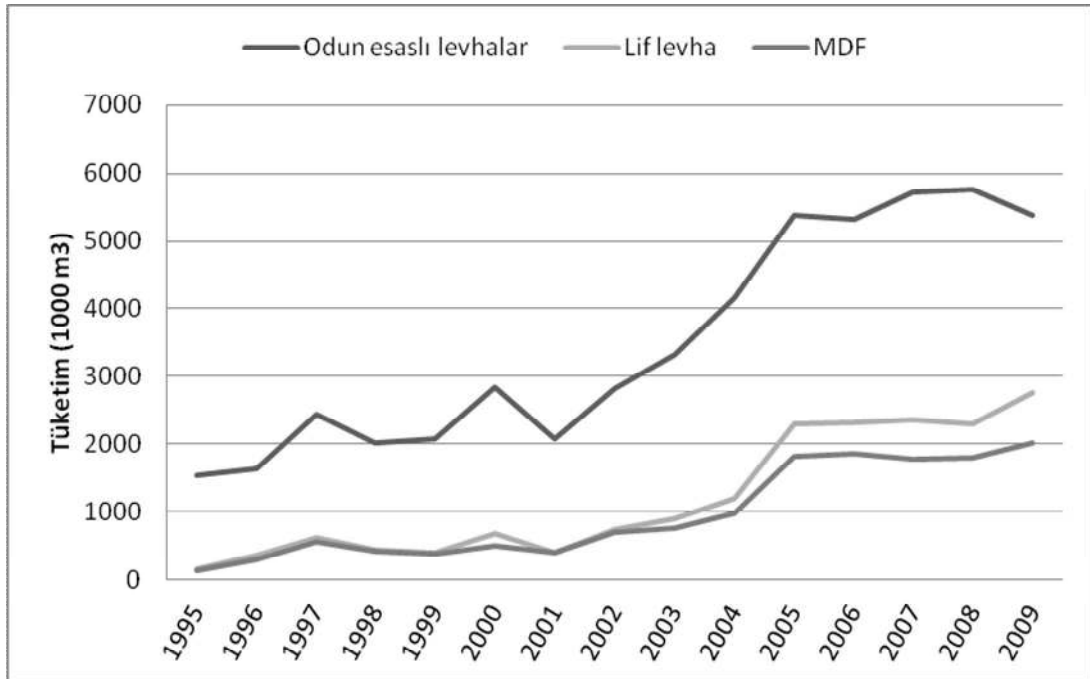
Tablo 7. Lif levha üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri

Yıllar	Üretim (m ³) A	İthalat (m ³) B	İthalat (1000\$) C	İhracat (m ³) D	İhracat (1000\$) E	Tüketim (m ³) (A+B-D)	Fark (1000\$) (E-C)
1995	131.000	16.900	9.256	2.100	721	145.800	-8.535
1996	301.000	51.000	18.741	8.200	1.908	343.800	-16.833
1997	574.000	49.000	24.132	7.000	2.481	616.000	-21.651
1998	357.000	83.000	35.438	10.000	2.428	430.000	-33.010
1999	348.000	45.000	20.624	14.000	2.662	379.000	-17.962
2000	422.000	274.000	53.977	19.000	3.591	677.000	-50.386
2001	386.000	88.000	26.353	82.000	12.160	392.000	-14.193
2002	600.000	227.000	54.218	90.000	14.787	737.000	-39.431
2003	810.000	247.261	65.038	176.049	30.706	881.212	-34.332
2004	1.003.000	369.000	132.613	184.648	42.729	1.187.352	-89.884
2005	1.742.000	727.355	247.501	183.267	50.657	2.286.088	-196.844
2006	2.100.000	549.000	209.580	343.000	99.345	2.306.000	-110.235
2007	2.200.000	719.000	335.173	571.000	179.742	2.348.000	-155.431
2008	2.226.000	480.000	274.492	416.000	205.159	2.290.000	-69.333
2009	2.950.000	297.400	150.103	491.000	214.873	2.756.400	64.770

Not: Lif levha: MDF (Orta yoğunluklu lif levha), HDF (sert lif levha), İzolasyon levha

Tablo 8. MDF üretim, ithalat, ihracat miktar ve değerleri

Yıllar	Üretim (m ³) A	İthalat (m ³) B	İthalat (1000\$) C	İhracat (m ³) D	İhracat (1000\$) E	Tüketim (m ³) (A+B-D)	Fark (1000\$) (E-C)
1995	121.000	1.000	1.535	1.800	619	120.200	-916
1996	278.000	12.000	4.608	8.000	1.823	282.000	-2.785
1997	530.000	30.000	13.740	7.000	2.481	553.000	-11.259
1998	357.000	63.000	24.166	8.000	1.885	412.000	-22.281
1999	348.000	21.000	9.912	6.000	1.421	363.000	-8.491
2000	388.000	104.000	23.106	9.000	2.239	483.000	-20.867
2001	355.000	59.000	12.554	31.000	6.182	383.000	-6.372
2002	570.000	173.000	28.489	53.000	8.104	690.000	-20.385
2003	700.000	176.540	27.511	122.606	21.099	753.934	-6.412
2004	850.000	246.000	59.141	134.000	25.295	962.000	-33.846
2005	1.500.000	436.000	115.760	128.000	33.980	1.808.000	-81.780
2006	1.798.000	325.000	80.625	271.000	74.228	1.852.000	-6.397
2007	1.952.000	334.000	96.590	515.000	160.648	1.771.000	64.058
2008	1.921.000	228.000	88.749	356.000	190.474	1.793.000	101.725
2009	2.290.000	172.000	60.439	456.000	194.754	2.006.000	134.315

Şekil 11. Odun esaslı levhalar, lif levha ve MDF'nin tüketim miktarları (m³)

Son üç tablo ve Şekil 11 incelendiğinde Türkiye’de odun esaslı levha tüketimi önemli oranda artış göstermişken lif levha ve özellikle MDF bakımından ise çok daha fazla bir tüketim artışı gerçekleşmiştir. Odun esaslı levha ve lif levha sadece 2009 yılında dış ticaret fazlası vermişken MDF son üç yıldır dış ticaret fazlası vermektedir.

Türkiye’de lif levha fabrikalarında 1.425 kişi, yonga levha fabrikalarında 5.064 kişi ve mobilya fabrikalarında 69.057 kişi istihdam edilmektedir (URL-6, 2011).

2009 yılı sonu itibari ile Türkiye’de yıllık 3.805.000 m³ MDF üretim kapasitesi mevcut olup Kastamonu Entegrenin Kastamonu yatırımı 360.000 m³, Yıldız Entegrenin Manisa ve Mersin yatırımları 600.000 m³ olarak devreye alındıklarında bugünkü kapasite toplamı 4.765.000 m³ olarak gerçekleşecektir.

2009 yılında Avrupa’nın toplam MDF kapasitesi 19.051.000 m³’den bugün 21.784.000 m³ kapasiteye çıkmıştır. Yapılan yeni yatırımlar ile 1-2 yıl içerisinde Türkiye’nin Avrupa içindeki payı ise %20’den %22’ye çıkabilecektir (Usta, 2011). 2009 yılı itibariyle dünyada toplam MDF kapasitesi 60,7 milyon m³ olup Türkiye’nin payı %6,3’dür. Dünyada her bin kişiye ortalama 9 m³ MDF düşerken, Türkiye’de 49 m³ düşmektedir.

1 m³ MDF üretimi için gerekli girdiler;

Odun: 852 kg (3,5-4,5 ster)

Tutkal (%65 katı madde): 75 kg

Parafin: 7,5 kg

Sertleştirici ve diğer katkı maddeleri: 2 kg

Elektrik enerjisi: 300 kWh (258.126 kcal)

Yakacak Odun: 100 kg (Isı enerjisinin %70-100’ü kabuk, zımpara tozu, odun ve levha boyutlandırılması sırasındaki artık parçalardan oluşmaktadır).

Toplam Enerji İhtiyacı: 8,5 Mcal (8.500 kcal)

İşçilik: 11-12 saat olarak verilmektedir (Anonim, 1995).

1.5. Literatür Özeti

Doğrusal programlama yöntemi kullanılarak çözülebilecek birçok problemin yanında, bu problemlerin sektörel düzeyde belirlenip değerlendirilmesi gerekir. Bu doğrultuda literatürden bazı çalışmalar incelenmiştir.

Çetinbağ (2005), işletmelerde üretim programlarının hazırlanmasında doğrusal en uygun modelin kullanılması ve buna yönelik bir uygulamayı, bir tekstil işletmesinin kârını en büyük yapabilmek amacıyla, mevcut maliyetler ve günlük sipariş talepleri ile birlikte makine ve teçhizat kısıtları göz önünde bulundurularak günlük üretim programının hazırlanmasını amaçlamıştır.

Yavuz (2002), yeraltı mekanize kömür panolarının boyutlarının en uygun olarak belirlenebilmesi için, tam mekanize uzun ayak panoları için en uygun boyutların belirlenerek en düşük maliyetle en fazla miktardaki kömürün üretilebilmesini sağlamıştır.

Öztürkcan (2003), medya planlaması ve reklam etkinliğini doğrusal programlama ile ölçerek, kısıtlı bir reklam bütçesi ile reklam etkinliğinin en iyi şekilde sağlanabilmesi ve en küçük maliyetle en fazla tüketiciye ulaşılması için yapılması gerekenleri araştırmıştır.

Karayılmazlar (1997), yonga levha endüstrisinde en uygun ürün bileşimi ve hammadde karışımını doğrusal programlama ile modelleyerek, orman ürünleri sanayinde yöneylem araştırması uygulamalarını genişletmek, azalan orman kaynaklarını daha verimli kullanabilmek, odun kökenli bu ürün sanayinin etkin bir yapıya kavuşturulmasına yardımcı olabilmek için doğrusal programlama tekniği yardımıyla en uygun kaynak kullanımına ilişkin örnek modeller geliştirmiştir.

Sabır (2000), tekstil sektöründe bir iplik işletmesinde proses sayısı, üretilen iplik çeşidi, kullanılan hammadde, stok düzeyleri, işgücü, fason üretim gibi parametreler ışığında belirli bir dönemde kârı en büyük yapacak en uygun üretim programını doğrusal programlama yaklaşımı ile belirlemiştir.

Gavcar (1992), orman ürünleri sanayinde hammadde ve taşıma giderleri, toplam giderler içerisinde önemli bir kalemi oluşturdukları için en küçük maliyetle ihtiyaçları karşılamak için transport modelleri kurarak hesaplamalar yapmıştır. Böylece işletmelere dolayısıyla ülke ekonomisine getireceği yararlar bakımından önemli bir çalışmadır.

Chen ve Wang (1997), Kanada'da faaliyet gösteren entegre (bütünleşmiş) bir çelik üretim işletmesinde üretim ve dağıtım planlaması için doğrusal programlamayı

kullanmışlardır. İşletmenin, birden çok fabrikadan oluşması, çok sayıda malzeme tedarikçisi ile çalışması, farklı coğrafik bölgelerde müşterilerinin olması ve müşterilerinin farklı üretim süreçlerinden ürünler (yarı ürün veya bitmiş ürün şeklinde) sipariş edebilmesi sebebiyle planlamanın çok önemli olduğu bu ortamda, işletmenin satın alma, üretim ve dağıtımla ilgili problemlerini bütünleştirerek tek bir planlama altında modelleyen bir çalışma yapmışlardır. Doğrusal programlama yaklaşımıyla kurdukları modelin çözümüyle, işletmeye büyük finansal fayda sağlamışlardır.

Özkan (2006), mobilya fabrikasında üretim planlama sisteminin geliştirilmesi için işletmenin toplam üretim, stok ve işgücü maliyetlerini en küçük yapabilmek için üretim planlama modeli kurmuştur. Uygulama sonuçlarına göre maliyetler toplamda sezgisel yöntemlere göre %20 oranında azalırken, özellikle stok maliyetlerinde büyük bir iyileşme sağlanarak %87 oranında bir azalma sağlanmıştır.

Seçme (2005), üç çeşit un üretilen bir işletmenin aylık kazancını en büyük yapabilmek için, hangi tip undan, ne zaman ve ne kadar üretmesi gerektiği şeklindeki üretim planlama problemine önce klasik doğrusal programlama modeli ile sonra da belirli toleranslar eşliğinde bulanık doğrusal programlama modeli ile çözüm aramıştır.

Mezgit vd. (1999), LPG, süper benzin, normal benzin, gazyağı gibi birden çok ürünün ham petrolden dönüştürülebildiği Batman rafinerisinde, kârı en büyük yapacak bir ürün bileşimi için doğrusal programlama ile modelleme çalışması yapmış ve belirli bir dönem için üretim programına yönelik hangi üründen ne kadar üretileceğini belirlemişlerdir.

Sargın (2006), üretim planlamada doğrusal programlama yöntemini kullanarak, doğrusal programlamanın üretim planlamasında sağladığı faydaların açıklanmasının yanı sıra, doğrusal programlamanın taleplerin belirsiz olduğu durumlarda da başarıyla uygulanabildiğini çeşitli örneklerle kanıtlamaya çalışmıştır. Sargın kurduğu doğrusal programlama modelinin ilkinin bir giyim firmasında uygulamış %9 civarında bir maliyet azalışı ve ikincisini de ateşe dayanıklı malzemeler üreten bir işletmede uygulamış ve 1 milyon \$ civarında kâr elde etmiştir.

Yılmaz (2010), doğrusal programlama yöntemiyle, mobilya endüstrisinde regresyon analiziyle elde edilen talep tahminlerini kullanarak kârı en büyük düzeye çıkaracak üretim planlamasını gerçekleştirmiştir. Yılmazın kurduğu model sonucunda tüm ürünlerden üretilmesi gerektiği ve 73.430 TL'lik bir kâr elde edildiği belirtilmiştir.

Batuk (2010), tekstil boya-terbiye işletmesinde kumaşların satışından elde edilen kârın en büyük olmasını sağlayacak en uygun üretim miktarının bulunmasını hedeflemiş ve doğrusal programlama yöntemiyle sonuca ulaşmıştır. Ayrıca tekstil işletmelerinin değişken talebe daha uygun olduğunu ispatlamış, benzetim yöntemiyle değişken talep altında farklı kumaş türlerine göre maliyet ve süreyi hesaplamıştır.

Uluçam (2008), bütünleşik üretim planlamanın işletmeler için nedenli önemli olduğunu, karma tamsayılı doğrusal programlama yöntemlerini kullanarak işletmenin sağlayacağı kazancı ortaya koymaya çalışmıştır. Petrol ürünleri sanayi işletmesinde, mevcut üretim planlarının son teknoloji bilgisayar programları ile kontrol edildiği bir ortamda alternatif üretim planlama modelleri geliştirerek daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini tespit etmiştir.

Şengül (2007), bütünleşik üretim planlama çalışmalarının oldukça karmaşık olmasından dolayı anlaşılmasının zor olduğunu, bu zorluğu aşmak için oldukça basit ve sade olan deneme yanılma yöntemini, günümüzün rekabet içeren ve devamlı gelişen iş hayatındaki yenilikleri takip etmek adına doğrusal ve amaç programlama yöntemlerini de kullanarak çözmüştür. Geliştirilen bütünleşik üretim planlama ile mobilya sektöründe üretim maliyetlerini en az yapmayı hedeflemiştir.

Toklu (1985), karar verme ve yönetim sistemlerindeki karar problemleri üzerinde durarak, doğrusal programlamanın etkin bir karar verme aracı olarak kullanıldığını belirtmektedir. Doğrusal programlama ile firmanın kârını en büyük yapacak ürün bileşimini belirlemiştir. Firmadaki mevcut üretim durumları ele alınarak yeni elde edilen değerler ile karşılaştırılmış ve bazı tezgâhların aylık çalışma kapasitelerinin artırılması tavsiyesinde bulunulmuştur.

Aydın (2006), doğrusal programlama ile en uygun üretim planlamasında elde edilen sonuçları ve bu sonuçların mevcut durumla karşılaştırılmasından sonra iyileştirici hususların ne olabileceğine dair bilgiler sunmuştur. Üretim kapasite kullanımının %52'den %60'a çıkabileceği ve %34 daha fazla kâr elde edilebileceği bulunmuştur.

Satır (2003), son dönemde artan tavuk talepleri sonucu bütünleşmiş hale gelen tavuk organizasyonlarının üretim planlama faaliyetlerinin zorlaştığını, bu zorluğun çözümü içinde matematiksel modelleme teknikleri ve istatistik yöntemleri kullanarak bir üretim planlama modelinin oluşturulmasını hedeflemiştir.

Kuru (1988), karmaşık bir yapıda olan Türkiye demir çelik endüstrisinin uzun dönemli planlaması için doğrusal programlama yöntemini kullanmıştır. Ürünler ve

üretim teknolojileri bakımından zengin olan demir çelik sektörünün büyük bir transport sorunu olduğunu ve matematiksel paket programı kullanarak değişik maliyeti en az yapan formüller ile farklı stratejiler geliştirerek kapasite artırmanın yollarını aramıştır.

Farrell ve Maness (2005), ikincil orman ürünleri sanayi üreticilerinin karmaşık bir üretim planlama süreci ile karşı karşıya olduklarını belirterek bu tür üretim planlama sorunlarının da yöneylem araştırması teknikleriyle çözümlenebileceğini ve kendilerinin de doğrusal programlama modelleri ile çözümlediklerinden bahsetmişlerdir. İkincil üretim işletmelerinde pek çok modelin belirli sorunların çözümü için tasarlandığını, kendilerinin ise daha esnek üretim planlarına adapte olabilecek model tasarlayarak önemli bir avantaj elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Uysal (2008), tarım işletmelerinin ekonomik yapıları ile yıllık faaliyet sonuçlarını ortaya koyarak işletme gelirlerinin artırılabilmesi için en uygun işletme planını tespit etmeye çalışmıştır. Bu planlara göre brüt kârın %218 artabileceği tespit edilmiştir.

Hassan (2004), doğrusal programlama yöntemi ile en uygun üretim desenini kurarak, mevcut arazinin %0,37'sinin boş bırakıldığı takdirde gelirin %1,57 oranında artabileceğini tespit etmiştir.

Çakıcı (1973), doğrusal programlama metodu ile en uygun ürün bileşimini tespit etmiş ve işletme organizasyonunda yapılacak değişiklikler ile gelirin arttırılabileceğini belirlemiştir.

Büyükkeklik (2007), inşaat sektöründe prefabrik yapı elemanlarının, kısa dönemli üretim planlamasını çok amaçlı doğrusal programlama ile modellemiştir. Geliştirilen modelin çözümlenmesi ile müşteri termin (randevu) tarihleri ve işgücü kapasitesine uygun olarak her bir elemana ait kalıp yükleme çizelgesi hazırlanarak üretim planı oluşturulmuştur.

Ergülen ve Gürbüz (2006), enerji ve inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir beton direk işletmesinde üretim kapasitesi, kalıp sayısı, tonaj ve işgücü kısıtları altında kapasitenin en fazla kullanılmasını mümkün kılan bir doğrusal programlama modeli ile üretim planlamasını gerçekleştirmişlerdir.

Gürdoğan (1981), Karabük entegre demir çelik tesisinde önemli bir ünite olan kontinü (sürekli) hafif profil haddehanesinin üretim planlanmasında doğrusal programlama tekniğini uygulayarak, aylak kapasiteyi en küçük, toplam kârı en büyük yapan programlar kullanmış ve büyük ölçüde tasarruf sağlanabileceğini hesaplamıştır.

Ramsing (1966), kontrplak üretiminde yapılan bir çalışma ile ürün sayısını 58'den 17'ye indirerek de aynı kârın sağlanabildiğini göstermiştir. Yapılan üretim planıyla kâr da iki katına çıkmıştır.

Dilip (1976), kurulan model sonucunda temel alınan yıla göre her yıl satış gelirinde 1 milyon \$ artış elde edilebileceğini kaydetmiştir.

Al-Shammari (2009), doğrusal problemler için en uygun duruma getirme problemlerinin bazı türleri için en iyileme sonrası analizlerin pratik çözümlemeleri üzerinde durmuştur. En uygun amaç fonksiyonu belirlendikten sonra daha net bir fikir edinmek için duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Sung (2009), üretim planlama ve programlamanın uyumu için karışık tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımları ve çözüm stratejilerinin geliştirilmesi ile ilgilenmiştir.

Şen (1992), üretim planlamada kullanılabilecek DP modellerinden bahsederek bir işletme uygulamasına yer verdiği çalışmada, genel anlamda dinamik haldeki ürün bileşimi kararlarının amacının, talep ve kaynak sınırlamalarından doğan kısıtlar neticesinde, dönemler içinde elde edilecek kazancı en büyük yapacak üretim programının elde edilmesi olarak ifade etmiştir.

Çetindere vd. (2010), üretim planlamasının işletmeler için ne denli önemli olduğunu vurgulamış ve bu tür problemlerde başarılı bir şekilde kullanılan doğrusal programlama yöntemini bir hazır giyim işletmesinde uygulamışlardır. Çalışmada kurulan amaç fonksiyonu ile en fazla kârın elde edilmesi için, tek tip ürünün üretilmesi veya daha fazla siparişin alınmasıyla olabileceği sonuçlarına ulaşmışlardır.

Bircan ve Kartal (2003), niceleyici karar verme tekniklerinden doğrusal programlama tekniğinin kurulu işletme kapasitelerinin en kârlı biçimde kullanılmasında gösterdiği yararları ortaya koymuşlardır. Oluşturulan model ile fiili durumdaki işletmenin dar boğaz oluşturan üniteleri ve atıl kapasiteleri belirlenmiştir. İşletmenin son 4,5 yıllık verileri temel alınarak en uygun kapasite kullanımı için pazar sınırlaması modeli geliştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında ilk öncelik problemin tanımlanması aşaması olup problemin tanımlanmasından sonra tesiste incelenecek konular şu şekilde sıralanmaktadır.

- Üretimi en kârlı yapacak ürün bileşiminin belirlenmesi,

- Gelen piyasa taleplerini karşılamak için, bu ürün bileşiminin öngördüğü imalattan uzaklaşıldığında kârlılık ve toplam üretim maliyetinin ne şekilde etkileneceği,

- Her hangi bir sebeple rekabet gücünü artırmak için, piyasa satış fiyatlarını aşağı ya da yukarı çekme şeklinde olan bir politika uygulamak gerektiğinde, en uygun ürün bileşimi planının bozulmaması için, en uygun ürün bileşiminde yer alan ürünlerin birim satış fiyatlarında en büyük ya da en küçük sınırların ne olabileceği,

- Tesisin stok yönetimi incelenerek fazla stok bulundurulup bulundurulmadığı, stoklama maliyetinin yüksek olup olmadığı ya da stoksuz kalmadan ötürü kaçırılan fırsat maliyetleri gibi sorunların çözüme kavuşturulup sorunsuz bir şekilde yürütülebileceği,

- Satışta yeteri kadar kâr elde edilemeyen ürünleri kârlı hale getiren satış fiyatlarının ne olabileceğinin belirlenmesi, duyarlılık analizleri ile gölge fiyatlar oluşturularak çözüme girmeyen ürünleri kârlı hale getiren fiyat artışlarının ne olacağının bulunabilmesi amaçlanmaktadır.

Tüm bu amaçlar, işletme problemi ve kısıtlarını da göz önüne alan doğrusal programlama çözüm tekniği kullanılarak elde edilen sonuçlarla cevaplandırılabilir. Bu modelin çözümünden elde edilecek gölge fiyatlar ve duyarlılık analizleri detaylı incelenerek, ayrıca bu aşamadaki toplam maliyetler bulunabilecektir. Mevcut şartlar ve öneriler dikkate alınarak problem defalarca çözdürülebilecektir. Bu amaçlar doğrultusunda “Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe Üretim Planlama Sisteminin Doğrusal Programlama Yöntemi ile Geliştirilmesi ve Uygulaması” adlı çalışma tamamlanmış olacaktır.

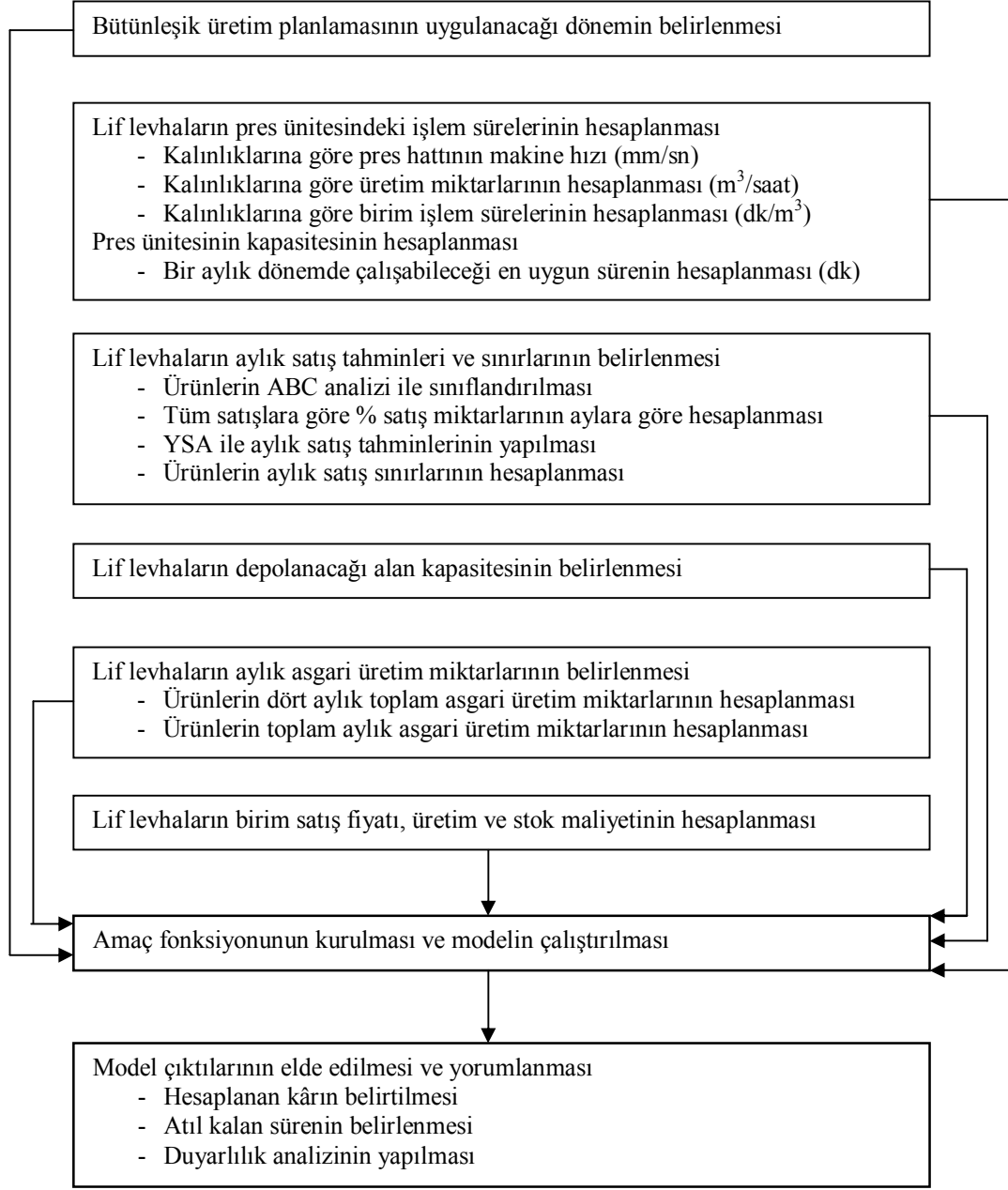
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Orman ürünleri sanayinde yeteri düzeyde üretim planlama ve programlama faaliyetlerinin tam olarak gerçekleştirilememesinden dolayı yapılacak olan çalışma ile bir fabrikanın lif levha üretim hattının orta dönemli bütünleşik üretim planlamasının yapılması hedeflenmiştir.

Bu hedef doğrultusunda orta dönemli üretim planlarında, DP ile en uygun ürün bileşimi modelinin bütünleşik üretim planlaması kapsamında oluşturulmasında ilk olarak ünite kapasiteleri ve ürünlerin ünitelerdeki birim işlem süreleri hesaplanmıştır. Daha sonra ABC analizi kullanılarak hangi ürünlerin modelde kullanılacağı belirlenmiş ve yapay sinir ağı modelleri ile gelecek dönemlerde ne kadar satış yapılabileceği tahmin edilmiştir. Elde edilen tahminler kullanılarak her bir ürüne ait aylık satış tahminleri ve sınırları belirlenmiştir. Eğer varsa ürünlere ait dönem başı stoklar tespit edilmiş ve ürünlerin dönemlere ait asgari üretim miktarı kısıtları oluşturulmuştur. Son olarak da her bir ürüne ait birim satış fiyatı, üretim maliyeti ve stoklama maliyeti belirlendikten sonra amaç fonksiyonu elde edilmiştir.

Böylelikle ele alınan işletmenin lif levha üretim hattında belirli bir dönemde her bir üründen ne miktarda üretilip satılacağına, sınırlı kaynakları da göz önünde bulundurarak karar verip işletmenin elde edilen kârının en büyüklenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın genel kavramsal çerçevesi Şekil 12'deki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 12. Çalışmanın genel kavramsal çerçevesi

2.1. Materyal

İmalat sanayi, üretim faaliyetlerinin üçayağından biri olan sanayi sektörünün gelişimi ve ülkedeki istihdamın arttırılmasında büyük bir öneme sahip sektördür. Orman ürünleri sanayi ise imalat sanayi içerisinde bir alt sektör olup, istihdamın %7'sini, katma değer ise %3'ünü teşkil etmektedir (TÜİK, 2010).

Alt sektörel gruplarıyla birlikte yıllık olarak 30 milyon m³ hammadde odun işleme kapasitesine sahip olan orman ürünleri sanayi, levha ürünleri ve mobilya sanayinde dünya piyasaları ile rekabet edebilir teknoloji ve kaliteye sahip olup, özellikle Avrupa pazarında söz sahibi konuma gelmiştir.

Çalışma alanını, ortalama olarak günlük üretim kapasiteleri 13.080 m³ olan lif levha sanayi oluşturmaktadır. Son yıllarda levha sektöründe yapılan yeni yatırımlar ile lif levha üretim kapasitesi AB'nin %22'sini, dünyanın ise yaklaşık %6'sını karşılamaktadır (Kaplan, 2011; Usta, 2011). Lif levha fabrikalarının illere göre dağılımı Tablo 9'da verilmiştir (Gedik, 2010). Bu kapsamda lif levha alanında faaliyet gösteren büyük bir bütünleşmiş (entegre) işletmenin lif levha üretim hattı ele alınmıştır. Bu işletme Türkiye lif levha üretiminin yaklaşık %4'ünü gerçekleştirmektedir.

Tablo 9. Lif levha fabrikalarının illere göre dağılımı ve ortalama kapasiteleri

Kuruluş Adı	Sektör	Yer	Kapasite (m ³ /gün)
Yıldız Entegre	Lif levha	İzmit	3.500
Kastamonu Entegre	Lif levha	Gebze	1.850
Starwood	Lif levha	İnegöl	1.800
Yıldız Sunta MDF	Lif levha	İzmit	1.250
Kastamonu Entegre	Lif levha	Kastamonu	1.200
Teverpan	Lif levha	Çerkezköy	700
Çamsan	Lif levha	Ordu	550
SFC	Lif levha	Kastamonu	500
Çamsan	Lif levha	Sakarya	500
Vezirağaç	Lif levha	Vezirköprü	450
Serdar Ağaç	Lif levha	İnegöl	350
Divapan	Lif levha	Düzce	300
GBS Gentaş	Sert lif levha	Bolu	80
Selolit	Sert lif levha	Manisa	50

2.2. Yöntem

2.2.1. ABC (Pareto) Analizi

Ürün bileşimini en uygun duruma getiren DP modeli oluşturulmadan önce, kritik öneme sahip presleme hattının birim işlem süreleri ürünler bazında hesaplanmıştır. Daha sonra planlama dönemlerinde modelde kullanılacak olan ürünlerin belirlenebilmesi için ABC (Pareto) analizi yardımıyla ürünlerin sınıflandırılması gerekmektedir.

ABC analizi verileri tasnif ederek işletmelerde en zor aşamalardan biri olan karar alma işini kolaylaştırmaktadır. 19. yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto, daha sonraları kendi adıyla anılmaya başlayacak olan prensibini ilk kez ekonomik içerikli olarak ortaya koymuştur. Pareto işletmelerde çeşitli incelemeler yapmış ve aldığı sonuçları şu şekilde genelleştirmiştir.

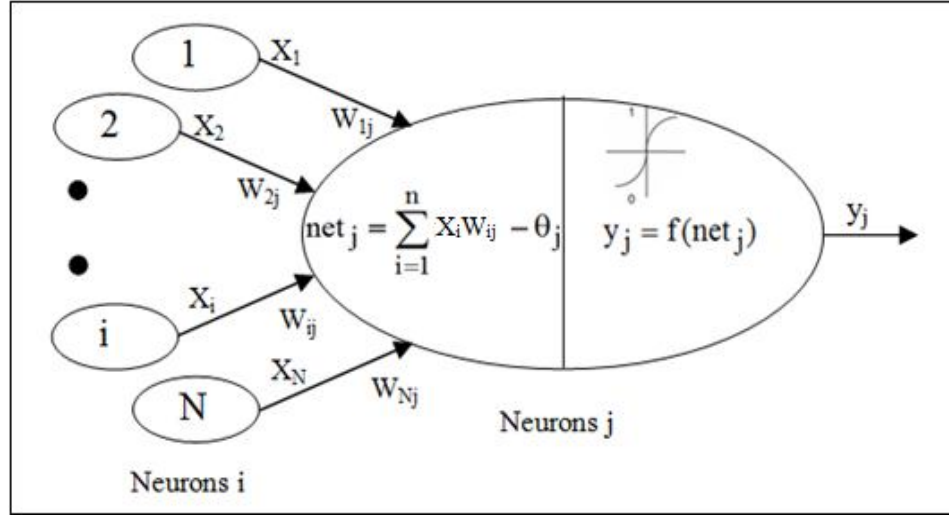
Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20'si sonuçların %80'ini, sonra gelen %30'u sonuçların %15'ini ve geri kalan %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır. Maliyetin ve değerin yaklaşık %80'inin elemanların sadece %20'sinden kaynaklandığı veya servetin yaklaşık %80'inin nüfusun %20'sinin elinde olduğu gibi durumlarda bu konuya birer örnektir. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine literatürde “80-20”, “90-10” kuralı veya “70-30” kuralı da denir (Kobu, 1987). ABC analizi değişik sayıdaki önemli sebepleri, daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkatleri yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan ekonominin dışında da her alanda kullanılabilir bir niteliktedir (Ishikawa, 1982).

DP modelinde kullanılacak olan ürünler ABC analizi ile belirlendikten sonra her bir ürün için, planlama dönemlerine ait satış tahminleri yapılarak kısıtların oluşturulması gerekmektedir. Satış tahminlerinin yapılmasında zaman serileri analizlerinde etkin bir şekilde kullanılan yapay sinir ağları yönteminden yararlanılmıştır.

2.2.2. Yapay Sinir Ağı (YSA) Yöntemi

Zaman serileri analizinde kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Box-Jenkins yöntemi, doğrusal zaman serilerinin analizinde en bilinen ve en çok kullanılan metotlardan biridir. Doğrusal ve durağan süreçlerde ya da durağan olmayan fakat çeşitli istatistiksel yöntemlerle durağanlaştırılabilen serilerde Box-Jenkins yöntemi başarıyla uygulanabilir. Ancak birçok zaman serisi, doğrusal ilişkinin yanı sıra doğrusal olmayan ilişki de içerir. Doğrusal olmayan bu ilişkiyi modelleyebilecek farklı yöntemlere gereksinim duyulmaktadır. Yapısında bulunan aktivasyon fonksiyonunun özelliğine bağlı olarak hem doğrusal hem de doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilen yapay sinir ağları son yıllarda zaman serilerinin analizinde kullanılan alternatif yöntemlerden biri haline gelmiştir (Kaynar ve Taştan, 2009).

Biyolojik sinir hücresinin modellenmesi ile oluşturulan ve onlara göre çok daha basit bir yapıya sahip olan yapay sinir hücresi, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük bilgi işleme birimidir. Temel nöron modeli Şekil 13'de görülmektedir. Yapay sinir hücresinde temel olarak girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlar bulunmaktadır (Koca, 2006).



Şekil 13. Yapay sinir hücresi (yapay nöron)

Girişler (X_i), dış ortamdan ya da diğer yapay nöronlardan alınan verilerdir. Ağırlıklar (W_{ij}) bir yapay sinir hücresine gelen verinin o hücre üzerindeki etkisini

gösterir (Öztemel, 2006). Toplama fonksiyonu (eşik fonksiyonu) (net_j), hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonu (f) ise toplama fonksiyonundan elde edilen ve 19 numaralı eşitlikle hesaplanan net girdiyi yani aktivasyon potansiyelini (net_j) işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği 20 numaralı eşitlikle hesaplanan çıktıyı (y_j) belirleyen bir fonksiyondur (Sağıroğlu vd., 2003).

Hücre modellerinde, net girdiyi artıran +1 değerli polarlama ya da azaltan -1 değerli kutuplama eşik girişi (θ_j) bulunabilir.

$$net_j = \sum_{i=1}^n X_i W_{ij} - \theta_j \quad (19)$$

Burada;

X_i : i. girişi,

W_{ij} : j. elemandan i. elemana bağlantı ağırlığını,

θ_j : kutuplama değerini (eşik değerinin negatif işaretlisi),

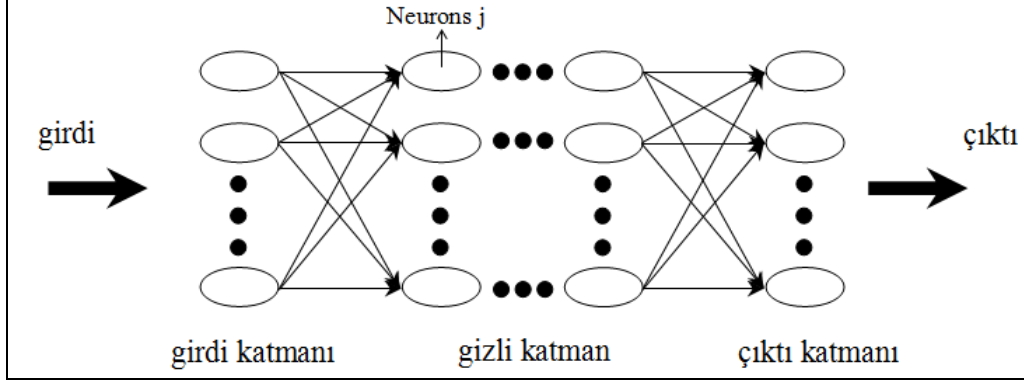
n: önceki katmandaki (giriş sinyali gönderen) yapay nöron sayısını göstermektedir.

Seçilen aktivasyon fonksiyonuna bağlı olan yapay nöron çıkış değeri, aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanırsa 20 numaralı eşitlikle hesaplanır. Üretilen çıktı, ağırlık bağlantılarının üzerinden diğer hücrelere gönderilir (Sağıroğlu vd., 2003; Öztemel, 2006).

$$y_j = f(net_j) = \frac{1}{1 + e^{-net_j}} \quad (20)$$

Aktivasyon (transfer) fonksiyonu bir yapay nöronun aktivasyon potansiyelini normalleştirerek, istenilen değerler arasında (çoğunlukla $[0,1]$ veya $[-1,1]$) sınırlar ve YSA'nın yakınsamasını sağlar. Aktivasyon fonksiyonu türevi alınabilir olmalı ve süreklilik arz etmelidir (Öztemel, 2006; Göktepe vd., 2005).

Paralel işlem yapan birden fazla yapay nörona ihtiyaç duyulduğunda çok katmanlı ağ yapıları gerekir. Şekil 14'de üç katmanlı bir ağ yapısı, yapay nöronlar ve katmanlar arası ilişkiler şematik olarak gösterilmektedir (Öztemel, 2006).



Şekil 14. Çok katmanlı bir yapay sinir ağı örneği

Çok katmanlı bir YSA'nın yapısında, birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlantılı yapay sinir hücrelerinin yer aldığı girdi katmanı, çıktı katmanı ve gizli katman (ara katman) olmak üzere temelde üç katman bulunmaktadır. Girdi katmanı ilk katmandır ve dışarıdan gelen verileri YSA'ya alıp ara katmana aktarmakla sorumludur. Gizli katman, girdi katmanından gelen bilgileri işleyerek çıktı katmanına gönderir. Birden fazla gizli katman olabilir. Gizli katmanda bulunan nöronların dış ortamla bağlantıları yoktur. Çıktı katmanı, ara katmandan gelen bilgileri işleyerek, ağı girdi katmanından sunulan girdi seti (örnekler) için üretilmesi gereken çıktıyı üretip, dış dünyaya gönderir (Öztemel, 2006; Benli, 2002).

İleri beslemeli yapay sinir ağları yapay nöronların ara katmanlara ayrıldığı ve bilgilerin giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletildiği yapılardır. Aynı katmandaki yapay nöronlar arasında bağlantıların bulunmadığı, her bir katmandaki yapay nöronların sadece bir önceki katmanın yapay nöronları ile beslendiği bu tür ağların en popüler olanı, çok katmanlı algılayıcılardır (MLP). Bu ağlar çok çeşitli sorunlara çözümler üretebildiklerinden dolayı uygulamalı bilimlerde ve mühendislik problemlerinde yaygın olarak ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar (Schmoldt vd., 2000).

Giriş katmanındaki yapay nöron sayısı YSA'ya yapılan veri girişi sayısı kadar, çıkış katmanındaki yapay nöron sayısı da YSA'dan alınacak bilgi sayısı kadardır. Gizli katman ve gizli katmanlardaki yapay nöron sayıları ise genellikle deneme yanılma yoluyla bulunur (Atik, 2004). Ayrıca öğrenme algoritması, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme ve momentum katsayıları, bağlantı ağırlıklarının ve eşik değerlerinin başlangıç

değerleri gibi parametreler de en uygun ağ mimarisinin belirlenmesinde önem taşır (Cointe ve Rouger, 2005).

Gizli katman ve gizli katmanlardaki yapay nöron sayıları az olan ağlar sadece doğrusal kestirim yapabilmekte, karmaşık örüntüleri ayırt edememektedir. Gizli katman ve gizli katmanlardaki yapay nöron sayılarının artırılması ağın eğitimi için geçen süreyi uzatmakta ve ağın genelleştirme yapmasını engellemektedir (Haykin, 1994; Chaudhuri ve Bhattacharya, 2000; Güler ve Übeyli, 2006). Bu yüzden nöron sayıları ve katman sayılarının en uygununun bulunması gerekmektedir. Böylece ağ hem doğrusal hem de doğrusal olmayan kestirimleri yaparak genelleme yeteneğini artırmış olacaktır.

Geri yayılım algoritması, çok katmanlı yapay sinir ağlarının eğitiminde yaygın olarak kullanılan temel bir öğrenme algoritmasıdır. Yayılma ve uyum gösterme olmak üzere iki aşamada işlemleri gerçekleştiren geri yayılım algoritması, ileri beslemeli ve denetimli olarak eğitilen çok katmanlı bir ağ yapısını gerektirmektedir. Anlaşılması kolay, sonuçları etkin, matematiksel olarak kolayca ispatlanabilir olmasından dolayı çok tercih edilmektedir (Altun vd., 1999; Topçu vd., 2006).

Yapay sinir ağlarını tasarlamak ve seçimi az veya çok öznel olan belirli tasarım parametrelerini seçmek, en iyi sinir ağı performansını elde etmek için çok önemlidir. Ağın performansını değerlendirebilecek bilgiler YSA tarafından hesaplanan çıktı ile arzu edilen çıktı arasındaki en az yapılması amaçlanan fark miktarı yardımıyla çeşitli tanı yöntemleri kullanılarak sağlanır. İyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan tanı vasıtalarından (performans fonksiyonları) ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) (root mean square error) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) (mean absolute percentage error) değerleri sırasıyla 21 ve 22 numaralı eşitliklerle hesaplanır (Sağıroğlu vd., 2003). MAPE değeri yüzdelik hataların mutlak değerleri toplamalarının ortalamasını almaktadır. MAPE’de hata değerleri birbirlerini yok etmemekte ve tahminde oluşan tüm hata büyüklükleri kendilerini gösterebilmektedir. Bu yüzden hata ölçümleri için MAPE ölçüsü daha sık olarak kullanılmaktadır (Meydan, 2007).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2} \quad (21)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \left| \frac{t_i - td_i}{t_i} \right| \right) \times 100 \quad (22)$$

Burada;

t_i : gerçek değeri,

td_i : model tahmin değerini,

N ise öngörülen dönem sayısını ifade etmektedir.

Ele alınan bütün istatistiklerde arzu edilen sonuç, en küçük değere sahip olan RMSE ve MAPE istatistiklerine sahip tahmin modelini oluşturmaktır. MAPE değerinin diğer yöntemlere göre üstünlüğü, öngörü hatalarını yüzde olarak ifade etmesinden dolayı tek başına da bir anlamının olmasındandır (Akgül, 2003). Witt ve Witt (1992), MAPE değerleri %10'un altında olan tahmin modellerini "yüksek doğruluk" derecesine sahip, %10 ile %20 arasında olan modelleri ise "doğru tahmin" modelleri olarak sınıflandırmışlardır. Benzer şekilde Lewis (1982), MAPE değeri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modelleri "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve %50'nin üzerinde olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmıştır (Çuhadar, 2006).

İşletmenin geçmiş dönemlerine ilişkin 12 aylık satış verileri YSA'nın eğitimi için kullanılırken, 4 aylık satış verileri de YSA modelini test etmek için kullanılmıştır. Satış tahminlerinin YSA modellemesinde çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek en duyarlı sonuçların elde edilmesine çalışılmıştır. Tahmin edilen değerlerle gerçek değerlerin karşılaştırılması ise 21 ve 22 numaralı eşitliklerdeki RMSE ve MAPE değerlerinin hesaplanması ile yapılmış ve en iyi tahmini gerçekleştiren modelin seçilmesi sağlanmıştır.

2.2.3. Doğrusal Programlama (DP) Modeli

Çalışmada lif levha üretim hattının bütünleşik üretim planlamasının yapılacağı dört döneme ilişkin, satış tahminleri yapılarak ürün bileşiminde yer alacak ürünlerin belirlenmesinin ardından bu ürünlerin en uygun şekilde ve en fazla kâr elde edecek şekilde planlanması için DP modeli kurulmuştur. Kurulan DP modelinin genel yapısı ve açıklamaları aşağıda verilmektedir.

Modelde kullanılan karar değişkenleri;

S_{jt} = j kalınlığındaki lif levhanın t döneminde satılması planlanan miktarı (m^3),

X_{jt} = j kalınlığındaki lif levhanın t döneminde üretilecek miktarı (m^3),

D_{jt} = j kalınlığındaki lif levhanın t döneminden t+1 döneme devredilecek miktarı (m^3),

Modelde kullanılan sabit katsayılar;

g_{jt} = $1 m^3$ j kalınlığındaki lif levha satışından t döneminde elde edilen gelir (TL),

c_{jt} = $1 m^3$ j kalınlığındaki lif levhanın t döneminde üretim maliyeti (TL),

m_{jt} = t döneminden t+1 döneme devredilen $1 m^3$ j kalınlığındaki lif levhanın stoklama maliyeti (TL),

b_{kt} = k kaynağının t dönemindeki mevcut miktarı (m^3 ve dakika),

a_{jk} = $1 m^3$ j kalınlığındaki lif levhanın üretimi için gereken k kaynağı miktarı (m^3 ve dakika),

L_{jt} = j kalınlığındaki lif levhanın t dönemi için belirlenen asgari satış miktarı (m^3),

U_{jt} = j kalınlığındaki lif levhanın t dönemi için belirlenen azami satış miktarı (m^3),

e_j = j kalınlığındaki lif levha için asgari üretim kapasitesi (m^3).

Doğrusal programlama modelinin matematiksel yapısının gösterimi ise şu şekildedir;

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{\max} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n (g_{jt}S_{jt} - c_{jt}X_{jt} - m_{jt}D_{jt}) \quad (23)$$

veya daha açık ifadesi ile,

$$Z_{\max} = \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^{15} g_{jt} S_{jt} - \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^{15} c_{jt} X_{jt} - \sum_{t=1}^4 \sum_{j=1}^{15} m_{jt} D_{jt} \quad (24)$$

Sınırlayıcı Koşullar:

$$\sum_{j=1}^n a_{jk} X_{jt} \leq b_{kt} \quad (\text{Ünite kapasiteleri}) \quad (25)$$

$$D_{jt} = D_{j, t-1} + X_{jt} - S_{jt} \quad (\text{Stok miktarları}) \quad (26)$$

Dönem Sonu Stok Miktarı	=	Önceki Dönem Sonu Stok Mik.	+	Geçerli Dönem Üretilen Miktar	-	Geçerli Dönem Satılan Miktar
----------------------------	---	--------------------------------	---	----------------------------------	---	---------------------------------

$$L_{jt} \leq S_{jt} \leq U_{jt} \quad (\text{Satış sınırları}) \quad (27)$$

$$\sum_{t=1}^T X_{jt} \geq e_j \quad (\text{Asgari üretim kapasiteleri}) \quad (28)$$

Tüm değişkenler ≥ 0 (Pozitiflik koşulu)

(j = 1, 2, ..., 15), (t = 1, 2, 3, 4) ve (k = 1, 2, ..., 6) olmak üzere;

j: farklı kalınlıklardaki ürünü,

t: dönem olarak bir aylık süreyi,

k: modelde kullanılan kısıtlardaki kaynağı ifade etmekte olup aylara göre pres işlem sürelerini, toplam depolama alanını, stok miktarlarını, satış miktarlarını, tüm ürünlerin bir aylık dönemdeki asgari üretim miktarlarını ve bir ürünün dört aylık dönemdeki asgari üretim miktarlarını belirtmektedir.

DP modelinde kullanılan değişkenler ve açıklamalarına ilişkin bazı örnekler ayrıntılı olarak Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10. Modelde kullanılan bazı değişkenler ve açıklamaları

Karar Değişkenleri					
S1601		X1002		D0903	
S	Satış Miktarı (m ³)	X	Üretim Miktarı (m ³)	D	Stok Miktarı (m ³)
16	16 mm'lik MDF	10	10 mm'lik MDF	09	9 mm'lik MDF
01	1. dönem	02	2. dönem	03	3. dönem
S18L01		X18L02		D18L03	
S	Satış Miktarı (m ³)	X	Üretim Miktarı (m ³)	D	Stok Miktarı (m ³)
18L	18 mm'lik LDF	18L	18 mm'lik LDF	18L	18 mm'lik LDF
01	1. dönem	02	2. dönem	03	3. dönem
S7.8H01		X7.8H02		D7.8H03	
S	Satış Miktarı (m ³)	X	Üretim Miktarı (m ³)	D	Stok Miktarı (m ³)
7.8H	7.8 mm'lik HDF	7.8H	7.8 mm'lik HDF	7.8H	7.8 mm'lik HDF
01	1. dönem	02	2. dönem	03	3. dönem
Hesap Değişkenleri					
P1S		P2X		P3D	
P1	1. dönem	P2	2. dönem	P3	3. dönem
S	Toplam satış (m ³)	X	Toplam üretim (m ³)	D	Toplam stok (m ³)

Not: MDF; orta yoğunluklu lif levha, LDF; düşük yoğunluklu lif levha, HDF; sert lif levha

Tablodan da görüleceği üzere;

- S1601: 16 mm'lik MDF'nin 1. dönemdeki en uygun satış miktarını,
X1002: 10 mm'lik MDF'nin 2. dönemdeki en uygun üretim miktarını,
D0903: 9 mm'lik MDF'nin 3. dönemdeki en uygun stok miktarını,
S18L01: 18 mm'lik LDF'nin 1. dönemdeki en uygun satış miktarını,
X18L02: 18 mm'lik LDF'nin 2. dönemdeki en uygun üretim miktarını,
D18L03: 18 mm'lik LDF'nin 3. dönemdeki en uygun stok miktarını,
S7.8H01: 7.8 mm'lik HDF'nin 1. dönemdeki en uygun satış miktarını,
X7.8H02: 7.8 mm'lik HDF'nin 2. dönemdeki en uygun üretim miktarını,
D7.8H03: 7.8 mm'lik HDF'nin 3. dönemdeki en uygun stok miktarını,
P1S: 1. dönemdeki toplam lif levha satış miktarını,
P2X: 2. dönemdeki toplam lif levha üretim miktarını,
P3D: 3. dönemdeki toplam lif levha stok miktarını ifade etmektedir.

3. BULGULAR VE İRDELEME

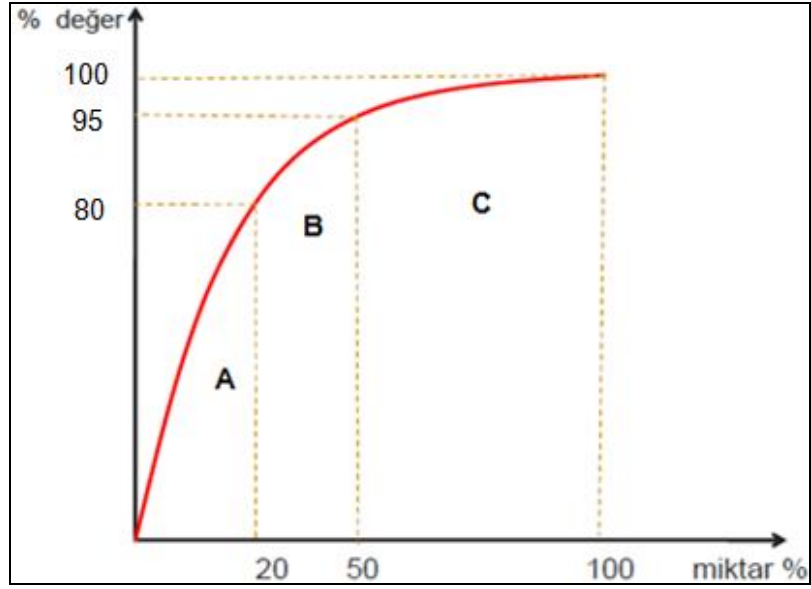
3.1. ABC Analizi ve Ürünlerin Sınıflandırılması

ABC diyagramının oluşturulmasını altı aşamada inceleyebiliriz (Oakland, 1990).

- Bütün elemanların listelenmesi,
- Elemanların ölçümü,
- Elemanların sınıflandırılması,
- Kümülatif dağılımların hesaplanması,
- ABC diyagramının oluşturulması,
- ABC diyagramının yorumu.

Kümülatif yüzde değerler incelenerek, örneğin 80-15-5 gibi bir ayırım yapılmak isteniyorsa %80’lik toplam değeri veren ürünler A grubunu, %15’lik toplam değeri veren ürünler B grubunu ve %5’lik toplam değeri veren ürünlerde C grubunu oluşturacak şekilde ayırım yapılabilir.

İşletmenin lif levha üretim hattı için yapılan ABC analizinde, sınıflandırma ölçütü olarak 80-15-5 yüzde değerleri seçilmiş olup Şekil 15’de verilmektedir. İşletmenin geçmiş 18 aylık verileri kullanılarak yapılan analiz sonucu 7 ürünün A grubunda, 8 ürünün B grubunda ve 19 ürünün de C grubunda yer aldığı Tablo 11’de görülmektedir. A ve B grubunda bulunan 15 ürün toplam değerini %95’ini oluşturduğu için oluşturulan doğrusal programlama modelinde kullanılmıştır (Şen, 1992). Tabloda görülen 7.8H, 7.8 mm kalınlığındaki HDF’yi, 18L ise 18 mm kalınlığındaki LDF’yi ifade ederken, diğer ürünlerin hepsi MDF’yi ifade etmektedir.



Şekil 15. İşletme verilerine göre ABC analizi eğrisi

Yapılan ABC analizi sonucunda gelecek dört dönem için üretilmesi planlanan ürünler değerlerine göre belirlendikten sonra, işletmenin geçmiş 18 aylık satış verileri kullanılarak oluşturulmuş olan yüzde (%) satış oranları da hesaplanmıştır. % satış oranları ile % değer oranları neredeyse birbirine paralel bir durum sergilemektedir.

Tablo 11. Lif levhaların kalınlıklarına göre toplam satış tutarları üzerinden yapılan ABC analizi

Kalınlık (mm)	Satış Miktarı (m ³)	Satış Miktarı (%)	Kümülatif Satış (%)	Değer (TL)	Değer (%)	Kümülatif Değer (%)	Sınıf
7.8H	24.486	13,560	13,560	15.058.890	16,033	16,033	7 ÜRÜN (A)
16	29.634	16,411	29,972	14.669.076	15,618	31,651	
18L	23.205	12,851	42,822	10.442.250	11,118	42,768	
10	20.400	11,297	54,120	10.403.787	11,077	53,845	
9	15.586	8,632	62,751	8.182.712	8,712	62,557	
18	16.145	8,941	71,692	7.991.958	8,509	71,066	
12	11.219	6,213	77,906	5.609.617	5,972	77,038	
22	8.255	4,572	82,477	4.375.192	4,658	81,696	8 ÜRÜN (B)
8	6.751	3,739	86,216	3.544.172	3,773	85,470	
30	3.810	2,110	88,326	2.038.268	2,170	87,640	
6	3.118	1,727	90,052	1.839.746	1,959	89,598	
5	3.103	1,718	91,771	1.830.787	1,949	91,548	
25	2.653	1,469	93,240	1.432.710	1,525	93,073	
2.8	2.179	1,207	94,447	1.350.796	1,438	94,511	
14	2.668	1,477	95,924	1.307.088	1,392	95,903	19 ÜRÜN (C)
11	1.871	1,036	96,960	954.404	1,016	96,919	
4	1.499	0,830	97,791	884.684	0,942	97,861	
3.8	620	0,343	98,134	343.487	0,366	98,227	
5.5	652	0,361	98,495	320.236	0,341	98,568	
8.8	540	0,299	98,794	253.740	0,270	98,838	
3	424	0,235	99,029	228.361	0,243	99,081	
17.5	503	0,279	99,308	219.876	0,234	99,315	
7.7	334	0,185	99,493	150.288	0,160	99,475	
3.7	220	0,122	99,615	122.581	0,131	99,605	
5.4	207	0,115	99,730	107.465	0,114	99,720	
2	131	0,073	99,802	81.317	0,087	99,806	
2.5	137	0,076	99,878	73.039	0,078	99,884	
5.7	137	0,076	99,954	71.096	0,076	99,960	
1.5	21	0,012	99,966	14.524	0,015	99,975	
32	31	0,017	99,983	12.429	0,013	99,989	
15	23	0,013	99,996	8.236	0,009	99,997	
21	4	0,002	99,998	1.552	0,002	99,999	
7.8	2	0,001	100,000	869	0,001	100,000	
1.6	1	0,000	100,000	92	0,000	100,000	

3.2. Yapay Sinir Ağı Yöntemi ve Tahmin Sonuçları

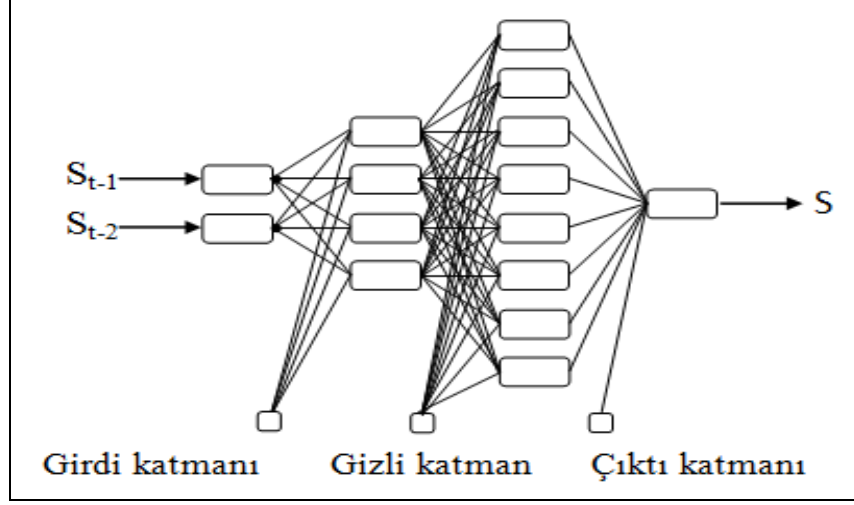
Yapılan çalışmada doğrusal programlama modeli kurulmadan evvel planlama dönemlerine ilişkin iyi bir tahmin modelinin kurulması gerekmektedir. İşletmenin geçmiş satış verileri kullanılarak birçok YSA modeli kurulmuş olup en iyi sonucu veren modelin çalıştırılmasıyla elde edilen tahmini satış miktarları, gerçek satış miktarları ve sapma miktarları Tablo 12’de görülmektedir.

Dört aylık satış tahminlerinin gerçekleştirilmesinde YSA modelinin eğitimi için işletmenin geçmiş dönemlerine ilişkin 12 aylık satış verileri kullanılırken, YSA modelini test etmek için ise 4 aylık satış verileri kullanılmıştır.

Tablo 12. Gerçek satış değerleri ile hesaplanan satış değerlerinin karşılaştırılması

	Gerçek Değerler	Hesaplanan Değerler	Sapma	% Hata
Eğitim	11.680	11.692	-11,30	-0,10
	12.681	12.806	-124,66	-0,98
	13.112	12.975	136,95	1,04
	9.179	9.166	13,06	0,14
	9.254	9.255	-0,33	0,00
	9.976	10.006	-30,12	-0,30
	11.870	11.875	-4,54	-0,04
	8.672	8.788	-115,56	-1,33
	10.713	10.707	6,93	0,06
	10.917	10.907	10,33	0,09
	12.550	12.526	23,69	0,19
	13.300	13.217	83,25	0,63
	11.076	11.404	-328,84	-2,97
Test	11.347	11.220	127,08	1,12
	10.924	10.469	454,72	4,16
	11.500	11.400	100,15	0,87

Gizli katmanda çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek farklı mimaride YSA’lar elde edilmiş olup, en iyi sonucu Şekil 16’da görünen gerçek değerlere en yakın satış tahmini sonuçlarını veren 1 giriş katmanı, 2 gizli katman ve 1 çıkış katmanından oluşan YSA modeli vermiştir.



Şekil 16. Lif levha satış tahmin modeli olarak seçilen YSA mimarisi

Modelde S ile gösterilen çıktı değişkeni belirli bir aydaki satış miktarını, S_{t-1} ve S_{t-2} ile gösterilen girdi değişkenleri ise sırasıyla aynı aydan bir ve iki ay önceki satış miktarlarını ifade etmektedir. Gizli katmanlardaki işlem elemanı (nöron) sayıları ise sırasıyla 4 ve 8 adettir. YSA mimarisinin bağlantı ağırlıkları Ek Tablo 1’de verilmiştir.

Problemlerin çözümünde ileri beslemeli ve geri yayımlı (Feed Forward and Back Propagation) çok katmanlı (multilayer) YSA tercih edilmiş, ağların eğitimi ve denenmesi Matlab paket programı ile gerçekleştirilmiştir (Demuth and Beale, 2000). Bu çalışmada, aktivasyon (activation) (transfer) fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (hyperbolic tangent sigmoid function) (tansig), eğitim algoritması olarak da levenberg marquardt algoritması (trainlm) seçilmiştir. Öğrenme kuralı olarak momentumlu gradyan azaltım geri yayılım algoritması (gradient descent with momentum backpropagation algorithm) (traingdm), performans fonksiyonu olarak da ortalama karesel hata (mean square error) (MSE) kullanılmıştır.

Her bir parametrenin modellere eşit bir şekilde katkıda bulunmasını sağlamak amacıyla eğitim ve test setindeki veriler, modellerde hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (hyperbolic tangent sigmoid function) kullanıldığından, $(-1,1)$ aralığına indirgenmiş (normalize), daha sonra sonuçların yorumlanabilmesi için veriler ters indirgeme işlemine tabi tutulmak suretiyle asıl değerlerine çevrilmiştir. İndirgeme (normalizasyon) işlemleri 29 numaralı eşitlik yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

$$X_{norm} = 2 \times \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} - 1 \quad (29)$$

Burada;

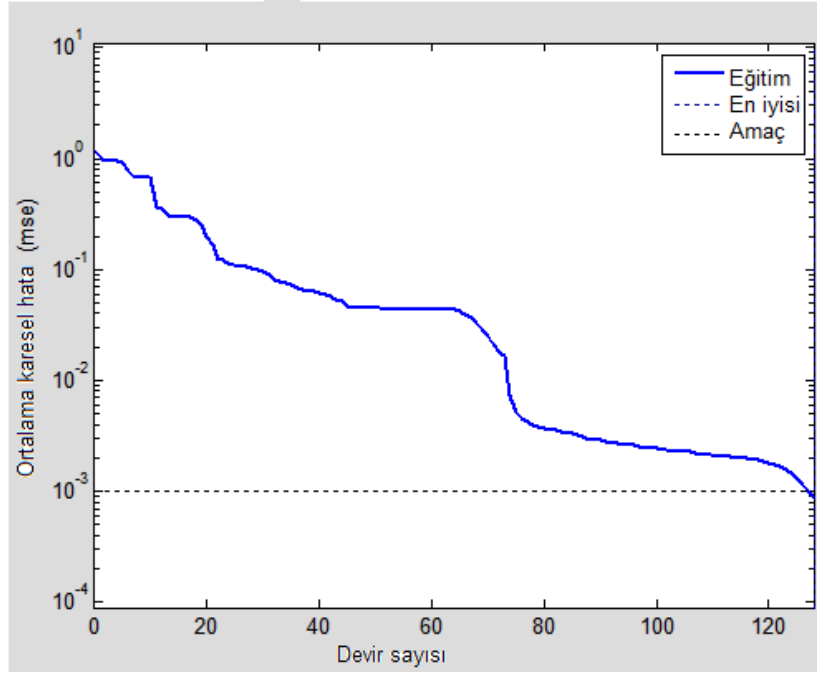
X_{norm} : indirgenmiş veriyi,

X : değişkenin gerçek değerini,

X_{min} : veri grubunun en küçük değerini,

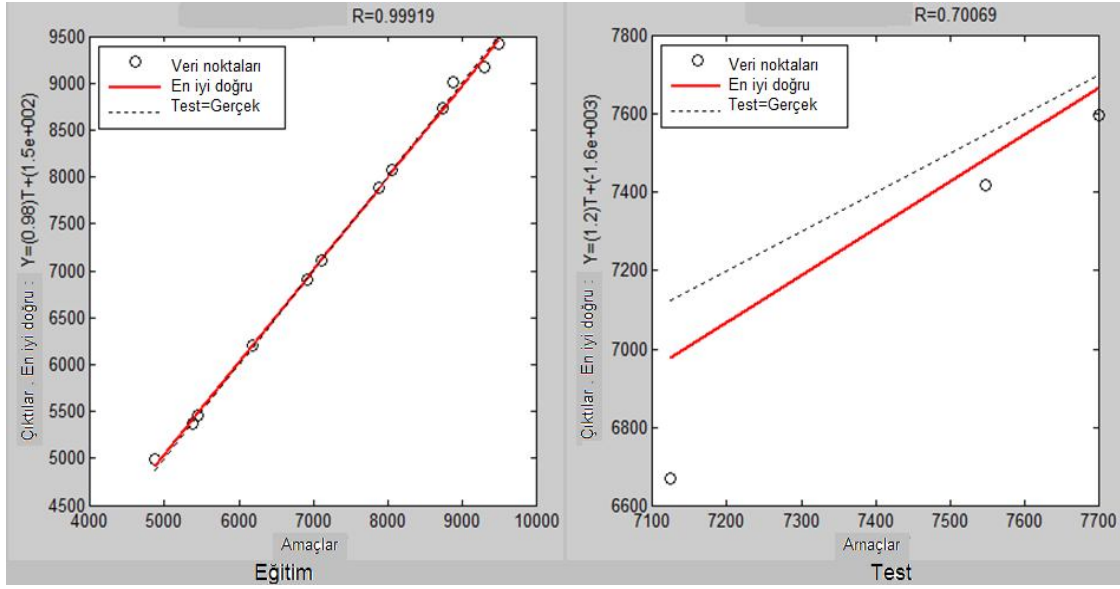
X_{max} : veri grubunun en büyük değerini ifade etmektedir.

Seçilen yapay sinir ağının ardışık çözüme bağlı hata değişim grafiği Şekil 17'deki grafikte görülmekte olup, modelin eğitiminin durduğu epoch (devir) sayısı 128'dir.

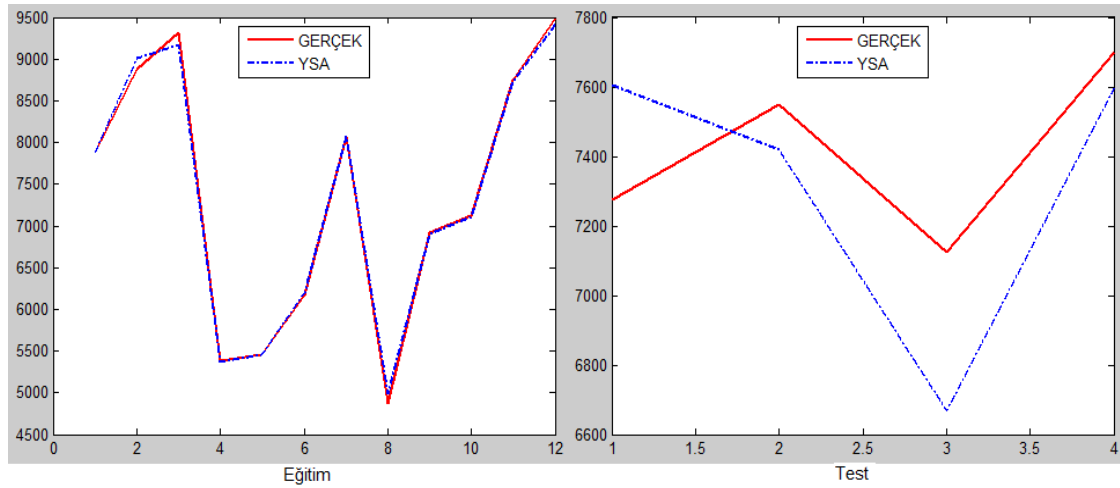


Şekil 17. Seçilen YSA'nın ardışık çözüme bağlı hata değişim grafiği

Tahmin modeli kullanılarak hesaplanan değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişki Şekil 18'de, bu değerlerin karşılaştırılmalı grafiği de Şekil 19'da görülmektedir.



Şekil 18. Gerçek değerler ile YSA değerleri arasındaki ilişki



Şekil 19. Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması

Kurulan zaman serisi modelinin YSA ile modellenmesi sonucu elde edilen satış miktarlarının gelecek 4 aylık tahminlerine ilişkin bulgular ile MAPE ve RMSE değerleri Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. YSA modeli sonucu elde edilen satış miktarı tahminleri

Dönem	1. Dönem	2. Dönem	3. Dönem	4. Dönem
Satış Miktarı (m ³)	10.809	12.234	13.248	12.888
Değerlendirme Ölçütleri	Eğitim		Test	
MAPE	0,41		2,28	
RMSE	68,63		292,01	

Satış tahminlerinin gerçekleştirilmesinde test setinden elde edilen sonuçlar ile problemin gerçek sonucu göz önüne alındığında ağın yeterli hassasiyette sonuçlar bulduğu R^2 değerinin %50, MAPE değerinin %2,28 çıkmasından da anlaşılmaktadır. Planlama dönemlerine ilişkin satış tahminleri de yapıldıktan sonra ürünlerin alt ve üst sınır değerlerinin belirlenmesi ve en son DP modelinin kurulması aşamaları gelmektedir.

Satış tahminlerinin YSA modellemesinde çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek en duyarlı sonuçların elde edilmesine çalışılmıştır. Tahmin edilen değerlerle gerçek değerlerin karşılaştırılması ise 21 ve 22 numaralı eşitliklerdeki RMSE ve MAPE değerlerinin hesaplanması ile yapılmış ve en iyi tahmini gerçekleştiren modelin seçilmesi sağlanmıştır.

3.3. Doğrusal Programlama Modeli ve En Uygun Ürün Bileşiminin Tespiti

Zaman serisi şeklinde oluşturulan yapay sinir ağı ile geçmiş 18 aylık satış verileri kullanılarak, gelecek 4 aylık tahmini satış miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra tahmin edilen her bir ay için güven aralığı oluşturulmuştur. Güven aralığının oluşturulmasında 30 numaralı eşitlikten yararlanılmıştır (URL-8, 2011; Tanis, 1987). Veri sayısının 30'dan fazla olması durumunda ise z tablo değeri kullanılmaktadır.

$$\text{Güven aralığı} = \text{Tahmin edilen değer} \pm t * \text{standart hata} \quad (30)$$

t değeri %95 güven düzeyi ve 0,05 anlamlılık düzeyinde t tablosundan okunur (Tablo değeri okunurken satırda n-2 ve sütunda $\alpha/2$ dikkate alınmaktadır).

DP modeli ile işletmenin dört aylık dönemde gerçekleştireceği bütünleşik üretim planını oluştururken, ürünlere ait dönem başı stoklar varsa dikkate alınmış ve üretilmesi gereken asgari üretim miktarları hesaplanarak stok ve üretim kapasitesi kısıtları oluşturulmuştur. Satış tahmini yapılan her bir dönem için 30 numaralı eşitlik yardımıyla

alt ve üst sınır değerleri belirlendikten sonra her bir ürünün % satış oranları nispetinde satış miktar sınırları Tablo 14’deki gibi tüm dönemler için belirlenmiştir.

Tablo 14. Lif levhaların kalınlıklarına göre satış miktar sınırları (m³)

Kalınlık (mm)	1. Dönem		2. Dönem		3. Dönem		4. Dönem	
	Üst Sınır	Alt Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır
16	1.957	1.734	2.196	1.983	2.363	2.161	2.298	2.104
7.8H	1.617	1.433	1.814	1.638	1.953	1.786	1.899	1.738
18L	1.533	1.358	1.719	1.552	1.850	1.693	1.799	1.647
10	1.347	1.194	1.511	1.365	1.627	1.488	1.582	1.448
18	1.066	945	1.196	1.080	1.287	1.178	1.252	1.146
9	1.030	912	1.155	1.043	1.243	1.137	1.209	1.106
12	741	657	831	751	895	818	870	796
22	545	483	612	552	658	602	640	586
8	446	395	500	452	538	492	523	479
30	252	223	282	255	304	278	295	270
6	206	182	231	209	249	227	242	221
5	205	182	230	208	247	226	241	220
25	175	155	197	178	212	194	206	188
2.8	144	127	161	146	174	159	169	155
14	176	156	198	178	213	195	207	189

Planlanan dört dönem için, 1 m³ lif levhanın kalınlıklarına göre oluşacak satış fiyatları, üretim maliyetleri ve stok maliyetleri Tablo 15’de verilmektedir (Satış fiyatları ve üretim maliyetleri işletmenin muhasebe bölümünden temin edilirken stok maliyetleri üretim maliyetlerinin %3’ü alınarak hesaplanmıştır).

Tablo 15. Lif levhaların satış fiyatları, üretim ve stok maliyetleri (TL/m³)

Kalınlık (mm)	Satış Fiyatı (TL)	Üretim Maliyeti (TL)	Stok Maliyeti (TL)
2.8	620	438	13
5	590	460	14
6	590	460	14
8	525	440	13
9	525	440	13
10	510	440	13
12	500	430	13
14	490	430	13
16	495	410	12
18	495	410	12
22	530	420	13
25	540	420	13
30	535	420	13
18L	450	400	12
7.8H	615	450	14

İşletme, ürünlerin üretim maliyetlerini hesaplarken belirli kalınlık grupları için tek bir fiyat belirlemektedir. Maliyet hesaplamalarında 1 m³ lif levha için kullanılan odun, tutkal, parafin, sertleştirici, enerji, işgücü, bakım, pazarlama, yönetim ve aşınma payı gibi giderler esas alınmıştır.

Stoklama maliyetleri olarak da üretim maliyetlerinin %3'ü alınarak hesaplanmıştır. Bu maliyetlere lif levhanın taşıma ve depolama masrafları, depolarda zarar görmesi ve kıymet kaybetmesi gibi giderler dâhil edilmektedir (Şen, 1992; Karayılmazlar, 1997; URL-9, 2010).

İşletmede farklı boyutlarda üretim gerçekleştirilmekte olup en fazla üretim 2100 mm eninde ve değişik kalınlıklarda gerçekleştirilmektedir. Presleme ünitesinde lif levhalara kalınlıklarına göre farklı makine hızları uygulanmakta olup bu değerlere göre de farklı üretim kapasiteleri oluşmaktadır. Böylece her ürünün birim işlem süreleri farklılık arz etmektedir. Ürünlerin kalınlıklarına göre uygulanan makine hızlarına bağlı olarak üretim kapasiteleri ve birim işlem süreleri hesaplanmış olup Tablo 16'da görülmektedir.

Tablo 16. 2100 mm enindeki lif levhalara kalınlıklarına göre uygulanan makine hızları ve birim işlem süreleri

Kalınlık (mm)	Makine Hızı (mm/sn)	Üretim Miktarı (m ³ /saat)	İşlem Süresi (dk/m ³)
2.8	900	19,051	3,149
5	600	22,680	2,646
6	550	24,948	2,405
7.8H	400	23,587	2,544
8	400	24,192	2,480
9	340	23,134	2,594
10	310	23,436	2,560
12	280	25,402	2,362
14	250	26,460	2,268
16	190	22,982	2,611
18	170	23,134	2,594
18L	170	23,134	2,594
22	110	18,295	3,280
25	90	17,010	3,527
30	85	19,278	3,112

Presleme ünitesinin bir aylık çalışma kapasitesi hesaplanırken bakım-onarım, arıza, temizlik vb. nedenlerden kaynaklanan kayıplar çıkarılarak 40.000 dakika olarak belirlenmiştir. Bu da işletmenin aylık olarak üç vardiya halinde günlük 22,2 saat çalışma zamanına karşılık gelmektedir.

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 23 numaralı eşitlikte yerine konularak, amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Amaç fonksiyonu;

$$\begin{aligned}
 Z_{\max} = & 495*S1601-410*X1601-12*D1601+495*S1602-410*X1602-12*D1602 + \\
 & 495*S1603-410*X1603-12*D1603+495*S1604-410*X1604-12*D1604+ \\
 & 510*S1001-440*X1001-13*D1001+510*S1002-440*X1002-13*D1002+ \\
 & 510*S1003-440*X1003-13*D1003+510*S1004-440*X1004-13*D1004+ \\
 & 495*S1801-410*X1801-12*D1801+495*S1802-410*X1802-12*D1802+ \\
 & 495*S1803-410*X1803-12*D1803+495*S1804-410*X1804-12*D1804+ \\
 & 525*S0901-440*X0901-13*D0901+525*S0902-440*X0902-13*D0902+ \\
 & 525*S0903-440*X0903-13*D0903+525*S0904-440*X0904-13*D0904+
 \end{aligned}$$

500*S1201-430*X1201-13*D1201+500*S1202-430*X1202-13*D1202+
 500*S1203-430*X1203-13*D1203+500*S1204-430*X1204-13*D1204+
 530*S2201-420*X2201-13*D2201+530*S2202-420*X2202-13*D2202+
 530*S2203-420*X2203-13*D2203+530*S2204-420*X2204-13*D2204+
 525*S0801-440*X0801-13*D0801+525*S0802-440*X0802-13*D0802+
 525*S0803-440*X0803-13*D0803+525*S0804-440*X0804-13*D0804+
 535*S3001-420*X3001-13*D3001+535*S3002-420*X3002-13*D3002+
 535*S3003-420*X3003-13*D3003+535*S3004-420*X3004-13*D3004+
 590*S0601-460*X0601-14*D0601+590*S0602-460*X0602-14*D0602+
 590*S0603-460*X0603-14*D0603+590*S0604-460*X0604-14*D0604+
 590*S0501-460*X0501-14*D0501+590*S0502-460*X0502-14*D0502+
 590*S0503-460*X0503-14*D0503+590*S0504-460*X0504-14*D0504+
 540*S2501-420*X2501-13*D2501+540*S2502-420*X2502-13*D2502+
 540*S2503-420*X2503-13*D2503+540*S2504-420*X2504-13*D2504+
 620*S2.801-438*X2.801-13*D2.801+620*S2.802-438*X2.802-13*D2.802+
 620*S2.803-438*X2.803-13*D2.803+620*S2.804-438*X2.804-13*D2.804+
 490*S1401-430*X1401-13*D1401+490*S1402-430*X1402-13*D1402+
 490*S1403-430*X1403-13*D1403+490*S1404-430*X1404-13*D1404+
 615*S7.8H01-450*X7.8H01-14*D7.8H01+615*S7.8H02-450*X7.8H02-14*D7.8H02+
 615*S7.8H03-450*X7.8H03-14*D7.8H03+615*S7.8H04-450*X7.8H04-14*D7.8H04+
 450*S18L01-400*X18L01-12*D18L01+450*S18L02-400*X18L02-12*D18L02+
 450*S18L03-400*X18L03-12*D18L03+450*S18L04-400*X18L04-12*D18L04

Sınırlayıcı koşullar;

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 25 numaralı eşitlikte yerine konularak dört dönem için presleme ünitesinin kapasite kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Presleme ünitesi işlem süresi kısıtları;

Birinci Dönem:

2.594*X0901+2.594*X1801+2.560*X1001+2.362*X1201+2.646*X0501+3.149*X2.801+
 2.544*X7.8H01+2.268*X1401+3.280*X2201+2.480*X0801+2.611*X1601+

$$3.112 * X3001 + 2.405 * X0601 + 3.527 * X2501 + 2.594 * X18L01 \leq 40000;$$

İkinci Dönem:

$$2.594 * X0902 + 2.594 * X1802 + 2.560 * X1002 + 2.362 * X1202 + 2.646 * X0502 + 3.149 * X2.802 + 2.544 * X7.8H02 + 2.268 * X1402 + 3.280 * X2202 + 2.480 * X0802 + 2.611 * X1602 + 3.112 * X3002 + 2.405 * X0602 + 3.527 * X2502 + 2.594 * X18L02 \leq 40000;$$

Üçüncü Dönem:

$$2.594 * X0903 + 2.594 * X1803 + 2.560 * X1003 + 2.362 * X1203 + 2.646 * X0503 + 3.149 * X2.803 + 2.544 * X7.8H03 + 2.268 * X1403 + 3.280 * X2203 + 2.480 * X0803 + 2.611 * X1603 + 3.112 * X3003 + 2.405 * X0603 + 3.527 * X2503 + 2.594 * X18L03 \leq 40000;$$

Dördüncü Dönem:

$$2.594 * X0904 + 2.594 * X1804 + 2.560 * X1004 + 2.362 * X1204 + 2.646 * X0504 + 3.149 * X2.804 + 2.544 * X7.8H04 + 2.268 * X1404 + 3.280 * X2204 + 2.480 * X0804 + 2.611 * X1604 + 3.112 * X3004 + 2.405 * X0604 + 3.527 * X2504 + 2.594 * X18L04 \leq 40000;$$

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 25 numaralı eşitlikte yerine konularak dört dönem için depolama alanının kapasite kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Depolama alanı kısıtları;

Birinci Dönem:

$$D0901 + D1801 + D1001 + D1201 + D0501 + D2.801 + D7.8H01 + D1401 + D2201 + D0801 + D1601 + D3001 + D0601 + D2501 + D18L01 \leq 13000;$$

İkinci Dönem:

$$D0902 + D1802 + D1002 + D1202 + D0502 + D2.802 + D7.8H02 + D1402 + D2202 + D0802 + D1602 + D3002 + D0602 + D2502 + D18L02 \leq 13000;$$

Üçüncü Dönem:

$$D0903 + D1803 + D1003 + D1203 + D0503 + D2.803 + D7.8H03 + D1403 + D2203 + D0803 + D1603 + D3003 + D0603 + D2503 + D18L03 \leq 13000;$$

Dördüncü Dönem:

$$D0904 + D1804 + D1004 + D1204 + D0504 + D2.804 + D7.8H04 + D1404 + D2204 + D0804 + D1604 + D3004 + D0604 + D2504 + D18L04 \leq 13000;$$

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 26 numaralı eşitlikte yerine konularak dört dönem için stok miktarı kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Stok miktarı kısıtları;

Birinci Dönem:

$$\begin{aligned} S0901-X0901+D0901 &=0; \\ S1801-X1801+D1801 &=0; \\ S1001-X1001+D1001 &=0; \\ S1201-X1201+D1201 &=0; \\ S0501-X0501+D0501 &=0; \\ S2.801-X2.801+D2.801 &=0; \\ S7.8H01-X7.8H01+D7.8H01 &=0; \\ S1401-X1401+D1401 &=0; \\ S2201-X2201+D2201 &=0; \\ S0801-X0801+D0801 &=0; \\ S1601-X1601+D1601 &=0; \\ S3001-X3001+D3001 &=0; \\ S0601-X0601+D0601 &=0; \\ S2501-X2501+D2501 &=0; \\ S18L01-X18L01+D18L01 &=0; \end{aligned}$$

Üçüncü Dönem:

$$\begin{aligned} S0903-X0903+D0903-D0902 &=0; \\ S1803-X1803+D1803-D1802 &=0; \\ S1003-X1003+D1003-D1002 &=0; \\ S1203-X1203+D1203-D1202 &=0; \\ S0503-X0503+D0503-D0502 &=0; \\ S2.803-X2.803+D2.803-D2.802 &=0; \\ S7.8H03-X7.8H03+D7.8H03-D7.8H02 &=0; \\ S1403-X1403+D1403-D1402 &=0; \\ S2203-X2203+D2203-D2202 &=0; \\ S0803-X0803+D0803-D0802 &=0; \\ S1603-X1603+D1603-D1602 &=0; \end{aligned}$$

İkinci Dönem:

$$\begin{aligned} S0902-X0902+D0902-D0901 &=0; \\ S1802-X1802+D1802-D1801 &=0; \\ S1002-X1002+D1002-D1001 &=0; \\ S1202-X1202+D1202-D1201 &=0; \\ S0502-X0502+D0502-D0501 &=0; \\ S2.802-X2.802+D2.802-D2.801 &=0; \\ S7.8H02-X7.8H02+D7.8H02-D7.8H01 &=0; \\ S1402-X1402+D1402-D1401 &=0; \\ S2202-X2202+D2202-D2201 &=0; \\ S0802-X0802+D0802-D0801 &=0; \\ S1602-X1602+D1602-D1601 &=0; \\ S3002-X3002+D3002-D3001 &=0; \\ S0602-X0602+D0602-D0601 &=0; \\ S2502-X2502+D2502-D2501 &=0; \\ S18L02-X18L02+D18L02-D18L01 &=0; \end{aligned}$$

Dördüncü Dönem:

$$\begin{aligned} S0904-X0904+D0904-D0903 &=0; \\ S1804-X1804+D1804-D1803 &=0; \\ S1004-X1004+D1004-D1003 &=0; \\ S1204-X1204+D1204-D1203 &=0; \\ S0504-X0504+D0504-D0503 &=0; \\ S2.804-X2.804+D2.804-D2.803 &=0; \\ S7.8H04-X7.8H04+D7.8H04-D7.8H03 &=0; \\ S1404-X1404+D1404-D1403 &=0; \\ S2204-X2204+D2204-D2203 &=0; \\ S0804-X0804+D0804-D0803 &=0; \\ S1604-X1604+D1604-D1603 &=0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&S3003-X3003+D3003-D3002 =0; & S3004-X3004+D3004-D3003 =0; \\
&S0603-X0603+D0603-D0602 =0; & S0604-X0604+D0604-D0603 =0; \\
&S2503-X2503+D2503-D2502 =0; & S2504-X2504+D2504-D2503 =0; \\
&S18L03-X18L03+D18L03-D18L02 =0; & S18L04-X18L04+D18L04-D18L03 =0;
\end{aligned}$$

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 27 numaralı eşitlikte yerine konularak dört dönem için satış miktarı kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Satış miktarı kısıtları;

Birinci Dönem:

$$\begin{aligned}
&S0901 \geq 912; \quad S0901 \leq 1030; \\
&S1801 \geq 945; \quad S1801 \leq 1066; \\
&S1001 \geq 1194; \quad S1001 \leq 1347; \\
&S1201 \geq 657; \quad S1201 \leq 741; \\
&S0501 \geq 182; \quad S0501 \leq 205; \\
&S2.801 \geq 127; \quad S2.801 \leq 144; \\
&S7.8H01 \geq 1433; \quad S7.8H01 \leq 1617; \\
&S1401 \geq 156; \quad S1401 \leq 176; \\
&S2201 \geq 483; \quad S2201 \leq 545; \\
&S0801 \geq 395; \quad S0801 \leq 446; \\
&S1601 \geq 1734; \quad S1601 \leq 1957; \\
&S3001 \geq 223; \quad S3001 \leq 252; \\
&S0601 \geq 182; \quad S0601 \leq 206; \\
&S2501 \geq 155; \quad S2501 \leq 175; \\
&S18L01 \geq 1358; \quad S18L01 \leq 1533;
\end{aligned}$$

Üçüncü Dönem:

$$\begin{aligned}
&S0903 \geq 1137; \quad S0903 \leq 1243; \\
&S1803 \geq 1178; \quad S1803 \leq 1287; \\
&S1003 \geq 1488; \quad S1003 \leq 1627; \\
&S1203 \geq 818; \quad S1203 \leq 895; \\
&S0503 \geq 226; \quad S0503 \leq 247; \\
&S2.803 \geq 159; \quad S2.803 \leq 174;
\end{aligned}$$

İkinci Dönem:

$$\begin{aligned}
&S0902 \geq 1043; \quad S0902 \leq 1155; \\
&S1802 \geq 1080; \quad S1802 \leq 1196; \\
&S1002 \geq 1365; \quad S1002 \leq 1511; \\
&S1202 \geq 751; \quad S1202 \leq 831; \\
&S0502 \geq 208; \quad S0502 \leq 230; \\
&S2.802 \geq 146; \quad S2.802 \leq 161; \\
&S7.8H02 \geq 1638; \quad S7.8H02 \leq 1814; \\
&S1402 \geq 178; \quad S1402 \leq 198; \\
&S2202 \geq 552; \quad S2202 \leq 612; \\
&S0802 \geq 452; \quad S0802 \leq 500; \\
&S1602 \geq 1983; \quad S1602 \leq 2196; \\
&S3002 \geq 255; \quad S3002 \leq 282; \\
&S0602 \geq 209; \quad S0602 \leq 231; \\
&S2502 \geq 178; \quad S2502 \leq 197; \\
&S18L02 \geq 1552; \quad S18L02 \leq 1719;
\end{aligned}$$

Dördüncü Dönem:

$$\begin{aligned}
&S0904 \geq 1106; \quad S0904 \leq 1209; \\
&S1804 \geq 1146; \quad S1804 \leq 1252; \\
&S1004 \geq 1448; \quad S1004 \leq 1582; \\
&S1204 \geq 796; \quad S1204 \leq 870; \\
&S0504 \geq 220; \quad S0504 \leq 241; \\
&S2.804 \geq 155; \quad S2.804 \leq 169;
\end{aligned}$$

S7.8H03 ≥ 1786 ; S7.8H03 ≤ 1953 ;	S7.8H04 ≥ 1738 ; S7.8H04 ≤ 1899 ;
S1403 ≥ 195 ; S1403 ≤ 213 ;	S1404 ≥ 189 ; S1404 ≤ 207 ;
S2203 ≥ 602 ; S2203 ≤ 658 ;	S2204 ≥ 586 ; S2204 ≤ 640 ;
S0803 ≥ 492 ; S0803 ≤ 538 ;	S0804 ≥ 479 ; S0804 ≤ 523 ;
S1603 ≥ 2161 ; S1603 ≤ 2363 ;	S1604 ≥ 2104 ; S1604 ≤ 2298 ;
S3003 ≥ 278 ; S3003 ≤ 304 ;	S3004 ≥ 270 ; S3004 ≤ 295 ;
S0603 ≥ 227 ; S0603 ≤ 249 ;	S0604 ≥ 221 ; S0604 ≤ 242 ;
S2503 ≥ 194 ; S2503 ≤ 212 ;	S2504 ≥ 188 ; S2504 ≤ 206 ;
S18L03 ≥ 1693 ; S18L03 ≤ 1850 ;	S18L04 ≥ 1647 ; S18L04 ≤ 1799 ;

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 28 numaralı eşitlikte yerine konularak ürünlerin dört dönem boyunca asgari üretim miktarı kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Ürünler bazında 4 aylık toplam asgari üretim miktarı kısıtları;

X0901+X0902+X0903+X0904 ≥ 2672 ;
X1801+X1802+X1803+X1804 ≥ 2768 ;
X1001+X1002+X1003+X1004 ≥ 3497 ;
X1201+X1202+X1203+X1204 ≥ 1923 ;
X0501+X0502+X0503+X0504 ≥ 532 ;
X2.801+X2.802+X2.803+X2.804 ≥ 373 ;
X7.8H01+X7.8H02+X7.8H03+X7.8H04 ≥ 4198 ;
X1401+X1402+X1403+X1404 ≥ 457 ;
X2201+X2202+X2203+X2204 ≥ 1415 ;
X0801+X0802+X0803+X0804 ≥ 1157 ;
X1601+X1602+X1603+X1604 ≥ 5080 ;
X3001+X3002+X3003+X3004 ≥ 653 ;
X0601+X0602+X0603+X0604 ≥ 535 ;
X2501+X2502+X2503+X2504 ≥ 455 ;
X18L01+X18L02+X18L03+X18L04 ≥ 3978 ;

Elde edilen değişkenler ve katsayılar yöntem başlığı altında verilen 28 numaralı eşitlikte yerine konularak dört dönem için tüm ürünlerin aylık asgari üretim miktarı kısıtları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Tüm ürünlerin toplam aylık asgari üretim miktarı kısıtları;

Birinci Dönem:

$$X0901+X1801+X1001+X1201+X0501+X2.801+X7.8H01+X1401+X2201+X0801+X1601+X3001+X0601+X2501+X18L01 \geq 8000;$$

İkinci Dönem:

$$X0902+X1802+X1002+X1202+X0502+X2.802+X7.8H02+X1402+X2202+X0802+X1602+X3002+X0602+X2502+X18L02 \geq 8000;$$

Üçüncü Dönem:

$$X0903+X1803+X1003+X1203+X0503+X2.803+X7.8H03+X1403+X2203+X0803+X1603+X3003+X0603+X2503+X18L03 \geq 8000;$$

Dördüncü Dönem:

$$X0904+X1804+X1004+X1204+X0504+X2.804+X7.8H04+X1404+X2204+X0804+X1604+X3004+X0604+X2504+X18L04 \geq 8000;$$

Kurulan DP modelinin Lingo 10 paket programı ile çözümü sonucunda 15 ürüne ait satış, üretim ve stok miktarlarına ilişkin dört dönemlik bütünleşik üretim planlama verileri Tablo 17'den Tablo 31'e kadar ayrıntılı olarak verilmektedir. 207 sınırlayıcı koşul ve 180 karar değişkeninden oluşan modelin, 65 ardışık çözümü ile amaç fonksiyonunun değeri 4.828.391 TL kâr olarak bulunmuştur. Ekler kısmında modelin Lingo paket programına ne şekilde girildiği Ek 1, modelin çözüm sonuçları Ek 2 ve Ek 3, modelin duyarlılık analizi sonuçları ise Ek 4 ve Ek 5'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bütünleşik üretim planlamada ürün bileşimi modeli için çözülen DP modeli, işletmenin belirli bir dönemde hangi üründen ne miktarda üreteceğini, ne miktarda satacağını ve ne miktarda depolayacağını, belirlenen kısıtlar çerçevesinde en uygun üretim programını hazırlayarak en fazla kârın elde edilmesini amaçlamaktadır.

Tablo 17. 16 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S1601	1.957	X1601	1.957	D1601	0
S1602	2.196	X1602	2.196	D1602	0
S1603	2.363	X1603	2.363	D1603	0
S1604	2.298	X1604	2.298	D1604	0

Tablo 18. 10 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S1001	1.347	X1001	1.347	D1001	0
S1002	1.511	X1002	1.511	D1002	0
S1003	1.627	X1003	1.627	D1003	0
S1004	1.582	X1004	1.582	D1004	0

Tablo 19. 18 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S1801	1.066	X1801	1.066	D1801	0
S1802	1.196	X1802	1.196	D1802	0
S1803	1.287	X1803	1.287	D1803	0
S1804	1.252	X1804	1.252	D1804	0

Tablo 20. 9 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S0901	1.030	X0901	1.030	D0901	0
S0902	1.155	X0902	1.155	D0902	0
S0903	1.243	X0903	1.243	D0903	0
S0904	1.209	X0904	1.209	D0904	0

Tablo 21. 12 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S1201	741	X1201	741	D1201	0
S1202	831	X1202	831	D1202	0
S1203	895	X1203	895	D1203	0
S1204	870	X1204	870	D1204	0

Tablo 22. 22 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S2201	545	X2201	545	D2201	0
S2202	612	X2202	612	D2202	0
S2203	658	X2203	658	D2203	0
S2204	640	X2204	640	D2204	0

Tablo 23. 8 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S0801	446	X0801	446	D0801	0
S0802	500	X0802	500	D0802	0
S0803	538	X0803	538	D0803	0
S0804	523	X0804	523	D0804	0

Tablo 24. 30 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S3001	252	X3001	252	D3001	0
S3002	282	X3002	282	D3002	0
S3003	304	X3003	304	D3003	0
S3004	295	X3004	295	D3004	0

Tablo 25. 6 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S0601	206	X0601	206	D0601	0
S0602	231	X0602	231	D0602	0
S0603	249	X0603	249	D0603	0
S0604	242	X0604	242	D0604	0

Tablo 26. 5 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S0501	205	X0501	205	D0501	0
S0502	230	X0502	230	D0502	0
S0503	247	X0503	247	D0503	0
S0504	241	X0504	241	D0504	0

Tablo 27. 25 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S2501	175	X2501	175	D2501	0
S2502	197	X2502	197	D2502	0
S2503	212	X2503	212	D2503	0
S2504	206	X2504	206	D2504	0

Tablo 28. 2.8 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S2.801	144	X2.801	144	D2.801	0
S2.802	161	X2.802	161	D2.802	0
S2.803	174	X2.803	174	D2.803	0
S2.804	169	X2.804	169	D2.804	0

Tablo 29. 14 mm kalınlığındaki MDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S1401	176	X1401	176	D1401	0
S1402	198	X1402	198	D1402	0
S1403	213	X1403	213	D1403	0
S1404	207	X1404	207	D1404	0

Tablo 30. 7.8 mm kalınlığındaki HDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S7.8H01	1.617	X7.8H01	1.617	D7.8H01	0
S7.8H02	1.814	X7.8H02	1.814	D7.8H02	0
S7.8H03	1.953	X7.8H03	1.953	D7.8H03	0
S7.8H04	1.899	X7.8H04	1.899	D7.8H04	0

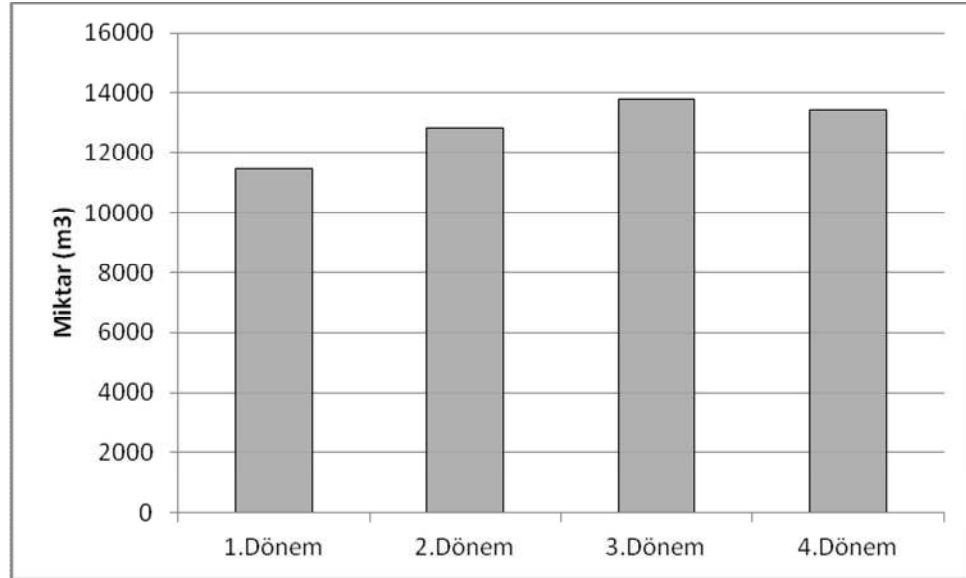
Tablo 31. 18 mm kalınlığındaki LDF'nin dört dönem için en uygun satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
S18L01	1.533	X18L01	1.533	D18L01	0
S18L02	1.719	X18L02	1.719	D18L02	0
S18L03	1.850	X18L03	1.850	D18L03	0
S18L04	1.799	X18L04	1.799	D18L04	0

Ele alınan 15 ürünün dört dönem için en uygun toplam satış, üretim ve stok miktarları Tablo 32'de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere tüm dönemlerde üretilen miktar kadar satış gerçekleştirilmiş olup stokta herhangi bir ürünün tutulması öngörülmemiştir. Tüm dönemler için aynı satış fiyatı, üretim ve stok maliyeti belirlendiği için model stokta ürün tutmamıştır. Eğer dönemler arasında bir farklılık olsaydı stokta ürün tutulabilecekti. Dört dönem için toplam üretilmesi ve satılması öngörülen miktarlara ilişkin dağılım ise Şekil 20'de görülmektedir.

Tablo 32. Lif levhanın dört dönem için en uygun toplam satış, üretim ve stok miktarları (m³)

Satış		Üretim		Stok	
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)
P1S	11.440	P1X	11.440	P1D	0
P2S	12.833	P2X	12.833	P2D	0
P3S	13.813	P3X	13.813	P3D	0
P4S	13.432	P4X	13.432	P4D	0



Şekil 20. 4 dönem boyunca üretilmesi ve satılması planlanan miktarlar (m³)

Modelden elde edilen ürünlerin satış ve üretim miktarı değerlerinin dönemsel olarak toplu halde sonuçları Tablo 33 ve Tablo 34’de verilmiştir.

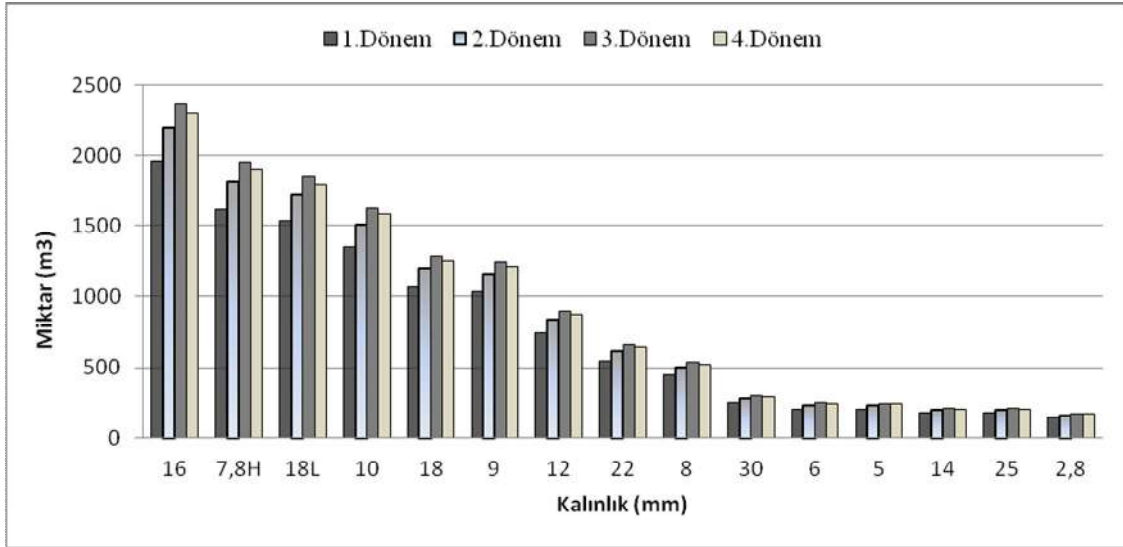
Tablo 33. Tüm lif levha ürünlerinin dört dönem için satış miktarları (m³)

1. Dönem		2. Dönem		3. Dönem		4. Dönem		Toplam
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	
S1601	1.957	S1602	2.196	S1603	2.363	S1604	2.298	8.814
S7.8H01	1.617	S7.8H02	1.814	S7.8H03	1.953	S7.8H04	1.899	7.283
S18L01	1.533	S18L02	1.719	S18L03	1.850	S18L04	1.799	6.901
S1001	1.347	S1002	1.511	S1003	1.627	S1004	1.582	6.067
S1801	1.066	S1802	1.196	S1803	1.287	S1804	1.252	4.801
S0901	1.030	S0902	1.155	S0903	1.243	S0904	1.209	4.637
S1201	741	S1202	831	S1203	895	S1204	870	3.337
S2201	545	S2202	612	S2203	658	S2204	640	2.455
S0801	446	S0802	500	S0803	538	S0804	523	2.007
S3001	252	S3002	282	S3003	304	S3004	295	1.133
S0601	206	S0602	231	S0603	249	S0604	242	928
S0501	205	S0502	230	S0503	247	S0504	241	923
S1401	176	S1402	198	S1403	213	S1404	207	794
S2501	175	S2502	197	S2503	212	S2504	206	790
S2.801	144	S2.802	161	S2.803	174	S2.804	169	648
Toplam	11.440	Toplam	12.833	Toplam	13.813	Toplam	13.432	51.518

Tablo 34. Tüm lif levha ürünlerinin dört dönem için üretim miktarları (m³)

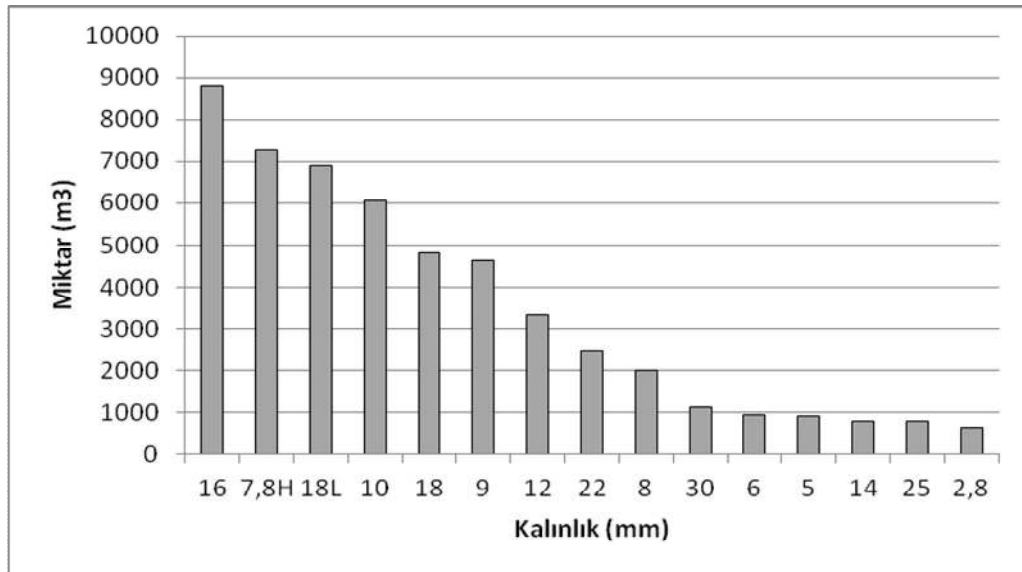
1. Dönem		2. Dönem		3. Dönem		4. Dönem		Toplam
Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	Kod	Miktar (m ³)	
X1601	1.957	X1602	2.196	X1603	2.363	X1604	2.298	8.814
X7.8H01	1.617	X7.8H02	1.814	X7.8H03	1.953	X7.8H04	1.899	7.283
X18L01	1.533	X18L02	1.719	X18L03	1.850	X18L04	1.799	6.901
X1001	1.347	X1002	1.511	X1003	1.627	X1004	1.582	6.067
X1801	1.066	X1802	1.196	X1803	1.287	X1804	1.252	4.801
X0901	1.030	X0902	1.155	X0903	1.243	X0904	1.209	4.637
X1201	741	X1202	831	X1203	895	X1204	870	3.337
X2201	545	X2202	612	X2203	658	X2204	640	2.455
X0801	446	X0802	500	X0803	538	X0804	523	2.007
X3001	252	X3002	282	X3003	304	X3004	295	1.133
X0601	206	X0602	231	X0603	249	X0604	242	928
X0501	205	X0502	230	X0503	247	X0504	241	923
X1401	176	X1402	198	X1403	213	X1404	207	794
X2501	175	X2502	197	X2503	212	X2504	206	790
X2.801	144	X2.802	161	X2.803	174	X2.804	169	648
Toplam	11.440	Toplam	12.833	Toplam	13.813	Toplam	13.432	51.518

Model sonucu elde edilen sonuçlara göre aynı dönemlerde ürünlerin satış ve üretim miktarları eşit olduğu için her ikisinin de dönemlere göre nasıl bir değişim sergiledikleri Şekil 21’de görülmektedir.



Şekil 21. Ürünlerin kalınlıklarına göre 4 dönem için satış ve üretim miktarları (m³)

Model sonucu elde edilen ürünlerin dört dönem süresince gerçekleşmesi beklenen satış ve üretim miktarı değerleri aynı olduğu için her ikisi de Şekil 22’de görülmektedir.



Şekil 22. Ürünlerin kalınlıklarına göre dört dönemlik toplam gerçekleşen satış ve üretim miktarları (m³)

3.4. Duyarlılık Analizi Sonuçları

Duyarlılık analizi bir çözüm yöntemi olmayıp modelin en uygun çözümünün bulunmasından sonra, elde edilen katsayıların hangi değişim alanı içinde geçerli olduğunu belirtmeyi amaçlayan bir analizdir. Doğrusal programlama modelinin çözümünden sonra duyarlılık analizi yapılmış olup karar değişkenlerinin dört dönem için alabileceği azami ve asgari değerler, karar değişkeni katsayılarına eklenerek hesaplanmıştır. Böylece en uygun çözümü etkilemeyecek, karar değişkenlerinin azami ve asgari ulaşabileceği sınır değerleri Tablo 35’den Tablo 38’e kadar ayrıntılı olarak görölmektedir.

Tablo 35. Karar değişkenleri katsayılarının ilk dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL)

SATIŞ				ÜRETİM				STOK			
Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari
S1601	495	SINIRSIZ	410	X1601	-410	-398	-495	D1601	-12	0	SINIRSIZ
S1001	510	SINIRSIZ	440	X1001	-440	-427	-510	D1001	-13	0	SINIRSIZ
S1801	495	SINIRSIZ	410	X1801	-410	-398	-495	D1801	-12	0	SINIRSIZ
S0901	525	SINIRSIZ	440	X0901	-440	-427	-525	D0901	-13	0	SINIRSIZ
S1201	500	SINIRSIZ	430	X1201	-430	-417	-500	D1201	-13	0	SINIRSIZ
S2201	530	SINIRSIZ	420	X2201	-420	-407	-530	D2201	-13	0	SINIRSIZ
S0801	525	SINIRSIZ	440	X0801	-440	-427	-525	D0801	-13	0	SINIRSIZ
S3001	535	SINIRSIZ	420	X3001	-420	-407	-535	D3001	-13	0	SINIRSIZ
S0601	590	SINIRSIZ	460	X0601	-460	-446	-590	D0601	-14	0	SINIRSIZ
S0501	590	SINIRSIZ	460	X0501	-460	-446	-590	D0501	-14	0	SINIRSIZ
S2501	540	SINIRSIZ	420	X2501	-420	-407	-540	D2501	-13	0	SINIRSIZ
S2.801	620	SINIRSIZ	438	X2.801	-438	-425	-620	D2.801	-13	0	SINIRSIZ
S1401	490	SINIRSIZ	430	X1401	-430	-417	-490	D1401	-13	0	SINIRSIZ
S7.8H01	615	SINIRSIZ	450	X7.8H01	-450	-436	-615	D7.8H01	-14	0	SINIRSIZ
S18L01	450	SINIRSIZ	400	X18L01	-400	-388	-450	D18L01	-12	0	SINIRSIZ

Tablo 35 incelendiğinde karar değişkenlerinin katsayılarının azami ve asgari sınır değerlerinin ne anlama geldiğine dair bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

S1601 karar değişkeninin 495 TL olan satış değeri katsayısı 411 TL’ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek alabileceği en büyük değer olan 1957 m³ olarak kalacaktır. Ancak satış değeri katsayısı 410 TL’ye indiği zaman çözüm değeri alabileceği

en küçük değeri olarak 1734 m³ olacaktır. Yani 495 TL olan satış değeri sınırsız artırıldığında ve 411 TL'den daha az olmadıkça en uygun çözüm kümesi değişmeyecektir.

Tüm ürünlerin satış katsayılarının azami alabileceği değerler sınırsız miktarda artırılabilir ve tabloda görülen asgari değerlere kadar azaltılabilir. Yani her bir ürünün satış değeri katsayıları ne kadar artırılırsa artırılsın ve üretim maliyeti değerine kadar azaltıldığında en uygun çözüm kümesi değişmeyecektir. Tüm dönemler ve ürünlerin satış katsayıları için aynı sonuçlar geçerli olmaktadır.

X1601 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -494 TL'ye çıkarıldığı zaman çözüm değeri değişmeyerek 1957 m³ olarak kalacaktır. Ancak üretim maliyeti katsayısı -495 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri alabileceği en küçük değeri olarak 1734 m³ olacaktır.

X1601 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -399 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek 1957 m³ olarak kalacaktır. Ancak üretim maliyeti katsayısı -398 TL'ye indiği zaman çözüm değeri değişerek 4153 m³ olacaktır ve 2196 m³'ü stokta tutularak bir sonraki döneme aktarılarak o dönemde satılacaktır. Yani en uygun çözüm kümesinin değişmemesi için X1601 karar değişkeninin 410 TL olan üretim maliyeti değerinin 494 TL'den daha fazla ve 399 TL'den daha az olmaması gerekmektedir.

D1601 karar değişkeninin -12 TL olan stoklama maliyeti katsayısı -1 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek sıfır olarak kalacaktır. Ancak stoklama maliyeti sıfır olduğu zaman çözüm değeri değişerek 2196 m³ olacaktır. Stoklama maliyeti sınırsız olarak artırıldığında da sıfır olan çözüm değeri yine değişmeyecektir.

Tablo 36. Karar değişkenleri katsayılarının ikinci dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL)

SATIŞ				ÜRETİM				STOK			
Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari
S1602	495	SINIRSIZ	410	X1602	-410	-398	-422	D1602	-12	0	SINIRSIZ
S1002	510	SINIRSIZ	440	X1002	-440	-427	-453	D1002	-13	0	SINIRSIZ
S1802	495	SINIRSIZ	410	X1802	-410	-398	-422	D1802	-12	0	SINIRSIZ
S0902	525	SINIRSIZ	440	X0902	-440	-427	-453	D0902	-13	0	SINIRSIZ
S1202	500	SINIRSIZ	430	X1202	-430	-417	-443	D1202	-13	0	SINIRSIZ
S2202	530	SINIRSIZ	420	X2202	-420	-407	-433	D2202	-13	0	SINIRSIZ
S0802	525	SINIRSIZ	440	X0802	-440	-427	-453	D0802	-13	0	SINIRSIZ
S3002	535	SINIRSIZ	420	X3002	-420	-407	-433	D3002	-13	0	SINIRSIZ
S0602	590	SINIRSIZ	460	X0602	-460	-446	-474	D0602	-14	0	SINIRSIZ
S0502	590	SINIRSIZ	460	X0502	-460	-446	-474	D0502	-14	0	SINIRSIZ
S2502	540	SINIRSIZ	420	X2502	-420	-407	-433	D2502	-13	0	SINIRSIZ
S2.802	620	SINIRSIZ	438	X2.802	-438	-425	-451	D2.802	-13	0	SINIRSIZ
S1402	490	SINIRSIZ	430	X1402	-430	-417	-443	D1402	-13	0	SINIRSIZ
S7.8H02	615	SINIRSIZ	450	X7.8H02	-450	-436	-464	D7.8H02	-14	0	SINIRSIZ
S18L02	450	SINIRSIZ	400	X18L02	-400	-388	-412	D18L02	-12	0	SINIRSIZ

Tablo 36 incelendiğinde karar değişkenlerinin katsayılarının azami ve asgari sınır değerlerinin ne anlama geldiğine dair bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

S1602 karar değişkeninin 495 TL olan satış değeri katsayısı 411 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek alabileceği en büyük değer olan 2196 m³ olarak kalacaktır. Ancak satış değeri katsayısı 410 TL'ye indiği zaman çözüm değeri alabileceği en küçük değeri alarak 1983 m³ olacaktır. Yani 495 TL olan satış değeri sınırsız artırıldığında ve 411 TL'den daha az olmadıkça en uygun çözüm kümesi değişmeyecektir.

X1602 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -421 TL'ye çıkarıldığı zaman çözüm değeri değişmeyerek 2196 m³ olarak kalacaktır. Ancak üretim maliyeti katsayısı -422 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri alabileceği en küçük değeri alarak 1983 m³ olacaktır.

X1602 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -399 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek 2196 m³ olarak kalacaktır. Ancak üretim maliyeti katsayısı -398 TL'ye indiği zaman çözüm değeri değişerek 4559 m³ olacaktır ve 2363 m³'ü stokta tutularak bir sonraki döneme aktarılarak o dönemde satılacaktır. Yani en uygun çözüm kümesinin değişmemesi için X1602 karar değişkeninin 410 TL olan üretim maliyeti değerinin 421 TL'den daha fazla ve 399 TL'den daha az olmaması gerekmektedir.

D1602 karar değişkeninin -12 TL olan stoklama maliyeti katsayısı 0 (sıfır) TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek sıfır olarak kalacaktır. Ancak stoklama maliyeti 1 TL'lik teşvik şekline döndüğünde çözüm değeri değişerek 2363 m³ olarak bir sonraki döneme aktarılacaktır. Stoklama maliyeti sınırsız olarak artırıldığında da sıfır olan çözüm değeri yine değişmeyecektir.

Tablo 37. Karar değişkenleri katsayılarının üçüncü dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL)

SATIŞ				ÜRETİM				STOK			
Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari
S1603	495	SINIRSIZ	410	X1603	-410	-398	-422	D1603	-12	0	SINIRSIZ
S1003	510	SINIRSIZ	440	X1003	-440	-427	-453	D1003	-13	0	SINIRSIZ
S1803	495	SINIRSIZ	410	X1803	-410	-398	-422	D1803	-12	0	SINIRSIZ
S0903	525	SINIRSIZ	440	X0903	-440	-427	-453	D0903	-13	0	SINIRSIZ
S1203	500	SINIRSIZ	430	X1203	-430	-417	-443	D1203	-13	0	SINIRSIZ
S2203	530	SINIRSIZ	420	X2203	-420	-407	-433	D2203	-13	0	SINIRSIZ
S0803	525	SINIRSIZ	440	X0803	-440	-427	-453	D0803	-13	0	SINIRSIZ
S3003	535	SINIRSIZ	420	X3003	-420	-407	-433	D3003	-13	0	SINIRSIZ
S0603	590	SINIRSIZ	460	X0603	-460	-446	-474	D0603	-14	0	SINIRSIZ
S0503	590	SINIRSIZ	460	X0503	-460	-446	-474	D0503	-14	0	SINIRSIZ
S2503	540	SINIRSIZ	420	X2503	-420	-407	-433	D2503	-13	0	SINIRSIZ
S2.803	620	SINIRSIZ	438	X2.803	-438	-425	-451	D2.803	-13	0	SINIRSIZ
S1403	490	SINIRSIZ	430	X1403	-430	-417	-443	D1403	-13	0	SINIRSIZ
S7.8H03	615	SINIRSIZ	450	X7.8H03	-450	-436	-464	D7.8H03	-14	0	SINIRSIZ
S18L03	450	SINIRSIZ	400	X18L03	-400	-388	-412	D18L03	-12	0	SINIRSIZ

Tablo 37 incelendiğinde karar değişkenlerinin katsayılarının azami ve asgari sınır değerlerinin ne anlama geldiğine dair bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

S1603 karar değişkeninin 495 TL olan satış değeri katsayısı 411 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek alabileceği en büyük değer olan 2363 m³ olarak kalacaktır. Ancak satış değeri katsayısı 410 TL'ye indiği zaman çözüm değeri alabileceği en küçük değeri alarak 2161 m³ olacaktır. Yani 495 TL olan satış değeri sınırsız artırıldığında ve 411 TL'den daha az olmadıkça en uygun çözüm kümesi değişmeyecektir.

X1603 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -421 TL'ye çıkarıldığı zaman çözüm değeri değişmeyerek 2363 m³ olarak kalacaktır. Üretim maliyeti katsayısı -422 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri yine 2363 m³ olarak kalmaktadır. Ancak -423 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri sıfır olmakta, üretim bir önceki dönem 4559 m³ olarak gerçekleştirilip 2363 m³'ü stokta tutularak bu döneme aktarılmaktadır.

X1603 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -399 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek 2363 m³ olarak kalacaktır. Üretim maliyeti katsayısı -398 TL'ye indiği zaman çözüm değeri yine 2363 m³ olarak kalmaktadır. Ancak üretim maliyeti katsayısı -397 TL'ye indiği zaman çözüm değeri 3799 m³ olup, bununda 1436 m³'ü depoda tutularak bir sonraki döneme aktarılarak o dönemde satılacaktır. Yani en uygun çözüm kümesinin değişmemesi için X1603 karar değişkeninin 410 TL olan üretim maliyeti değerinin 422 TL'den daha fazla ve 398 TL'den daha az olmaması gerekmektedir.

D1603 karar değişkeninin -12 TL olan stoklama maliyeti katsayısı 0 (sıfır) TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek sıfır olarak kalacaktır. Ancak stoklama maliyeti 1 TL'lik teşvik şekline döndüğünde çözüm değeri değişerek 1436 m³ olarak bir sonraki döneme aktarılacaktır. Stoklama maliyeti sınırsız olarak artırıldığında da sıfır olan çözüm değeri yine değişmeyecektir.

Tablo 38. Karar değişkenleri katsayılarının dördüncü dönem için alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (TL)

SATIŞ				ÜRETİM				STOK			
Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari	Kod	Katsayı	Azami	Asgari
S1604	495	SINIRSIZ	410	X1604	-410	12	-422	D1604	-12	410	SINIRSIZ
S1004	510	SINIRSIZ	440	X1004	-440	13	-453	D1004	-13	440	SINIRSIZ
S1804	495	SINIRSIZ	410	X1804	-410	12	-422	D1804	-12	410	SINIRSIZ
S0904	525	SINIRSIZ	440	X0904	-440	13	-453	D0904	-13	440	SINIRSIZ
S1204	500	SINIRSIZ	430	X1204	-430	13	-443	D1204	-13	430	SINIRSIZ
S2204	530	SINIRSIZ	420	X2204	-420	13	-433	D2204	-13	420	SINIRSIZ
S0804	525	SINIRSIZ	440	X0804	-440	13	-453	D0804	-13	440	SINIRSIZ
S3004	535	SINIRSIZ	420	X3004	-420	13	-433	D3004	-13	420	SINIRSIZ
S0604	590	SINIRSIZ	460	X0604	-460	14	-474	D0604	-14	460	SINIRSIZ
S0504	590	SINIRSIZ	460	X0504	-460	14	-474	D0504	-14	460	SINIRSIZ
S2504	540	SINIRSIZ	420	X2504	-420	13	-433	D2504	-13	420	SINIRSIZ
S2.804	620	SINIRSIZ	438	X2.804	-438	13	-451	D2.804	-13	438	SINIRSIZ
S1404	490	SINIRSIZ	430	X1404	-430	13	-443	D1404	-13	430	SINIRSIZ
S7.8H04	615	SINIRSIZ	450	X7.8H04	-450	14	-464	D7.8H04	-14	450	SINIRSIZ
S18L04	450	SINIRSIZ	400	X18L04	-400	12	-412	D18L04	-12	400	SINIRSIZ

Tablo 38 incelendiğinde karar değişkenlerinin katsayılarının azami ve asgari sınır değerlerinin ne anlama geldiğine dair bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

S1601 karar değişkeninin 495 TL olan satış değeri katsayısı 411 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek alabileceği en büyük değer olan 2298 m³ olarak kalacaktır. Ancak satış değeri katsayısı 410 TL'ye indiği zaman çözüm değeri alabileceği

en küçük değeri olarak 2104 m³ olacaktır. Yani 495 TL olan satış değeri sınırsız artırıldığında ve 411 TL'den daha az olmadıkça en uygun çözüm kümesi değişmeyecektir.

X1604 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti katsayısı -422 TL'ye çıkarıldığı zaman çözüm değeri değişmeyerek 2298 m³ olarak kalacaktır. Üretim maliyeti katsayısı -423 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri 861 m³ olur ki aynı dönem satılması planlanan ürünün bir kısmı bir önceki dönemde üretilip depo edilerek bu döneme aktarılır. Ancak üretim maliyeti katsayısı -433 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri sıfır olur ki bu dönem satılması planlanan miktar bir önceki dönem üretilerek stok edilir.

X1604 karar değişkeninin -410 TL olan üretim maliyeti kaldırılıp 11 TL teşvik verilse çözüm değeri değişmeyerek 2298 m³ olarak kalacaktır. Ancak teşvik miktarı 12 TL'ye çıktığı zaman çözüm değeri değişerek o dönem 4117 m³ üretim yapılacaktır. Yani en uygun çözüm kümesinin değişmemesi için X1604 karar değişkeninin 410 TL olan üretim maliyeti değerinin 422 TL'den daha fazla ve teşvik miktarının da 11 TL'den daha fazla olmaması gerekmektedir.

D1604 karar değişkeninin -12 TL olan stoklama maliyeti katsayısı 410 TL'lik teşvik şekline döndüğünde çözüm değeri değişmeyerek sıfır olarak kalacaktır. Ancak teşvik değeri 411 TL olduğunda çözüm değeri değişerek 1820 m³ olarak bir sonraki döneme aktarılacaktır. Stoklama maliyeti sınırsız olarak artırıldığında da sıfır olan çözüm değeri yine değişmeyecektir. Diğer karar değişkenlerine ilişkin duyarlılık analizleri sonuçları da Ek 4'de verilmiştir.

Amaç fonksiyonuna ait karar değişkenlerinin duyarlılık analizinin ardından bazı üretim faktörlerinin duyarlılık analizleri de incelenmiştir. Lif levha üretiminde pres ünitesinin kapasitesi, lif levha hattının toplam kapasitesinin ana belirleyicisi olarak planlanmıştır. Lif levhaların kalınlıklarına göre farklı pres hızları uygulanmakta olup bu da doğrudan işlem süreleri ve dolayısıyla da kapasiteyi belirlemektedir. Dönemler itibarıyla olabilecek toplam presleme süresi 40.000 dk olarak belirlenmiş olup asgari kaç dakika olabileceği Tablo 39'da görülmektedir.

Tablo 39. Pres sürelerinin tüm dönemlerde alabileceği azami ve asgari sınır değerleri (dk)

Dönem	Sağ Taraf Değeri	Azami	Asgari
1. Dönem Pres İşlem Süresi	40.000	SINIRSIZ	30.021
2. Dönem Pres İşlem Süresi	40.000	SINIRSIZ	33.677
3. Dönem Pres İşlem Süresi	40.000	SINIRSIZ	36.249
4. Dönem Pres İşlem Süresi	40.000	SINIRSIZ	35.249

Tablo 39’da görüleceği üzere bütünleşik üretim planlama, DP modeli sonuçlarına göre planlanıp yapıldığı takdirde 1. dönemde 9.979 dk (7 gün) boş bekleme süresi, 2. dönemde 6.323 dk (4,5 gün) boş bekleme süresi, 3. dönemde 3.751 dk (2,6 gün) boş bekleme süresi ve 4. dönemde 4.751 dk (3,3 gün) boş bekleme süresi ortaya çıkmaktadır. 4 dönemlik toplamda ise 24.804 dk yani 17 günden biraz daha fazla bir boşta bekleme süresi ortaya çıkmaktadır. Tüm dönemlerde 1 m³ ürünün üretim hızı yaklaşık olarak ortalama 2,624 dk olmaktadır. Buradan yola çıkarak 4 dönem boyunca yaklaşık 9.453 m³ daha ürün üretilebileceği veya günde ortalama 22,22 saat yerine 18,77 saatlik bir çalışmayla da aynı üretimin gerçekleştirilebileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer kısıtlara ilişkin alt ve üst sınır değerleri Ek 5’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Ek 2’de DP modelinin çözüm sonuçlarında görüleceği üzere çözüme giren temel değişkenlerin indirgenmiş maliyeti sıfır olmaktadır. Çözüme girmeyenlerin ise negatif (-) veya pozitif (+) değerler alması mümkündür. Model sonuçlarında çıkan indirgenmiş maliyet değeri kadar, karar değişkeni katsayısına ilave olursa o değişkende çözüme girebilmektedir. Çözüme girmeyen değişkenlere en az Ek 2’deki indirgenmiş maliyet değerleri kadar ilave yapılırsa onlarda çözüme girebilirler. Örneğin, 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF’nin ilk dönemdeki stok miktarının (D0901) çözüm değeri sıfır, indirgenmiş maliyeti 13’dür. Bu değişkenin çözüme girmesi demek stokta o dönem ürün depolanmasını ifade eder ki, bunun içinde o değişkenin amaç fonksiyonundaki katsayısına 13 TL eklenmesi gerekmektedir. 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF’nin ilk dönemdeki satış miktarı (S0901) ile 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF’nin ilk dönemdeki üretim miktarı (X0901) değişkenleri çözüme girdiği için indirgenmiş maliyet değerleri sıfırdır.

Ek 3’de görüleceği üzere en büyükleme problemlerinin ilgili kısıtlarında meydana gelebilecek bir birimlik değişimin, amaç fonksiyonunda gölge fiyat (dual price, shadow

price, fırsat maliyeti) kadar bir katkı yapacağı bilinmektedir. Kaynaklardan kullanılmayan kapasitesi (fazla kapasite) olan varsa gölge fiyatı sıfır olur yani kaçırılan bir fırsat yoktur, eğer tüm kaynak kullanılmışsa gölge fiyat değeri oluşur. Modeldeki kısıt küçük eşit ($\leq$) ise daima sıfır veya pozitif gölge fiyatı olur ki etkisi pozitifdir. Eğer kısıt büyük eşit ($\geq$) ise daima sıfır veya negatif gölge fiyatı olur ki etkisi negatif olmaktadır. Yani modelde kullanılan kısıt kaynağı bir birim artırıldığında Ek 3’de görülen gölge fiyatlar kadar amaç fonksiyonunun değerinin artacağı anlamına gelmektedir. Örneğin, pres süresi kapasiteleri tam olarak kullanılmadığı için yani fazladan kullanılmayan zamanlar mevcut olduğundan gölge fiyatları sıfır olmuştur. Yine 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF’nin ilk dönemdeki satış miktarının (S0901) 912 m³’den fazla 1030 m³’den az olması şartları vardır. Modelin çözümü sonucunda S0901’in değeri 1030 m³ çıkmıştır. Yani ilk şart için 118 m³’lük kullanılabilecek miktar olduğundan fırsat maliyeti sıfırdır. Ancak ikinci şart tam olarak yerine getirildiğinden, tüm kaynağın tamamının kullanılmasından dolayı, kullanılmayan kaynak miktarının olmamasından fırsat maliyeti 85 TL çıkmıştır. Bu da bize, bir birimlik ilave üretim kaynağı olması halinde, amaç fonksiyonu değerinde 85 TL’lik bir artışın olacağını ifade etmektedir.

Mevcut çözüm bileşiminde pres süresi kısıtları, depolama alanı kısıtları, ürünlerin asgari satış miktar kısıtları, bir ürünün toplam dört dönem süresince üretilmesi gereken asgari miktar kısıtları ve tüm ürünlerin dönemler itibariyle üretilmesi gereken asgari miktar kısıtlarının bağlayıcı olmayan kısıtlar olduğu Ek 3’de görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğal kaynaklara sermaye ve insan emeği uygulanması işlemine üretim adı verilmektedir. Üretime geçmeden önce üretim faaliyetlerinin nerede, nasıl ve kim tarafından yapılacağı, neler üretileceği, üretilecek olan ürün ya da ürünlere ilişkin sürelerin belirlenmesi gibi işlemlerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla işletme yöneticileri önceden üretim planlaması yaparak, mevcut kaynakları gerçekçi ve etkili bir şekilde kullanabilmek ve gelirlerini arttırmak için üretimlerini belirli bir plan ve program çerçevesinde gerçekleştirmek istemektedirler. Üretim planlaması ile ilgili sorunlarının çözümünde kullanılacak en etkili yöntemlerden birisi de hiç şüphesiz doğrusal programlama yöntemidir. Doğrusal programlama, orman gibi çok değerli bir kaynağı işleyen odun kökenli ürün sanayilerinin, bu doğal kaynağı verimli kullanmalarına ve etkin bir yapıya kavuşturmalarına yardımcı olabilecektir. İşletmeler mevcut stok kapasitelerini de göz önünde bulundurarak üretimdeki dalgalanmaları en aza indirebilecektir.

Bugün orman ürünleri sanayi sektörünün, diğer sektörlere paralel olarak çok hızlı bir şekilde değişim süreci yaşaması, beraberinde bazı yapısal ve eğitsel sorunları da daha belirgin hale getirmiştir. Geçmişte aile şirketi anlayışıyla yönetilen sektör her ne kadar profesyonellik anlamında büyük bir aşama kat etse de, bu değişimin henüz yeterli seviyede tüm alt sektör ve işletmeleri kapsadığı söylenemez. Gelişimini büyük oranda son yıllarda artırmaya başlayan sektörde, işletmelerde sayısal bakımdan bir azalma olsa da istihdam ve katma değer bakımından bir gerileme olmamıştır. Bu durum da bize işletmelerin küçükten büyüğe doğru bir değişim yaşadıklarını göstermektedir. Devlet teşviklerinin daha da artmasıyla üniversite-sanayi işbirliği kapsamında Ar-Ge çalışmaları artacak, böylelikle işletmelerin gerek verimlilikleri gerek ihracatları ve gerekse teknolojik donanımları artabilecektir.

Son yıllarda kullanım alanı ve önemi bir hayli artan lif levha sektörünün, 1995'lerden bugünlere orman ürünleri sanayi içersindeki tüketim oranı %2'lerden %10'lara, odun esaslı levhalar içersindeki tüketim oranı ise %20'lerden %40'lar seviyesine çıkmıştır. Son beş yılda ortalama olarak, lif levha sektörünün %78 gibi bir tüketim payını da MDF oluşturmaktadır.

Aynı şekilde lif levha sektörünün ihracat payı, orman ürünleri sanayi içersinde %2'lerden %35'lere, odun esaslı levhalar içersinde ise %10'lardan %60'lar düzeyine ulaşmıştır. Son beş yılda ortalama olarak, lif levha sektörünün %83'lük ihracat payını da MDF gerçekleştirmiştir. MDF, ihracatın ithalatı karşılama oranı bakımından yıllar itibariyle büyük artışlar göstermiş ve son 4-5 yılda dış ticaret fazlası veren bir ürün konumuna gelmiştir. Dünyadaki MDF kapasitesinin %6,3'ünü, AB'nin ise %20'sini Türkiye üretmektedir. Ortalama olarak her bin kişiye dünyada 9 m³ MDF düşerken, Türkiye'de 49 m³ düşmektedir.

Kurulu tesislerin verimliliğini artırıcı çalışmaların yapılması Türkiye ekonomisi için bir zorunluluktur. Lif levha ürünlerine olan talep özellikle inşaat sektöründeki gelişmelere paralel olarak hızla artmaktadır. Bu alanda son 4-5 yıl hariç daha önceki yıllarda ülkede dış ticaret açığı oluşmaktaydı. Bu nedenle üretimi artırıcı yönde olan her çalışma ithalatı azaltacak, ihtiyaçların karşılanmasını sağlayacak ve ülke ekonomisine katkıda bulunacaktır.

Tüm alt sektörel gruplarıyla birlikte yıllık olarak 30 milyon m³ hammadde odun işleme kapasitesine sahip olan orman ürünleri sanayi, levha ürünleri ve mobilya sanayinde dünya piyasaları ile rekabet edebilir teknoloji ve kaliteye sahip olup özellikle Avrupa pazarında söz sahibi konuma gelmiştir. Avrupa'nın yanı sıra komşu ülkelere olan ihracatta da büyük oranda artışlar gerçekleştirilmektedir.

Ayrıca ürünlere olan taleplerin daha önceden tahmin edilmesi ile üretim planlarına alınacak olan ürünlerin belirlenip aylık satış sınırlarının oluşturulması, işletmeler için önlerini görme noktasında büyük imkânlar sunmaktadır. Üretimin belirli bir plan çerçevesinde yapılması halinde, üretim hattında ürünlerin sürekli olarak değişimi engellenerek zaman kayıplarının önüne geçilebilecektir. Böylelikle üretimi aksatan duruşlar azalarak işletme verimliliği ve kârlılığı artacaktır.

MDF üretimi alanında Dünya ve Avrupa genelinde söz sahibi bir konumda yer alan Türkiye'de, MDF üretimi yapan işletmelerin belirli bir dönemde her bir üründen ne miktarda üretilip satması gerektiğine ilişkin karar verilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen kârın en büyüklenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, öncelikle bütünleşik üretim planlama kapsamında ele alınacak olan ürünler ABC analizi ile belirlenmiştir. Analiz sonucunda ekonomik olarak üretilmesi gereken 15 ürünün varlığı tespit edilmiştir. Ürünlerin tespitinden sonra her bir ürün için, planlama dönemlerine ilişkin satış tahminleri yapılarak kısıtlar oluşturulmuştur. Satış tahminlerinin

yapılmasında zaman serileri analizlerinde etkin bir şekilde kullanılan yapay sinir ağıları yöntemi kullanılmıştır.

Birçok zaman serisi doğrusal yapıda olabileceği gibi doğrusal olmayan bir yapıda da olabilmektedir. Doğrusal olmayan yapıların modellenmesinde bu tür aktivasyon fonksiyonlarını da barındıran yapay sinir ağıları, satış tahminlerinin gerçekleştirilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Yapılan satış tahminleri çerçevesinde dinamik halde bulunan ürün bileşimi, DP ile modellenerek çözümlenmiştir. 15 ürüne ait 180 karar değişkeninden oluşan amaç fonksiyonu, 207 sınırlayıcı koşul altında ve 65 ardışık çözüm sonucu 4.828.391 TL kâr olarak bulunmuştur.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda işletme, hangi ürüne hangi dönemde ne kadar talep gelebileceğini net bir şekilde görebilmektedir. Bu sayede belirlenen üretimin yapılabilmesi için gerekli iş emirleri hazırlanarak üretim programı daha önceden oluşturulabilmektedir. Ayrıca mevcut çözüm bileşimi bozulmadan amaç fonksiyonu katsayılarının ve üretim kaynaklarının ne kadar artırılıp azaltılabileceğini de değerlendirebilmek mümkündür. Örneğin, 16 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki (S1601) 495 TL olan satış fiyatının sonsuz artırılabilceği, ancak 410 TL'ye yani maliyetine kadar azaltılabileceği görülmektedir. Bu şartlar sağlandığında S1601'in çözüm miktarı 1957 m³ olacaktır. Aksi takdirde bu değer 1734 m³'e kadar düşecektir ki bu değerde karar değişkeninin alabileceği en az değeri ifade etmektedir.

Tüm ürünlerin tüm dönemler için satış katsayılarının azami alabileceği değerler sonsuz miktarda artırılabilir ve bulguların en son kısmında verilen tablolarda görülen asgari değerlere kadar azaltılabilecektir. Yani her bir ürünün satış değeri katsayıları ne kadar artırılırsa artırılсын ve üretim maliyeti değerine kadar azaltıldığında en uygun çözüm kümesi değişmeyecektir. Tüm dönemler ve ürünlerin satış katsayıları için aynı sonuçlar geçerli olmaktadır.

Aynı şekilde 16 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki üretim miktarının (X1601) 410 TL olan maliyetinin, 494 TL'ye kadar artırılabilceği görülmektedir. Maliyet 495 TL ve daha yukarı çıkarsa 1957 m³ olan üretim miktarı 1734 m³'e kadar düşecektir ki o değerde karar değişkeninin alabileceği en az değeri ifade etmektedir. Eğer maliyet 399 TL'ye kadar düşerse çözüm değeri değişmeyecektir. Ancak 398 TL ve daha aşağılara indiği zaman çözüm değeri değişmektedir. Eğer maliyet 204 TL ve daha aşağılara inerse X1601 değişkeninin alabileceği en fazla değer 6866 m³ olabilmektedir. Çünkü diğer ürünlerinde aynı dönemde asgari olarak üretilmesi gereken miktarlarının

olması ve de pres hattının mevcut ünite kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı bu değer aşılamamaktadır. Yani üretilecek miktarın 1957 m³'ü bu dönem satıldıktan sonra diğer üretilecek miktarlar stokta tutularak daha sonraki dönemlere aktarılmaktadır.

16 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki stok miktarının (D1601) 12 TL olan maliyeti 1 TL'ye indirildiği zaman çözüm değeri değişmeyerek sıfır olarak kalacaktır. Ancak stoklama maliyeti sıfır olduğu zaman çözüm değeri değişerek 2196 m³ olacaktır. Her ne kadar gerçekleşme olasılığı olmasa da senaryonun denenmesi ve katsayıların açıklanması bakımından, eğer stoklamadan dolayı 194 TL ve daha yukarı bir teşvik verilecek olsa, aynı dönem üretilebilecek en fazla üretim gerçekleştirilerek 6866 m³ üretim yapılarak 1734 m³'ü satılacak, 5132 m³'üde depoda tutulup daha sonraki dönemlere aktarılacaktır. Stoklama maliyeti sınırsız olarak artırıldığında da sıfır olan çözüm değeri yine değişmeyecektir.

Çalışmada bazı üretim faktörlerinin duyarlılık analizleri de incelenmiştir. Örneğin, lif levha üretiminde pres ünitesinin kapasitesi, lif levha hattının toplam kapasitesinin ana belirleyicisi olarak planlanmıştır. Bu aşamada tüm dönemlerde pres ünitesinin 40.000 dk olan süresinin, sonsuz artırılabileninden bahsedilmektedir. Ancak böyle bir durum teknik olarak mümkün olamamaktadır. Her bir döneme ilişkin kullanılamayan pres kapasitesi mevcut olup bunlar sırasıyla; 9.979 dk, 6.323 dk, 3.751 dk ve 4.751 dk olarak belirlenmiştir. Dört dönemlik toplamda (160.000 dk = 111,11 gün) ise 24.804 dk yani 17,22 günlük bir atıl kapasite oluşmaktadır ki bu da %15,5'lik bir üretim kaybı anlamına gelmektedir. İşletmenin bu zaman zarfında ortalama 9.453 m³ daha ürün üretebileceği yani 4 dönemlik süreçte 51.518 m³ yerine 60.971 m³ üretim yapabileceği görülmektedir. Aynı durumu zaman yönünden değerlendirecek olursak günde ortalama 22,22 saat yerine 18,77 saatlik bir çalışmayla da aynı üretimin gerçekleştirilebileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Mevcut çözüm bileşimini değiştirmeyecek, ürünlerin dönemlere göre stoklanabilecek miktar sınırlarının, satış miktar sınırlarının, bir ürünün toplam dört dönem süresince üretilmesi gereken sınırlarının ve tüm ürünlerin dönemler itibarıyla üretilmesi gereken sınırlarının belirlenmesine ilişkin duyarlılık analizi sonuçları da mevcut olup Ek 5'de verilmiştir. Tüm karar değişkenlerinin ve üretim kaynaklarının ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi, çok uzun sayfalar tutacağından gerek bulgular gerekse sonuçlar kısmında yer verilmemiş, ekler kısmında sunulmuştur. Burada bazı örnekler verilerek konunun anlaşılması sağlanmıştır.

DP modelinin çözümü sonucunda çıkan bazı kavramları örneklerle açıklayacak olursak, 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki stok miktarının (D0901) çözüm değeri sıfır, indirgenmiş maliyeti 13'dür. Bu değişkenin çözüme girmesi demek stokta o dönem ürün depolanmasını ifade eder ki, bunun içinde o değişkenin amaç fonksiyonu katsayısına 13 TL eklenmesi gerekmektedir. 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki satış miktarı (S0901) ile 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki üretim miktarı (X0901) değişkenleri çözüme girdiği için indirgenmiş maliyet değerleri sıfırdır.

Aynı şekilde her 4 dönem için pres süresinin 40.000 dk olan kapasitesinin tam olarak kullanılmamasından, yani fazladan kullanılmayan zamanı mevcut olduğundan gölge fiyatları sıfır olmuştur. Yine 9 mm kalınlığındaki 1 m³ MDF'nin ilk dönemdeki satış miktarının (S0901) 912 m³'den fazla 1030 m³'den az olması şartları vardır. Modelin çözümü sonucunda S0901'in değeri 1030 m³ çıkmıştır. Yani ilk şart için 118 m³'lük bir kullanılabilecek miktar olduğundan fırsat maliyeti zaten sıfırdır. Ancak ikinci şart tam olarak yerine getirildiğinden tüm kaynağın tamamının kullanılmasından dolayı, kullanılmayan kaynak miktarı sıfır olduğu için, fırsat maliyeti 85 TL olmaktadır. Bu da bize bir birimlik ilave üretim kaynağı olması halinde, amaç fonksiyonu değerinde 85 TL'lik bir artışın olacağını ifade etmektedir.

Çözüme giren karar değişkenlerinin indirgenmiş maliyetleri sıfır olup çözüme girmeyen karar değişkenlerinin indirgenmiş maliyet değerleri mevcuttur. Bu değerler kadar amaç fonksiyonu katsayılarına ilave olduğu takdirde o değişkenlerde çözüme girebilecektir. Aynı şekilde kullanılmayan kaynak varsa o kısıtların fırsat maliyetleri de sıfır olmakta, tam olarak kullanılan kaynakların ise bir birim daha artırılması durumunda amaç fonksiyonu değerinin fırsat maliyeti değeri kadar artacağı sonuçları çıkmaktadır. Konunun anlaşılması için sadece birer örnek verilmiş olup daha ayrıntılı sonuçlara Ek 2'den ulaşılabilmektedir.

4 aylık üretim planı yapılan modelde, her dönem için satış fiyatı, üretim ve depolama maliyetleri aynı alındığından depoda her hangi bir ürünün stoklanması gerçekleştirilememiştir. Eğer üretimi planlanan 4 ay için farklı satış fiyatı, üretim ve depolama maliyeti çıkarılırsa, model stokta ürün tutulmasına izin vermektedir.

Önerilen üretim planı belirli şart ve sınırlar altında, kapasiteyi en uygun biçimde değerlendirerek kârın en fazla olmasını sağlaması yanında, yönetimin gelecekteki

kararlarında daha tutarlı ve istikrarlı olmasını sağlayacak bilgiler vermekte ve yol göstermektedir.

Üretim planlaması 4 aylık olarak yapıлып en uygun ürün bileşimi bulunmuştur. Geçmiş dönemlerdeki tüm aylık satışlar, talepler ve stok değerleri bulunup değerlendirildiği için, hangi ürünün hangi ayda ne kadar üretilmesi gerektiği araştırılmıştır. Böylece her ürünün aylık talebindeki dalgalanmaların hesaplanması sağlanarak alıcıların haftalarca beklemesinin önüne geçilebilecektir. Üretim hattının kalınlık değişiminde meydana gelecek azalma ile üretimde ortaya çıkacak kayıplar büyük ölçüde önlenebilecektir.

Doğrusal programlama tekniğinin kolaylıkla uygulanması ve sağlayacağı tasarrufların gerçekleşebilmesi için aşağıdaki çalışmaların yapılması da faydalı olabilecektir.

- Üretimle satış bölümleri arasında daha sıkı bir işbirliği kurularak tüm işletme içinde sağlıklı bilgi akışını sağlayacak bir düzenlemeye gidilmelidir.
- İşletme arızalarının ve programlanmış duruşların azaltılması için, üretim ve makine bakım ekipleri arasında işbirliği sağlanarak yapılan işlerle ilgili iş etüdü yapılmalı ve üretimdeki kayıplar önlenmelidir.
- İstatistiksel analizlerde kullanılacak verilerin toplanması ve değerlendirilmesi için işletmede kurulacak bir bilgi işlem merkezinden, daha etkili olarak yararlanılabilecektir.
- Üniversiteler ve diğer kurumlarla işbirliği sağlanarak karşılıklı bilgi alışverişi için ortamlar hazırlanmalıdır. Bu tedbirler alındığında üniteler, modern karar alma tekniklerini değişik sorunlarına başarıyla uygulayabilir ve büyük tasarruflar sağlayabilirler.

Çalışma ile ortaya konulan model esas alınarak gelecek dönemlerde, model üzerinde gerek veri sayısı ve çeşidi gerekse çalışma dönemi değiştirilerek farklı amaçlar doğrultusunda yeni sonuçlar elde edilebilir.

En uygun ürün bileşimi modeli belirlendikten sonra, işletmenin planlama dönemlerinde atıl kaldığı zamanlarda bakım-onarım faaliyetlerinin yapılması mümkündür.

İşletme yönetimi, bulunan en uygun model ve bunların çözümlerine ilişkin ele alınan planlama dönemlerinde meydana gelebilecek değişiklik ve aksaklıklara bağlı olarak gerekli gördüğünde düzenlemeler yapabilmektedir. Örneğin en uygun modelden

elde edilen sonuçlara göre, bir ürüne planlanan dönemdekinden daha fazla bir talep gelmesi halinde bu üründen daha fazla miktarda üretilip yeni bir düzenleme yapılabilir.

Daha sonra yapılacak olan bütünleşik üretim planlamasının ürün bileşimi modelinde;

- Amaç fonksiyonundaki satış fiyatı, üretim ve stok maliyeti,
- Stok kısıtlarındaki dönem başı stok miktarları,
- Yeni satış verileri modele dâhil edilerek; ele alınacak ürünlerin ve satış sınırlarının,
- Ürünlerin en az talep edilecek miktarlarının belirlenmesi işlemlerinin yeniden yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Akgül, I., 2003. Geleneksel Zaman Serisi Yöntemleri, Der Yayınları, İstanbul.
- Akyüz, K. C., 1995. Trabzon İlindeki Küçük ve Orta Ölçekli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Sosyo-Ekonomik Tahlili, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akyüz, K. C., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yer Alan Küçük ve Orta Ölçekli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Yapısal Analizi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akyüz, K. C., Balaban, Y., Gedik, T. ve Yıldırım, İ., 2006. Türkiye'nin Orman Ürünleri Dış Ticareti Üzerine Bir Araştırma, G.Ü. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 6, 2.
- Altun, H., Yalçınöz, T. ve Tezekici, B. S., 1999. MLP Tipi Yapay Sinir Ağlarında Eğitim Setinin Geri Yayılım Algoritması ve Öğrenme Sürecine Etkisi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, 1, 667-671, Gaziantep.
- Al-Shammari, A. A., 2009. Post-Optimality Analysis of Linear Operations Optimization Problems, Ph.D Thesis, University of Alberta, Department of Chemical and Materials Engineering, Alberta.
- Anonim, 1991. Orman Ürünleri Sanayi Genel Müdürlüğü 1980–1990 Faaliyetleri, Gelişim Matbaası, Ankara.
- Anonim, 1995. VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Orman Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT Yayın No: 2376, ÖİK: 445, Ankara, 95-102.
- Asan, Ü., 1980. Yöneylem Araştırması Metotlarının Ormancılıkta Kullanılabileceği Alanlar ve Bazı Uygulama Örnekleri, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, İstanbul, 30, 185-195.
- Asan, Ü., 1983. Ormancılıkta Kullanılan Simülasyon Modelleri, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, İstanbul, 33, 298-310.
- Asan, Ü., 2010. Ormancılık Sektörü Mevcut Durum Değerlendirme Raporu, Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planının Geliştirilmesi Projesi, Ağustos.
- Atik, K., 2004. Direkt Genleşmeli Evaporatörün Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi, Teknoloji, 7, 4, 649-658.
- Aydın, Z., 2006. Doğrusal Programlamanın Üretim Planlaması Alanında Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bağırkan, Ş., 1993. İstatistiksel Analiz, 3. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.

- Bakoğlu, H., 1982. Doğrusal Programlama, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kütüphanesi, İzmir.
- Balaban, Y., 2007. Orman Ürünleri Sanayi ve Ekonomik Büyüme, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Barutçugil, İ. S., 1988. Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, Uludağ Üniversitesi Yayınları No: 3-054-0163, Bursa.
- Başkent, E. Z., 2004. Yöneylem Araştırması Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları, KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 218, Fakülte Yayın No: 36, 480 s. Trabzon.
- Batuk, E., 2010. Boya Terbiye İşletmesinde Üretim Planlama ve Optimizasyon, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Benli, Y., 2002. Finansal Başarısızlığın Tahmininde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve İMKB’de Bir Uygulama, Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 4, 4, 17-30.
- Bingül, Z., Sekmen, A. S., Palaniappan, S. ve Sabattp, S., 2000. Genetic Algorithms Applied to Real Timen Multiobjective Optimization Problems, Proceeding of the 2000 IEEE Southeast Con Conference, 95-103.
- Bircan, H. ve Kartal, Z., 2003. Doğrusal Programlama Tekniği ile Kapasite Planlaması Yaklaşımı ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulaması, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 5, 1, 131-149.
- Bulut, Ş., 2006. Orta Ölçekli Bir İşletmede Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Büyükkelik, M., 2007. Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Modellerinin Kullanımı: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- Chase, R. B., Aquilano, N. J. ve Jacobs, F. R., 1998. Production and Operations Management: Manufacturing and Services, , 8. Baskı, Irwin/McGraw-Hill, USA, s.556.
- Chase, R. B., Aquilano, N. J. ve Jacobs, F. R., 2001. Operations Management for Competitive Advantage, Mc Graw Hill, 9. Baskı, New York, USA, s.8.
- Chaudhuri, B. B. ve Bhattacharya, U., 2000. Efficient Training and Improved Performance of Multilayer Perceptron in Pattern Classification, Neurocomputing, 34, 11-27.
- Chen, M. and Wang, W., 1997. A Linear Programming for Integrated Steel Production and Distribution Planning, International Journal of Operations & Production Management, 17, 6, 592-610.

- Cointe, A. ve Rouger, F., 2005. Improving the Evaluation of Multiple-Dowel-Type Connection Strength, Wood Science and Technology, 39, 4, 259-269.
- Çakıcı, M., 1973. Ceylanpınar Devlet Üretim Çiftliğinin Doğrusal Programlama Metodu ile Yeniden Organizasyonu, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Çetinbağ, M., 2005. İşletmelerde Üretim Programlarının Hazırlanmasında Lineer Optimizasyon Modelinin Kullanılması ve Buna Yönelik Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çetindere, A., Sevim, Ş. ve Duran, C., 2010. Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı: Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama, Erciyes Üniversitesi İİBF Fakültesi Dergisi, 35, 271-300.
- Çınar, M., 1990. Yönetmel Kararlara İlişkin Sayısal Yöntemler, Erciyes Üniversitesi Yayınları, No:8, Kayseri.
- Çuhadar, M., 2006. Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama), Doktora Tezi, SDÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Dantzig, G. B. ve Thapa, M. N., 1997. Linear Programming, Springer Press, California, USA.
- Demuth, H. and Beale, M., 2000. Neural Network Toolbox For Use With Matlab, User's Guide Version 4, The Math Works.
- Dilworth, J. B., 1993. Production and Operations Management Manufacturing and Services, Mc Graw Hill Singapore, 5. Baskı.
- Dilip, B. K., 1976. Application of Linear Programming to Plywood Manufacture, Interfaces, 7, 56-58.
- Drucker, P., 1969. Technology, Management and Society, Heinemann.
- Enders, W., 1995. Applied Econometric Time Series, Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics, John Wiley & Sons, Inc., 95-433.
- Ergülen, A. ve Gürbüz, E., 2006. İnşaat ve Enerji Sektöründe Beton Direk Üretimi Planlamasına Örnek Bir Model Önerisi, Tamsayılı Doğrusal Programlama, Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F, Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 13, 1, 1-15.
- Erkan, H., 2008. Talep Tahmin Doğruluğunu Arttırmak İçin Talebi Etkileyen Faktörlerin Analizi ve İlaç Sektöründe Ekonometrik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Esin, A., 2003. Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri, 4. Basım, Gazi Kitabevi, Ankara, s. 25.
- Evans, J. R., 1998. Production/Operations Management Quality Performance and Value, West Publishing Company, 5. Baskı, USA, s.10.
- Farrell, R. R. ve Maness, T. C., 2005. A Relational Database Approach to a Linear Programming-Based Decision Support System For Production Planning in Secondary Wood Product Manufacturing, Decision Support Systems, 40, 183–196.
- Floudas, C. A. ve Pardalos, P. M., 2009. (Editors): Encyclopedia of Optimization, Second Edition, Springer 2009, ISBN 978-0-387-74758-3.
- Gaither, N., 1996. Productions and Operations Management, Duxbury Press, 7. Baskı, California, USA, s.331.
- Gavcar, E., 1992. Orman Ürünleri Sanayi Kurumu'nda (ORÜS) Hammadde Tedarik Optimizasyonu (Batı Karadeniz Bölgesi Örneği), Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gedik, T., 2010. Orman Ürünleri Sanayi Sektöründe Çalışan Performansının Belirlenmesi ve Arttırılmasına Yönelik Alan Çalışması (Mobilya ve Levha Fabrikaları Örneği), Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Goldberg, D. E., 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, Ny.
- Gomes da Silva, C., Figueria, J., Lisboa, J. ve Barman, S., 2006. An Interactive Decision Support System for an Aggregate Production Model Based on Multiple Criteria Mixed Integer Linear Programming, The International Journal of Management Science, 167–177.
- Göktepe, A. B., Açar, E. ve Lav, A. H., 2005. Esnek Üstyapılarda Mekanik Özelliklerin Yapay Sinir Ağların Kullanılarak Geri Hesaplanması, itüdergisi/d, mühendislik, 4, 2, 31-42.
- Gül, A. U., 1995. Orman Amenajmanında Uzun Süreli Eta Kestiriminin Doğrusal Programlama ile Gerçekleştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güleç, F. M., 2007. Kurumsal Verilerin Yapay Zekâ Modelleri ile İşlenmesi için Modelleme Aracı Alt Yapı Tasarım ve Gerçekleştirimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güler, İ. ve Übeyli, E. D., 2006. Çok Katmanlı Perseptron Sinir Ağları ile Diyabet Hastalığının Teşhisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 21, 2, 319-326.

- Gürdoğan, N., 1981. Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No: 473, Ankara.
- Halaç, O., 2001. Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Alfa Yayıncılık İstanbul, 5. Baskı.
- Hanke, J. E. ve Reitsch, A. G., 1998. Business Forecasting, 6th Edition, New Jersey: Prentice-Hall.
- Hassan, I., 2004. Use of Linear Programming Model to Determine the Optimum Cropping Patterns for the Irrigated Punjab with National and WTO Price Options, Ph.D Thesis, University of Agriculture, Farm Management, Faisalabad.
- Haykin, S., 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation, MacMillan College Publishing Comp. Inc., New York.
- Heizer, J. ve Render, B., 2004. Principles of Operations Management Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 5. Baskı.
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J., 1990. Introduction to Operations Research, Mc Graw Hill, New York, USA, 5. Baskı.
- Holland, J. H., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Ishikawa, K., 1982. Guide to Quality Control, Second Revised English Edition, Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Jain, A. ve Palekar, U. S., 2005. Aggregate Production Planning for a Continuous Reconfigurable Manufacturing Process, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois, Computers & Operations Research, 32, 1213-1236.
- Kalaycı, Ş., 2009. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, 4. Baskı, Ankara.
- Kaplan, E., 2011. Orman Ürünleri Sanayinde Hammadde Sorunları ve Özel Sektör Girişimciliğinin Geleceği, KTÜ Orman Fakültesi, Panel, 13 Nisan 2011, Trabzon.
- Kara, İ., 1985. Yöneylem Araştırmasının Yöntem Bilimi, T.C. Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:23, s.117.
- Karahalil, U., 2003. Toprak Koruma ile Odun Üretiminin Doğrusal Programlama Tekniği ile Planlanması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karayılmazlar, S., 1997. Yongalevha Endüstrisinde Optimum Ürün Bileşimi ve Hammadde Karışımının Doğrusal Programlama Tekniği ile Modellenmesi ve

Bir İşletme Uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Kaynar, O. ve Taştan, S., 2009. Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve Arima Modelinin Karşılaştırılması, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 33, 161-172.
- Keleş, S., 2003. Su Üretimi ile Odun Üretiminin Doğrusal Programlama Tekniği ile Planlanması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kobu, B., 1987. Endüstriyel Kalite Kontrolü, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3425, İstanbul.
- Kobu, B., 2006. Üretim Yönetimi, Beta Yayınları, 13. Baskı, İstanbul, s.5.
- Koca, Z., 2006. Üç Fazlı Asenkron Motorların Yapay Sinir Ağları ile Vektör Esaslı Hız Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Köse, S., 1985. Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yönteminden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. ve Malhotra, M. K., 2007. Operations Management Processes and Value Chains, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 8. Baskı.
- Kuru, S., 1988. Long Term Planning of a Major National Sector Using a Linear Programming Model, European Journal of Operational Research, 36, 153-166.
- Lewis, C. D., 1982. Industrial and Business Forecasting Methods, Butterworths Publishing, London, s.40.
- Meydan, Y. A., 2007. Talep Tahmin Yöntemleri ve Orta Büyüklükteki Bir İşletmede Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mezgit, D., Gavcar, E. ve Firuzan A. R., 1999. Batman Rafinerisi'nde Kâr Maksimizasyonu Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1, 3.
- Mısır, M., 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama Yöntemiyle Düzenlenmesi: Ormanüstü Planlama Birimi Örneği, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mitchell, G. R., 1990. "Alternative Frameworks for Tecnology", European Journal of Operational Research, 47, 2.
- Monks, J. G., 1996. Operations Management, McGraw Hill, 2. Baskı, USA.

- Nahmias, S., 2005. Production and Operation Analysis, 5. Baskı, Irwin Mc Graw Hill, USA, s.405.
- Nerio, S. M. S. ve Pinto, J. M., 2005. Multiperiod Optimization for Production Planning of Petroleum Refineries, Department of Chemical and Biological Sciences and Engineering, Polytechnic University, New York, USA, Taylor & Francis Inc., 192, 62-88.
- Oakland, J. S., 1990. Statistical Process Control, 4. Edition, Butterworth Heinemann.
- Öğüt, C., 1980. Yöneylem I Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- Öney, E., 1971. Doğrusal Programlama ve Türk Ekonomisine Uygulama Denemesi, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara, s.37.
- Özcan, B., 1991. Orman Ürünleri Sanayisinin Önemi ve Ülke Ekonomisine Katkısı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi, 61, 16-40.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitabevi 4. Baskı, Eskişehir.
- Özgüven, C., 2002. Doğrusal Programlama ve Uzantıları (Uygulamalar), Erciyes Üniversitesi Kitap ve Teksir Bürosu, Kayseri.
- Özkan, M., 2006. Bir Mobilya Fabrikasında Üretim Planlama Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bolu.
- Özsan, Ö., 2006. Mermer İşleme Tesislerinde Ürün İşleme Miktarının Doğrusal Programlama Tekniği Yardımıyla Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Öztemel, E., 2006. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık Eğitim Bilgisayar Sis. San ve Tic. A.Ş., İstanbul.
- Öztürk, A., 2005. Yöneylem Araştırması, Ekin Kitapevi, Bursa, 10. Baskı.
- Öztürkcan, B., 2003. Medya Planlaması ve Reklam Etkinliğinin Doğrusal Programlama ile Ölçülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ramsing, K. D., 1966. Application of Linear Programming to Plywood Industry, Forest Product Journal, 18.
- Render, B. ve Stair, R. M., 1997. Quantitative Analysis for Management, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 6. Baskı.

- Render, B. ve Heizer, J., 2006. Operations Management, Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey, USA, 8. Baskı.
- Sabır, E. C., 2000. Ring ve Open-End İplik Üretim Sistemlerinde Üretim Planlaması için Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Endüstriyel Uygulaması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zekâ Uygulamaları–1:Yapay Sinir Ağları, UFUK Kitap Kırtasiye–Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., Kayseri.
- Sargın, H. E., 2006. Produktionsplanung Mit Hilfe Der Linearen Optimierung und Eine Anwendung in Einem Unternehmen in Der Türkei, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sarıaslan, H., 1986. Kaynak Dağılımında Doğrusal Programlama, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara, s.56.
- Satır, B., 2003. A General Production and Financial Planning Model for Integrated Poultry Organizations, M.Sc. Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of The Middle East Technical University, Ankara.
- Schmenner, R. W., 1993. Production / Operations Management From The Inside Out, 5. Baskı, Prentice Hall, New Jersey, USA, s.192.
- Schmoldt, D. L., He, J. ve Abbott, A. L., 2000. Automated Labeling of Log Features in CT Imagery of Multiple Hardwood Species, Wood and Fiber Science, 32, 3, 287–300.
- Seçme, N. Y., 2005. Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Shim, J. K., 1999. Strategic Business Forecasting, Revised Edition, Washington D.C.: St.Lucie Press.
- Singhvi, A., Madhavan, K. P. ve Shenoy, U. V., 2004. Pinch Analysis for Aggregate Production Planning in Supply Chains, Department of Chemical Engineering, India, Computers and Chemical Engineering, 28, 993-999.
- Sipper, D. ve Bulfin, R., 1998. Production Planning, Control and Integration, McGraw Hill, New York, USA, International Press, s.215.
- Soykan, B., 1978. Orman Amenajmanına İlişkin Sorunların Çözümünde Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, Trabzon, 1, 93-106.
- Soykan, B., 1979. Aynıyaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşların Optimal Kuruluşu Yakınlaştırılmasında Yöneylem Araştırması Metotlarından Yararlanma Olanaklarının Araştırılması, KTÜ Orman Fakültesi Yanın No:1065/5, Trabzon.

- Stevenson, W. J., 1996. Study Guide for Use with Production/Operations Management, Irwin Mc Graw Hill, USA 5. Baskı.
- Sung, C., 2009. Mixed-Integer Linear Programming (MILP) Methods for Integration of Production Planning and Scheduling, Ph.D Thesis, University of Wisconsin, Chemical Engineering, Madison.
- Şen, M., 1992. Üretim Planlamada Lineer Programlama Modelleri ve Bir İşletme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şengül, P., 2007. Aggregate Production Planning in a Turkish Furniture Company, M.Sc. Thesis, Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Taha, H. A., 2000. Yöneylem Araştırması (6. Baskı). (S. A. Baray ve S. Esnaf, Çev.). İstanbul: Literatür Yayıncılık. (Orijinal çalışma basım tarihi: 1968)
- Tanyaş, M. ve Baksak, M., 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, 1. Basım, İrfan Yayıncılık, İstanbul, s.150.
- Tanis, E. A., 1987. Statistics II. Estimation and Test of The Hypothesis, New York: Books for Professionals Inc.
- Tekin, M. ve Maraşlı, H., 1988. “Entegre Tekstil Sanayi İşletmelerinde İplik Üretim Planlamasında Bilgisayar Kullanımı ve Bir Uygulama”, S.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 3, 2.
- Toklu, B., 1985. Doğrusal Programlamanın Üretim Planlamasına Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Top, A., 2001. Üretim Sistemleri Analiz Planlama ve Kontrolü, Alfa Yayınları, İstanbul, 3.Baskı, s.115.
- Topçu, İ. B., Uygunoğlu, T. ve Sivri, M., 2006. Puzolanların Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Yapay Sinir Ağlarıyla İncelenmesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2, 1–10.
- Topçu, Y. İ., 2010. Yöneylem Araştırması Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.
- TÜİK, 2010, Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri 2008, T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, s.139.
- Ulucan, A., 2007. Yöneylem Araştırması II. Baskı, Siyasal Kitabevi, Ankara, 522 s.
- Uluçam, V., 2008. Petrol Ürünleri Sanayinde Karma Tamsayı Programlama Yöntemi ile Üretim Planlama Uygulaması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- URL-1, [http://erp.karmabilgi.net/uretim-planlama-ve-teknikleri/Planlama Yöntemleri](http://erp.karmabilgi.net/uretim-planlama-ve-teknikleri/Planlama_Yontemleri), 5 Eylül 2010.
- URL-2, [http://www.istanbul.edu.tr/muh/endustri/lojistik/wp-content/uploads/Talep Tahmin Yontemleri.pdf](http://www.istanbul.edu.tr/muh/endustri/lojistik/wp-content/uploads/Talep_Tahmin_Yontemleri.pdf), 18 Kasım 2010.
- URL-3, www.foreigntrade.gov.tr, 16 Şubat 2011.
- URL-4, <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx>, 27 Nisan 2011.
- URL-5, <http://www.efi.int/databases/fptf/>, 25 Mart 2011.
- URL-6, http://sanayi.tobb.org.tr/personel_liste1.php?kod=33, 5 Ocak 2011.
- URL-7, www.cepkaskblog.com/tmp/2010/10/TALEP-TAHMINI.doc, 20 Mayıs 2010.
- URL-8, http://transport.itu.edu.tr/PDF/ista208/istatistik_bl_7_9.pdf, 25 Mart, 2011.
- URL-9, <http://www.meslekiyeterlilik.com/depo/depoperformans.pdf>, 5 Eylül 2010.
- Usta, M., 2011. Orman Ürünleri Sanayinde Hammadde Sorunları ve Özel Sektör Girişimciliğinin Geleceği, KTÜ Orman Fakültesi, Panel, 13 Nisan 2011, Trabzon.
- Uysal, O., 2008. Tarım İşletmelerinin Doğrusal Programlama Yöntemi ile Planlanması: Dikbıyık Beldesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Üreten, S., 2002. Üretim/İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 3.Baskı.
- Vapnik, V. N., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory, New York: Springer-Verlag, ISBN 0-387-94559-8.
- Winston, W. L., 2003. Operations Research: Applications and Algorithms, Duxbury Press, 1440 p.
- Witt, S. F. ve Witt, C. A., 1992. Modeling and Forecasting Demand in Tourism, Academic Press, London, s.137.
- Wu, D. ve Ierapetritou, M., 2007. Hierarchical Approach for Production Planning and Scheduling Under Uncertainty, Department of Chemical and Biochemical Engineering, USA, s.1.
- Yavuz, M., 2002. Yeraltı Mekanize Kömür Panolarının Boyutlarının Optimum Olarak Belirlenmesi, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Yıldırım, İ. ve Özşahin, Ş., 2004. Orman Ürünleri ve Kâğıt Sanayi Sektörlerinin Türkiye Ekonomisindeki Yeri ve Önemi, KTÜ V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 37-41.
- Yıldırım, İ., 2006. Orman Endüstrisine Ait Bazı Ürün Gruplarının Avrupa Birliği Sürecinde Rekabet Edebilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldırım, İ., Akyüz, K. C., Gedik, T., Balaban, Y. ve Çabuk, Y., 2008. Türkiye Ahşap Levha Endüstrisinin Avrupa Birliği Ülkeleri ile Rekabet Edebilirliği, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10, 13, 11-22.
- Yıldırım, O., 2003. Gelişmekte Olan Ekonomiler İçin Makroekonometrik Modelleme ve Klein Modeli Uygulaması, İşletme ve Finans, ss.108-114.
- Yılmaz, H., 2010. Doğrusal Programlama Tekniği ile Üretim Planlamasının Mobilya Sektöründe Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Yılmaz, M., 2005. Eğitimde Araştırma Yöntemleri (Yöneylem Araştırması), Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yolasığmaz, A., 2004. Ekosistem Amenajmanı ve Türkiye’de Uygulaması: Artvin Merkez Planlama Birimi Örneği, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yüksel, S., 2002. Hizmet İşletmelerinde Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Konaklama İşletmeleri İçin Talebe Dönük Bir Erken Uyarı Modeli, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

6. EKLER

EK 1. Doğrusal Programlama Modelinin Kurulumu

!AMAÇ FONKSİYONU;

MAX=495*S1601-410*X1601-12*D1601+495*S1602-410*X1602-
12*D1602+495*S1603-410*X1603-12*D1603+495*S1604-410*X1604-
12*D1604+510*S1001-440*X1001-13*D1001+510*S1002-440*X1002-
13*D1002+510*S1003-440*X1003-13*D1003+510*S1004-440*X1004-
13*D1004+495*S1801-410*X1801-12*D1801+495*S1802-410*X1802-
12*D1802+495*S1803-410*X1803-12*D1803+495*S1804-410*X1804-
12*D1804+525*S0901-440*X0901-13*D0901+525*S0902-440*X0902-
13*D0902+525*S0903-440*X0903-13*D0903+525*S0904-440*X0904-
13*D0904+500*S1201-430*X1201-13*D1201+500*S1202-430*X1202-
13*D1202+500*S1203-430*X1203-13*D1203+500*S1204-430*X1204-
13*D1204+530*S2201-420*X2201-13*D2201+530*S2202-420*X2202-
13*D2202+530*S2203-420*X2203-13*D2203+530*S2204-420*X2204-
13*D2204+525*S0801-440*X0801-13*D0801+525*S0802-440*X0802-
13*D0802+525*S0803-440*X0803-13*D0803+525*S0804-440*X0804-
13*D0804+535*S3001-420*X3001-13*D3001+535*S3002-420*X3002-
13*D3002+535*S3003-420*X3003-13*D3003+535*S3004-420*X3004-
13*D3004+590*S0601-460*X0601-14*D0601+590*S0602-460*X0602-
14*D0602+590*S0603-460*X0603-14*D0603+590*S0604-460*X0604-
14*D0604+590*S0501-460*X0501-14*D0501+590*S0502-460*X0502-
14*D0502+590*S0503-460*X0503-14*D0503+590*S0504-460*X0504-
14*D0504+540*S2501-420*X2501-13*D2501+540*S2502-420*X2502-
13*D2502+540*S2503-420*X2503-13*D2503+540*S2504-420*X2504-
13*D2504+620*S2.801-438*X2.801-13*D2.801+620*S2.802-438*X2.802-
13*D2.802+620*S2.803-438*X2.803-13*D2.803+620*S2.804-438*X2.804-
13*D2.804+490*S1401-430*X1401-13*D1401+490*S1402-430*X1402-
13*D1402+490*S1403-430*X1403-13*D1403+490*S1404-430*X1404-
13*D1404+615*S7.8H01-450*X7.8H01-14*D7.8H01+615*S7.8H02-450*X7.8H02-
14*D7.8H02+615*S7.8H03-450*X7.8H03-14*D7.8H03+615*S7.8H04-450*X7.8H04-
14*D7.8H04+450*S18L01-400*X18L01-12*D18L01+450*S18L02-400*X18L02-
12*D18L02+450*S18L03-400*X18L03-12*D18L03+450*S18L04-400*X18L04-12*D18L04;

!PRES İŞLEM SÜRESİ KISITI, 4 AYLIK;

[PRESSURESIAY1]

2.594*X0901+2.594*X1801+2.560*X1001+2.362*X1201+2.646*X0501+3.149*X2.801+
2.544*X7.8H01+2.268*X1401+3.280*X2201+2.480*X0801+2.611*X1601+

$3.112 * X3001 + 2.405 * X0601 + 3.527 * X2501 + 2.594 * X18L01 \leq 40000;$

[PRESSURESIAY2]

$2.594 * X0902 + 2.594 * X1802 + 2.560 * X1002 + 2.362 * X1202 + 2.646 * X0502 + 3.149 * X2.802 +$
 $2.544 * X7.8H02 + 2.268 * X1402 + 3.280 * X2202 + 2.480 * X0802 + 2.611 * X1602 +$
 $3.112 * X3002 + 2.405 * X0602 + 3.527 * X2502 + 2.594 * X18L02 \leq 40000;$

[PRESSURESIAY3]

$2.594 * X0903 + 2.594 * X1803 + 2.560 * X1003 + 2.362 * X1203 + 2.646 * X0503 + 3.149 * X2.803 +$
 $2.544 * X7.8H03 + 2.268 * X1403 + 3.280 * X2203 + 2.480 * X0803 + 2.611 * X1603 +$
 $3.112 * X3003 + 2.405 * X0603 + 3.527 * X2503 + 2.594 * X18L03 \leq 40000;$

[PRESSURESIAY4]

$2.594 * X0904 + 2.594 * X1804 + 2.560 * X1004 + 2.362 * X1204 + 2.646 * X0504 + 3.149 * X2.804 +$
 $2.544 * X7.8H04 + 2.268 * X1404 + 3.280 * X2204 + 2.480 * X0804 + 2.611 * X1604 +$
 $3.112 * X3004 + 2.405 * X0604 + 3.527 * X2504 + 2.594 * X18L04 \leq 40000;$

!DEPOLAMA ALANI KISITI;

[DEPOALANIAY1]

$D0901 + D1801 + D1001 + D1201 + D0501 + D2.801 + D7.8H01 + D1401 + D2201 + D0801 +$
 $D1601 + D3001 + D0601 + D2501 + D18L01 \leq 13000;$

[DEPOALANIAY2]

$D0902 + D1802 + D1002 + D1202 + D0502 + D2.802 + D7.8H02 + D1402 + D2202 + D0802 +$
 $D1602 + D3002 + D0602 + D2502 + D18L02 \leq 13000;$

[DEPOALANIAY3]

$D0903 + D1803 + D1003 + D1203 + D0503 + D2.803 + D7.8H03 + D1403 + D2203 + D0803 +$
 $D1603 + D3003 + D0603 + D2503 + D18L03 \leq 13000;$

[DEPOALANIAY4]

$D0904 + D1804 + D1004 + D1204 + D0504 + D2.804 + D7.8H04 + D1404 + D2204 + D0804 +$
 $D1604 + D3004 + D0604 + D2504 + D18L04 \leq 13000;$

!STOK KISITLARI;

!HER BİR ÜRÜNE AİT İLK AY STOK KISITLARI;

[STOKAY1URUN09] $S0901 - X0901 + D0901 = 0;$

[STOKAY1URUN18] $S1801 - X1801 + D1801 = 0;$

[STOKAY1URUN10] $S1001 - X1001 + D1001 = 0;$

[STOKAY1URUN12] $S1201 - X1201 + D1201 = 0;$

[STOKAY1URUN05] $S0501 - X0501 + D0501 = 0;$

[STOKAY1URUN2.8] $S2.801 - X2.801 + D2.801 = 0;$

[STOKAY1URUN7.8H] $S7.8H01 - X7.8H01 + D7.8H01 = 0;$

[STOKAY1URUN14] $S1401 - X1401 + D1401 = 0;$

[STOKAY1URUN22] $S2201 - X2201 + D2201 = 0;$

[STOKAY1URUN08] $S0801 - X0801 + D0801 = 0;$

[STOKAY1URUN16] $S1601 - X1601 + D1601 = 0;$

[STOKAY1URUN30] $S3001 - X3001 + D3001 = 0;$

[STOKAY1URUN06] S0601-X0601+D0601 =0;
 [STOKAY1URUN25] S2501-X2501+D2501 =0;
 [STOKAY1URUN18L] S18L01-X18L01+D18L01 =0;

!HER BİR ÜRÜNE AİT İKİNCİ AY STOK KISITLARI;

[STOKAY2URUN09] S0902-X0902+D0902-D0901 =0;
 [STOKAY2URUN18] S1802-X1802+D1802-D1801 =0;
 [STOKAY2URUN10] S1002-X1002+D1002-D1001 =0;
 [STOKAY2URUN12] S1202-X1202+D1202-D1201 =0;
 [STOKAY2URUN05] S0502-X0502+D0502-D0501 =0;
 [STOKAY2URUN2.8] S2.802-X2.802+D2.802-D2.801=0;
 [STOKAY2URUN7.8H] S7.8H02-X7.8H02+D7.8H02-D7.8H01 =0;
 [STOKAY2URUN14] S1402-X1402+D1402-D1401 =0;
 [STOKAY2URUN22] S2202-X2202+D2202-D2201 =0;
 [STOKAY2URUN08] S0802-X0802+D0802-D0801 =0;
 [STOKAY2URUN16] S1602-X1602+D1602-D1601 =0;
 [STOKAY2URUN30] S3002-X3002+D3002-D3001 =0;
 [STOKAY2URUN06] S0602-X0602+D0602-D0601 =0;
 [STOKAY2URUN25] S2502-X2502+D2502-D2501 =0;
 [STOKAY2URUN18L] S18L02-X18L02+D18L02-D18L01 =0;

!HER BİR ÜRÜNE AİT ÜÇÜNCÜ AY STOK KISITLARI;

[STOKAY3URUN09] S0903-X0903+D0903-D0902 =0;
 [STOKAY3URUN18] S1803-X1803+D1803-D1802 =0;
 [STOKAY3URUN10] S1003-X1003+D1003-D1002 =0;
 [STOKAY3URUN12] S1203-X1203+D1203-D1202 =0;
 [STOKAY3URUN05] S0503-X0503+D0503-D0502 =0;
 [STOKAY3URUN2.8] S2.803-X2.803+D2.803-D2.802=0;
 [STOKAY3URUN7.8H] S7.8H03-X7.8H03+D7.8H03-D7.8H02 =0;
 [STOKAY3URUN14] S1403-X1403+D1403-D1402 =0;
 [STOKAY3URUN22] S2203-X2203+D2203-D2202 =0;
 [STOKAY3URUN08] S0803-X0803+D0803-D0802 =0;
 [STOKAY3URUN16] S1603-X1603+D1603-D1602 =0;
 [STOKAY3URUN30] S3003-X3003+D3003-D3002 =0;
 [STOKAY3URUN06] S0603-X0603+D0603-D0602 =0;
 [STOKAY3URUN25] S2503-X2503+D2503-D2502 =0;
 [STOKAY3URUN18L] S18L03-X18L03+D18L03-D18L02 =0;

!HER BİR ÜRÜNE AİT DÖRDÜNCÜ AY STOK KISITLARI;

[STOKAY4URUN09] S0904-X0904+D0904-D0903 =0;
 [STOKAY4URUN18] S1804-X1804+D1804-D1803 =0;
 [STOKAY4URUN10] S1004-X1004+D1004-D1003 =0;
 [STOKAY4URUN12] S1204-X1204+D1204-D1203 =0;

[STOKAY4URUN05] S0504-X0504+D0504-D0503 =0;
 [STOKAY4URUN2.8] S2.804-X2.804+D2.804-D2.803=0;
 [STOKAY4URUN7.8H] S7.8H04-X7.8H04+D7.8H04-D7.8H03 =0;
 [STOKAY4URUN14] S1404-X1404+D1404-D1403 =0;
 [STOKAY4URUN22] S2204-X2204+D2204-D2203 =0;
 [STOKAY4URUN08] S0804-X0804+D0804-D0803 =0;
 [STOKAY4URUN16] S1604-X1604+D1604-D1603 =0;
 [STOKAY4URUN30] S3004-X3004+D3004-D3003 =0;
 [STOKAY4URUN06] S0604-X0604+D0604-D0603 =0;
 [STOKAY4URUN25] S2504-X2504+D2504-D2503 =0;
 [STOKAY4URUN18L] S18L04-X18L04+D18L04-D18L03 =0;

!SATIŞ KISITLARI;

!HER BİR ÜRÜNE AİT İLK AY SATIŞ SINIRLARI;

[SATISAY1URUN09]	S0901 >=912; S0901 <=1030;
[SATISAY1URUN18]	S1801 >=945; S1801 <=1066;
[SATISAY1URUN10]	S1001 >=1194; S1001 <=1347;
[SATISAY1URUN12]	S1201 >=657; S1201 <=741;
[SATISAY1URUN05]	S0501 >=182; S0501 <=205;
[SATISAY1URUN2.8]	S2.801 >=127; S2.801 <=144;
[SATISAY1URUN7.8H]	S7.8H01 >=1433; S7.8H01 <=1617;
[SATISAY1URUN14]	S1401 >=156; S1401 <=176;
[SATISAY1URUN22]	S2201 >=483; S2201 <=545;
[SATISAY1URUN08]	S0801 >=395; S0801 <=446;
[SATISAY1URUN16]	S1601 >=1734; S1601 <=1957;
[SATISAY1URUN30]	S3001 >=223; S3001 <=252;
[SATISAY1URUN06]	S0601 >=182; S0601 <=206;
[SATISAY1URUN25]	S2501 >=155; S2501 <=175;
[SATISAY1URUN18L]	S18L01 >=1358;

S18L01 <=1533;

!HER BİR ÜRÜNE AİT İKİNCİ AY SATIŞ SINIRLARI;

[SATISAY2URUN09]	S0902 >=1043; S0902 <=1155;
[SATISAY2URUN18]	S1802 >=1080; S1802 <=1196;
[SATISAY2URUN10]	S1002 >=1365; S1002 <=1511;
[SATISAY2URUN12]	S1202 >=751; S1202 <=831;
[SATISAY2URUN05]	S0502 >=2.8; S0502 <=230;
[SATISAY2URUN2.8]	S2.802 >=146; S2.802 <=161;
[SATISAY2URUN7.8H]	S7.8H02 >=1638; S7.8H02 <=1814;
[SATISAY2URUN14]	S1402 >=178; S1402 <=198;
[SATISAY2URUN22]	S2202 >=552; S2202 <=612;
[SATISAY2URUN08]	S0802 >=452; S0802 <=500;
[SATISAY2URUN16]	S1602 >=1983; S1602 <=2196;
[SATISAY2URUN30]	S3002 >=255; S3002 <=282;
[SATISAY2URUN06]	S0602 >=209; S0602 <=231;
[SATISAY2URUN25]	S2502 >=178; S2502 <=197;
[SATISAY2URUN18L]	S18L02 >=1552; S18L02 <=1719;

!HER BİR ÜRÜNE AİT ÜÇÜNCÜ AY SATIŞ SINIRLARI;

[SATISAY3URUN09]	S0903 >=1137; S0903 <=1243;
[SATISAY3URUN18]	S1803 >=1178; S1803 <=1287;
[SATISAY3URUN10]	S1003 >=1488; S1003 <=1627;
[SATISAY3URUN12]	S1203 >=818; S1203 <=895;

[SATISAY3URUN05]	S0503 >=226; S0503 <=247;
[SATISAY3URUN2.8]	S2.803 >=159; S2.803 <=174;
[SATISAY3URUN7.8H]	S7.8H03 >=1786; S7.8H03 <=1953;
[SATISAY3URUN14]	S1403 >=195; S1403 <=213;
[SATISAY3URUN22]	S2203 >=602; S2203 <=658;
[SATISAY3URUN08]	S0803 >=492; S0803 <=538;
[SATISAY3URUN16]	S1603 >=2161; S1603 <=2363;
[SATISAY3URUN30]	S3003 >=278; S3003 <=304;
[SATISAY3URUN06]	S0603 >=227; S0603 <=249;
[SATISAY3URUN25]	S2503 >=194; S2503 <=212;
[SATISAY3URUN18L]	S18L03 >=1693; S18L03 <=1850;

!HER BİR ÜRÜNE AİT DÖDÜNCÜ AY SATIŞ SINIRLARI;

[SATISAY4URUN09]	S0904 >=1106; S0904 <=1209;
[SATISAY4URUN18]	S1804 >=1146; S1804 <=1252;
[SATISAY4URUN10]	S1004 >=1448; S1004 <=1582;
[SATISAY4URUN12]	S1204 >=796; S1204 <=870;
[SATISAY4URUN05]	S0504 >=220; S0504 <=241;
[SATISAY4URUN2.8]	S2.804 >=155; S2.804 <=169;
[SATISAY4URUN7.8H]	S7.8H04 >=1738; S7.8H04 <=1899;
[SATISAY4URUN14]	S1404 >=189; S1404 <=207;
[SATISAY4URUN22]	S2204 >=586; S2204 <=640;
[SATISAY4URUN08]	S0804 >=479;

	S0804 <=523;
[SATISAY4URUN16]	S1604 >=2104;
	S1604 <=2298;
[SATISAY4URUN30]	S3004 >=270;
	S3004 <=295;
[SATISAY4URUN06]	S0604 >=221;
	S0604 <=242;
[SATISAY4URUN25]	S2504 >=188;
	S2504 <=206;
[SATISAY4URUN18L]	S18L04 >=1647;
	S18L04 <=1799;

! 4 AYLIK MİNİMUM ÜRETİM MİKTARI ÜRÜNLER BAZINDA;

[AYLIK4ENAZURETIMURUN09]	X0901+X0902+X0903+X0904 >=2672;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN18]	X1801+X1802+X1803+X1804 >=2768;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN10]	X1001+X1002+X1003+X1004 >=3497;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN12]	X1201+X1202+X1203+X1204 >=1923;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN05]	X0501+X0502+X0503+X0504 >=532;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN2.8]	X2.801+X2.802+X2.803+X2.804 >=373;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN7.8H]	X7.8H01+X7.8H02+X7.8H03+X7.8H04 >=4198;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN14]	X1401+X1402+X1403+X1404 >=457;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN22]	X2201+X2202+X2203+X2204 >=1415;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN08]	X0801+X0802+X0803+X0804 >=1157;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN16]	X1601+X1602+X1603+X1604 >=5080;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN30]	X3001+X3002+X3003+X3004 >=653;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN06]	X0601+X0602+X0603+X0604 >=535;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN25]	X2501+X2502+X2503+X2504 >=455;
[AYLIK4ENAZURETIMURUN18L]	X18L01+X18L02+X18L03+X18L04 >=3978;

! TÜM ÜRÜNLER İÇİN AYLIK MİNİMUM ÜRETİM MİKTARI;

[AY1ENAZURETIM]	X0901+X1801+X1001+X1201+X0501+X2.801+X7.8H01+X1401+X2201+X0801+X1601+X3001+X0601+X2501+X18L01 >=8000;
[AY2ENAZURETIM]	X0902+X1802+X1002+X1202+X0502+X2.802+X7.8H02+X1402+X2202+X0802+X1602+X3002+X0602+X2502+X18L02 >=8000;
[AY3ENAZURETIM]	X0903+X1803+X1003+X1203+X0503+X2.803+X7.8H03+X1403+X2203+X0803+X1603+X3003+X0603+X2503+X18L03 >=8000;
[AY4ENAZURETIM]	X0904+X1804+X1004+X1204+X0504+X2.804+X7.8H04+X1404+X2204+X0804+X1604+X3004+X0604+X2504+X18L04 >=8000;

!BİR ÖNCEKİ PERİYOTTAN DEVREDEN TOPLAM ÜRÜN MİKTARI
(DEPODA BULUNAN);
BOPDETUM =0;

! HESAP DEĞİŞKENLERİ;
! 1.AY TOPLAM SATIŞ, ÜRETİM VE STOK MİKTARLARI;
[SATISAY1]
S0901+S1801+S1001+S1201+S0501+S2.801+S7.8H01+S1401+S2201+S0801+S1601+S3001+S0601+S2501+S18L01-P1S =0;
[URETIMAY1]
X0901+X1801+X1001+X1201+X0501+X2.801+X7.8H01+X1401+X2201+X0801+X1601+X3001+X0601+X2501+X18L01-P1X =0;
[DEPOAY1]
D0901+D1801+D1001+D1201+D0501+D2.801+D7.8H01+D1401+D2201+D0801+D1601+D3001+D0601+D2501+D18L01-P1D =0;

! 2.AY TOPLAM SATIŞ, ÜRETİM VE STOK MİKTARLARI;
[SATISAY2]
S0902+S1802+S1002+S1202+S0502+S2.802+S7.8H02+S1402+S2202+S0802+S1602+S3002+S0602+S2502+S18L02-P2S =0;
[URETIMAY2]
X0902+X1802+X1002+X1202+X0502+X2.802+X7.8H02+X1402+X2202+X0802+X1602+X3002+X0602+X2502+X18L02-P2X =0;
[DEPOAY2]
D0902+D1802+D1002+D1202+D0502+D2.802+D7.8H02+D1402+D2202+D0802+D1602+D3002+D0602+D2502+D18L02-P2D =0;

! 3.AY TOPLAM SATIŞ, ÜRETİM VE STOK MİKTARLARI;
[SATISAY3]
S0903+S1803+S1003+S1203+S0503+S2.803+S7.8H03+S1403+S2203+S0803+S1603+S3003+S0603+S2503+S18L03-P3S =0;
[URETIMAY3]
X0903+X1803+X1003+X1203+X0503+X2.803+X7.8H03+X1403+X2203+X0803+X1603+X3003+X0603+X2503+X18L03-P3X =0;
[DEPOAY3]
D0903+D1803+D1003+D1203+D0503+D2.803+D7.8H03+D1403+D2203+D0803+D1603+D3003+D0603+D2503+D18L03-P3D =0;

! 4.AY TOPLAM SATIŞ, ÜRETİM VE STOK MİKTARLARI;
[SATISAY4]
S0904+S1804+S1004+S1204+S0504+S2.804+S7.8H04+S1404+S2204+S0804+S1604+S3004+S0604+S2504+S18L04-P4S =0;

[URETIMAY4]

X0904+X1804+X1004+X1204+X0504+X2.804+X7.8H04+X1404+X2204+X0804+
X1604+X3004+X0604+X2504+X18L04-P4X =0;

[DEPOAY4]

D0904+D1804+D1004+D1204+D0504+D2.804+D7.8H04+D1404+D2204+D0804+
D1604+D3004+D0604+D2504+D18L04-P4D =0;

!BİR SONRAKİ PERİYOTA DEVREDEN TOPLAM ÜRÜN MİKTARI (DEPODA
KALAN);

BSPDETUM = P4D;

END

EK 2. DP Modeli Karar Değişkenlerinin Çözüm Sonuçları

Genel en uygun çözüm bulundu.

Amaç değeri: 4828391.00

Toplam ardışık çözüm: 65

<u>Değişken</u>	<u>Değer</u>	<u>İndirgenmiş Maliyet</u>
S1601	1957.000	0.000000
X1601	1957.000	0.000000
D1601	0.000000	12.000000
S1602	2196.000	0.000000
X1602	2196.000	0.000000
D1602	0.000000	12.000000
S1603	2363.000	0.000000
X1603	2363.000	0.000000
D1603	0.000000	12.000000
S1604	2298.000	0.000000
X1604	2298.000	0.000000
D1604	0.000000	422.0000
S1001	1347.000	0.000000
X1001	1347.000	0.000000
D1001	0.000000	13.000000
S1002	1511.000	0.000000
X1002	1511.000	0.000000
D1002	0.000000	13.000000
S1003	1627.000	0.000000
X1003	1627.000	0.000000
D1003	0.000000	13.000000
S1004	1582.000	0.000000
X1004	1582.000	0.000000
D1004	0.000000	453.0000
S1801	1066.000	0.000000
X1801	1066.000	0.000000
D1801	0.000000	12.000000
S1802	1196.000	0.000000
X1802	1196.000	0.000000
D1802	0.000000	12.000000
S1803	1287.000	0.000000
X1803	1287.000	0.000000
D1803	0.000000	12.000000
S1804	1252.000	0.000000
X1804	1252.000	0.000000
D1804	0.000000	422.0000

S0901	1030.000	0.000000
X0901	1030.000	0.000000
D0901	0.000000	13.000000
S0902	1155.000	0.000000
X0902	1155.000	0.000000
D0902	0.000000	13.000000
S0903	1243.000	0.000000
X0903	1243.000	0.000000
D0903	0.000000	13.000000
S0904	1209.000	0.000000
X0904	1209.000	0.000000
D0904	0.000000	453.0000
S1201	741.0000	0.000000
X1201	741.0000	0.000000
D1201	0.000000	13.000000
S1202	831.0000	0.000000
X1202	831.0000	0.000000
D1202	0.000000	13.000000
S1203	895.0000	0.000000
X1203	895.0000	0.000000
D1203	0.000000	13.000000
S1204	870.0000	0.000000
X1204	870.0000	0.000000
D1204	0.000000	443.0000
S2201	545.0000	0.000000
X2201	545.0000	0.000000
D2201	0.000000	13.000000
S2202	612.0000	0.000000
X2202	612.0000	0.000000
D2202	0.000000	13.000000
S2203	658.0000	0.000000
X2203	658.0000	0.000000
D2203	0.000000	13.000000
S2204	640.0000	0.000000
X2204	640.0000	0.000000
D2204	0.000000	433.0000
S0801	446.0000	0.000000
X0801	446.0000	0.000000
D0801	0.000000	13.000000
S0802	500.0000	0.000000
X0802	500.0000	0.000000
D0802	0.000000	13.000000
S0803	538.0000	0.000000

X0803	538.0000	0.000000
D0803	0.000000	13.00000
S0804	523.0000	0.000000
X0804	523.0000	0.000000
D0804	0.000000	453.0000
S3001	252.0000	0.000000
X3001	252.0000	0.000000
D3001	0.000000	13.00000
S3002	282.0000	0.000000
X3002	282.0000	0.000000
D3002	0.000000	13.00000
S3003	304.0000	0.000000
X3003	304.0000	0.000000
D3003	0.000000	13.00000
S3004	295.0000	0.000000
X3004	295.0000	0.000000
D3004	0.000000	433.0000
S0601	206.0000	0.000000
X0601	206.0000	0.000000
D0601	0.000000	14.00000
S0602	231.0000	0.000000
X0602	231.0000	0.000000
D0602	0.000000	14.00000
S0603	249.0000	0.000000
X0603	249.0000	0.000000
D0603	0.000000	14.00000
S0604	242.0000	0.000000
X0604	242.0000	0.000000
D0604	0.000000	474.0000
S0501	205.0000	0.000000
X0501	205.0000	0.000000
D0501	0.000000	14.00000
S0502	230.0000	0.000000
X0502	230.0000	0.000000
D0502	0.000000	14.00000
S0503	247.0000	0.000000
X0503	247.0000	0.000000
D0503	0.000000	14.00000
S0504	241.0000	0.000000
X0504	241.0000	0.000000
D0504	0.000000	474.0000
S2501	175.0000	0.000000
X2501	175.0000	0.000000

D2501	0.000000	13.00000
S2502	197.0000	0.000000
X2502	197.0000	0.000000
D2502	0.000000	13.00000
S2503	212.0000	0.000000
X2503	212.0000	0.000000
D2503	0.000000	13.00000
S2504	206.0000	0.000000
X2504	206.0000	0.000000
D2504	0.000000	433.0000
S2.801	144.0000	0.000000
X2.801	144.0000	0.000000
D2.801	0.000000	13.00000
S2.802	161.0000	0.000000
X2.802	161.0000	0.000000
D2.802	0.000000	13.00000
S2.803	174.0000	0.000000
X2.803	174.0000	0.000000
D2.803	0.000000	13.00000
S2.804	169.0000	0.000000
X2.804	169.0000	0.000000
D2.804	0.000000	451.0000
S1401	176.0000	0.000000
X1401	176.0000	0.000000
D1401	0.000000	13.00000
S1402	198.0000	0.000000
X1402	198.0000	0.000000
D1402	0.000000	13.00000
S1403	213.0000	0.000000
X1403	213.0000	0.000000
D1403	0.000000	13.00000
S1404	207.0000	0.000000
X1404	207.0000	0.000000
D1404	0.000000	443.0000
S7.8H01	1617.000	0.000000
X7.8H01	1617.000	0.000000
D7.8H01	0.000000	14.00000
S7.8H02	1814.000	0.000000
X7.8H02	1814.000	0.000000
D7.8H02	0.000000	14.00000
S7.8H03	1953.000	0.000000
X7.8H03	1953.000	0.000000
D7.8H03	0.000000	14.00000

S7.8H04	1899.000	0.000000
X7.8H04	1899.000	0.000000
D7.8H04	0.000000	464.0000
S18L01	1533.000	0.000000
X18L01	1533.000	0.000000
D18L01	0.000000	12.000000
S18L02	1719.000	0.000000
X18L02	1719.000	0.000000
D18L02	0.000000	12.000000
S18L03	1850.000	0.000000
X18L03	1850.000	0.000000
D18L03	0.000000	12.000000
S18L04	1799.000	0.000000
X18L04	1799.000	0.000000
D18L04	0.000000	412.0000
BOPDETUM	0.000000	0.000000
P1S	11440.00	0.000000
P1X	11440.00	0.000000
P1D	0.000000	0.000000
P2S	12833.00	0.000000
P2X	12833.00	0.000000
P2D	0.000000	0.000000
P3S	13813.00	0.000000
P3X	13813.00	0.000000
P3D	0.000000	0.000000
P4S	13432.00	0.000000
P4X	13432.00	0.000000
P4D	0.000000	0.000000
BSPDETUM	0.000000	0.000000

EK 3. DP Modeli Kısıtlarının Çözüm Sonuçları

<u>Satır</u>	<u>Aylak veya Atık</u>	<u>Gölge Fiyat</u>
1	4828391.00	1.000000
PRESSURESIAY1	9978.824	0.000000
PRESSURESIAY2	6322.915	0.000000
PRESSURESIAY3	3751.276	0.000000
PRESSURESIAY4	4751.371	0.000000
DEPOALANIAY1	13000.00	0.000000
DEPOALANIAY2	13000.00	0.000000
DEPOALANIAY3	13000.00	0.000000
DEPOALANIAY4	13000.00	0.000000
STOKAY1URUN09	0.000000	440.0000
STOKAY1URUN18	0.000000	410.0000
STOKAY1URUN10	0.000000	440.0000
STOKAY1URUN12	0.000000	430.0000
STOKAY1URUN05	0.000000	460.0000
STOKAY1URUN2.8	0.000000	438.0000
STOKAY1URUN7.8H	0.000000	450.0000
STOKAY1URUN14	0.000000	430.0000
STOKAY1URUN22	0.000000	420.0000
STOKAY1URUN08	0.000000	440.0000
STOKAY1URUN16	0.000000	410.0000
STOKAY1URUN30	0.000000	420.0000
STOKAY1URUN06	0.000000	460.0000
STOKAY1URUN25	0.000000	420.0000
STOKAY1URUN18L	0.000000	400.0000
STOKAY2URUN09	0.000000	440.0000
STOKAY2URUN18	0.000000	410.0000
STOKAY2URUN10	0.000000	440.0000
STOKAY2URUN12	0.000000	430.0000
STOKAY2URUN05	0.000000	460.0000
STOKAY2URUN2.8	0.000000	438.0000
STOKAY2URUN7.8H	0.000000	450.0000
STOKAY2URUN14	0.000000	430.0000
STOKAY2URUN22	0.000000	420.0000
STOKAY2URUN08	0.000000	440.0000
STOKAY2URUN16	0.000000	410.0000
STOKAY2URUN30	0.000000	420.0000
STOKAY2URUN06	0.000000	460.0000
STOKAY2URUN25	0.000000	420.0000
STOKAY2URUN18L	0.000000	400.0000
STOKAY3URUN09	0.000000	440.0000

STOKAY3URUN18	0.000000	410.0000
STOKAY3URUN10	0.000000	440.0000
STOKAY3URUN12	0.000000	430.0000
STOKAY3URUN05	0.000000	460.0000
STOKAY3URUN2.8	0.000000	438.0000
STOKAY3URUN7.8H	0.000000	450.0000
STOKAY3URUN14	0.000000	430.0000
STOKAY3URUN22	0.000000	420.0000
STOKAY3URUN08	0.000000	440.0000
STOKAY3URUN16	0.000000	410.0000
STOKAY3URUN30	0.000000	420.0000
STOKAY3URUN06	0.000000	460.0000
STOKAY3URUN25	0.000000	420.0000
STOKAY3URUN18L	0.000000	400.0000
STOKAY4URUN09	0.000000	440.0000
STOKAY4URUN18	0.000000	410.0000
STOKAY4URUN10	0.000000	440.0000
STOKAY4URUN12	0.000000	430.0000
STOKAY4URUN05	0.000000	460.0000
STOKAY4URUN2.8	0.000000	438.0000
STOKAY4URUN7.8H	0.000000	450.0000
STOKAY4URUN14	0.000000	430.0000
STOKAY4URUN22	0.000000	420.0000
STOKAY4URUN08	0.000000	440.0000
STOKAY4URUN16	0.000000	410.0000
STOKAY4URUN30	0.000000	420.0000
STOKAY4URUN06	0.000000	460.0000
STOKAY4URUN25	0.000000	420.0000
STOKAY4URUN18L	0.000000	400.0000
SATISAY1URUN09	118.0000	0.000000
71	0.000000	85.00000
SATISAY1URUN18	121.0000	0.000000
73	0.000000	85.00000
SATISAY1URUN10	153.0000	0.000000
75	0.000000	70.00000
SATISAY1URUN12	84.00000	0.000000
77	0.000000	70.00000
SATISAY1URUN05	23.00000	0.000000
79	0.000000	130.0000
SATISAY1URUN2.8	17.00000	0.000000
81	0.000000	182.0000
SATISAY1URUN7.8H	184.0000	0.000000
83	0.000000	165.0000

SATISAY1URUN14	20.00000	0.000000
85	0.000000	60.00000
SATISAY1URUN22	62.00000	0.000000
87	0.000000	110.0000
SATISAY1URUN08	51.00000	0.000000
89	0.000000	85.00000
SATISAY1URUN16	223.0000	0.000000
91	0.000000	85.00000
SATISAY1URUN30	29.00000	0.000000
93	0.000000	115.0000
SATISAY1URUN06	24.00000	0.000000
95	0.000000	130.0000
SATISAY1URUN25	20.00000	0.000000
97	0.000000	120.0000
SATISAY1URUN18L	175.0000	0.000000
99	0.000000	50.00000
SATISAY2URUN09	112.0000	0.000000
101	0.000000	85.00000
SATISAY2URUN18	116.0000	0.000000
103	0.000000	85.00000
SATISAY2URUN10	146.0000	0.000000
105	0.000000	70.00000
SATISAY2URUN12	80.00000	0.000000
107	0.000000	70.00000
SATISAY2URUN05	22.00000	0.000000
109	0.000000	130.0000
SATISAY2URUN2.8	15.00000	0.000000
111	0.000000	182.0000
SATISAY2URUN7.8H	176.0000	0.000000
113	0.000000	165.0000
SATISAY2URUN14	20.00000	0.000000
115	0.000000	60.00000
SATISAY2URUN22	60.00000	0.000000
117	0.000000	110.0000
SATISAY2URUN08	48.00000	0.000000
119	0.000000	85.00000
SATISAY2URUN16	213.0000	0.000000
121	0.000000	85.00000
SATISAY2URUN30	27.00000	0.000000
123	0.000000	115.0000
SATISAY2URUN06	22.00000	0.000000
125	0.000000	130.0000
SATISAY2URUN25	19.00000	0.000000

127	0.000000	120.0000
SATISAY2URUN18L	167.0000	0.000000
129	0.000000	50.00000
SATISAY3URUN09	106.0000	0.000000
131	0.000000	85.00000
SATISAY3URUN18	109.0000	0.000000
133	0.000000	85.00000
SATISAY3URUN10	139.0000	0.000000
135	0.000000	70.00000
SATISAY3URUN12	77.00000	0.000000
137	0.000000	70.00000
SATISAY3URUN05	21.00000	0.000000
139	0.000000	130.0000
SATISAY3URUN2.8	15.00000	0.000000
141	0.000000	182.0000
SATISAY3URUN7.8H	167.0000	0.000000
143	0.000000	165.0000
SATISAY3URUN14	18.00000	0.000000
145	0.000000	60.00000
SATISAY3URUN22	56.00000	0.000000
147	0.000000	110.0000
SATISAY3URUN08	46.00000	0.000000
149	0.000000	85.00000
SATISAY3URUN16	202.0000	0.000000
151	0.000000	85.00000
SATISAY3URUN30	26.00000	0.000000
153	0.000000	115.0000
SATISAY3URUN06	22.00000	0.000000
155	0.000000	130.0000
SATISAY3URUN25	18.00000	0.000000
157	0.000000	120.0000
SATISAY3URUN18L	157.0000	0.000000
159	0.000000	50.00000
SATISAY4URUN09	103.0000	0.000000
161	0.000000	85.00000
SATISAY4URUN18	106.0000	0.000000
163	0.000000	85.00000
SATISAY4URUN10	134.0000	0.000000
165	0.000000	70.00000
SATISAY4URUN12	74.00000	0.000000
167	0.000000	70.00000
SATISAY4URUN05	21.00000	0.000000
169	0.000000	130.0000

SATISAY4URUN2.8	14.00000	0.000000
171	0.000000	182.0000
SATISAY4URUN7.8H	161.0000	0.000000
173	0.000000	165.0000
SATISAY4URUN14	18.00000	0.000000
175	0.000000	60.00000
SATISAY4URUN22	54.00000	0.000000
177	0.000000	110.0000
SATISAY4URUN08	44.00000	0.000000
179	0.000000	85.00000
SATISAY4URUN16	194.0000	0.000000
181	0.000000	85.00000
SATISAY4URUN30	25.00000	0.000000
183	0.000000	115.0000
SATISAY4URUN06	21.00000	0.000000
185	0.000000	130.0000
SATISAY4URUN25	18.00000	0.000000
187	0.000000	120.0000
SATISAY4URUN18L	152.0000	0.000000
189	0.000000	50.00000
AYLIK4ENAZURETIMURUN09	1965.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN18	2033.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN10	2570.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN12	1414.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN05	391.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN2.8	275.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN7.8H	3085.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN14	337.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN22	1040.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN08	850.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN16	3734.000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN30	480.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN06	393.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN25	335.0000	0.000000
AYLIK4ENAZURETIMURUN18L	2923.000	0.000000
AY1ENAZURETIM	3440.000	0.000000
AY2ENAZURETIM	4833.000	0.000000
AY3ENAZURETIM	5813.000	0.000000
AY4ENAZURETIM	5432.000	0.000000
209	0.000000	0.000000
SATISAY1	0.000000	0.000000
URETIMAY1	0.000000	0.000000
DEPOAY1	0.000000	0.000000

SATISAY2	0.000000	0.000000
URETIMAY2	0.000000	0.000000
DEPOAY2	0.000000	0.000000
SATISAY3	0.000000	0.000000
URETIMAY3	0.000000	0.000000
DEPOAY3	0.000000	0.000000
SATISAY4	0.000000	0.000000
URETIMAY4	0.000000	0.000000
DEPOAY4	0.000000	0.000000
222	0.000000	0.000000

EK 4. DP Modeli Karar Değişkenlerinin Duyarlılık Analizi Sonuçları

Çözüm sonucunun değişmeyeceği aralıklar:

<u>Değişkenler</u>	<u>Amaç Katsayısı Değişimleri</u>		
	<u>Mevcut</u>	<u>Kabul edilebilir</u>	<u>Kabul edilebilir</u>
	<u>Katsayı</u>	<u>Artış</u>	<u>Azalış</u>
S1601	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1601	-410.0000	12.00000	85.00000
D1601	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S1602	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1602	-410.0000	12.00000	12.00000
D1602	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S1603	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1603	-410.0000	12.00000	12.00000
D1603	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S1604	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1604	-410.0000	422.0000	12.00000
D1604	-12.00000	422.0000	SINIRSIZ
S1001	510.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1001	-440.0000	13.00000	70.00000
D1001	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1002	510.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1002	-440.0000	13.00000	13.00000
D1002	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1003	510.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1003	-440.0000	13.00000	13.00000
D1003	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1004	510.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1004	-440.0000	453.0000	13.00000
D1004	-13.00000	453.0000	SINIRSIZ
S1801	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1801	-410.0000	12.00000	85.00000
D1801	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S1802	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1802	-410.0000	12.00000	12.00000
D1802	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S1803	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1803	-410.0000	12.00000	12.00000
D1803	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S1804	495.0000	SINIRSIZ	85.00000
X1804	-410.0000	422.0000	12.00000
D1804	-12.00000	422.0000	SINIRSIZ
S0901	525.0000	SINIRSIZ	85.00000

X0901	-440.0000	13.00000	85.00000
D0901	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S0902	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0902	-440.0000	13.00000	13.00000
D0902	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S0903	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0903	-440.0000	13.00000	13.00000
D0903	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S0904	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0904	-440.0000	453.0000	13.00000
D0904	-13.00000	453.0000	SINIRSIZ
S1201	500.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1201	-430.0000	13.00000	70.00000
D1201	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1202	500.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1202	-430.0000	13.00000	13.00000
D1202	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1203	500.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1203	-430.0000	13.00000	13.00000
D1203	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1204	500.0000	SINIRSIZ	70.00000
X1204	-430.0000	443.0000	13.00000
D1204	-13.00000	443.0000	SINIRSIZ
S2201	530.0000	SINIRSIZ	110.0000
X2201	-420.0000	13.00000	110.0000
D2201	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2202	530.0000	SINIRSIZ	110.0000
X2202	-420.0000	13.00000	13.00000
D2202	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2203	530.0000	SINIRSIZ	110.0000
X2203	-420.0000	13.00000	13.00000
D2203	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2204	530.0000	SINIRSIZ	110.0000
X2204	-420.0000	433.0000	13.00000
D2204	-13.00000	433.0000	SINIRSIZ
S0801	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0801	-440.0000	13.00000	85.00000
D0801	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S0802	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0802	-440.0000	13.00000	13.00000
D0802	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S0803	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0803	-440.0000	13.00000	13.00000

D0803	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S0804	525.0000	SINIRSIZ	85.00000
X0804	-440.0000	453.0000	13.00000
D0804	-13.00000	453.0000	SINIRSIZ
S3001	535.0000	SINIRSIZ	115.0000
X3001	-420.0000	13.00000	115.0000
D3001	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S3002	535.0000	SINIRSIZ	115.0000
X3002	-420.0000	13.00000	13.00000
D3002	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S3003	535.0000	SINIRSIZ	115.0000
X3003	-420.0000	13.00000	13.00000
D3003	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S3004	535.0000	SINIRSIZ	115.0000
X3004	-420.0000	433.0000	13.00000
D3004	-13.00000	433.0000	SINIRSIZ
S0601	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0601	-460.0000	14.00000	130.0000
D0601	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S0602	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0602	-460.0000	14.00000	14.00000
D0602	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S0603	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0603	-460.0000	14.00000	14.00000
D0603	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S0604	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0604	-460.0000	474.0000	14.00000
D0604	-14.00000	474.0000	SINIRSIZ
S0501	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0501	-460.0000	14.00000	130.0000
D0501	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S0502	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0502	-460.0000	14.00000	14.00000
D0502	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S0503	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0503	-460.0000	14.00000	14.00000
D0503	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S0504	590.0000	SINIRSIZ	130.0000
X0504	-460.0000	474.0000	14.00000
D0504	-14.00000	474.0000	SINIRSIZ
S2501	540.0000	SINIRSIZ	120.0000
X2501	-420.0000	13.00000	120.0000
D2501	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ

S2502	540.0000	SINIRSIZ	120.0000
X2502	-420.0000	13.00000	13.00000
D2502	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2503	540.0000	SINIRSIZ	120.0000
X2503	-420.0000	13.00000	13.00000
D2503	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2504	540.0000	SINIRSIZ	120.0000
X2504	-420.0000	433.0000	13.00000
D2504	-13.00000	433.0000	SINIRSIZ
S2.801	620.0000	SINIRSIZ	182.0000
X2.801	-438.0000	13.00000	182.0000
D2.801	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2.802	620.0000	SINIRSIZ	182.0000
X2.802	-438.0000	13.00000	13.00000
D2.802	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2.803	620.0000	SINIRSIZ	182.0000
X2.803	-438.0000	13.00000	13.00000
D2.803	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S2.804	620.0000	SINIRSIZ	182.0000
X2.804	-438.0000	451.0000	13.00000
D2.804	-13.00000	451.0000	SINIRSIZ
S1401	490.0000	SINIRSIZ	60.00000
X1401	-430.0000	13.00000	60.00000
D1401	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1402	490.0000	SINIRSIZ	60.00000
X1402	-430.0000	13.00000	13.00000
D1402	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1403	490.0000	SINIRSIZ	60.00000
X1403	-430.0000	13.00000	13.00000
D1403	-13.00000	13.00000	SINIRSIZ
S1404	490.0000	SINIRSIZ	60.00000
X1404	-430.0000	443.0000	13.00000
D1404	-13.00000	443.0000	SINIRSIZ
S7.8H01	615.0000	SINIRSIZ	165.0000
X7.8H01	-450.0000	14.00000	165.0000
D7.8H01	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S7.8H02	615.0000	SINIRSIZ	165.0000
X7.8H02	-450.0000	14.00000	14.00000
D7.8H02	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S7.8H03	615.0000	SINIRSIZ	165.0000
X7.8H03	-450.0000	14.00000	14.00000
D7.8H03	-14.00000	14.00000	SINIRSIZ
S7.8H04	615.0000	SINIRSIZ	165.0000

X7.8H04	-450.0000	464.0000	14.00000
D7.8H04	-14.00000	464.0000	SINIRSIZ
S18L01	450.0000	SINIRSIZ	50.00000
X18L01	-400.0000	12.00000	50.00000
D18L01	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S18L02	450.0000	SINIRSIZ	50.00000
X18L02	-400.0000	12.00000	12.00000
D18L02	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S18L03	450.0000	SINIRSIZ	50.00000
X18L03	-400.0000	12.00000	12.00000
D18L03	-12.00000	12.00000	SINIRSIZ
S18L04	450.0000	SINIRSIZ	50.00000
X18L04	-400.0000	412.0000	12.00000
D18L04	-12.00000	412.0000	SINIRSIZ
P1S	0.0	SINIRSIZ	50.00000
P1X	0.0	12.00000	50.00000
P1D	0.0	12.00000	SINIRSIZ
P2S	0.0	SINIRSIZ	50.00000
P2X	0.0	12.00000	12.00000
P2D	0.0	12.00000	SINIRSIZ
P3S	0.0	SINIRSIZ	50.00000
P3X	0.0	12.00000	12.00000
P3D	0.0	12.00000	SINIRSIZ
P4S	0.0	SINIRSIZ	50.00000
P4X	0.0	412.0000	12.00000
P4D	0.0	412.0000	SINIRSIZ
BSPDETUM	0.0	412.0000	SINIRSIZ

EK 5. DP Modeli Kısıtlarının Duyarlılık Analizi Sonuçları

Çözüm sonucunun değişmeyeceği aralıklar:

Sağ Taraf Değişimleri

		Kabul	Kabul
	Mevcut	edilebilir	edilebilir
<u>Satır</u>	<u>Sağ Taraf</u>	<u>Artış</u>	<u>Azalış</u>
PRESSURESIAY1	40000.00	SINIRSIZ	9978.824
PRESSURESIAY2	40000.00	SINIRSIZ	6322.915
PRESSURESIAY3	40000.00	SINIRSIZ	3751.276
PRESSURESIAY4	40000.00	SINIRSIZ	4751.371
DEPOALANIAY1	13000.00	SINIRSIZ	13000.00
DEPOALANIAY2	13000.00	SINIRSIZ	13000.00
DEPOALANIAY3	13000.00	SINIRSIZ	13000.00
DEPOALANIAY4	13000.00	SINIRSIZ	13000.00
STOKAY1URUN09	0.0	1030.000	3846.887
STOKAY1URUN18	0.0	1066.000	3846.887
STOKAY1URUN10	0.0	1347.000	3897.978
STOKAY1URUN12	0.0	741.0000	4224.735
STOKAY1URUN05	0.0	205.0000	3771.286
STOKAY1URUN2.8	0.0	144.0000	3168.887
STOKAY1URUN7.8H	0.0	1617.000	3922.494
STOKAY1URUN14	0.0	176.0000	4399.834
STOKAY1URUN22	0.0	545.0000	3042.324
STOKAY1URUN08	0.0	446.0000	4023.719
STOKAY1URUN16	0.0	1957.000	3821.840
STOKAY1URUN30	0.0	252.0000	3206.563
STOKAY1URUN06	0.0	206.0000	4149.199
STOKAY1URUN25	0.0	175.0000	2829.267
STOKAY1URUN18L	0.0	1533.000	3846.887
STOKAY2URUN09	0.0	1155.000	2437.515
STOKAY2URUN18	0.0	1196.000	2437.515
STOKAY2URUN10	0.0	1511.000	2469.889
STOKAY2URUN12	0.0	831.0000	2676.933
STOKAY2URUN05	0.0	230.0000	2389.613
STOKAY2URUN2.8	0.0	161.0000	2007.912
STOKAY2URUN7.8H	0.0	1814.000	2485.423
STOKAY2URUN14	0.0	198.0000	2787.881
STOKAY2URUN22	0.0	612.0000	1927.718
STOKAY2URUN08	0.0	500.0000	2549.563
STOKAY2URUN16	0.0	2196.000	2421.645
STOKAY2URUN30	0.0	282.0000	2031.785
STOKAY2URUN06	0.0	231.0000	2629.071

STOKAY2URUN25	0.0	197.0000	1792.718
STOKAY2URUN18L	0.0	1719.000	2437.515
STOKAY3URUN09	0.0	1243.000	1446.136
STOKAY3URUN18	0.0	1287.000	1446.136
STOKAY3URUN10	0.0	1627.000	1465.342
STOKAY3URUN12	0.0	895.0000	1588.178
STOKAY3URUN05	0.0	247.0000	1417.716
STOKAY3URUN2.8	0.0	174.0000	1191.259
STOKAY3URUN7.8H	0.0	1953.000	1474.558
STOKAY3URUN14	0.0	213.0000	1654.002
STOKAY3URUN22	0.0	658.0000	1143.682
STOKAY3URUN08	0.0	538.0000	1512.611
STOKAY3URUN16	0.0	2363.000	1436.720
STOKAY3URUN30	0.0	304.0000	1205.423
STOKAY3URUN06	0.0	249.0000	1559.782
STOKAY3URUN25	0.0	212.0000	1063.588
STOKAY3URUN18L	0.0	1850.000	1446.136
STOKAY4URUN09	0.0	1209.000	1831.677
STOKAY4URUN18	0.0	1252.000	1831.677
STOKAY4URUN10	0.0	1582.000	1856.004
STOKAY4URUN12	0.0	870.0000	2011.588
STOKAY4URUN05	0.0	241.0000	1795.681
STOKAY4URUN2.8	0.0	169.0000	1508.851
STOKAY4URUN7.8H	0.0	1899.000	1867.677
STOKAY4URUN14	0.0	207.0000	2094.961
STOKAY4URUN22	0.0	640.0000	1448.589
STOKAY4URUN08	0.0	523.0000	1915.875
STOKAY4URUN16	0.0	2298.000	1819.751
STOKAY4URUN30	0.0	295.0000	1526.790
STOKAY4URUN06	0.0	242.0000	1975.622
STOKAY4URUN25	0.0	206.0000	1347.142
STOKAY4URUN18L	0.0	1799.000	1831.677
SATISAY1URUN09	912.0000	118.0000	SINIRSIZ
71	1030.000	3846.887	118.0000
SATISAY1URUN18	945.0000	121.0000	SINIRSIZ
73	1066.000	3846.887	121.0000
SATISAY1URUN10	1194.000	153.0000	SINIRSIZ
75	1347.000	3897.978	153.0000
SATISAY1URUN12	657.0000	84.00000	SINIRSIZ
77	741.0000	4224.735	84.00000
SATISAY1URUN05	182.0000	23.00000	SINIRSIZ
79	205.0000	3771.286	23.00000
SATISAY1URUN2.8	127.0000	17.00000	SINIRSIZ

81	144.0000	3168.887	17.00000
SATISAY1URUN7.8H	1433.000	184.0000	SINIRSIZ
83	1617.000	3922.494	184.0000
SATISAY1URUN14	156.0000	20.00000	SINIRSIZ
85	176.0000	4399.834	20.00000
SATISAY1URUN22	483.0000	62.00000	SINIRSIZ
87	545.0000	3042.324	62.00000
SATISAY1URUN08	395.0000	51.00000	SINIRSIZ
89	446.0000	4023.719	51.00000
SATISAY1URUN16	1734.000	223.0000	SINIRSIZ
91	1957.000	3821.840	223.0000
SATISAY1URUN30	223.0000	29.00000	SINIRSIZ
93	252.0000	3206.563	29.00000
SATISAY1URUN06	182.0000	24.00000	SINIRSIZ
95	206.0000	4149.199	24.00000
SATISAY1URUN25	155.0000	20.00000	SINIRSIZ
97	175.0000	2829.267	20.00000
SATISAY1URUN18L	1358.000	175.0000	SINIRSIZ
99	1533.000	3846.887	175.0000
SATISAY2URUN09	1043.000	112.0000	SINIRSIZ
101	1155.000	2437.515	112.0000
SATISAY2URUN18	1080.000	116.0000	SINIRSIZ
103	1196.000	2437.515	116.0000
SATISAY2URUN10	1365.000	146.0000	SINIRSIZ
105	1511.000	2469.889	146.0000
SATISAY2URUN12	751.0000	80.00000	SINIRSIZ
107	831.0000	2676.933	80.00000
SATISAY2URUN05	208.0000	22.00000	SINIRSIZ
109	230.0000	2389.613	22.00000
SATISAY2URUN2.8	146.0000	15.00000	SINIRSIZ
111	161.0000	2007.912	15.00000
SATISAY2URUN7.8H	1638.000	176.0000	SINIRSIZ
113	1814.000	2485.423	176.0000
SATISAY2URUN14	178.0000	20.00000	SINIRSIZ
115	198.0000	2787.881	20.00000
SATISAY2URUN22	552.0000	60.00000	SINIRSIZ
117	612.0000	1927.718	60.00000
SATISAY2URUN08	452.0000	48.00000	SINIRSIZ
119	500.0000	2549.563	48.00000
SATISAY2URUN16	1983.000	213.0000	SINIRSIZ
121	2196.000	2421.645	213.0000
SATISAY2URUN30	255.0000	27.00000	SINIRSIZ
123	282.0000	2031.785	27.00000

SATISAY2URUN06	209.0000	22.00000	SINIRSIZ
125	231.0000	2629.071	22.00000
SATISAY2URUN25	178.0000	19.00000	SINIRSIZ
127	197.0000	1792.718	19.00000
SATISAY2URUN18L	1552.000	167.0000	SINIRSIZ
129	1719.000	2437.515	167.0000
SATISAY3URUN09	1137.000	106.0000	SINIRSIZ
131	1243.000	1446.136	106.0000
SATISAY3URUN18	1178.000	109.0000	SINIRSIZ
133	1287.000	1446.136	109.0000
SATISAY3URUN10	1488.000	139.0000	SINIRSIZ
135	1627.000	1465.342	139.0000
SATISAY3URUN12	818.0000	77.00000	SINIRSIZ
137	895.0000	1588.178	77.00000
SATISAY3URUN05	226.0000	21.00000	SINIRSIZ
139	247.0000	1417.716	21.00000
SATISAY3URUN2.8	159.0000	15.00000	SINIRSIZ
141	174.0000	1191.259	15.00000
SATISAY3URUN7.8H	1786.000	167.0000	SINIRSIZ
143	1953.000	1474.558	167.0000
SATISAY3URUN14	195.0000	18.00000	SINIRSIZ
145	213.0000	1654.002	18.00000
SATISAY3URUN22	602.0000	56.00000	SINIRSIZ
147	658.0000	1143.682	56.00000
SATISAY3URUN08	492.0000	46.00000	SINIRSIZ
149	538.0000	1512.611	46.00000
SATISAY3URUN16	2161.000	202.0000	SINIRSIZ
151	2363.000	1436.720	202.0000
SATISAY3URUN30	278.0000	26.00000	SINIRSIZ
153	304.0000	1205.423	26.00000
SATISAY3URUN06	227.0000	22.00000	SINIRSIZ
155	249.0000	1559.782	22.00000
SATISAY3URUN25	194.0000	18.00000	SINIRSIZ
157	212.0000	1063.588	18.00000
SATISAY3URUN18L	1693.000	157.0000	SINIRSIZ
159	1850.000	1446.136	157.0000
SATISAY4URUN09	1106.000	103.0000	SINIRSIZ
161	1209.000	1831.677	103.0000
SATISAY4URUN18	1146.000	106.0000	SINIRSIZ
163	1252.000	1831.677	106.0000
SATISAY4URUN10	1448.000	134.0000	SINIRSIZ
165	1582.000	1856.004	134.0000
SATISAY4URUN12	796.0000	74.00000	SINIRSIZ

167	870.0000	2011.588	74.00000
SATISAY4URUN05	220.0000	21.00000	SINIRSIZ
169	241.0000	1795.681	21.00000
SATISAY4URUN2.8	155.0000	14.00000	SINIRSIZ
171	169.0000	1508.851	14.00000
SATISAY4URUN7.8H	1738.000	161.0000	SINIRSIZ
173	1899.000	1867.677	161.0000
SATISAY4URUN14	189.0000	18.00000	SINIRSIZ
175	207.0000	2094.961	18.00000
SATISAY4URUN22	586.0000	54.00000	SINIRSIZ
177	640.0000	1448.589	54.00000
SATISAY4URUN08	479.0000	44.00000	SINIRSIZ
179	523.0000	1915.875	44.00000
SATISAY4URUN16	2104.000	194.0000	SINIRSIZ
181	2298.000	1819.751	194.0000
SATISAY4URUN30	270.0000	25.00000	SINIRSIZ
183	295.0000	1526.790	25.00000
SATISAY4URUN06	221.0000	21.00000	SINIRSIZ
185	242.0000	1975.622	21.00000
SATISAY4URUN25	188.0000	18.00000	SINIRSIZ
187	206.0000	1347.142	18.00000
SATISAY4URUN18L	1647.000	152.0000	SINIRSIZ
189	1799.000	1831.677	152.0000
AYLIK4ENAZURETIMURUN09	2672.000	1965.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN18	2768.000	2033.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN10	3497.000	2570.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN12	1923.000	1414.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN05	532.0000	391.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN2.8	373.0000	275.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN7.8	4198.000	3085.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN14	457.0000	337.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN22	1415.000	1040.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN08	1157.000	850.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN16	5080.000	3734.000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN30	653.0000	480.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN06	535.0000	393.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN25	455.0000	335.0000	SINIRSIZ
AYLIK4ENAZURETIMURUN18L	3978.000	2923.000	SINIRSIZ
AY1ENAZURETIM	8000.000	3440.000	SINIRSIZ
AY2ENAZURETIM	8000.000	4833.000	SINIRSIZ
AY3ENAZURETIM	8000.000	5813.000	SINIRSIZ
AY4ENAZURETIM	8000.000	5432.000	SINIRSIZ
SATISAY1	0.0	11440.00	SINIRSIZ

URETIMAY1	0.0	11440.00	SINIRSIZ
DEPOAY1	0.0	0.0	SINIRSIZ
SATISAY2	0.0	12833.00	SINIRSIZ
URETIMAY2	0.0	12833.00	SINIRSIZ
DEPOAY2	0.0	0.0	SINIRSIZ
SATISAY3	0.0	13813.00	SINIRSIZ
URETIMAY3	0.0	13813.00	SINIRSIZ
DEPOAY3	0.0	0.0	SINIRSIZ
SATISAY4	0.0	13432.00	SINIRSIZ
URETIMAY4	0.0	13432.00	SINIRSIZ
DEPOAY4	0.0	0.0	SINIRSIZ
222	0.0	SINIRSIZ	0.0

Ek Tablo 1. YSA mimarisinin bağlantı ağırlıkları

Bağlantı Ağırlıkları																
Girdi Katmanı			Gizli Katman 1					Gizli Katman 2								
nöron1	nöron2	bias1	nöron1	nöron2	nöron3	nöron4	bias2	nöron1	nöron2	nöron3	nöron4	nöron5	nöron6	nöron7	nöron8	bias3
1.8839	-0.5245	-3.6504	-2.3371	-0.1721	-5.6846	0.4447	3.1352	3.4911	-1.9704	2.6984	3.9198	-1.0216	0.2538	0.3286	3.7402	0.4169
-1.8601	4.9360	0.4279	1.9038	1.9316	3.0152	-0.0712	-2.2785									
2.1910	-1.9859	1.3994	1.5229	0.3245	0.9628	-1.8728	-2.3029									
0.8759	1.1633	4.7620	-0.2993	-1.6787	-2.7030	0.5870	-0.2940									
			-2.9327	2.2190	-0.1241	3.8458	1.7904									
			-0.4306	0.0817	0.9666	-1.9358	-1.5999									
			-2.1212	1.0985	0.1498	1.8732	-0.8610									
			-0.7567	3.9951	7.3479	-1.0105	-2.6524									

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim YILDIRIM, 01.10.1980 tarihinde Samsun’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Samsun’da tamamladı. 1998 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Burada bir yıllık eğitiminin ardından, ikinci sınıfta Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’ne yatay geçiş yaptı. 2002 yılında lisans eğitimini bölüm birincisi ve fakülte ikincisi olarak tamamlayarak “Orman Endüstri Mühendisi” olarak mezun oldu. Aynı yıl KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2003 yılı Aralık ayında Fen Bilimleri Enstitüsü’ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2005-2006 eğitim öğretim yılının ara döneminde yüksek lisans eğitimini tamamlayarak “Orman Endüstri Yüksek Mühendisi” unvanını aldı. Aynı Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı ve halen Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve bir erkek çocuğu sahibi olan YILDIRIM, iyi derecede İngilizce bilmektedir.