

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE İMALAT ÇİZELGELEME
PROBLEMİNİN TAMSAYI PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜMÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Volkan YÖRÜKOĞLU

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Danışman: Prof.Dr. Alpaslan FIĞLALI

KOCAELİ, 2007

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE İMALAT ÇİZELGELEME
PROBLEMİNİN TAMSAYI PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Endüstri Müh. Volkan YÖRÜKOĞLU**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih:

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI

(.....
Alpaslan

Üye

Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ

(.....
Zerrin

Üye

Yrd. Doç. Dr. Ufuk KULA

(.....
Ufuk Kula

KOCAELİ, 2007

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Düşük kar payları ile çalışılan ve rekabetin diğer sektörlere göre çok yoğun olduğu otomotiv sektöründe, nispi olarak çok ufak bile olsa gerçekleştirilen bir iyileşme, maliyetlerin ve adetlerin büyüklüğü sebebiyle, toplamda çok büyük bir mertebeye ulaşmaktadır. Bu bağlamda bütün otomotiv şirketleri süreçlerinde verimliliği birincil amaç edinmiştir. Şirketlerin gelecek dönem varlıkları bu verim artışına kopmaz bağlarla bağlıdır.

Bahsedilen bu sebeplerin bir sonucu olarak, otomotiv sektöründe toplam üretim ve satışlarda Türkiye’de bir numara olan Ford Otosan, bitmiş araç stoklarını düşürmeyi kendine amaç edinmiştir. Bu çalışmada, bu amaca yönelik inşa edilen bir iyileştirme yer almaktadır.

Bu tezin hazırlanmasında emeği geçen danışman hocam Prof. Dr. Alparslan FIĞLALI’ya, bilgi ve fikirlerinden yararlandığım ve yazım konusunda yardımını esirgemeyen arkadaşım Arş.Gör. Umit TERZİ’ye, uygulamada gösterdiği önderlik sebebiyle şirketim Ford Otosan’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım boyunca destekleri ile bana yardımcı olan iş arkadaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi iletirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER	vii
ÖZET	viii
İNGİLİZCE ÖZET	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	3
2.1. Doğrusal Programlama Modelleri	4
2.2. Doğrusal Programlama Uygulama Alanları	4
2.3. Doğrusal Programlama Modelinde Bulunması Gereken Şartlar	5
BÖLÜM 3. TAMSAYI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	7
3.1. Dal-Sınır Algoritması	8
3.2. Kesme Düzlemi Algoritması	12
BÖLÜM 4. İMALAT ÇİZELGELEME VE ÖRNEK UYGULAMALAR.....	17
4.1. İmalat Çizelgeleme	17
4.2. Örnek Uygulamalar	18
4.2.1. Çoklu tesisli imalat sistemi için melez modellenli üretim planlama: Otomotiv endüstrisi uygulaması	19
4.2.2. İmalat çizelgeleme sistem dizaynı için yapay sinir ağları kullanımı	21
4.2.3. İmalat çizelgeleme için matematiksel programlama	22
4.2.4. İmalat çizelgeleme için genetik algoritma karar destek sistemi	23
4.2.5. Çoklu amaçları sağlamak amacıyla master planlama için sezgisel algoritma kullanımı.....	25
4.2.6. Baskı devre sistemlerinde planlama ve çizelgeleme.....	28
4.3. Genel Değerlendirme	30
BÖLÜM 5. BİTMİŞ ARAÇ STOKLARINI AZALTMAK AMACIYLA TAMSAYI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA UYGULAMASI	31
5.1. Uygulamaya Konu Olan Sistemin Tanıtımı	31
5.1.1. Şirket tanıtımı	31
5.1.2. Şirket genel planlama süreci	32
5.1.2.1. Planlama sürecinin amacı	32
5.1.2.2. Süreç akışı	33
5.2. Aylık Araç İmalat Planının Oluşturulması	41
5.3. Araç Özellik Tarifleme	43
5.4. Gemi Kalkış Gününe Göre Planlama Felsefesi	46
5.4.1. Liman ve gemi rotaları	48
5.4.2. Lojistik merkezli geriye doğru planlama felsefesi	50
5.5. Gemi Kalkış Gününe Göre Planlama Modeli	53
5.5.1. Model amaç fonksiyonu	53
5.5.2. Ceza matrisi	56

5.5.3. Bağlayıcı kısıtların belirlenmesi	57
5.5.4. Araç türlerinin gruplanması	59
5.5.5. Doğrusal tamsayı modeli	64
BÖLÜM 6. SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR	69
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1: Tamsayı doğrusal programlama grafik çözümü	9
Şekil 3.2: Tamsayı doğrusal programlama tamsayı kısıtı ekleme	10
Şekil 3.3: Dal-sınır algoritması çözüm hiyerarşisi	11
Şekil 3.4: Kesme düzlemi algoritması grafik çözümü	13
Şekil 3.5: Kesme düzlemi algoritması yeni kısıt eklenmesi	13
Şekil 5.1: EOC metni	44
Şekil 5.2: Kompleks EOC çözümü	46
Şekil 5.3: Ford Otosan gemi rotaları	49
Şekil 5.4: Ford Otosan geriye doğru planlama felsefesi	52
Şekil 5.5: Ford Otosan örnek planlama grupları	63

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1: Kesme düzlemi algoritması simpleks tablosu	14
Tablo 3.2: Kesme düzlemi algoritması simpleks tablosu yeni slack eklendikten sonraki durum	15
Tablo 3.3: Kesme düzlemi algoritması simpleks tablosu nihai durum	16
Tablo 5.1: Gemi kalkış günleri ve üretilen araç sayıları	54
Tablo 5.2: Gemi rotaları ve araç yaşlanmaları	55
Tablo 5.3: Ceza matris örneği	57
Tablo 5.4: Araç gruplama sistematığı	60
Tablo 5.5: Araç gruplama sistematığı örneği	61
Tablo 5.6: Örnek atama modeli	62
Tablo 5.7: Tamsayı modeline dönüşüm	62

SEMBOLLER

i	:	Haftanın üretim gün sayısı
j	:	Kod numarası
k	:	Haftanın farklı kısıt sayısı
x_{ji}	:	i kodundan j gününe planlanan araç sayısı
y_{ji}	:	i kodundan j gününe atanan araç sayılarına tekabül eden yaşlanma gün sayısı
g_i	:	i kodundan planlama yapılan hafta bulunan araç sayısı
u_j	:	j günü üretilmesi gereken toplam araç sayısı
l_{jk}	:	k kısıtının j günü üst limiti

Kısaltmalar

ORBIT	:	Orderbank Information Technology (Sipariş toplama sistemi)
MP&L	:	Malzeme Planlama & Lojistik
FoE	:	Ford of Europe (Ford Avrupa)
FO	:	Ford Otosan
OVS	:	Optimised Vehicle Scheduling (Araç çizelgeleme sistemi)
CMMS3	:	Common Material Management System (Malzeme tedarik sistemi)
DRAGON	:	Derivative Requirements and Allocation Generation System (Talep tahmini yardımcı sistemi)
GOLFF	:	Generic Order Level Feature Forecasting System (Talep tahmin sistemi)
PCR	:	Production Change Request (İmalat değişiklik talebi)
PCM	:	Production Change Meeting (İmalat değişiklik talep toplantısı)
GVP	:	Global Vehicle Programming (Merkezi araç tahsis toplantısı)
W/S	:	Whole Sale (Satış)
CTM	:	Central Table Management (Ürün ağacı çözüm tablosu)
NSC	:	National Sales Company (Ulusal satış şirketi)
ELEK	:	Planlama Takip Portalı
JV	:	Joint Venture (Ortak teşebbüs)
W/S	:	Whole Sale (Satış)
MPS	:	Master Production and Sales report (Ana imalat planı)
Opplan	:	Operating Plan (Fabrika üretim planı)
VIN	:	Vehicle Identification Number
EOC	:	European Order Card (Araç Sipariş Kartı)

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE İMALAT ÇİZELGELEME PROBLEMİNİN TAMSAYI PROGRAMLAMA İLE ÇÖZÜMÜ

Volkan YÖRÜKOĞLU

Anahtar Kelimeler: Üretim Çizelgeleme, Kısıt Yönetimi, Doğrusal Tamsayı Optimizasyonu

Özet: Otomotiv sektöründe elde tutma maliyeti önemli maliyet kalemlerinden biridir. Günümüzde bu maliyet kalemini azaltmak için pek çok çalışma yürütülmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de sektöründe önder kuruluşlardan Ford Otosan A.Ş.’nin bitmiş ihraç araç stoklarını azaltmak amacıyla yürüttüğü tamsayı doğrusal programlama modeline yer verilmiştir. Çalışmada ele alınan problem imalat çizelgeleme konu başlığı kapsamına girmektedir. Çalışmanın amacı, üretime alınacak ihraç araçların üretim günlerini çizelgelemek ve nihayetinde ihraç bitmiş araç stoklarını düşürmektir. Model kapsamında pek çok imalat ve imalatçı kısıtı analiz edilmiş ve gerekli olanlar modele adapte edilmiştir. Model tamsayı doğrusal programlama modeli olarak inşa edilmiştir ve çözümü kolaylaştırmak için kısıt bazında grupta yaklaşımı kullanılmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalar belirli kriterler bazında incelenmiş. Çalışma hizmet etmeyi amaçladığı ihraç araç stoklarını belirgin bir şekilde düşürmüş ve şirkete katma değer yaratmıştır.

AUTOMATIVE SECTOR PRODUCTION SCHEDULING PROBLEM SOLUTION WITH INTEGER PROGRAMMING

Volkan YÖRÜKOĞLU

Keywords: Production Scheduling, Constraint Management, Linear Integer Optimization

Abstract: In automotive industry, inventory holding cost is one of the most important cost items. Nowadays, plenty of studies are conducted to diminish this cost. At this thesis, linear integer programming model of Ford Otosan (which is one of the pioneer companies of its sector), to reduce export finished vehicles is mentioned. The problem mentioned at this study is under the title of production scheduling. The aim of this study is to schedule export vehicles to a specific day that will be taken into production and consequently reduce export finished vehicles inventory. In the content of the model significant amount of production and supplier constraints are analyzed and necessary ones are adapted to the model. The model is constructed as linear integer programming and to ease the solution grouping based on constraint approach is used. Other literature studies are examined based on some pre-defined criterion. The study reduced export vehicles inventory that had aimed to serve and added value to its company.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gelişim, insanoğlunun varlığı sürecinde ona eşlik etmiş, ilerlemesini ve medeniyetini her zaman destekler nitelikte olmuştur. Diğer bir yönüyle gelişim, insanı insan yapan etmenlerin başında gelir. Gelişimin önderlik etmediği bir medeniyet tarihi tahayyül edilemez.

Bu özelliği sebebiyle, insanoğlu her daim ilerlemenin peşinde koşmuştur. Her ne kadar insanoğlu, doğası ve kendini güvende hissetme güdüsü gereği statükoya sarılsa da, gelişimin tatlı meyvesi her zaman daha cezp edici olmuştur.

Medeniyetin ilk yıllarında, bu gelişmeler, hayatı idame ettirmek için gerekli yaşamsal fonksiyonlara yönelikti. Avlanmak, kendini korumak amacıyla mızraklar, taşlar, sopalar işlendi. Doğal etmenlerden korunmak için barınaklar, korunaklar inşa edildi.

Daha sonraki dönemlerde, bilimin etkinliğini arttırması ile birlikte, teknoloji, ilerlemeyi destekler nitelikte oldu. Bu noktadan sonra gelişim, yaşamsal gereksinimler ile birlikte, kişisel gereksinimler, gündelik tüketim, savaş sanayi gibi pek çok alana sirayet etti.

Bütün bu yayılımın doğal bir sonucu olarak iyileştirme ve optimizasyon kavramları da hayatımızda belirgin bir yer edindi. Her ne kadar optimizasyon kavramı II. Dünya Savaşı'nda sonra savaş operasyonları vasıtasıyla kendine yer bulsa da, yayılımı çok hızlı ve derinlemesine olmuştur. Optimizasyon sağlık sektöründen üretim sanayine, eğitimden gıda sanayine kadar çok geniş bir yelpazede kendine yer bulmuştur.

Optimizasyon çalışmalarının en yaygın kullanılan modeli doğrusal programlama, günlük hayata uygunluğu sebebiyle en etkin kullanılan alt dal ise tamsayı doğrusal programlama modelidir.

Bu çalışmada Türkiye’de sektöründe önder kuruluşlardan Ford Otosan A.Ş.’nin bitmiş ihraç araç stoklarını azaltmak amacıyla yürüttüğü tamsayı doğrusal programlama modeline yer verilmiştir.

İkinci bölümde, doğrusal programlama modeline değinilmektedir. Doğrusal programlamanın tarihçesi, modelin genel yapısı ile ilgili özet bilgiler iletilmiş ve modelin şartları ve matematiksel ifadesi ile ilintili bilgi aktarılmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışmaya konu olan tamsayı doğrusal programlama irdelenmiştir. Tamsayı modelinin gereksinimi, kullanım alanları ve kullanımdaki çözüm metotları özetlenmiştir.

Dördüncü bölümde, çalışmanın dahil olduğu problem grubu olan imalat çizelgeleme irdelenmektedir. Kapsamlı literatür araştırması yürütülmüş ve özgün çalışmaya emsal olabilecek çalışmalar araştırılmıştır. Altı farklı uygulama, çalışmanın emsalleri arasındaki yerini daha iyi belirlemek amacıyla, kapsamlı olarak incelenmiştir. Mukayeseleri kolaylaştıracak kriterler belirlenmiş ve bu kriterler kapsamında çalışmalar irdelenmiştir.

Beşinci bölümde, Ford Otosan A.Ş. ihraç araçlar stok azaltma çalışması, planlama sürecinin tamamı ile birlikte, detaylı anlatılmıştır. Bölümde, süreç, süreç detayları, amaç, adımlar, Solver çözümü incelikleriyle aktarılmıştır.

Altıncı bölümde, çalışmanın sonuçları, faydaları, çalışma sonunda tespit edilen iyileştirme alternatifleri listelenmiştir.

BÖLÜM 2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

İkinci Dünya Savaşı'nda İngiliz askeri yetkililer radar yerleştirme, konvoy yönetimi, bombalama, anti-denizaltı ve mayınlama operasyonlarında mühendis ve bilim adamlarından yardım istemişlerdir. Bu tarihlerde matematikten ve bilimden askeri operasyonlarda yararlanmaya operasyon araştırma (Operation Research – Yöneylem Araştırma) adı verilmiştir. Günümüzde Yöneylem Araştırma, kısıtlar karşısında en uygun çözümü elde etmeye yönelik bütün bilimsel yaklaşımlara verilen genel tanımlık addır. (Winston, 1993)

Yöneylem araştırma özünde yatan eniyileme sistematığını matematiksel ifadeler ile elde eder. Optimizasyon modelleri matematiksel terimlerle bir problemin en iyi şekilde çözülmesi amacını ifade ederler. Bu, bir işte karın en büyük yapılması, zararın en aza indirgenmesi, etkinliğin en yükseğe çıkarılması veya riskin en aza indirilmesi olabilir. Bir köprü inşaatında dayanıklılığın en yüksek veya ağırlığın en az olması istenebilir. Bir uçağın rotasının belirlenmesinde uçuş süresinin en az veya yakıt tüketiminin en az olması istenebilir. Bir problemin optimum şekilde çözülmesi isteği o kadar yaygındır ki hemen hemen tüm uygulama alanlarında karşımıza çıkmaktadır. (İplikçi, 1995)

Optimizasyon modelleri, amaçları bu kadar çok çekici olduğundan, uzun dönemlerden beri kullanılmaktadır. Son zamanlarda, iş dünyası daha da büyüyüp karmaşıklaştıkça ve mühendislik tasarımları daha anlaşılabilir hale geldikçe optimizasyon modelleri kaçınılmaz hale gelmiştir. Artık pek çok durumda, bu modellerin yardımı olmadan kararların alınması mümkün olmamaktadır. Büyük, çok-uluslu bir şirkette örneğin çok küçük bir iyileştirme milyon dolarlık bir kara imkan verebilmektedir.

Böylesine büyük modellerin, çözülmedikleri sürece hiçbir değeri yoktur. Bilgisayar sistemlerinin yazılım ve donanımsal olarak hızlı ilerleyişiyle optimizasyon modelleri, iş dünyası, bilim ve mühendislikte kullanılabilen pratik bir araç haline gelmiştir.

Artık milyonlarca tasarım değişkenine sahip bir optimizasyon probleminin çözümlü mümkün hale gelmiştir.

2.1. Doğrusal Programlama Modelleri

Doğrusal programlamanın gelişimi 20 yüzyılın ortasından itibaren bilimsel alanda belirgin avantajlar yaratmıştır. Pek çok ülkede, pek çok sektörde standart bir araç olarak kullanılmaktadır. Uygulamaya alındığı 1950'lerden itibaren ise kullanım alanını sektörler üzerinde genişletmiştir. Konunun uygulama alanının genişliği sebebiyle, konu ile alakalı pek çok kitap yazılmış ve uygulama alanlarını anlatan pek çok makale literatüre kazandırılmıştır.

Doğrusal programlama, problemleri tariflemek için doğrusal matematiksel modeller kullanır. (Hillier ve Lieberman, 1990) Doğrusallık modeldeki bütün matematiksel fonksiyonların doğrusal olması ile sağlanabilmektedir.

En yaygın kullanım alanı kaynakların aktivitelere atanması olsa da, doğrusal programlamanın pek çok önemli uygulamaları vardır. Doğrusal programlama, sosyal bilimlerde işgücünün ve fazla mesainin yetenekler bazında dengeli dağıtılmasını sağlayarak işçi ve sendikayı memnun etme çalışmalarından (Koenigsberg ve Loya, 1978), bilimin en derinlemesine kullanıldığı savunma sistemlerine kadar (Burker ve diğ., 1999) geniş bir yelpazede etkin olarak kullanılmaktadır.

2.2. Doğrusal Programlama Uygulama Alanları

İlk olarak uygulandığı alan, kaynak tahsisi ve dağıtım sorunları olmuştur. (Türköz, 2001) Ekonomi ve organizasyon olaylarının matematik modelleri içinde doğrusal programlamanın önemli bir yeri vardır. Doğrusal Programlamanın uygulama amacı ve uygulama alanları özet olarak aşağıda verilmiştir: (Şen, 1974)

1. Birden fazla kaynaktan elde edilen çıktının birden fazla noktaya dağıtılması problemleri, bu dağıtım işinde kaynakların kapasitesi ve dağıtılan noktaların ihtiyaç miktarları birer tahdit mahiyetindedir.
2. Bileşken karışımı problemleri, birden fazla malın üretiminde kullanılacak olan üretim tesis kapasitesinin tahsisi, kapasitenin tahsis miktarları, her bileşkenden ne miktar karıştırılacağı.
3. Yapmak veya satın almak problemleri veya dışarıdan bir firmaya iş verme; hangi mallar işleme tabi tutulmalı, hangileri dışarıdan temin edilmeli, konularındaki kararlarda.
4. Öngörülen yatırımların getireceği gelirlerin değerlendirilmesi.
5. En karlı üretim(imalat) programının tespiti.
6. En iyi envanter stratejisinin tespiti.
7. Satın alma veya satış fiyatlarında yapılacak değişikliklerin etkilerinin ölçülmesi.
8. En karlı mal karışımının (product mix) tespit edilmesi.
9. Kuruluş yeri seçiminde. En iyi yer tespiti problemlerinde.
10. En düşük maliyette üretimin, zaman esasına göre düzenlenmesi.

2.3. Doğrusal Programlama Modelinde Bulunması Gereken Şartlar

Bir modelin doğrusal programlama tekniği ile çözülebilmesi için, modelde aşağıdaki şartların bulunması gerekir. (Şenel, 1974)

A. Modelin unsurları rakamla ifade edilebilmelidir. Bu özellik matematik modellerin en önemli şartıdır. Doğrusal programlama, rakamla ifade edilemeyen (niteleyici) unsurları içine alan modellerin çözümünde kullanılamaz.

B. Değişkenler arasında alternatif seçim mümkün olmalıdır. Objektif fonksiyondaki şartı gerçekleştirilebilmek için, üretim faktörleri ve üretim teknikleri arasında bir seçim yapılabilirdir. Mesela, yalnızca bir makineye veya insan emeğine ihtiyaç gösteren üretim tekniklerinde, seçim yapılması mümkün olmadığından, doğrusal programlama uygulanamaz.

C. Değişkenler arasında kurulan bağlantıların, doğrusal olması gerekir. Doğrusallık denince, modelde bulunan bütün eşitlik ve eşitsizliklerin içindeki değişkenlerin, birinci dereceden olması ve bu ifadelerin grafiklerinin bir düzeyi göstermesi anlaşılır.

Bu özellik doğrusal programlamaya uygulanırsa, her değişkenin başındaki katsayının sabit ve değişkenin birinci dereceden olması gerektiği sonucuna varılır.

D. Doğrusal programlamanın uygulanacağı işletme problemi kısa devreli olmalıdır. Doğrusal programlamanın en önemli şartı olan doğrusallık, ancak kısa devrede gerçekleşebilir. Mesela, kar en maksimizasyon problemlerinde, fiyatlar ancak kısa devrede sabit olabilir. Eğer uzun bir devre ele alınıp, doğrusal programlama tekniği uygulanırsa, doğrusallık şartı gerçekleşmeyeceğinden çıkan sonuç yanlış olur.

BÖLÜM 3. TAMSAYI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Doğrusal ve tamsayı programlama bir soruna en uygun cevabı bulmaya çalışan optimizasyon ile alakalı matematiksel tekniklerdir. (Beasley, 1996)

Tamsayılı programlama, doğrusal programlama problemlerine optimum tamsayı çözümü türetmek için geliştirilen doğrusal programlamanın özel bir uzantısıdır. (Ergülen ve diğ., 1995) Değişkenlerinin bir kısmının veya tamamının tamsayılı değerler aldığı, genel doğrusal programlama modelinden elde edilen optimizasyon (en iyiyi bulma) problemlerinin bir sınıfı, tamsayılı doğrusal programlama problemi olarak ifade edilir.

Tamsayı modellerinin, karar değişkenlerindeki kısıtlar doğrultusunda, pek çok türü bulunur. Karışık tamsayı problemlerinde sadece bazı karar değişkenleri tamsayı değeri alır, diğer taraftan saf tamsayı problemleri bütün karar değişkenlerinin tamsayı olma şartını arar. Sıfır-bir karışık ve saf tamsayı modelleri tamsayı karar değişkenlerini sıfır ya da bir değerleri ile sınırlar. Bu tür modellemenin pek çok kullanım alanı vardır. Mantık modellerini kullanmadaki yatkınlığı sayesinde kendine pek çok uygulama alanı bulmuştur.

İnsanlar karışık tamsayı problemlerinin, kayar nokta aritmetiği ile çözüldüğünü duyduklarında şaşırılmaktadır. Hali hazırda geniş ölçekli kullanılan karışık tamsayı programlama kodları “dal-sınır” araştırmasını en iyi çözümü bulmak için kullanmaktadır. (Savelsbergh, 2002)

Tam sayılı programlama tekniği, doğrusal programlamanın bir uzantısı olup doğrusal programlamada meydana gelebilecek gerçekçi olmayan sonuçları ortadan kaldırmayı amaçlar. Bazı doğrusal programlama modellerinde sonuçların tam sayı çıkmaması problemin gerçek hayattaki problemlere uygunluğunu bozmaktadır. Örneğin bir üretim probleminde masa ve sandalye üretimi yapılacaksa sonuçların

kesirli çıkması gerçekçi olmamaktadır. Sonuçların tam sayıya yuvarlatılması bazı kısıtları bozabileceği için çözüm olmamaktadır. Tam sayılı programlama tekniği, kısıtları bozmadan sonucun tam sayı olmasını sağlamaktadır.

Bir doğrusal programlama problemi çözüldüğünde optimum bir tamsayı çözüm bulunmuşsa sorun yoktur. Ancak sonuçların tamsayı çıkmaması durumunda ve çözümün tamsayı olması isteniyorsa probleme yeni bir kısıt ekleyerek işleme devam etmek mümkündür. Eklenen bu yeni kısıt orijinal kısıtlar altında mümkün olabilecek tüm tamsayı çözümleri içeren yeni bir çözüm bölgesi meydana getirir ancak ilk çözümde bulunan tam sayı olmayan çözümü içermez. Tam sayılı programlamada iki algoritma kullanılmaktadır.

1. Dal-sınır algoritması
2. Kesme düzlemi algoritması

3.1. Dal-Sınır Algoritması

Genel mantık olarak Dal-Sınır algoritması “Böl-Yönet” stratejisinin bir çıktısıdır. Amaç, çözüm alanının daha yönetilebilir ufak bölgelere bölmek, eğer gerekir ise bir adım daha ileri gidip bu bölgeleri de alt bölgelere bölmektir. Çözüm kümesini bölümlere ayırmak için pek çok dal-sınır algoritması vardır.

Aşağıdaki doğrusal programlama probleminin grafik çözümünden sonuçların tam sayı çıkmadığı görülmektedir.

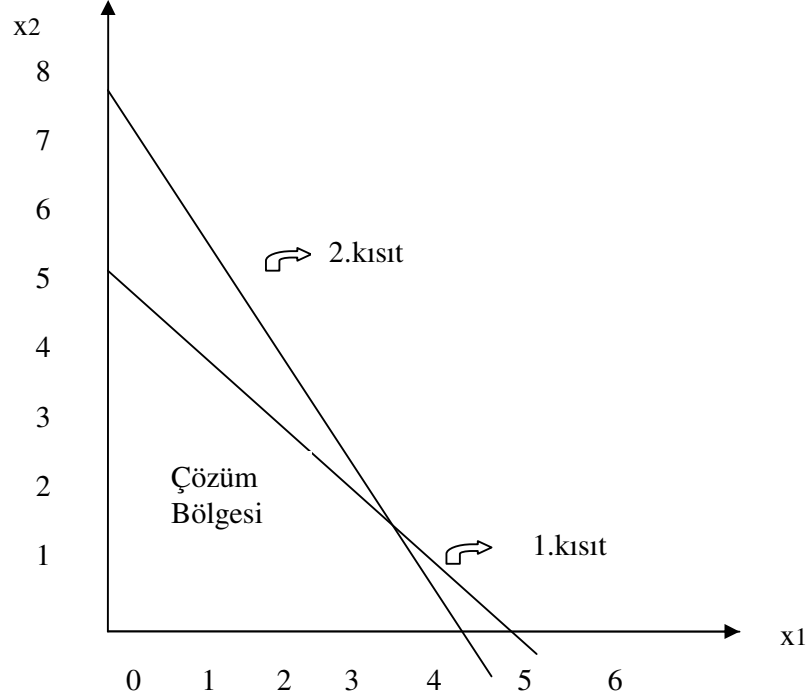
$$\text{Amaç Fonksiyonu: } \text{Max } Z = 5x_1 + 4x_2 \quad (3.1)$$

$$\text{Kısıtlar: } \quad x_1 + x_2 \leq 5 \quad (3.2)$$

$$10x_1 + 6x_2 \leq 45 \quad (3.3)$$

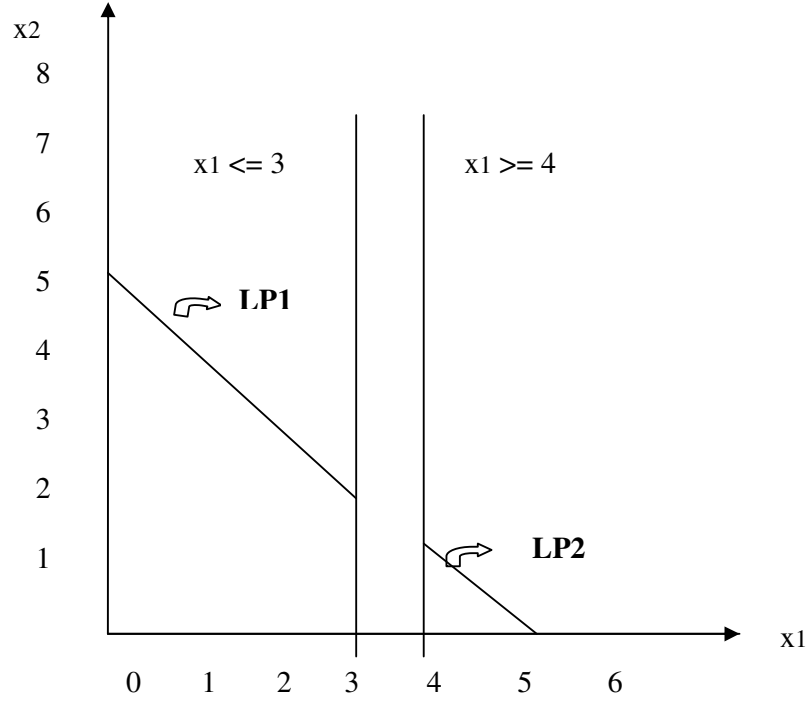
$$\text{Pozitiflik Koşulu: } \quad x_1, x_2 \geq 0 \quad (3.4)$$

Problemin çözüm uzayı aşağıdaki gibidir. (Şekil 3.1: Tamsayı doğrusal programlama grafik çözümü)



Şekil 3.1: Tamsayı doğrusal programlama grafik çözümü

Problemin çözümünde: $Z= 23.75$, $x_1 = 3.75$, $x_2 =1.25$ çıkmaktadır. Değişkenler tam sayı çıkmadığı için dal-sınır algoritması ile optimum tam sayılı çözümü buluncaya kadar çözüm uzayının düzenlenmesi yapılacaktır. İlk aşamada doğrusal programlama çözümünde tam sayı değer almayan bir değişken rasgele seçilir. x_1 değişkenini seçilir, ($x_1=3.75$) doğrusal programlama çözüm uzayının $3 < x_1 < 4$ bölgesinde tamsayı değerler olmayacaktır dolayısıyla bu bölge elimine edilebilir. (Şekil 3.2: Tamsayı doğrusal programlama tamsayı kısıtı ekleme)



Şekil 3.2: Tamsayı doğrusal programlama tamsayı kısıtı ekleme

$$\text{LP1 uzayı} = \text{LP0 uzayı} + (x1 \leq 3) \quad (3.5)$$

$$\text{LP2 uzayı} = \text{LP0 uzayı} + (x1 \geq 4) \quad (3.6)$$

Optimum çözüm ya LP1 uzayında ya da LP2 uzayında olacaktır. Her iki alt problem ayrı ayrı çözülmelidir. Önce LP1 problemini ($x1 \leq 3$) kısıdı eklenerek çözülür.

$$\text{Max } Z = 5x1 + 4x2 \quad (3.7)$$

$$x1 + x2 \leq 5 \quad (3.8)$$

$$10x1 + 6x2 \leq 45 \quad (3.9)$$

$$x1 \leq 3 \quad (3.10)$$

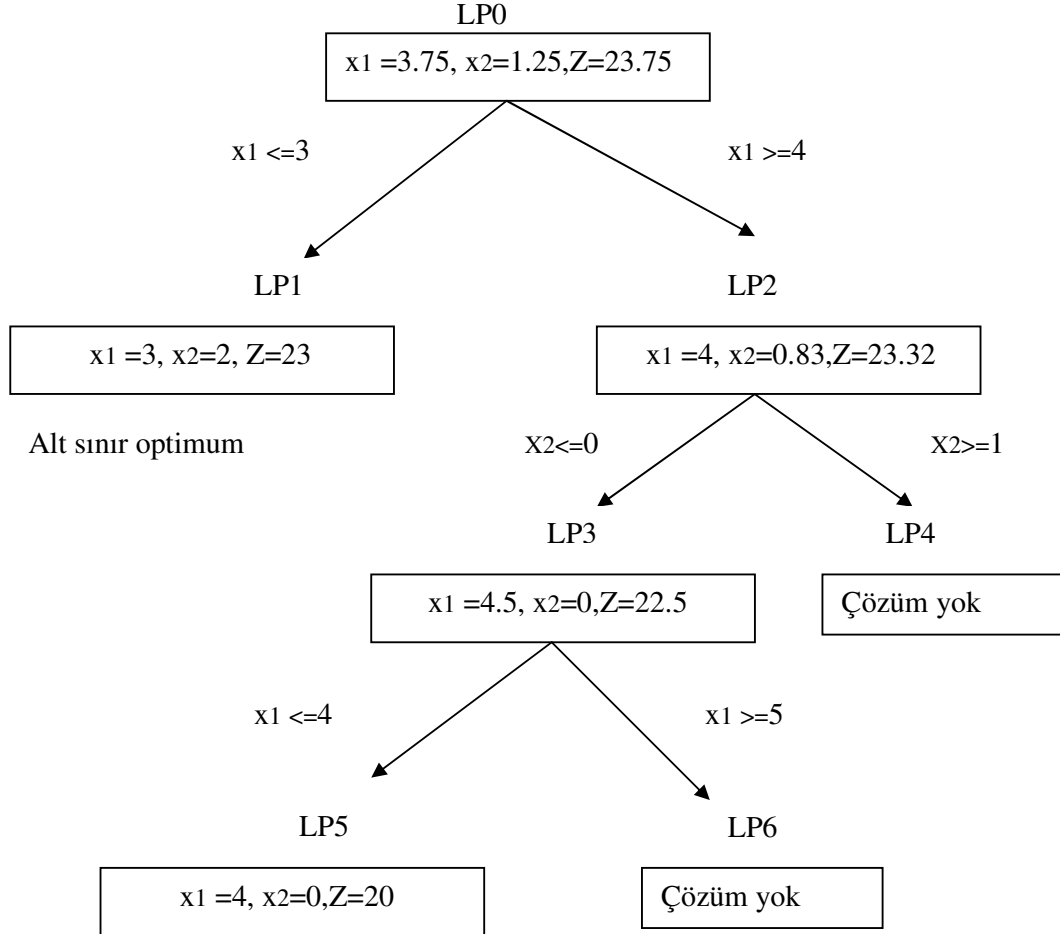
$$x1, x2 \geq 0 \quad (3.11)$$

Problem çözüldüğünde $Z=23$, $x1=3$, $x2=2$ çıkmaktadır. O halde LP1 optimum değere ulaşmıştır diyebiliriz. Çözümdeki $Z=23.75$ değeri LP1 de $Z=23$ olarak çıktığına göre bu bir alt sınır olarak alınabilir. Bir tamsayılı çözüm elde edildiği için daha fazla ilerletmeye gerek yoktur. LP2 ye ait çözümde de $Z=23.32$, $x1=4$, $x2=0.83$

çıkmaktadır. $x_2=0.83$ olduğundan yeniden bir dallanma yapılarak $x_2 \leq 0$ ve $x_2 \geq 1$ kontrolü yapılabilir. (Şekil 3.3: Dal-sınır algoritması çözüm hiyerarşisi)

$$\text{LP3 uzayı} = \text{LP2 uzayı} + (x_2 \leq 0) \quad (3.12)$$

$$\text{LP3 uzayı} = \text{LP0 uzayı} + (x_1 \geq 4) + (x_2 \leq 0) \quad (3.13)$$



Şekil 3.3: Dal-sınır algoritması çözüm hiyerarşisi

LP5 çözümünde de sonuç tamsayı çıkmaktadır. Ancak LP1 çözümünde $Z = 23$ alt sınır olarak alınırsa (en büyük alt sınır) bu çözümün optimum olmadığı söylenebilir. Burada hangi dalın seçilip önce çözülmesi konusunda kesin bir kural olmayıp seçim tahmini yapılmaktadır.

3.2. Kesme Düzlemi Algoritması

Kesme düzlemi algoritması, tamsayı programlarını doğrusal program çözümlerini değişime uğratarak çözer. Dal-sınır algoritmasının aksine çözüm alanı bölgelere bölünmez. Çözüm modele yeni kısıtlar eklenmesi yöntemi ile elde edilir. Yeni eklenen kısıt, optimum tamsayı çözümü elde edilene kadar, çözüm bölgesini indirger.

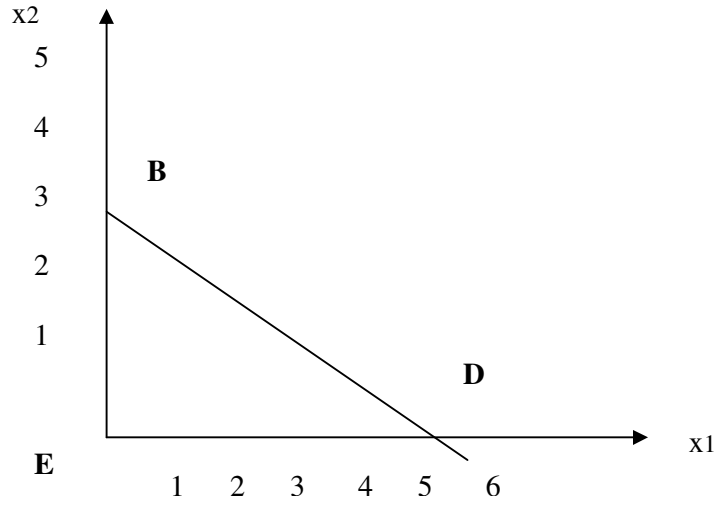
Pratikte, dal-sınır algoritması hemen hemen her zaman kesme düzlemi algoritmasını çözüm etkinliği olarak baskın gelmektedir. Yine de, algoritma tamsayı programlamanın gelişimi için önem arz etmektedir. Algoritma, sonlu sayıda adım ile tamsayı modellerinde çözüme ulaşan tarihsel olarak ilk algoritmadır.

Yöntemi grafik olarak göstermek için bir amaç fonksiyonu ve bir kısıt ele alalım.

$$\text{Amaç fonksiyonu: } Z = 2x_1 + 5x_2 \quad (3.13)$$

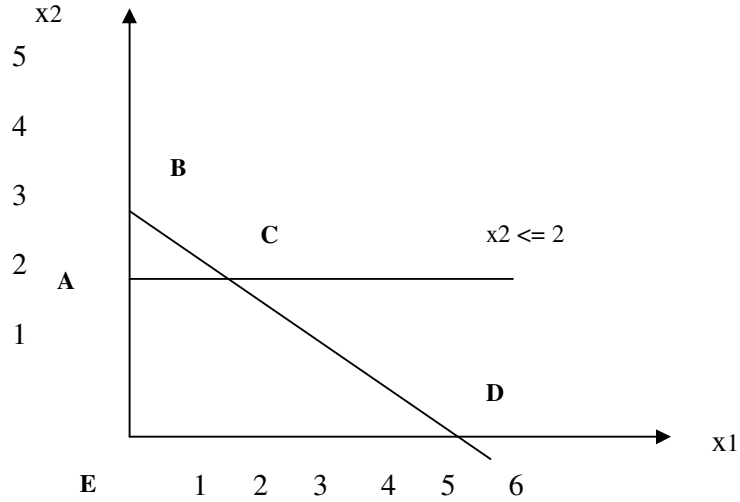
$$\text{Kısıt} \quad : \quad 3x_1 + 6x_2 \leq 16 \quad (3.14)$$

$x_1 = 16/3 = 5.3$, $x_2 = 16/6 = 2.6$ doğrularını çizdiğimizde EDB alanı optimum çözüm bölgesini oluşturmaktadır. Bu bölgedeki B noktası ($x_1=0$, $x_2=2.6$) amaç fonksiyonunu maksimum yapan noktadır. (Şekil 3.4: Kesme düzlemi algoritması grafik çözümü) Ancak sonuç tamsayı çıkmadığı için probleme bir kısıt daha ekleyip işleme devam etmeliyiz.



Şekil 3.4: Kesme düzlemi algoritması grafik çözümü

Yeni kısıtımız: $x_2 \leq 2$ kısıtı olsun.



Şekil 3.5: Kesme düzlemi algoritması yeni kısıt eklenmesi

ABC ile gösterilen alanda tamsayıli çözüm olmadığından yeni çözüm bölgesi EACD alanı olup problemin tamsayıli çözümlerini içermektedir. Bu bölgede amaç fonksiyonunu maksimum yapan nokta C ($x_1 = 1, x_2 = 2$) noktasıdır.

Kesme düzlemi algoritmasını simpleks tabloda da açıklamaya çalışılmaktadır. Aşağıda bir doğrusal programlama problemi ve problemin tamsayı sonuç vermeyen final tablosu verilmektedir.

$$\max Z = 3x_1 + 5x_2 \quad (3.15)$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 9 \quad (3.16)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 11 \quad (3.17)$$

Tablo 3.1: Kesme düzlemi algoritması simpleks tablosu

Amaç Fonksiyon Katsayısı			3	5	0	0
	<i>Taban değişkeni</i>	Kapasite	x1	x2	S1	S2
5	x2	7/5	0	1	2/5	-1/5
3	x1	17/5	1	0	-3/5	4/5
	Zj	86/5	3	5	1/5	7/5
	Cj - Zj		0	0	-1/5	-7/5

Yeni kısıt eklemek için optimum çözümdeki tamsayı olmayan herhangi bir değişken seçilebilir. x2 değişkenini seçilir ve bu değişkenin olduğu satırı yeniden yazmaya çalışılır. Tam sayı olmayan sayılar (tamsayı) + (1 den küçük pozitif kesri) olarak yazılır.

$$\text{Örneğin } 4/3 \rightarrow 1 + 1/3; 5/4 \rightarrow 1 + 1/4; 2/3 \rightarrow 0 + 2/3; -2/3 \rightarrow -1 + 1/3$$

x2 değişkeninin olduğu satır (tamsayı) + (1 den küçük pozitif kesir) olarak yazıldığında:

$$x_2 (1, 2/5, -1/5, 7/5) \quad (3.18)$$

$$(1+0)x_2 + (0+2/5)S_1 + (-1+4/5)S_2 = (1+2/5) \quad (3.19)$$

Tamsayı katsayıları sağ tarafa alınıp, tam sayılı kısmı herhangi bir tamsayı olarak düşünüp eşitlikten çıkarılıp tekrar yazıldığında:

$$2/5 S_1 + 4/5 S_2 \geq 2/5 \text{ şeklinde yazabiliriz.} \quad (3.20)$$

Probleme yapay değişken eklememek için her iki tarafı -1 ile çarparak eşitliğin yönünü değiştirip bir slack (boş) değişken eklersek kısıt aşağıdaki şekli alacaktır.

$$-2/5 S1 -4/5 S2 + S3 = -2/5 \quad (3.21)$$

Tablo 3.2: Kesme düzlemi algoritması simpleks tablosu yeni slack eklendikten sonraki durum

Amaç Fonksiyon Katsayısı			3	5	0	0	0
	<i>Taban değişk.</i>	Kapasite	x1	x2	S1	S2	S3
5	x2	7/5	0	1	2/5	-1/5	0
3	x1	17/5	1	0	-3/5	4/5	0
0	S3	-2/5	0	0	-2/5	-4/5	1
	Zj	86/5	3	5	1/5	7/5	0
	Cj - Zj		0	0	-1/5	-7/5	0

Bundan sonraki adımda S3 tabandan çıkacak ve yerine başka bir değişken tabana girecektir. Tabana girecek değişkenin seçimi için Cj - Zj satırındaki negatif elemanlar bunlara karşı gelen S3 satırındaki negatif katsayılarla oranlanır. En küçük orana sahip sütundaki değişken tabana girecek değişkendir.

$(-1/5) / (-2/5) = 1/2$ ve $(-7/5) / (-4/5) = 7/4$ oranlarına bakarsak (1/2) en küçük değer olduğu için bu sütundaki S1 değişkeni, S3 yerine tabana girecek değişkendir.

Bir sonraki simpleks tablo aşağıda verilmektedir.

Tablo 3.3: Kesme düzlemi algoritması simpleks tablosu nihai durum

Amaç Fonksiyon Katsayısı			3	5	0	0	0
	<i>Taban değişk.</i>	Kapasite	x1	x2	S1	S2	S3
5	<i>x2</i>	1	0	1	0	-1	1
3	<i>x1</i>	4	1	0	0	2	-3/2
0	<i>S1</i>	1	0	0	1	2	-5/2
	<i>Zj</i>	17	3	5	0	1	1/2
	<i>Cj - Zj</i>		0	0	0	-1	-1/2

Bu tablodaki sonuçlara bakıldığında $x_1 = 4$, $x_2 = 1$ ve $Z = 17$ çıkmaktadır. Tamsayılı sonuç elde edildiği için çözüme son verilir. Ele alınan örnekte tek kısıt ilavesi ile optimum sonuca ulaşılmaktadır. Bu her zaman gerçekleşmeyebilir. Eklenen ilk kısıttan sonra elde edilen sonuç hala tamsayılı değilse yeniden bir kısıt daha eklenerek tam sayılı sonuç alınıncaya kadar işlemler tekrarlanır.

BÖLÜM 4. İMALAT ÇİZELGELEME VE ÖRNEK UYGULAMALAR

4.1. İmalat Çizelgeleme

Çizelgeleme, kısıtlı kaynakların zaman içerisinde görevlere atanmasıyla ilgilidir. Tahsislerin ve çizelgelemenin çok yakın ilişkili olmalarına rağmen matematiksel ilintilerini modellemek zordur. Bu sebeple çizelgeleme problemlerinin çözümüne ulaşmak çaba gerektirir. (Bitran, 1983)

Üretim çizelgeleme, bir ürünü oluşturan iş parçalarının eldeki tek veya çok sayıda makinelerde hangi sırada ve ne zaman işleneceğinin saptanmasıdır. Üretim çizelgeleme problemleri, üretim tipine göre çok farklı biçimlerde olabilir. Literatürde, üretim çizelgeleme problemleri için pek çok sınıflandırmalar yapıldığı görülür. Herhangi bir sınıflandırmanın amacı, problem sınıflarının anlaşılmasını sağlamak ve her bir sınıfın farklı özelliklerini saptamaktır. (Graves ve Stepher, 1981)

Diğer bir ifade ile: Üretim Çizelgeleme, üretim planlama ve kontrol sürecinin bir parçası olup, üretim sürecinde yapılmakta olan işlerin zaman bakımından başlangıç ve bitiş sürelerinin belirlenmesini sağlar. Hangi mamulün ne zaman ve hangi iş istasyonlarında işlem görerek imal edileceği belirlenir. (Acar, 1997)

- Hangi iş merkezi hangi işi yapacak?
- Bir operasyon iş ne zaman başlayacak ne zaman bitecek?
- İş hangi ekipmanla, kim tarafından yapılacak?
- Operasyonların sıralaması ne olacak? Sorularının yanıtını verir.

Üretim Çizelgeleme, Üretim Planlamaya göre daha ayrıntılı ve kısa dönemlidir. Üretim çizelgeleri ürünlerin üretilmesi veya işlemlerin yerine getirilmesi için zaman ve sıralama açısından yapılan plandır. Üretim kontrolü ise planlama yapılan zaman dilimi içinde çok önemlidir ve bu kontrol ile çizelge, planların geçerliliği araştırılır. Kontrol gerçekleşmediği zaman çizelgelemenin performansını belirlemek güçtür.

Etkin bir çizelgeleme ve kontrolün üstünlükleri çoktur. Kaynakların etkin kullanımı ile verimlilik yükselir. Müşteriler açısından etkin bir çizelgeleme ve kontrol müşteri siparişlerinin zamanında karşılanması demektir.

En basit çizelgeleme sistemi bile karmaşıktır. Uzun tedarik süreleri talebin doğru olarak tahminini güçleştirir ve yukarıda belirtilen durumlardan dolayı çizelgelerde belirsizlik yüksektir. Eğer tesisteki faaliyetler çizelgelemeye sıkı bir şekilde bağlı olarak yönlendirilirse, en ufak değişiklikler çizelgelemenin uygulanışını ve sırasını bozar. Yeni siparişler ise hem çizelgelemeyi hem de kontrolü zorlaştırır. Bu nedenlerden dolayı çizelgelemeye esneklik getirilmeli ve kontrol ile birlikte yürütülmelidir. (Hermann, 2006)

4.2. Örnek Uygulamalar

Teze konu olun uygulamanın imalat çizelgeleme kapsamında olması sebebiyle emsal çalışmaları araştırmak kaçınılmazdır. Her ne kadar uygulama kapsamında –Ford literatürüne böyle geçmiş olması sebebiyle– araç çizelgeleme tabiri kullanılsa da çalışma içeriği, geleneksel araç çizelgeleme yaklaşımından tamamen farklıdır. Uygulamada bahsi geçen araç tabiri, ilgili şirketin nihai ürünüdür. Bu kapsamda konu incelendiğinde problem imalat çizelgeleme çerçevesine oturtulur.

Uygulamaya konu olan problem belirli kaynaklar ve kısıtlar çerçevesinde araçların (nihai ürünlerin) üretim günlerinin çizelgelendiği bir yapıdadır. Genel itibariyle sistem kesikli imalattır. Uygulamada çözüm modeli olarak tamsayı doğrusal programlama yaklaşımı kullanılmış ve modeli çözülebilir boyutlara indirgeyebilmek amacıyla kısıtlar bazında gruplama yaklaşımı kullanılmıştır.

Her ne kadar özgün bir uygulama ortaya konulsa da, uygulamanın emsalleri arasındaki yerini ifade etmek fayda sağlayacaktır. Bu bağlamda uygulamanın dahil olduğu imalat çizelgeleme başlığı altında literatür araştırmaları yürütülmüştür. Bu amaçla literatüre geçmiş güncel 29 makale (“imalat çizelgeleme uygulaması – production scheduling case study” başlığı altında) incelenmiştir.

Çalışmaya emsal olamayacak kapsamdaki uygulamalar elimine edilmiştir. Örneğin devamlı imalatın konu edildiği uygulamalar, kesikli imalat yürüten uygulama kapsamındaki şirketin modeline emsal olamayacağı için elenmiştir. (Naso ve diğ., 2007) Bu bağlamda stoğa üretimin gerçekleştirildiği uygulamalar da kapsam dışı bırakılmıştır. (Somar ve diğ., 2007)

Elemelerden sonra fayda sağlayacak kapsamdaki makaleler (uygulamalar) belirlenen kriterlere göre incelenmiştir. Mukayeselere standart getirmek için ortaya konmuş kriterler aşağıdadır:

- Durum Analizi: Uygulama ortamının çerçevesi çizilmekte, işletmenin karşılaştığı sorun veya işletme gereksinimi açıklanmakta.
- Model Türü: Çözüm için kullanılan modelin türü ifade edilmektedir. Doğrusal programlama, sezgisel çözümler gibi.
- Modelin Büyüklüğü: Ne büyüklükte veri veya işlem ile uğraşıldığı ifade edilmektedir.
- Modelin Başarısı: Modelin gereksinimleri karşılamadaki başarısı irdelenmektedir. Ayrıca modelin çözüm hızı ve etkinliği de performans ölçütü olarak ortaya konulmaktadır.

4.2.1. Çoklu tesisli imalat sistemi için melez modeli üretim planlama: Otomotiv endüstrisi uygulaması (Gnoni ve diğ., 2003)

Durum Analizi: Uygulama kapsamındaki işletme, 3 farklı tesiste otomotiv fren sistemi üretimi gerçekleştirmektedir. 3 numaralı tesis, (malzeme akışına göre en sonda yer alan) nihai müşteriye 3 farklı fren sistemi tedarik etmektedir. 2 numaralı tesis 2 farklı alt detayı 3 numaralı tesise ve yedek parça amacıyla 1 referansı dış müşteriye göndermektedir. 2 numaralı tesis bir diğer dış tedarikçiden parça ikmali gerçekleştirmektedir. Sürecin başlangıcında bulunan 1 numaralı tesis 2 numaralı tesisin ihtiyaçlarını karşılamak için kendi tedarikçisinden 2 farklı referans almakta ve bir diğer dış müşteriye yedek parça seviyesinde alt detay göndermektedir.

Özetlenirse, nihai müşteriye 3 farklı parça ve iki farklı müşteriye ise yedek parça olarak 2 alt detay parça gönderilmektedir. Tesisler arasında ise nihai ürün alt detayları sevk edilmektedir. Nihayetinde 3 tesisin birbirinden farklı 3 çıktısı mevcuttur. Her 3 tesiste tek bir şirkete ait olsa da planlamaları ayrı ayrı yürütülmekte idi. Öncelikle 3 numaralı tesis planlamasını gerçekleştirmekte ve diğer tesisler bu plana göre kendi planlarını şekillendirmektedir.

Sistemin iki önemli kısıt noktası mevcuttur: Tesis 1 ve 2 imalat ve montaj işlemleri. Ayrıca her bir imalat değişikliği, belirgin ve imalat sırasına bağlı kurulum zamanı gerektirmektedir. Bütün bunların yanı sıra sistem arızaları imalat kapasitesini düşürmektedir.

Kurulum, envanter elde tutma maliyeti ve sabit giderler öncelikli maliyet kalemleridir. Bunlar ile birlikte müşteri memnuniyetsizliğinin de bir maliyeti vardır. Müşteri en çok 1 aylık gecikmeleri kabullenmektedir. Bunun üzeri gecikmelerde cezai yükümlülükler ortaya çıkmaktadır.

Model Türü: Çözüm için melez bir model kullanılmıştır. Sipariş büyüklüğü belirleme ve çizelgeleme amacıyla karışık tamsayı doğrusal programlama ve simülasyon teknikleri kombine olarak kullanılmaktadır.

Melez modelde kurulum süreleri imalat sırasına göre simülasyon modeli vasıtasıyla hesaplanmaktadır. Bu noktada simülasyon model rastsal hata ve arıza dağılımlarını kullanmaktadır. Diğer taraftan karışık tamsayı doğrusal programlama kurulum zamanlarını planlama aralığında sabit olduğunu varsayar. Kaynak bulunurlukları da simülasyon modelinde hesaplanırken tamsayı modelinde göz ardı edilmektedir. Tamsayı modelinin bu hususlardaki eksikliklerini gidermek için simülasyon modeli kullanılmaktadır.

Modelde iki farklı strateji kullanılmaktadır. İlki her bir tesisin tek başına bir işletme olarak kabul etmektedir. Lokal strateji olarak kabul adlandırılmıştır. Bu stratejine her bir tesis sadece kendi önceliklerini ve maliyetlerini gözetmektedir. İkinci stratejide

ise 3 tesisi tek bir üretim merkezi olarak kabul etmekte ve ortak bir çözüm aramaktadır. Bu strateji ise genel strateji olarak adlandırılmıştır.

Modelin Büyüklüğü: Model işletmenin bütün bir ay planlarını şekillendirmek için kullanılmaktadır. Gizlilik sebebiyle modelin büyüklüğünü ifade eder herhangi bir veri verilmemiştir.

Modelin Başarısı: Melez modelin çözümleri hem lokal hem de genel strateji için ayrı ayrı irdelenmektedir. Bu çözümler incelendiğinde genel stratejinin lokal stratejiye göre %18 daha az maliyet yarattığı gözlemlenmiştir. Ama diğer taraftan model ürün çeşitliğini destekler bir yapıda değildir. Toplam 9 çıktılı bir yapıyı yönetmek görece kolaydır. Çıktı sayısı arttıkça simülasyon modelinin işlem süresi artmaktadır.

4.2.2. İmalat çizelgeleme sistem dizaynı için yapay sinir ağları kullanımı (Shan ve diğ. 2003)

Durum Analizi: Çalışmada öncelikli amaç işletmenin atölye tipi çizelgeleme gereksinimine sinir ağları modeli ile çözüm bulmaktır. Çalışma sabit planlama aralığında, zaman içerisinde değişken ve önceden belirli talepleri yönetmek için yürütülmektedir. Bu kapsamda Otosan'da yürütülen çalışma ile benzerlikler göstermektedir.

Uygulamada öncelikle, imalat aktivite çizelgeleme için (yapay sinir ağları vasıtasıyla) sistem dizaynı ve iyileştirmesi amaç edilmiştir. Ardından lokal minimum çözümler için detay kontroller yürütülmektedir. Nihayetinde ise ortaya konulan imalat çizelgeleme için iyileştirmeler amaçlanmaktadır.

Model Türü: Model n siparişin m makineye çizelgelendiği bir yapıdadır. Her siparişin izlemesi gereken makine sırası bellidir. Siparişlerin beklemesi veya makinelerin boş kalmasına izin verilmektedir. Her makine aynı anda sadece bir siparişi yürütebilmektedir. Her sipariş aynı anda sadece tek bir makinede yürütülmektedir. Bu yaklaşım ile makinelerin sipariş sırası ve siparişlerin makine sırası birbirinden bağımsızdır. Herhangi bir makinede başlatılan iş işlem sonuçlanmadan durdurulamaz.

Çözüm için yapay sinir ağıları kullanılmıştır. Çözümü optimize etmek için ise tecrübeye başvurulmuş ve çıktılar bu yöntemle iyileştirilmiştir.

Modelin Büyüklüğü: Problem 300 örnekl bir model için çalıştırılmaktadır. Siparişleri işlemede ise 5 farklı makine kullanılmaktadır.

Modelin Başarısı: Model uygulamada başarıya ulaşmıştır. Uygulamanın yürütüldüğü işletmede üretim aktivitelerine, hizmet seviyesine ve karlılığa müspet faydalar sağlamıştır. Diğer taraftan model sadece önceden belirli talepleri karşılayabilmektedir. Model tek bir uygun çözüm üretmektedir. Model büyüdükçe etkinlikten kaybedilmekte ve lokal minimum noktalarında kilitlenmektedir.

4.2.3. İmalat çizelgeleme için matematiksel programlama (Tang ve Liu, 2007)

Durum Analizi: Uygulamanın yürütüldüğü işletme çelik sektöründe faaliyet göstermektedir. Çelik imalatı devamlı ve kesikli imalatların iç içe geçtiği kompleks bir yapıdadır. Çalışma kesikli süreçleri iyileştirmek için devreye alınmıştır. Sürecin amacı hammaddeleri sabit alt süreçlerden geçirerek satılabilir ürünlere dönüştürmektir. Toplam 34 alt süreç mevcuttur. Her ne kadar girdi olarak hammadde çeşitliliği olmasa da çıktı olarak pek çok çeşit mevcuttur.

İşletmenin sipariş çizelgeleme süreci 6 basamaktan oluşmaktadır. Birinci adımda satış departmanı tarafından alınan müşteri siparişinin özellikleri belirlenir. İkinci adımda siparişin kalite şartlarını sağlamak için gerekli özellikler ve siparişin üretim parametreleri belirlenir. Üçüncü adımda geniş ürün çeşitlilik içeren müşteri siparişleri yönetilebilir ürün paketlerine bölünmektedir. Dördüncü adımda dağıtım kuralları ve sezgisel algoritmalar kullanılarak üretim sırası belirlenir. Nihayetinde beşinci adımda oluşturulan çizelge kontrol edilir değişen imalat kapasiteleri, müşteri teslim tarihleri gibi etmenlere göre tekrar şekillendirilir. Eğer sonuç tatmin edici bulunmaz ise planlar tekrar yapılandırılır. Altıncı adımda ise yapılan imalat planı imalata aktarılır.

Model Türü: Çelik imalatının karmaşıklığı sebebiyle sadece belirli kritik darboğazlar hesaba katılmıştır. 16 kritik darboğaz belirlenmiştir. Modelinin amacı bütün müşteri siparişlerinin karşılanması ve eşzamanlı olarak toplam ağırlıklandırılmış sipariş üretim zamanının minimize edilmesidir.

Bu amaca ulaşmak için uyulması gereken kısıt veya kurallar aşağıdadır:

- Modelde zaman birimi olarak gün kullanılmıştır.
- 90 günlük karar aralığı kullanılmıştır.
- Her üretim emri sadece tek bir ürün içerir.
- Her imalat emri için süreçler arası sadece tek bir imalat sırası vardır.
- Her sipariş sabit sevkiyat tarihinden önce üretilmelidir.
- Üretim kapasiteleri kesinlikle geçilmemelidir.

Modelin çözüm hızını artırmak için “Lagrangian relaxation” metodu kullanılmıştır. Bu sayede karışık tamsayı programlama modelinin çözüm hızında artış sağlanmıştır.

Modelin Büyüklüğü: İşletmenin 90 günlük imalat planı kullanıldığından ortalamada bu aralığa düşen sipariş sayısı 100 adettir. Model bu kapsamda bir çözüm için genişletildiğinde 3000 tamsayı değişkenli, 16000 devamlı değişkenli ve 60000 sabitli bir yapıya kavuşmaktadır.

Modelin Başarısı: Modelleme aşamasında kritik bar boğazların belirlenmesi ve gereksiz kısıtların elimine edilmesi modelin başarısına büyük katkı sağlamaktadır. 100 siparişli modelin çözümü için Pentium-IV 2.4-GHz özelliklerine sahip makul bir bilgisayarda bile tatmin edici çözümler bulmaktadır.

4.2.4. İmalat çizelgeleme için genetik algoritma karar destek sistemi (Chen ve diğ., 2006)

Durum Analizi: Uygulama kapsamında değerli metal işleme fabrikası seçilmiştir. Uygulama kapsamı fabrikada yerleşik metal kaplama makinelerinin imalat sırasını belirlemektir. Fabrikada 3 farklı kaplama yürütülmektedir: Altın kaplama, paslanmaz

çelik kaplama ve siyah kaplama. Çalışma yürütülen işletmede 3 farklı makine vardır ve her 3 farklı makinede sadece bir kaplamayı gerçekleştirebilmektedir.

İşletme imalat çizelgelemeye destek olmak amacıyla Makine Yükleme Sıralama Genetik Algoritma (MYSGA) sistemi yürütmektedir. Ortaya konulan sistemden beklentiler:

- Envanter elde tutma maliyetinin minimize edilmesi. Bu amacın iki alt amacı mevcuttur. Erken üretilen işlerin azaltılması ve erken işlerin stokta bekleme süresinin azaltılması.
- İmalat gecikmelerinin azaltılmasıyla tam zamanında sevkiyatın desteklenmesi.
- Makine boş kalma zamanlarının minimize edilmesiyle makinelerin verimli kullanılması.

Model Türü: Modelde aslında iki farklı tür genetik algoritma kullanılmaktadır: Parti Büyüklüğü Tespit Etme Genetik Algoritması (PBTEGA) ve belirlenen parti büyüklüklerine göre makine çizelgelemesi yapan Makine Yükleme Genetik Algoritması (MYGA).

Modelin çözümünde kullanılan Genetik Algoritmanın etkinliğini arttırmak amacıyla pek çok kabul ve varsayım hazırlanmıştır:

- İmalat için 3 makine mevcuttur.
- Her bir makine sadece bir tür kaplama yürütebilmektedir.
- Her bir kaplama makinesinin kapasitesi zaman içerisinde sabittir ve bütün makineler aynı kapasiteye sahiptir.
- Bütün işler başlangıç zamanında mevcuttur. Sonradan sisteme iş girişi olmamaktadır.
- Her iş sadece tek bir kaplama operasyonu gerektirmektedir.
- Yükleme ve boşaltma işlemleri toplamda 15 dakika olarak kabul edilmektedir.

Yukarıda sıralandığı üzere modelin pek çok amaç fonksiyonu mevcuttur. Bu amaç birliğini sağlamak için her bir alt amaca ağırlık verilmiş ve bütün alt amaçlar tek bir

evrensel amaç fonksiyonunda toplanmıştır. Yönetimin ilgi ve alakası makine atıl zaman oranları ve üretim maliyetleri üzerine olduğu için bu iki kriter diğerlerine göre görece daha yüksek ağırlık almaktadır. Ağırlık verirken ortaya çıkan bir diğer önemli husus ise geç bitirilen ve erken bitirilen işler arasındaki ayrımdır. Şirket üst yönetimi için işlerin geç bitirilmesi erken bitirilip stokta beklemesine göre çok daha büyük bir sorundur. Bu sebeple geç imalata erken imalata göre çok yüksek bir oran verilmiştir.

Modelin Büyüklüğü: Modelde çözüm amacıyla 30 parti büyüklüğündeki bir imalat zaman aralığı seçilmiştir. Bu 30'luk parti büyüklüğünün içerisinde toplam 134 iş girmektedir. Her işin içerisinde ise farklı imalat özelliklerine sahip farklı adetlerde ürün bulunmaktadır.

Modelin Başarısı: Model uygulandıktan sonra işletmede makine çizelgeleme işi tamamen otomatikleştirilmiştir. Manüel müdahaleler ve insan kararları bertaraf edildiği için belirgin hatalar engellenmiştir. PBTEGA sisteminden elde edilen çıktılar Makine Çizelgeleme Algoritmasına aktarılmıştır. Bu sayede gecikmeler, erken imalatlar, makine boş kalmaları toplam imalat maliyetini düşürmek amacıyla iyileştirilmiştir.

Her ne kadar sistem işletmenin ihtiyaçlarına cevap verse de genetik algoritmanın doğası gereği model büyüdükçe sistem gereksinimleri ve çözüm süresi belirgin artışlar göstermektedir. Bu sebeple daha büyük ve karmaşık modellerin çözümünde önerilen modelin kullanımı yetersiz kalacaktır.

4.2.5. Çoklu amaçları sağlamak amacıyla master planlama için sezgisel algoritma kullanımı (Chern ve Hsieh, 2007)

Durum Analizi: Uygulama tek bir ana imalatçı ve ona destek olan (ürün ağacında farklı seviyelerde yer alan) farklı alt imalatçı mevcuttur. Çalışma bütün bu yapıyı planlamayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın yürütüldüğü işletme pek çok öncelik ortaya koymaktadır. Bu sebeple uygulamaya alınan çalışmanın amacı da çeşitlidir. Öncelikli amaç olarak talepleri

karşılıken gecikme cezalarını minimize etmek; dış kaynak kullanımını azaltmak; üretim, işleme, taşıma ve elde tutma maliyetlerini düşürmek olarak belirlenmiştir. Bütün bu amaçlara ulaşmaya engel teşkil eden kısıtlar ise bütün tedarik zincirini kapsayan kapasite kısıtları ve sipariş teslim tarihleridir.

Modeli ifade etmek ve basitleştirmek için oluşturulan varsayımlar aşağıdadır:

- Planlama zaman aralığının zaman kovası adı verilen daha ufak zaman dilimlerine bölünmüştür. Parça (alt veya üst seviye) kabullerinin bu zaman aralığının başında ve parça sevkiyatlarının ise bu zaman aralığının sonunda gerçekleştiği varsayılmaktadır.
- Tedarik zinciri akış şeması ortaya konulmuştur. Bu akış içerisinde her bir ürün için işleme, elde tutma, taşıma maliyetlerinin; her bir zaman kovası için kapasite kısıtlarının önceden bilindiği ve sabit olduğu varsayılmaktadır.
- Talep ile birlikte talep adetleri, son sevk tarihi, gecikme cezaları bilgisi de gelmektedir.
- Talepler bölümlere ayrılabilir. Yani her talep farklı kombinasyonlar halinde üretilebilir.
- Bütün sistem boyunca hiçbir sabit kurulum maliyeti olmadığı varsayılmıştır.

Model Türü: Yapının uygunluğu sebebiyle sistem önce doğrusal programlama yapısında tanımlanmıştır. Bu yapıda üç farklı ana amaç vardır: Gecikmiş siparişler sebebiyle oluşacak maliyeti minimize etmek; kapasite kısıtları sebebiyle oluşan dış kaynak kapasite kullanımının maliyetini minimize etmek; toplam imalat, taşıma ve envanter elde tutma maliyetini minimize etmek.

Bütün bu öncelikleri modele adapte edebilmek için çok fazlı optimizasyon yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda çoklu hedefler önceliklerine göre sıralanmakta ve tek tek çözümlenmektedir. Her bir üst seviyede elde edilen çözüm bir alt seviyeye kısıtlar olarak yansıtılmaktadır.

Uygulamada belirtilen üç farklı amaç için doğrusal programlama modeline 3 farklı faz tanımlanmaktadır. Birinci faz toplam gecikme cezalarını minimize etmek için

dizayn edilmiştir. İkinci fazda toplam dış kaynak kullanım maliyeti, üçüncü fazda ise bütün üretim maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Her ne kadar model doğrusal programlama olarak modellenebilse de çözüm aşamasında sorun ile karşılaşmaktadır. Modelin karar değişken sayısı talep veya zaman kovanı sayısı arttıkça üssel olarak artmaktadır. Normal bir planlama döneminde 1000, 10000 arası bir sayıda talep olmaktadır. Ayrıca kısıt sayısı da talep, zaman kovanı sayısı, ürün ağacı seviyesi ve farklı ürün ağacı sayısı arttıkça üssel olarak artmaktadır. Karar değişkeni ve kısıt sayısındaki artışlar sebebiyle doğrusal programlama modeli çözümsüz olmaktadır.

Modelin çözümsüzlüğü sebebiyle greedy algoritması kullanılmaktadır. Bu algoritma, global optimuma ulaşmak için her adımda yerel optimum noktalara ulaşmayı amaçlamaktadır. Bu sayede global optimum noktaya ulaşılması umulmaktadır. Kesin bir optimum çözüm sunmamaktadır. Bu algorithmada talepler tek tek yönetilmektedir. Herhangi bir talebin planının daha önce planlanan taleplerden bağımsız olduğu varsayılmaktadır.

Problemin doğrusal programlama yapısında karşılaşılan en büyük sorun verilen tedarik zinciri içerisinde ürün ağacının tespiti ve buna karşılık gelen sistem darboğazlarının tespitidir. Bir diğer zorluk ise tedarik zincir ağacı içerisinde hangi alt ürünün hangi zaman kovanına düşeceğinin tespitidir.

Sezgisel modelde talepler tek tek planlanmakta ve geriye dönük kontroller yapılmamaktadır. Bu sebeple planlanacak taleplerin sıralanması gerekmektedir. Talepler 4 farklı özelliğe göre sıralanmaktadır. Müşteri öncelikleri, talep sevk tarihleri, talep adetleri ve gecikme maliyetlerine göre talepler sıralanmıştır.

Modelin Büyüklüğü: Ortalama bir planlama döneminde 2000 farklı talep planlanmaktadır. Model bu büyüklükte bir yapıyı yönetmek durumundadır.

Modelin Başarısı: Problemin doğrusal programlama modeli her zaman için optimum çözümü garantilemektedir. Bunun yanında çok yüksek sistem gereksinimleri ve

işlem süresi gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. 2000 farklı talebin planlandığı bir modelde doğrusal programla modeli bu sebeplerden dolayı çözüme ulaşmamaktadır.

Değişik talep büyüklüklerinde problemler sezgisel algoritma ve doğrusal programla yaklaşımlarının her ikisinde de çözülmüştür. 20-30 talep büyüklüğü mertebelerindeki problemlerde her iki çalışma da aynı sonuçları elde etmektedir. Doğrusal modelin çözebildiği en büyük talep adetlerinde, aralarındaki çözüm farkları sadece %0.15 mertebesinde ki planlama için kabul edilebilir bir farktır.

Pentium IV 3.5 GB CPU ve 1 GB RAM'e sahip makul bir bilgisayarda 2000 talepli sezgisel model 47 dakikada çözüme ulaşmaktadır. Bu kapsamda bir çözüm için makul bir çözüm süresidir.

4.2.6. Baskı devre sistemlerinde planlama ve çizelgeleme (Ashayeri ve Selen, 2006)

Durum Analizi: Uygulama kapsamındaki işletmede, baskı devrelerinin üretimi bir hat üzerinde bulunan değişik özelliklerdeki devre komponenti bağlama makineleri ile gerçekleştirilmektedir.

İşletmenin nihai ürünü olan baskı devre kartları yüksek çeşitlilik göstermekte ve bu nedenle her kart çeşidi için farklı devre komponenti yığınları oluşturulmaktadır. Üretimde kullanılan bağlama makinelerinde farklı çeşitte ve sayıda besleme aparatları bulunmaktadır. Farklı şekillerdeki devre komponentleri için farklı besleme aparatları kullanılmaktadır. Bu nedenle devre kartlarının bağlama makinelerine çizelgelenmesi ve komponent yığınlarının belirlenip besleme aparatlarına atanması süreç içinde önem arz etmektedir.

Üretim 3 ana süreçten oluşmaktadır: devre komponent yığınlarının ve bağlama makinelerinin hazırlanması, komponentlerin ve ana kartların sıralanması, devre komponentlerinin kart üzerine bağlanması.

Bütün bunların dışında, ürünün hatta ilerlemesi ve makine üzerindeki üretim süresi tamamen otomasyona dayalıdır. Bu nedenle ürünün çevrim süresini büyük ölçüde, ürün çeşitlerinin değiştirilmesi esnasında geçen süre etkilemektedir. Bu süreyi kısaltmak adına kullanılan modelde 2 nokta üzerinde durulmuştur:

- Çizelgeleme: Ürünlerin hangi sıra ile sıralanacağı,
- Tahsis: Her ürün için gerekli komponentlerin hangi besleme aparatına ve hangi makineye yerleştirileceği (komponent çeşitleri ancak bazı belirli besleme aparatlarına ve dolayısıyla makinelere yerleştirilebilir).

Model Türü: Çözüm için 2 çeşit melez model kullanılmıştır:

C strateji: İş çeşitleri arasındaki değişim sürecini minimize etmek amaçlanmıştır. 3 fazdan oluşur. Takip eden işler arasındaki ortak komponentleri maksimize edecek şekilde Gezgin Satıcı Metoduyla işleri sıralar. Her iş için, Doğrusal Programlama ile komponentleri besleme aparatlarına tahsis eder. Her tahsiste amaç, önceki tahsisle maksimum benzerliği yakalamaktır. İş değişim zamanını minimize etmek için, her iş-tahsis kombinasyonu için besleme aparatında oluşabilecek boşlukları Keep Tool Needed Soonest (KTNS) metodu ile doldurur.

P strateji: Proses süresini minimize etmek amaçlanmıştır. 3 fazdan oluşur. Her işin montaj süresini azaltmak için Doğrusal Programlama ile komponentleri besleme aparatlarına tahsis eder. Dengeleme Prosedürü ile daha iyi bir proses süresi elde etmek için komponentleri yeniden tahsis eder. Takip eden işler arasındaki benzerlikleri maksimize edecek şekilde Gezgin Satıcı metoduyla işleri sıralar (benzerlikler komponent, besleme aparatı ve besleme aparatı kümesi olarak tariflenmektedir).

Modelin Büyüklüğü: Problemin çözümünde kullanılan her iki model de 8 çeşit baskı devre kartından oluşan bir pilot çalışmada kullanılmıştır. Modeller 14 gün, her gün 10 iş üretim yükünde test edilmiştir.

Modelin Başarısı: Her iki stratejinin çözümü ayrı ayrı irdelenmektedir. İşler arasındaki değişimi minimize etmeyi hedefleyen C stratejisinin lokal stratejiye göre %6 daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Yine proses süresini minimize etmeyi amaçlayan P stratejisi lokal stratejiye göre % 18 daha iyi sonuç vermiştir.

4.3. Genel Değerlendirme

İmalat çizelgeleme literatür araştırması sürecinde gözlemlenen en önemli ayrıntılardan biri, konunun otomotiv ana sanayiinde uygulamalarının azlığıdır. Daha az karmaşık ürünlerin üretildiği otomotiv yan sanayinde pek çok uygulama gözlemlenmekle birlikte, sistemin karmaşıklığı ve kısıt sayısının yönetilebilir seviyelerin üzerinde olması sebebiyle ana sanayi de çıktılar sınırlıdır.

Bu yaklaşım açısı ile bakıldığında Ford Otosan uygulaması, kapsam olarak öne çıkmaktadır. Uygulamada kullanılan gruplama yaklaşımı çalışmanın karmaşıklığını azaltmakta ve çözümü mümkün kılmaktadır. Bir diğer işleri kolaylaştıran unsur ise Ford Otosan'da gün içi çizelgeleme ile aylık ve haftalık çizelgeleri yürüten birbirinden bağımsız iki sistemin çalışmasıdır. Konu çalışma sadece aylık ve haftalık çizelgelemeyi inşa etmeyi amaç edindiği için problem bir kademe daha çözülebilir boyutlara ulaşmaktadır.

Literatürdeki uygulamalar genelde modeli basitleştirmek için kabullenimlere gitmiştir ve bu ise çözümü global optimum noktalardan uzaklaştırmaktadır. Her ne kadar global optimum garantilenmese de incelenen çalışmalar genel olarak makul çözümler sunmaktadır.

Çalışmalarda gözlemlenen bağlayıcı özellik ise model büyüklüklerinin Ford Otosan'a emsal olamayacak noktada olmasıdır. Modeller ve çözümler kendi sistem gereksinimlerine cevap verebilmektedir ama haftalık 3200-3600 ürünün üretildiği, karar değişkeni ve kısıt sayısının çok fazla olduğu Ford Otosan modeli için yetersiz kalmaktadır.

Beşinci uygulamada devreye alınan greedy algoritması karmaşık modellerin çözümünde gösterdiği başarı sebebiyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

BÖLÜM 5. BİTMİŞ ARAÇ STOKLARINI AZALTMAK AMACIYLA TAMSAYI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA UYGULAMASI

5.1. Uygulamaya Konu Olan Sistemin Tanıtımı

5.1.1. Şirket tanıtımı

Resmi olarak 1959 yılında kurulan Otosan, Türkiye'de Otomotiv sanayinin gelişmesinde çok önemli bir rol oynamış, kısa sürede montaj fabrikasından üretim merkezi konumuna gelmeyi başarmıştır. 1966 yılında seri üretimine başladığı Anadolu ile Türkiye'de otomotiv sanayinin ilk tohumlarını eken şirkettir.

Türk otomotiv tarihinde yerli pazara yönelik gösterilen başarıları pekiştirmek amacıyla Koç Holding ihracat odaklı yeni yatırımlara yöneldi. Bu yatırımların merkezin de Kocaeli fabrikası yatmaktadır.

1997 yılında ortaklık eşitlenmesinden sonra Ford Avrupa'nın ekonomik bulmadığı için askıya aldığı bir proje, Türkiye'nin üretim kabiliyeti ve ekonomik koşulları nedeniyle Türkiye'ye aktarıldı. Bu projenin gerçekleştirilebilmesi için 150.000 adetlik bir kapasiteye ihtiyaç vardı ve İstanbul fabrikası bunun için uygun değildi. Böylece yeni bir yer arayışına başlandı. Birkaç alternatif yer değerlendirildi, sonunda Gölcük'te deniz yoluna açık bir arsa bulundu.

Nisan 2001 tarihinde yapılan törenle Ford Otosan Kocaeli Fabrikası üretime başladı. İlk üretim Yeni Transit ile başlamıştı. Açılıştan 1,5 yıl kadar sonra fabrikanın asıl ürünü olan Transit Connect, 17 Haziran 2002 tarihinde hattan indi.

1,6 milyon metrekarelik açık alan üzerinde inşa edilen; pres atölyesi, karoser, boya, montaj işlemlerinin yapıldığı üniteleri ve yan sanayi şirketleri parkının yer aldığı fabrika, araç ihracatında kullanılacak bir rıhtıma da sahiptir.

Ulaşılan bu seviye ile Ford Otosan Kocaeli Fabrikası, Avrupa Ford Fabrikaları arasında denetçiler tarafından 2002, 2003, 2004 ve 2005 yıllarında "Best Plant In The World" olarak adlandırıldı ve en iyi notu elde edip birinci oldu.

Şirket kendi üretimi ağır ticari araç segmentinde Cargo, orta ticari araç segmentinde Transit, hafif ticari araç segmentinde Connect ve Ford Avrupa'dan tedarik edilen binek araçları toplamıyla 2006 en çok satan otomotiv markasıdır.

5.1.2. Şirket genel planlama süreci

Şirket, Ford Motor Company ve Koç Holding'in Joint Venture (ortak teşebbüs) olarak oluşturduğu bir yapıdadır. Bu özelliği sebebiyle planlama süreçleri Ford Avrupa ve Ford Otosan birimleri arasında eşgüdüm ile karmaşık bir yapı dahilinde yürütülür.

5.1.2.1. Planlama sürecinin amacı

Her ayın ilk haftası takip eden ay için ilgili tüm imalat, ikmal operasyonel personel ve yönetim kademelerinin katılımıyla; geçmiş ayın öngörülerine paralel ve mevcut kapasite, imalatçı, sevkiyat kısıtlarını göz önüne alarak; takip eden ayın planlama sürecini müşteri önceliklerini en yüksek düzeyde karşılayacak ve tekrar müdahaleye gerek kalmayacak şekilde tek seferde tamamlamaktır. (Yörükoğlu, 2007)

Yaz tatili ve yılsonu Noel tatili dönemlerinde planlama süreci N+2. ayı kapsayacak şekilde genişletilerek tamamlanır.

Kocaeli Fabrikası araç ve malzeme planlama süreci genel itibariyle FoE programlama ve scheduling (araç çizelgeleme) proseslerine paralel olarak yürütülür. Ford Otosan'ın ortak müteşebbis (Joint Venture) yapısı ve özel anlaşmalar itibariyle adı geçen sürecin belli noktalarında farklılıklar söz konusudur. Genel itibariyle Ford Otosan'ın FoE birimleri ile olan eşgüdümünü sağlamaktan FO MP&L Genel Md. Yardımcılığı bünyesinde yer alan Malzeme Planlama Departmanı sorumludur.

Malzeme Planlama Müdürlüğü'nün kapasite planlama ve yeni projelerden de sorumlu olması nedeniyle bölüm içerisinde yer alan iki Müdür Yardımcılığı aşağıda belirtilen şekilde araç programlama ve malzeme planlama süreçlerini yürütürler. Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı kadrosunda yer alan Araç Planlama Koordinasyon Mühendisi, gerek Yeni Projeler ve Kapasite Planlama Müdür Yardımcılığı gerekse ilgili diğer birimler ile olan koordinasyonu prosedürde belirtildiği şekilde yürütmekten ve herhangi bir ayın planını tekrar müdahaleye gerek kalmadan tek seferde ve tam zamanında tamamlamaktan sorumludur.

5.1.2.2. Süreç akışı

FO Satış Planlama ve Analiz ve FOE Programlama ve Dağıtım Departmanları N+2. ay ve sonraki döneme ait satış adedi beklentilerini ve model dağılımlarını GVP ve DRAGON sistemlerinde kullanılmak üzere N. ayın ilk iş günü sistemlere girer. Bu sayede ileri dönük satış ve malzeme planları güncellenmiş olur.

Malzeme Planlama, FO Satış Planlama ve PVS Departmanları İlgili bölümlerin katılımı ile FO ay kapanış toplantısında geçmiş ayın üretim ve satış adetlerini kesinleştirir.

Malzeme Planlama Departmanı

Ay kapanış toplantısında elde edilen bilgiler ışığında taslak MPS hazırlanarak FO içerisindeki ilgili birimlere yayımlar.

Malzeme Planlama Departmanı

Taslak MPS yayınının ardından yerli market programlama toplantısında MPS'e son şeklini verir, satış ve üretim adetlerini karar yönünde değiştirir.

FoE MP&L

N. ayın 2. haftasının ilk iş günü PCR bilgilerini Ford Avrupa dahilindeki tüm Fabrikalara ve Ford Otosan'a iletir.

Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı

Gelen bilgiler doğrultusunda N+2. ay Taslak Op-Plan bilgisini oluşturarak, PCR ile iletilen üretim talebinin imalat ve imalatçı kapasiteleri uyarınca ne kadar desteklenebileceğini ilgili birimlerle istişare ederek FOE MP&L'e geri bildirir. Yapılacak değişikliğin bir önceki programa göre +/- %10 bandından fazla olması halinde MP&L Genel Md. Yardımcısını devreye sokarak Ford Otosan üst yönetim teyidini de alarak işleme koyar.

Yeni Projeler ve Kapasite Planlama Müdür Yardımcılığı

N+2. ay Taslak Op-Plan üzerinde gerekli ana seçenek, adet artış ve kapasite kontrollerini yaparak imalat rakamlarını onaylar. Çalışmaya taban teşkil ana seçenek, adet artış adet ve bilgilerini Malzeme Planlama Araç Planlama Koordinasyon mühendisine iletir.

Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı

N+2. ay Final MPS (Yerli ve İhraç aylık üretim ve satış, ay sonu stokları, günlük tempoları içerir şekilde) FO içerisindeki ilgili birimlere yayımlar.

FoE Programlama Departmanı

Üretim birimlerinden gelen N+2. ay Taslak Op-Plan bilgilerin değerlendirir ve PCM toplantısında üretim adetlerini teyit eder.

FoE MP&L

N+2. ay Final Op-Plan'ı Ford Otosan'a ve diğer Ford Avrupa fabrikalarına iletir.

Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı

Tüm FoE fabrikalarıyla eş zamanlı olarak -FoE programlama takvimi uyarınca- her ayın 3. haftası Opplan'ı CMMS3 sistemine girer. Üretim planı, fiili siparişler ve tahmini siparişler yine FoE programlama takvimi uyarınca birbiri ile uyumlu tutulmaya çalışılır. Üretimin ilk 3 ay içerisinde değişmesi durumunda uzun terminli parça sayısının fazlalığından yola çıkarak FoE ile irtibatlı olarak takvimden daha önce Opplan güncellemesi yapılabilir.

FoE Programlamalama Departmanı

N. ayın 24'ne kadar pazarlara üretim adetleri üzerinden N+2. ay tahsislerini bildirir. Siparişlerin zamanında, tahsisler kadar ve eksiksiz olarak girilmesini kontrol eder. Gereğinde düzeltici ve düzenleyici aksiyonlar aldırır. Planlama aksiyonlarını rahatlatmak için gereğinde istenilen araç özelliklerinde siparişlerin sisteme girilmesini sağlar.

FO Satış Planlama ve Analiz Departmanı:

Yerli bayilere plan dönemde yapacakları değişiklikler için belirli bir üst limit belirler, gereksiz değişikliklerin önlenmesi için bayiler arası araç değişimi ve yönlendirilmesi çalışmalarını yönetir.

FoE Marketleri ve FO Satış Planlama ve Analiz Departmanı

N+1. ayın 1'ine kadar belirtilen tahsisler dahilinde siparişleri sisteme girer.

FoE Merkezi Sipariş Planlama Grubu ve FoE / FO PPM

Sipariş Bankasına girilmiş olan gerçek siparişlerin imal edilebilir statüde olması gerekir. Market veya SVO olarak askıya alınan siparişlerin, CTM düzenlemelerinin veya finansal sorunlar nedeniyle oluşan sorunlarının takibini yürütür. Gereğinde sorunun çözülmesi için koordineli çalışır.

Yeni Projeler ve Kapasite Planlama Müdür Yardımcılığı

Tahsisleri kontrol ederek FoE Merkezi Sipariş Planlama departmanında görevli araç planlayıcılara Kapasite onaylanan tahsisler kadar araç planlama yetkisi verir.

FoE Merkezi Sipariş Planlama Araç Planlayıcıları

Siparişlerin istenilen adette ve özelliklerde girilip girilmediği ile ilgili geri bildirimleri Malzeme Planlama Araç Planlama Koordinasyon Mühendisine iletir.

Araç Planlama Koordinasyon Mühendisi

Siparişlerin uygun olarak toplanmasının ardından bir sonraki aşama olan planlama evresine geçilir. Planlama faaliyetlerini hızlandırmak amacıyla kilit bölümlerden

(İthal İkmal Müdür Yardımcılığı, Yerli İkmal Müdür Yardımcılığı ve Kaynak Alan Müdürlüğü'nden) kapasite, kısıt ve geribildirimleri önden toplar.

Opplan ve MPS adetleri, tahsisler, undated statüsündeki export araçlar, Yerli Market'in önden belirttiği N+2 ay tahmini araç miksları, yaşlanmaları ve belirtilen kapasite ve kısıtları göz önünde bulundurularak taslak bir planlama mastarı oluşturur.

Oluşturulan taslak planı Araç Planlayıcılara (scheduler) gönderir ve plan ile ilgili bir ön bilgilendirme vererek planlamacılardan taslak ile ilgili geri bildirimler alır.

Malzeme Planlama Departmanı

Planlama öncesinde sipariş havuzunda biriken SVO renkli araçlar için, boyahane, imalatçı kısıtları ve kapasiteleri göz önünde bulundurularak, üretim planı oluşturur. Genel kısıtlar da hesaba katılarak belirlenen bu araçlar (planlar tamamlanmadan önce) araç planlayıcılara gönderilerek belirlenen tarihlere yerleştirilmesi sağlanır.

İlk defa boyanacak renkler için renk panelinin bulunurluğu sorgulanır. Renk paneli olan renkler için boyanın ikmal süreci denetlenir. Olmayanlar için FoE'dan renk paneli talep edilir.

Malzeme Planlama Departmanı N+1. ayın ilk haftası (tercihen 1. günü) ilgili departmanlardan imalat ve imalatçı kısıtlarını alabilmek için aylık planlama toplantıları düzenlemekle sorumludur. N+2. ay planlarına ışık tutmak, ilgili birimlerden kapasite kısıt ve geribildirimler almak ve yine aynı birimleri planlar ile ilgili bilgilendirmek amacıyla N+2. ay planlama toplantısı organize eder.

FO Takım-Kalıp Alan Müdürlüğü

Aylık imalat planlama toplantısında kapasite ve tadilat kısıtlarını Malzeme Planlama Departmanı'na bildirmekle sorumludur.

FO Pres Alan Müdürlüğü

Aylık imalat planlama toplantısında kapasite ve tadilat kısıtlarını Malzeme Planlama Departmanı'na bildirmekle sorumludur.

FO Kaynak Alan Müdürlüğü

Aylık imalat planlama toplantısında kapasite ve tadilat kısıtlarını Malzeme Planlama Departmanı'na bildirmekle sorumludur.

FO Boyahane Alan Müdürlüğü

Aylık imalat planlama toplantısında kapasite ve tadilat kısıtlarını Malzeme Planlama Departmanı'na bildirmekle sorumludur.

FO Montaj Alan Müdürlüğü

Aylık imalat planlama toplantısında kapasite ve tadilat kısıtlarını Malzeme Planlama Departmanı'na bildirmekle sorumludur.

FO İkmal Müdürlüğü

Aylık imalat planlama toplantısında imalatçı kapasitesi ve termin süresi kaynaklı kısıtları ve lojistik sorunları ile ilgili Malzeme Planlama Departmanı'na bildirmekle sorumludur.

Malzeme Planlama Departmanı

Özel araç mühendisliğinden, sipariş bankasındaki özel araçların yapılabilirliği konusunda bilgi alır. Planları şekillendirmede elde edilen bilgileri kullanır.

FO Üretim Planlama Müdürlüğü:

Aylık imalat planlama toplantısında imalat birimleri arasında geçişler ve imalatın sağlıklı yürütülebilmesi için gerekli düzenlemeler ile ilgili bilgi akışını yönetir.

Araç Planlama Koordinasyon Mühendisi

Planlama toplantısında katılımcıları plan ayı ve taslak plan ile ilgili bilgilendirir. Belirtilen geri bildirimleri, kapasite ve kısıtları kayıt altına alır. Toplantıda alınan kararları, genel plan özeti ile birlikte katılımcılara, ilgili birimlere ve üst yönetime yayınlar.

Siparişlerin Sipariş Havuzuna tam olarak girilmesinin ardından planlama süreci tarihlendirme ve sıralama aşamasına geçer, bu aşamada kritik faktörler fabrika imalat

kapasitesi, imalatçı kapasiteleri, imalat sevk planı ve Op-Plan dır. Toplantı çıktıları, geribildirimleri ve son şeklini alan sipariş bankası adetleri ışığında ve ELEK sistemi yardımı ile planlama masterına son şeklini verir. Master planı öncelikle Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcısı ile Yeni Projeler ve Kapasite Planlama Müdür Yardımcılığı'nın onayına sunar. Malzeme Planlama Müdürü'nün onayını aldıktan sonra master planı FoE Merkezi Sipariş Planlama Araç Planlayıcılarına gönderir.

FoE Merkezi Sipariş Planlama Araç Planlayıcıları

Gönderilen planlama mastarı yardımı ile OVS çalıştırılır. Kısıtların çok sınırlayıcı olması veya çakışması sonucu ay planları tam olarak kapatılamayabilir. Bu gibi durumları belirler ve Araç Planlama ve Koordinasyon Mühendisine iletir.

Malzeme Planlama Departmanı

Edinilen bilgiler dahilinde sipariş dönüşümleri, imalatçı veya fabrika kapasitelerin artırılması, sevkiyat planının revize edilmesi gibi majör değişikliklere gidebilir. Planlama aşamasında kısıt-sipariş koordinasyonu iyi kurulmalı gereksiz gecikmelere ve müşteri memnuniyetsizliğine sebep olabilecek sipariş ötelemelerinden kaçınılmalıdır bu sorumluluk da Malzeme Planlama Departmanı'na aittir.

Yeni Projeler ve Kapasite Planlama Müdür Yardımcılığı

Kapasite problemi bulunan imalatçı ve imalat birimlerinde kapasite artışı yönünde sonuç alınamıyorsa, mümkün olduğunca bu özellikleri içeren siparişlerin girilmemesini sağlanmaya yönelik çalışmalar yürütür.

FoE Merkezi Sipariş Planlama Araç Planlayıcıları

Gelen planı tam ve eksiksiz olarak N+1. ayın en geç 5. iş gününe kadar tamamlamakla sorumludur, planlamanın tamamlanmasının ardından N+1. aya ait DCI'lar (commit 3 hafta + serialized dönem 8 gün) toplam 26 gün ve N+2 aya ait planlar 4 hafta EBD (Estimated Build Date) imalat tarihi almış şekilde sabitlenir. Bu sürenin daha kısaltılmamasının kontrolü ve sorumluluğu Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığına aittir.

Araç Planlama Koordinasyon Mühendisi

Planlamanın tamamlanmasının ardından ELEK sistemi aracılığıyla imalat planı planlama toplantısı kararları uyarınca kontrol edilir, gerek görüldüğü durumlarda 2 iş günü içerisinde olmak kaydı ile N+2. ay imalat plan üzerinde düzeltmeler yapılır. Uzak imalatçılara çıkan programlar öngörüler ile kıyaslanarak gerekli görülen bilgilendirme çalışmalarını yönetir. Bütün bunlar neticesinde N+1 ayı ilk tam haftası sonu itibariyle N+2 ayı siparişleri planlanır bu sayede malzeme programlarının gerçek siparişlerden tetiklenmesi sağlanır.

N+2. Ay Planlamasının tamamlanmasının ardından gelen Üretim Birimleri İkmal Departmanı veya FO Satış Planlama ve Analiz Departmanla tarafından iletilen plan değişiklik talepleri öncelikle Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı araç planlama mühendisi tarafından kısıtlar ve malzeme program dalgalanma etkisi, imalatçı kapasiteleri ve Ford sistemleri göz önüne alınarak Malzeme Planlama Departmanı adına incelenir, akabinde ikmal teyidi de alınarak hazırlanmış Plan Değişiklik Form'u (Ek-A Ford Otosan plan değişiklik formu) Malzeme Planlama Müdürünün onayına sunulur. Onaylanması durumunda FOE Merkezi Sipariş Planlama Departmanına iletilir, bu onaylar olmadan kesinlikle araç plan tarihlerinde değişiklik yapılamaz.

FoE Merkezi Sipariş Planlama Departmanı

Yerli Market ve İhraç Marketlerden gelen öncelikli imalat taleplerini adet ve özellik olarak kontrol ettikten sonra gereğinde Malzeme Planlama Departmanı'nın onayına sunar. Bir önceki maddede belirtilen kontroller yürütüldükten ve onay verildikten sonra siparişlerin öncelikle üretilmesi için gerekli aksiyonları alır.

Planlama döneminde çevirme işleminin ya da marketlerin plan statüsünde yaptıkları sipariş değişikliklerinin çıktısı olarak hatalı duruma düşen siparişleri, planlardan çıkarmak suretiyle planlarda değişiklik yapabilir. Bu bilgiyi Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı'na sunmakla sorumludur.

Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı

Planlamanın tamamlanmasının ardından marketler sipariş verdikleri araçların özellikleri üzerinde minör değişiklikleri imalattan 2 hafta öncesine kadar yapabilmektedir, bu değişikliklerin kontrollü bir biçimde yapılması FO Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür Yardımcılığı'nın sorumluluğundadır. Planın kontrolünü her gün yayınladığı Araç plan tarihi ve EOC değişikliği raporu ile sağlar. Bu sayede planlar üzerinde tam bir kontrol sağlanmış olur.

Araç Planlama Koordinasyon Mühendisi

Belirtilen aşamaların zamanında tamamlanması için Malzeme Planlama Müdürlüğü dahilindeki ve diğer birimler ile gerekli olan koordinasyon faaliyetlerini yürütür planlama faaliyetinin tamamlanmasının ardından planlar üzerinde genel gözden geçirmede bulunur, kontroller yapar eksik ve yanlış yerleri FOE Merkezi Sipariş Planlama Departmanı'na bildirir, plan üzerinde yapılan bütün değişikliklerin ve plan yedeklerinin kayıtlarını tutar.

Uzun terminli parçaların tahmin hatalarını tespit amacıyla İkmal Departmanı ile birlikte koordineli çalışmalar yürütür. Tespit ettiği tahmin hataları ve tespitleri "Forecasting Office"e iletir. Hataların düzeltilmesi ve yeni hataların oluşmaması için takiplerini devam ettirir.

Malzeme Planlama Departmanı

Aylık planların tahsisler doğrultusunda yapılıp yapılmadığı ile ilgili bölüm kapsamında rapor yayımlar. Gerekli görülen hallerde araç planlayıcıları düzetmeler ile ilgili bilgilendirir.

Planlar tamamlandıktan sonra kümülatif olarak planları yerli, ihraç kırılımında irdeler. Gerekli görülen hallerde araç planlayıcıları düzetmeler ile ilgili bilgilendirir.

Araç Planlama Koordinasyon Mühendisi

Planlar tamamlandıktan sonra planlara girmemiş (plan tarihi almamış statüde bekleyen) yaşlanmış siparişleri raporlar. Marketleri ve ilgili birimleri hangi

sebeplerle araçların planlanamadığı ile ilgili bilgilendirir. Siparişlerin yaşanmasını engellemek yönünde planlama boyutunda gerçekleştirilen aksiyonlara önderlik eder.

Her haftanın Salı ve Perşembe günleri Malzeme Planlama Departmanının ilgili kişileri ve araç planlayıcıların katılımı ile genel ay planı ve “commit” edilen haftanın planlarına yönelik toplantılar organize eder. Katılımcıları planlar ile ilgili bilgilendirir. Gereğinde planların düzeltilmesi için çalışmalar yürütür. Katılımcılardan elde ettiği bilgileri planlama sürecinin etkinliğini artırmak için kullanır.

Malzeme Planlama Departmanı

Her hafta SVO renkli araç planları boya imalatçılarına gönderildikten sonra haftalık boya toplantıları organize edilir. Toplantıda boya konusunda yaşanabilecek sorunları önceden tespit etme, sorunlu boyalar için aksiyon planı oluşturma ve fiili planın imalatçılar ve boyahane tarafından teyit amacı güdülür. Toplantının akabinde gerek görülen plan değişiklikleri ve toplantı gündemi toplantı notu vasıtasıyla kayıt altına alınır.

Yukarıda detayları verilen genel planlama süreci görsel olarak akış şemasında (Ek-B, Ek-C Ford Otosan planlama süreci akışı) gösterilmiştir. Bu sayede sürecin karmaşıklığı daha kolay tahâyül edilmektedir.

5.2. Aylık Araç İmalat Planının Oluşturulması

Planlama sürecinin en önemli çıktısı oluşturulan aylık araç imalat planıdır (Master Plan). Öncelikler ve kısıtlar dahilinde oluşturulan bu plan fabrikanın bütün ana planlamasını ve malzeme ikmalini şekillendirir.

Master Plan adı verilen bu plan şekillendirilirken İkmal Müdürlüğü, Kaynak Alan Müdürlüğü, Boyahane Alan Müdürlüğü, Montaj Alan Müdürlüğü tarafından belirtilen kısıtlar ve öncelikler özellikle irdelenir.

Planları şekillendirmede dikkat edilen en önemli etmenlerden biri de sipariş havuzunda biriken siparişlerdir. Ford Otosan planlama sürecinin bir doğal bir sonucu olarak, planlarını gerçek siparişler üzerinden yürütür. Siparişler bayiler tarafından ya kendi stoklarını beslemek için ya da nihai müşterilerin talepleri doğrultusunda girilir. Bu sebepten siparişler ya nihai müşteriye ya da bayilere aittir. Hiçbir şekilde Ford Otosan kendi stokuna üretim gerçekleştirmez.

Girilen bu siparişler planlama sürecine dahil edilmeden sipariş havuzu adı verilen bir ara yüzde biriktirilir. Aylık planlar yapılırken biriken bu siparişler, OVS adı verilen bir optimizasyon aracı vasıtasıyla, öncelikler ve kısıtlar doğrultusunda seçilir ve aylık plana dahil edilir.

Master plan oluşturulurken karar alma mekanizmasında biriken bu siparişler yol gösteri olarak görev yaparlar. Herhangi bir kısıta takılan siparişlerinin oranının artıyor olması bu kısıtın ileri dönemlerde sorun yaratacağına delalettir. Veya belli özellikte araçların sipariş havuzunda oranının artması müşterilerin tercihlerindeki değişimi gözlemek için çok önemli bilgiler verir.

Master planı şekillendirmede bu önemli bilgilerden son raddeye kadar yararlanır. Örneğin; sipariş havuzunda biriken Transit Manyetik stoplamalı arka kapı siparişlerinin, mevcut kısıtlar dahilinde ancak 2 ayda eritilebilecek olması bu özellik ile ilgili iyileştirme veya yatırım kararı alınması gerekliliğini ortaya çıkarmış ve ilgili iyileştirmeler ile biriken ve yaşlanma eğilimindeki siparişler eritilmiştir.

Havuzda biriken siparişler, bağlayıcı kısıtların belirlenmesi ve yatırım ve ilginin doğru kanallara yönlendirilmesi konusunda da aktif rol oynamaktadır. Otomotiv imalat sektörünün doğası gereği pek çok noktalarda kısıt ve darboğazlar ile karşılaşılır. Bütün bu kısıt ve darboğazları bertaraf etme çabası hem külfetli hem de zaman alıcıdır. Bunun yerine müşteri nazarında önem arz edenleri belirleyip, bağlayıcı kısıt olarak tasnif edebileceğimiz kısıtları ortadan kaldırmak veya iyileştirmek çok daha akıllıca olacaktır.

Bertaraf edilemeyen bağlayıcı kısıtlar ve sipariş havuzu bilgileri dahilinde şekillendirilen Master Plan:

- Toplam üretim adetlerini;
- Kaynak hattı hat bazında üretim adetlerini;
- Kaynak hattı önem arz eden üretim türü detaylarını;
- Kaynak hattı kısıt kalemlerinin üretimlerini;
- İhraç-Yerli; Transit için Önden Çekiş arkadan çekiş, Connect için kısa şasi-uzun şasi detaylarını;
- İkmal ve Montaj kısıtlarını;
- Transit için şanzıman, motor turbo detaylarını içerir.

Aracın kendi karmaşıklığı, gövde çeşitliği, ek opsiyon adedindeki fazlalık gibi etmenler sebebiyle Transit Master Planı, Connect Master Plana göre daha fazla bilgi içermek durumundadır. (Ek-D Aylık master plan – Transit, Ek-E Aylık master plan – Connect) Bunun bir sonucu olarak Transit planı daha fazla satır bilgi içermektedir.

Master plan tarafından çerçevesi çizilen imalat planı OVS (Optimized Vehicle Scheduling – Optimum Araç Çizelgeleme) adı verilen doğrusal bazlı araç çizelgeleme sistemi tarafından şekillendirilir. Bu sistem hangi gün hangi araç siparişinin üretileceği bilgisini master plan ve sipariş öncelikleri kapsamında sonuçlandırır.

Sistem planlamayı yaparken öncelikle haftalık planlama gerçekleştirir ve ardından tekrar bir sistem yürütmesi ile günlük olarak planlara son halini verir. Haftalık planları yaparken veya günlük planları yaparken farklı kısıtlar veya öncelikler belirlenebilmekte ve bu ise sisteme belirgin bir esneklik kazandırmaktadır.

5.3. Araç Özellik Tarifleme

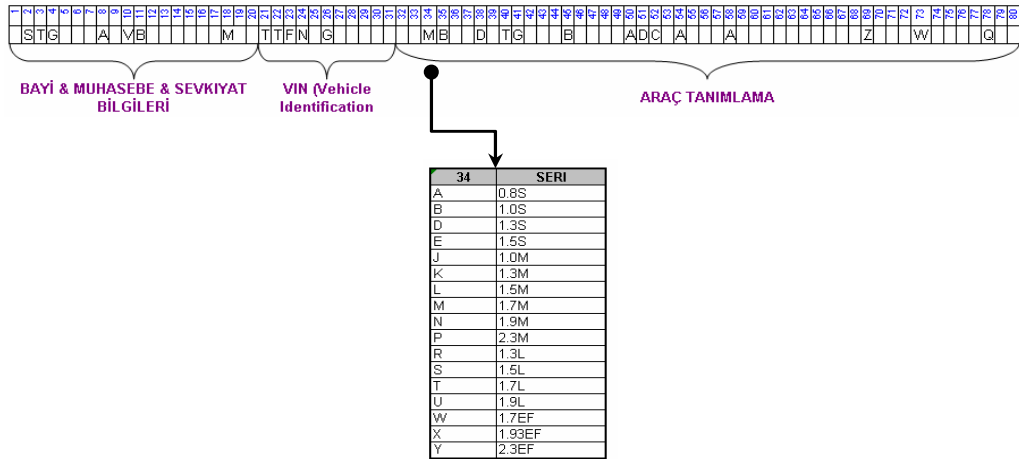
Genel anlamda kesikli-parça imalatının olduğu ortamlarda var olan üretim çizelgeleme, zaman düzleminde yapılması gereken görevler için bir veya daha fazla

amacı optimum şekilde kıt kaynakların tahsis edilmesiyle ilgilidir. (Geyik ve Cedimoğlu, 1998)

Araç çizelgelemede öncelikle amaç araçları belirli günlere üretim amacıyla atamaktır. Bunun yanı, sıra sürecin detayında, bu araçları bağlı kritik özellikler de planlama ile birlikte yürütülmektedir. Herhangi bir tarihe planlanan araca ait bütün özellikler, parçalar, kısıtlar da araçla birlikte o tarihe planlanmış olacaktır. Bu sebeple bu özellik ve kısıtları tariflemek planlamanın salahiyeti için önceliklidir.

Ford Avrupa dahilinde aracı veya siparişi tanımlamak için EOC (European Order Card) adı verilen 80 haneden oluşan bir metin kullanılmaktadır. Kısaca aracın DNA'sı olarak nitelendirilebilir. Aracı tariflemek için gerekli bütün bilgiler bu 80 hane ile ifade edilmektedir.

İlk 20 hane siparişin hangi bayi tarafından girildiği, siparişin satış ve fatura durumunu ve hangi sevkiyat noktasına sevk edileceği ile ilgili bilgiler içerir. 21. ve 31. haneler arası aracın şasi numarası bulunur. Her şasi numarası sadece bir araca atanır, aracın tekilliğini sağlar ve ruhsata işlenen şasi numarasına baz oluşturur. 32. hane ile 80. hane arası aracın diğer bütün özelliklerini tarifler. Aracın hangi aya ait sipariş olduğu; hangi motor seçeneğini içerdiği; gövdesinin, renginin serisinin ne olduğu gibi bilgiler bu metin tarafından belirlenir.



Şekil 5.1: EOC metni

Yukarıdaki örnekte (Şekil 5.6: EOC metni) görüldüğü üzere EOC'nin 34. hanesi aracın serisini ifade etmektedir. 34. hanede tespit edilen "M" harfi bu aracın serisinin "1.7M" olduğunu belirtir. Bu ise aracın yük taşıma kapasitesinin 1,7 ton olduğunu ve orta şasi genişliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Açık olduğu üzere 1500–2000 farklı parçadan oluşan ve binlerce farklı özellik içeren aracı sadece 80 haneden oluşan bir yapı ile ifade etmek imkansızdır. Bu noktada standart özellikler ve parçalar devreye girmektedir. Örneğin, bütün araçlar için standart olan hidrolik direksiyon özelliğini ve parçasını her araç için EOC üzerinden tariflemek anlamsız olacaktır. Onun yerine bu özellik bütün araçlara standart olarak tanıtılmakta ve araç tarifinde ve ürün ağacında standart olarak gelmektedir. Benzer bir çözüm ise ülke bazlı standartlarda çözüm olarak önümüze gelmektedir. Avrupa marketleri için gerekli olan güvenlik donanımlarını, gereksiz yere EOC'nin başka hanelerinde tanımlamaktansa, ülke kodu üzerinden standart olarak bağlamak en mantıklı çözümdür. Böylelikle gereksiz karmaşıklık bertaraf edilir.

Her ne kadar olay bu yönleri ile basit görünse de bazı özellikler veya parçalar doğaları gereği çok karmaşık yapılarda tariflenmek durumundadır. Bu tür özellikler malzeme tedarik sistemi tarafından otomatik tanınmakta ve malzeme ikmali bu kapsamda yürütülmektedir. Ama planlama boyutunda işlemleri yönetebilmek için manüel tarifleme kaçınılmazdır.

Aşağıda (Şekil 5.7: Kompleks EOC çözümü) belirli bir lastik türünü içeren araçlar için yazılan EOC çözümlemesi yer almaktadır. Bu lastik takılan araçları tespit etmek bir önceki örnekte (Şekil 5.6: EOC metni) belirtildiği gibi tek bir EOC hanesinden çözümlenmemektedir. Önceki örnekte sadece 34. haneden aracın serisi tespit edilirken; lastik örneğinde bu lastiği gerektiren araçların tespiti için aracın gövde özellikleri, şasi uzunluğu, serisi, çekiş özellikleri gibi pek çok bilgi sorgulanmalıdır. Bütün bu sorguların sonucunda oluşturulan aşağıdaki çözüm kümesi bu lastiği gerektiren araç özelliklerini işaret etmektedir.

```

[76] IN ("2","3","4","5") AND ([39] IN ("","1","2","3","4","5","6","7","8","9","A","B","X","Y","Z")) AND ([62] IN ("","1","2","5","6","7","8","9","A","C","E","H","J","K","L","M","N","P","Q","R","S","T","U","V","W","X")) AND ([24] IN ("D","F","N","S","X","Z","1","3","5")) AND [34] IN ("D","K","R") AND ([35] IN ("2","4","B","D")) AND NOT (([24] IN ("D","X") AND [34] IN ("X")) OR ([24] IN ("F","N") AND [34] IN ("M","N","T","U","W","X") AND [62] IN ("3","F")) OR ([24] IN ("B") AND [62] IN ("7","J","L","M","P","R")) OR ([24] IN ("1","3","5","D","F","N","S","X","Z") AND [34] IN ("A","B","D","J","K","R") AND [62] IN ("7","J","L","M","P","R") AND [35] IN ("1","3","A","C")) OR ([24] IN ("F","N","X") AND [34] IN ("E","L","M","S","T") AND [62] IN ("3","F")) AND NOT ([34] IN ("A","B","D","J","K","R") AND [35] IN ("1","3","A","C") AND [62] IN ("6","K","N","Q")) AND ([69] NOT IN ("M")) AND ([62] NOT IN ("B","D")) OR ([24] IN ("X") AND [34] IN ("E","L","S") AND [62] NOT IN ("B","D") AND NOT (([24] IN ("D","X") AND [34] IN ("X")) OR ([24] IN ("F","N") AND [34] IN ("M","N","T","U","W","X") AND [62] IN ("3","F")) OR ([24] IN ("B") AND [62] IN ("7","J","L","M","P","R")) OR ([24] IN ("1","3","5","D","F","N","S","X","Z") AND [34] IN ("A","B","D","J","K","R") AND [62] IN ("7","J","L","M","P","R") AND [35] IN ("1","3","A","C")) OR ([24] IN ("F","N","X") AND [34] IN ("E","L","M","S","T") AND [62] IN ("3","F")) AND NOT ([34] IN ("A","B","D","J","K","R") AND [35] IN ("1","3","A","C") AND [62] IN ("6","K","N","Q")) AND ([69] NOT IN ("M")) AND ([35] IN ("2","4","B","D")) AND [40]+[41] IN ("IG","UB") AND ([37] IN ("3","A")) AND [69] IN ("Z")

```

Şekil 5.2: Kompleks EOC çözümü

5.4. Gemi Kalkış Gününe Göre Planlama Felsefesi

Otomotiv sanayi, sanayileşmiş ülkelerde ekonominin lokomotifleri olarak kabul edilmektedir. Sektörün ekonomideki sürükleyici etkisi diğer sanayi dalları ve ekonominin diğer sektörleri ile olan çok yakın ilişkisinden kaynaklanmaktadır. Otomotiv sanayi demir-çelik, petrol-kimya, lastik gibi temel sanayi dallarında başlıca alıcı ve bu sektörlerdeki teknolojik gelişmenin de sürükleyicisidir. Öte yandan otomotiv sektörü otomotiv ürünlerinin tüketiciye ulaşmasını sağlayan ve bunu destekleyen pazarlama, bayii, servis, akaryakıt, finans ve sigorta sektörlerinde geniş iş hacmi ve istihdam yaratan bir sektördür. Dolayısıyla bu sektördeki değişimler, ekonominin tümünü yakından etkilemektedir. (Dikmen, 2006)

19. yüzyılın sonlarına kadar sanayi, emek yoğun bir üretim yapısı arz etmekte idi. Bu üretim yönteminde ürünler, tamamen siparişe dayalı, dolayısıyla küçük ölçekte ve standart dışı olarak üretilmektedir. Üretim, yüksek oranda nitelikli işçilikle, çok sayıda küçük işletmede yerine getirilmekte olup, genelde ilgili parçaların ve ürünün tamamı aynı işletme içerisinde yapılmaktadır.

Küçük ölçekli söz konusu işletmelerin AR-GE'ye ve yeni teknolojiye yatırım yapmalarının güçlüğü yanında, az sayıda üretimden dolayı birim maliyet de yüksek olmaktaydı. Ancak, 1908 yılında Amerikan otomotiv sanayinde Henry Ford tarafından başlatılan ve seri üretimin başlangıcı olarak kabul edilen T-Modeli otomobil üretimi projesiyle, otomotiv sanayinin öncülüğünde, tüm sanayilerde yeni bir dönem başlatılmıştır.

Seri üretim; hareket eden bir montaj hattı ve yüksek oranda iş bölümüne dayalı, sermaye yoğun, üretim hattında çok basit işlemler yapan vasıfsız veya yarı vasıflı işgücü vasıtasıyla yüksek miktarlarda ve standart ürünlerin üretildiği bir üretim sistemidir. Otomotiv sanayinde seri üretim sistemlerinin uygulamasıyla sağlanan üretkenlik artışı ve daha düşük maliyette üretim, bu ürünlere yönelik kitlesel talebin oluşmasında etkili olmuştur. (Bedir, 1998)

Ölçek ekonomisi anlayışıyla büyük ölçeklerde ve birim ürün başına düşük maliyette üretimi esas alan, düşük kar payları ile çalışılan ve rekabetin diğer sektörlerle göre çok yoğun olduğu otomotiv sektöründe, nispi olarak çok ufak bile olsa gerçekleştirilen bir iyileşme, maliyetlerin ve adetlerin büyüklüğü sebebiyle, toplamda çok büyük bir mertebeye ulaşmaktadır. Bu bağlamda bütün otomotiv şirketleri süreçlerinde verimliliği birincil amaç edinmiştir. Şirketlerin gelecek dönem varlıkları bu verim artışına kopmaz bağlarla bağlıdır.

Dünya genelinde otomotiv üretim endüstrisi, kalite ve verimliliği geliştirme, maliyetleri düşürme konusunda baskı altındadır. Bu sebeple otomotiv üreticileri yenilikçi üretim yönetim sistemlerinde önder konumundadır. (Gagne ve diğ., 2006)

Bu sektörde verimlilik araştırılan en önemli kalemlerin başında envanter gelir. Ürünün maliyeti sebebiyle envantere bağlanan likidite diğer sektörler ile mukayese edilemeyecek seviyededir. Her sektörde olduğu gibi bu sektörde de elde tutma maliyeti en yüksek envanter türü, bitmiş ürün envanteridir. Bitmiş ürün adından da anlaşılacağı üzere, üzerine malzeme maliyetleri, işçilik maliyetleri, genel yönetim giderleri, yıpranma payı gibi pek çok külfetli maliyet kalemi bindirilmiş, yüksek likiditeye sahip bir emtiadır. Bütün bu etmenler sebebiyle Ford Otosan, Planlama ve

Lojistik süreçlerinde envanter seviyelerini -özellikle bitmiş araç- optimize etmeyi kendine öncelikli hedeflerden seçmiştir.

Kocaeli fabrikasının yer seçiminde de bu felsefe kendine yer bulmuştur. Üretimnin %70'ini ihraç eden (çok büyük bir çoğunluğu Avrupa'ya) şirket için kendi limanı vasıtasıyla ihraç pazarlara açılma çok büyük avantajlar sağlamaktadır.

5.4.1. Liman ve gemi rotaları

Şirketin lojistik avantajlarının merkezinde yer alan limanı, terminali ve fiktifi emsali Avrupalı rakipleri ile yarışacak seviyededir. Liman fabrikanın içinde yer almakta ve araç terminalinden 350 metre mesafede yer almaktadır. Toplam 240.000 m2 alanı ile 11.000 araçlık kapasiteye sahiptir.

Limana aynı anda iki gemi birden yanaşabilmekte ve yükleme ve boşaltma işlemleri eş zamanlı yürütülebilmektedir. Hali hazırda kullanımda olmasa da liman kargo gemilerinin boşaltılmasına da uygun olarak tasarlanmıştır.

Her ay ortalamada 20 gemi limana yanaşmakta, 3.000 ithal araç boşaltılmakta ve 15.000 ihraç araç Avrupa'ya sevk edilmektedir. Yanaşan bu gemiler sadece Ford Otosan'ın araçlarını değil ihracat odaklı çalışan diğer Türk otomotiv şirketlerinin de araçlarını taşımaktadır.

Limandan kalkan gemiler, üç farklı rota üzerinden, araçları Avrupa'nın çeşitli noktalarına ulaştırmaktadır. Burada önemli husus gemilerin belli rotalara belli kalkış günlerine hareket ediyor olmasıdır. Gemiler talebe göre değil, daha önceden belirtilen rota ve tarihlere göre gelmektedir.

Bu nokta hem avantajlar hem de dezavantajlar oluşturmaktadır. Gemilerin sabit geliş günleri ve rotaları olduğu için planlama ve stok yönetimi konularında esneklikten kaybettirmektedir. Diğer taraftan bu sabitlemeler Ford Otosan'a araç taşımacılığında belirgin fiyat avantajı sağlamaktadır. Olay kısaca, bireyin canı istediğinde taksi çağırma veya düzenli otobüs seferlerini bekleme alternatifi ile ifade edilebilir. İlk

alternatif, bireye tercihi doğrultusunda seyahatinin zamanını ve güzergahını belirleme hakkına vermektedir, ama maliyet külfeti içerir. İkinci alternatifte gidilecek rotaya göre tarife beklenmektedir, ama daha hesaplıdır.

Belirlenen sabit rotalar:

1- West-Med Rotası (Salı günleri kalkmaktadır)

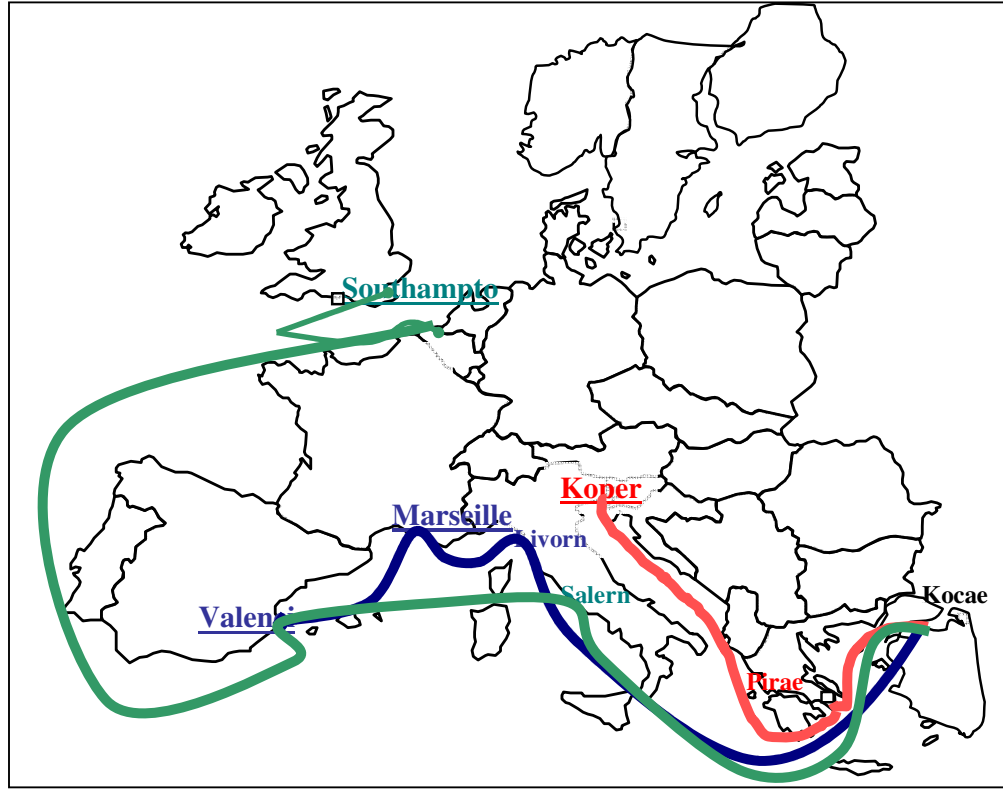
Kocaeli –Civitavechia-Livorno–Marseille –Barcelona-Valencia

2- North-Bound Rotası (Pazartesi,Perşembe, 2 gemi kalkmaktadır)

Kocaeli –Salerno -Valencia–Antwerp – Flushing – Southampton

3- Adriatic Rotası(Çarşamba günleri kalkmaktadır)

Kocaeli – Piraeus – Koper



Şekil 5.3: Ford Otosan gemi rotaları

Üretilen herhangi bir ihraç araç temelinde bu üç rotadan sadece biri ile sevk edilmektedir. Bu genelleme dışında olan araçlar da mevcuttur. Birkaç çok özel lokasyona tanımlı araçlar hem Nort-Bound rotası ile hem de West-Med rotası ile sevk edilebilmektedir. (Şekil 5.8: Ford Otosan gemi rotaları) Kargaşa yaratmamak için bu araç türleri Nort-West rotası olarak tariflenmektedir.

5.4.2. Lojistik merkezli geriye doğru planlama felsefesi

Tedarik Zinciri yönetimi; müşteriye, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyata tüm tedarik zinciri için mümkün olan en düşük maliyetle ulaştırılmasını sağlayan malzeme, bilgi ve para akışının bütünleşmiş yönetimidir. Bir başka deyişle zincir içinde yer alan temel iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlayarak müşteri memnuniyetini arttıracak stratejilerin ve iş modellerinin oluşturulmasıdır. (Şen, 2006)

Daha öncede de belirtildiği üzere otomotiv sanayinde, elde tutma maliyetinin yüksekliği sebebiyle, bitmiş araç stoklarını düşürme çabası had safhadadır. Bu sebepten Ford Otosan tedarik zinciri yönetimi ve planlama aksiyonlarının temelinde gemiye göre sevkıyat felsefesi yatar.

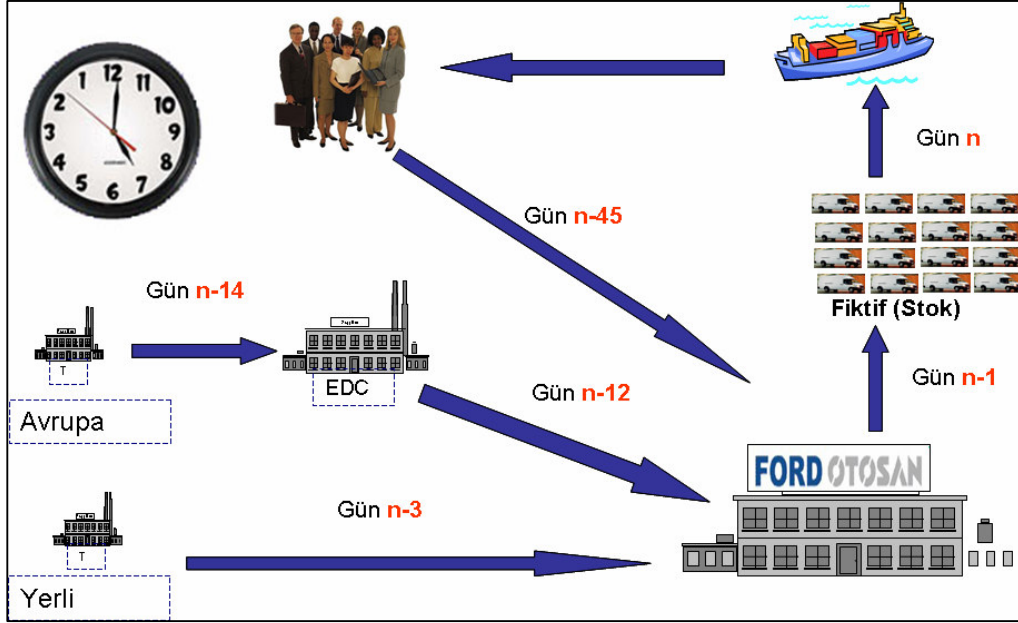
Geriye doğru planlama sürecinin tetikleyicisi yeni bir siparişin son sürecidir. Kaynak kapasiteleri, var olan siparişlerin tahsislerine göre yeni siparişin son sürecine en uygun boş dönem bulunur. Süreç bu zaman aralığına atanır. Ardından bir önceki süreç seçilir ve en uygun zaman aralığı bu süreç için de seçilir. Toplam süreç yeni siparişin bütün operasyonları tamamlanıncaya kadar devam eder. (Song ve diğ., 1995)

Bu yaklaşımı desteklemekte Malzeme Tedarik Sisteminden yoğun olarak yararlanır. Bu noktada Malzeme Tedarik Sistemi sınırsız kaynaklar olduğunu; ürün bileşenlerinin tedarik sürelerinin, geçmiş veriler, tecrübeler ve kurallar doğrultusunda öngörülebileceğini varsayar. (Watson ve diğ., 1997)

Ford Otosan geriye doğru planlama felsefesinin temelindeki teorik öncelikli amaç, ihraç aracı gemisinin kalkış gününden bir gün önce hattan indirmek ve en az seviyede stokta tutmaktır. Bu bir günde ise aracın kalite ve gümrük işlemleri tamamlanmaktadır.

Ford Otosan'da tedarik zinciri geriye doğru planlama algoritma kısaca şöyle çalışır:

- N. Gün araç fiktif'ten (gümrüksüz stok sahası) gemiye binerek müşteriye doğru yola çıkar. (Şekil 5.9: Ford Otosan geriye doğru planlama felsefesi)
- N-1. günde fabrika aracın üretimini bitirip hattan indirir, kalite testleri gerçekleştirilir, eş zamanlı olarak gümrük işlemleri yürütülür ve nihayetinde araç fiktif'e teslim edilir.
- N-3. gün yerli imalatçılardan tedarik edilen parçalar, imalatçı programları dahilinde, fabrikaya doğru yola çıkar.
- N-12. gün Almanya Köln'de bulunan parça konsolidasyon merkezinden Avrupa'dan tedarik edilen parçalar yola çıkar.
- Ortalamada N-14. gün Avrupalı imalatçılardan ithal parçalar konsolidasyon merkezine doğru yola çıkar.
- Ortalamada N-45. gün bayiler gerçek siparişleri sipariş sistemine planlanması için girer ve planlama işlemi yürütülür.



Şekil 5.4 Ford Otosan geriye doğru planlama felsefesi

Lojistik merkezli geriye doğru planlama felsefesi Ford Otosan malzeme tedarik sürecini de etkilemektedir. İşe değer katmayan her türlü atığın ve değişkenliğin yok edilmesi ve malzemelerin gerektiği yerde ve gerektiği zamanda çekilmesi Tam-Zamanında-Üretim'in esasını oluşturur. (Güner ve Karaca, 2004) Ford Otosan'da imalatçılara çıkan parça sevki emirleri de geriye doğru planlama sürecinden tetiklenmekte ve Tam-Zamanında-Üretim amacı da bu sayede desteklenmektedir.

Çekme sistemlerinin etkinliği değişken üretim mikslarında, üretim tıkanıklığı ve boş süreleri önlemede gösterdiği başarı sebebiyle, belirgin bir şekilde artmaktadır. (Deuse ve Wong, 2006) Özünde bir çekme sistemi ile çalışan Ford Otosan malzeme tedarik sistemi (CMMS) ve imalat çizelgeleme sistemi (OVS), gemiye göre planlama felsefesinde eşgüdüm sağlamaktadırlar. Bu sayede üretim parçaları ve araç envanterlerinin optimize edilmesi yönünde belirgin iyileştirmeler elde edilmektedir.

5.5. Gemi Kalkış Gününe Göre Planlama Modeli

Bu kadar karmaşık bir yapıda yürütülen bir sistemin modellenmesi ve optimize edilmesi, işin doğası gereği belirgin zorluklar getirmektedir. Çözüm için tercih edilen “Frontline Systems Premium Solver Platform MS Excel Solver” bu zorlukların bertaraf edilmesinde etkindir.

Genel itibariyle model, kısıtlar çerçevesinde, yaşlanmayı minimize etme amacı güden, araçların belli günlere atandığı bir Tamsayı Doğrusal Optimizasyon modelidir.

5.5.1. Model amaç fonksiyonu

Modelin kurulması ve yönetilmesindeki öncelikli amaç kısıtlar ve öncelikler dahilinde bitmiş ihraç araç stokunu stoklarda yaşlanmasını en aza indirmektir. Burada öncelikli amaç ortalama bitmiş araç stokunu azaltmak olduğu gibi ikincil amaç olarak ta ihraç araçlar için ayrılan stok alanını (fiktifi) verimli kullanmaktır. Üretiminin büyük bir bölümünü ihracata yöneltmiş şirket ancak verimli bir stok alanı yönetimi ile kısıtlı alanını operasyonlarını yönetebilecek seviyede tutabilmektedir.

Aksi durumda, stok alanında yaşanacak bir darboğaz öncelikle ihraç araç yükleme ve stoklama operasyonlarını, ardından ithal araç indirme ve stoklama ve yerli piyasa araçlarının operasyonlarını sekteye uğratacaktır. Aynı alanı kullanmaları sebebiyle, bu üç birbirinden bağımsız görünen operasyon, aslında birbirlerine görünmez bağlar ile bağlıdır.

Araçların stok alanında yaşlanmalarını azaltabilmek için öncelikle yaşlanmayı tanımlamak gerekir. Üretiminin büyük bir bölümünü ihracata yönlendiren Ford Otosan, günde ortalama Transit ve Connect toplam 720 ihraç araç üretmektedir. İyileştirme çalışmaları yapılmadan önce herhangi bir rotaya giden araç sayısı günler arasında dengelemeye tabi tutulmaktaydı. Bu sebepten haftalık 900 adet üretilen West-Med rotası araçları 6 üretim gününe (Pazartesi'den Cumartesi'ye) dengeli olarak 150'şer adet planlanmaktaydı. Gemi kalkış günleri ve bu araçların rotalara

göre ortalama dağılımı (Tablo 5.1: Gemi kalkış günleri ve üretilen araç sayıları) aşağıda listelenmiştir.

Tabloda gri ile ifade edilen günler o rotanın limandan kalkış (hareket) günlerini ifade etmektedir. Nort-Bound rotası gemileri Pazartesi, Perşembe; West-Med rotası gemileri Salı ve Adriatic rotası gemileri Çarşamba günü kalkmaktadır. Hem Nort-Bound hem de West-Med rotası gemileri ile sevk edilebilen araçlar için farazi olarak adlandırılan Nort-West rotası ise 3 kalkış gününe sahiptir. Bu günler ise Nort-Bound ve West-Med kalkış günlerinin bileşkesi olan Pazartesi, Salı ve Perşembe günleridir.

Çalışmanın yürütüldüğü günlerde Ford Otosan, belirtilen bu rotalara ait ortalama haftalık 720 adetlik imalat gerçekleştirmektedir. Bu adetler içerisinde en büyük payı - en büyük pazar İngiltere'ye hizmet vermesi sebebiyle- %56'lık oran ile North-Bound rotası almaktadır. West-Med, Adriatic, Nort-West rotaları ise sırasıyla %21, %14 ve %10'luk pay almaktadır.

Tablo 5.1: Gemi kalkış günleri ve üretilen araç sayıları

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	İhraç Araç Sayısı	İhraç Araç Yüzdesi
Nort-Bound								400	*56
West-Med								150	*21
Adriatic								100	*14
North-West								70	*10
TOPLAM								720	*100

Daha önce de belirtildiği üzere öncelikli amaç aracı bineceği geminin kalkış gününden bir gün önce hattan indirmek, işlemlerini tamamlamak ve akabinde ilgili gemisine bindirerek sevk etmektir. Bu yaklaşım çerçevesinde örneğin Pazartesi üretilen (hattan indirilen) bir Nort-Bound aracı Pazartesi günü gemiyi kaçırmakta ve bir sonraki Perşembe günü gemiye kadar 3 gün stokta beklemektedir. (Tablo 5.2: Gemi rotaları ve araç yaşlanmaları). Veya Salı günü hattan indirilen bir Adriatic rotası aracı ilk gemi kalkış günü olan Çarşamba'ya kadar stokta beklemekte ve sadece bir gün stokta kalarak sevk edilmektedir.

Tablo 5.2: Gemi rotaları ve araç yaşlanmaları

		Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	TOPLAM
İMALAT		VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	YOK	
Stokta Bekleme Süresi (gün)	Northbound	3	2	1	4	3	2	1	2,50
	West-Med	1	7	6	5	4	3	2	4,33
	Adriatic	2	1	7	6	5	4	3	4,17
	North-West	1	2	1	4	3	2	1	2,17
	DİĞER	0	0	0	0	0	0	0	0,00
İmalat Adedi (araç/gün)	Northbound	400	400	400	400	400	400	0	
	West-Med	150	150	150	150	150	150	0	
	Adriatic	100	100	100	100	100	100	0	
	North-West	70	70	70	70	70	70	0	
	DİĞER	200	200	200	200	200	200	0	
Ortalama Yaşlanma		2,3	2,9	2,9	4,5	3,5	2,5	0,0	3,08

Uygulamanın yapıldığı şirket Pazartesiden Cumartesiye haftanın 6 günü çalışmaktadır. Pazar günleri imalat olmadığı için bu günün ortalama stokta bekleme süresi sıfır olarak gösterilmiştir.

Pazartesi ve Perşembe iki kalkış günü bulunan Nort-Bound rotası araçlarında en büyük yaşlanma Perşembe günü üretilen araçlarda 4 günlük yaşlanma ile gözlemlenmektedir. Bu rotanın ortalama yaşlanması ise 2.50 gün olarak gerçekleşmektedir.

Salı günü kalkış gerçekleştirilen West-Med rotasında en büyük yaşlanma gemi kalkış günü olan Salı günü kaydedilmektedir. En büyük 7 günlük yaşlanma ile bu rotada ortalama yaşlanma 4.33 gün olarak gerçekleşmiştir.

Sadece Çarşamba gemi kalkış günü olan Adriatic rotasında en büyük yaşlanma yine, gemi kalkış günü Çarşamba için, 7 gün olarak hesaplanmaktadır. Ortalama yaşlanma ise 4.17 olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar hem Adriatic hem de West-Med rotaları tek bir kalkış gününe sahip olsalar da, ortalama yaşlanmaları farklılıklar göstermektedir.

Bu farkı yaratan ise iki rotanın kalkış günlerinin üretim yapılmayan Pazar gününe olan uzaklığıdır. West-Med rotasında üretim yapılmayan Pazar gününe 2 günlük yaşlanma tekabül etmektedir. Pazar günü üretim yapılmadığı için herhangi bir West-Med rotası aracının 2 günlük yaşlanma ile sevk edilmesi teoride imkânsızdır. Adriatic'te ise Pazar gününe 3 günlük yaşlanma denk gelmektedir. Daha büyük bir yaşlanmayı kapsam dışı bırakan Adriatic sırf bu avantajı sayesinde ortalama yaşlanmada daha iyi sonuç elde etmektedir. Bu örneklemeden elde edilen sonuca göre tek kalkış günlü rotalarda gemi kalkış günü Pazar gününe yaklaştırıldıkça ortalama yaşlanmada fayda sağlanmaktadır.

Nort-Bound ve West-Med rotalarının bir melezi olan Nort-West rotasında en büyük yaşlanma 4 gün ile Perşembe günü yaşanmaktadır. Kalkış gün sayısının 3 olması avantajı ile bu rotanın ortalama yaşlanması 2,2 olarak hesaplanmaktadır.

Günlük toplam üretimi 920 araç olan şirketin bu dört grup dışında kalan günlük ortalama 200 araç mertebesinde seyreden üretimi de mevcuttur. Bu grubun içine yerli Pazar için gerçekleştirilen üretimler, gemi ile sevk olmayan ihraç araçlar dâhildir. Optimizasyon kapsamına girmediği için bu araçların yaşlanması sıfır olarak atanmış ve diğer rotaların optimizasyonunda toplam üretimi destekleyici unsur olarak kullanılmaktadır.

Bütün bu bilgiler çerçevesinde, araçlar (rastsallık kapsamında) rota bazında dengeli dağıtıldığında, ihraç araçlar için ortalama yaşlanma 3.08 gün olarak tespit edilmiştir.

5.5.2. Ceza matrisi

Modelin amaç fonksiyonunun bitmiş araç stoklarını minimize etmek olduğu daha önceki bölümlerde pek çok kez bahsedilmişti. Modeli bu kapsamda optimize edebilmek için yaşlanmayı tariflemek ve tamsayı modelinde günlere atanan araçlara ceza matrisi tariflemek ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bu ihtiyacı karşılamak “Tablo 5.2: Gemi rotaları ve araç yaşlanmaları” tablosu fayda sağlayacaktır.

Tablo 5.3: Ceza matris örneği

ARAÇ	ROTA	ÜRETİM GÜNÜ							CEZA MATRİSİ							YAŞLANMA							
		Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	
A	Northbound			1					3	2	1	4	3	2	1			1					
B	West-Med				1				1	7	6	5	4	3	2				5				
C	Adriatic			1					2	1	7	6	5	4	3			7					
D	Northbound	1							3	2	1	4	3	2	1	3							
E	North-West		1						1	2	1	4	3	2	1		2						
F	Adriatic			1					2	1	7	6	5	4	3			7					
G	Adriatic						1		2	1	7	6	5	4	3							4	
Toplam Stokta Bekleme																29							

Ceza matrisinin kullanımı ve yaşlanma hesaplaması yukarıdaki örnekte ifade edilmiştir. (Tablo 5.3: Ceza matris örneği) Örneğin Northbound rotasına sevk edilecek ve Çarşamba günü üretilecek “A” aracı için ceza matrisine tekabül eden değer 1 günlük yaşlanmadır. Aynı rota için Pazartesi üretilecek “D” aracının yaşlanması ise 3 gün olarak hesaplanır.

Perşembe günü hattan indirilecek West-Med rotası gemisi ile sevk edilecek “B” aracı ilk gemi günü olan Salı gününe kadar 5 gün stokta bekleyecektir. Bütün araçlar (örnekteki 7 farklı araç için) için hesaplamalar tek yapıldığında toplam stokta bekleme süresi 29 araç*gün olarak hesaplanmaktadır.

5.5.3. Bağlayıcı kısıtların belirlenmesi

Kısıtlar Teorisi’ne göre bir organizasyonu (veya sistemi) domine eden kısıtlar (veya çok az sayıda kısıt) mevcuttur. Başarının sırrı, bu kısıtların ve bu kısıtlar ile etkileşen sistemin yönetilmesinde yatar. (Abt ve diğ., 2002)

Kısıtlar Teorisi’nin yönetim kavramı, takip eden iki temel prensip ile özetlenebilir:

- Her sistem en az bir kısıt ile donatılmıştır.
- Sistemsel kısıt, gelişim için olanakları temsil eder. (Westerlund, 2001)

Kısıtlar, serbest karar değişkenlerinin olası kombinasyonlarını uygulanabilir alandaki değerler ile sınırlar. (Balderstone ve Mabin, 1998) Bu doğası gereği, kısıtların algılanmaları ve tanımlanmaları modelin çözümü için çok yüksek önem arz eder.

Ford Otosan'da aylık ve haftalık planları şekillendirirken, işin doğası gereği, pek çok kısıt ile uğraşma durumunda kalınmaktadır. Günlük bazda önem ve anlam arz eden kısıtlar aylık plan içerisine de yer almak durumundadır. Örneğin kaynak atölyesi için günlük bazda uyulması gereken günlük en fazla 70 adetlik Jumbo (Ekstra uzun şasili araç) kısıtı, aylık bazda kontrol edilmez ise ay içerisine yapılabilir adetlerin üzerinde bu özellikte bu araçlar birikir.

Bu yaklaşım açısı ile aylık plan haftalık planın bütün kısıtlarını, haftalık plan ise günlük planların bütün kısıtlarını ihtiva eder. Günlük plana inilirken daha az sayıda kısıt ile çalışılmak durumunda kalınır ki planlamanın yönetilmesi boyutunda büyük faydalar elde edilir.

Tedarikçilerden temin edilen parçalar genelde haftalık bazda kısıt arz eder. İmalatçılar, verilen haftalık sevkiyat planlarını kendi imalat şartlarının da hesaba katarak gerçekleştirir. Günler bazda ortaya çıkan farklılıklar stoklar ile dengelenir. Haftalık plan gerçekleştirilirken sağlanan imalatçı kısıtlarına tekrar günlük planda dikkate almak gereksiz bir çaba olacaktır.

Bu kapsamda günlük planları gerçekleştirilirken hesaba katılan kısıtlar genellikle Montaj Atölyesi ve Kaynak Atölyesi'nin kısıtlarıdır. Belirtilen bu kısıtlar da modeli basitleştirmek amacıyla elimine edilir. Günlük kısıtı 10 olan bir özellik için haftalık planda sadece 8 sipariş var ise bu kısıtı sisteme kısıt olarak tanıtmamanın hiçbir mantığı yoktur. Bütün adetler tek bir güne yığılsa bile (adetleri dengeli dağıtma talebi olmadığı durumlarda) hiçbir sorun yaşanmamaktadır.

Bir diğler kısıt azaltma alternatifi ise kısıtların ilişkilerini yönetmektir. Örneğın sadece İngiltere marketi için geçerli olan bir X özelliğı için verilen kısıt sağdan direksiyonlu araçlar için verilen kısıt kümesinin içinde yer almaktadır. X için belirtilen günlük kısıt sağdan direksiyonlu araçlar için verilen kısıttan daha yüksek ise X'i dizginlemek için bir çaba sarf etmek yersizdir. Sağdan direksiyonlu araçlar kısıtlandığında onun içerisinde yer alan X'de kısıtlanmış olacaktır. Gerçek hayatta kısıtlar arasında ilişkiler bu kadar basit değildir. Genelde detaylı araştırmalar neticesinde ilişkiler ortaya dökülmekte ve çözümler oluşturulmaktadır. Kısıtlar basitleştirilirken sadece bir kısıtın diğlerini kapsama durumu aranmaz. Bu noktadaki yaklaşım bir kısıt dizginlendiğinde herhangi başka bir kısıtında dizginlenip dizginlenmediğinin irdelenmesidir.

Bütün bu basitleştirmeler ve elemeler sayesinde çok kompleks bir yapıya sahip olan Transit aracını yüzlerce kısıt grubu; aylık planda 70–80 kısıt grubuna, günlük planda ise 20–30 kısıt grubuna indirilmiştir.

5.5.4. Araç türlerinin gruplanması

Klasik bir üretim haftasında Transit araç türünden 3200–3600, Connect araç türünden 2200–2500 arası araç üretilmektedir. Klasik bir atama modelinde (Transit ve Connect için ayrı ayrı) bütün bu araçların belirli günlere atandığı bir atama modeli gerekliliğı ortaya çıkmaktadır. “A” belirli bir haftaya atanması gereken araç sayısı, “B” bu haftada gerçekleştirilen üretim günü sayısı (genellikle 6 gündür) ise atama modeli $A \times B$ büyüklüğünde sıfır ve birlerden oluşan bir matris oluşturmaktadır.

Ford Otosan üretim adetleri ile bu matris Transit için 19200–21600, Connect için 13200–15000 hücreye sahip bir büyüklüğe ulaşmaktadır. Bu mertebede karar değışkenlerini yönetmenin, işlem süresi ve sistem gereksinimleri boyutunda pek çok sorun çıkaracağı aşıkardır.

Endüstriyel kullanımı olan çözücüler bu büyüklükteki modelleri çözmekte acze düşmektedir. Yüksek yatırımlar ile gerçekleştirilecek sistem iyileştirmeleri de gereksinim duyduğu uzun süreler sebebiyle esneklikten kaybettirmektedir.

Bütün bu olumsuzlukların doğal bir çıktısı olarak, modeli basitleştirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Burada kullanılan sistematik kısıtlar nezdinde benzer özellikler araçları gruplamaktır. Bu sayede atama modeli tamsayı modeline dönüştürülmekte ve karar değişkenleri sayısı belirgin bir şekilde azaltılmaktadır.

Sadece üç kısıt ile yönetilen bir sistemde kısıtlar nezdinde oluşturulabilecek araç çeşitleri aşağıda (Tablo 5.4: Araç gruplama sistematigi) listelenmiştir. Eğer bir araç belirli bir kısıttan etkileniyor ise ilgili hanenin değeri “1” etkilenmiyorsa “0” almaktadır.

Grupları daha kolay adlandırmak için “kod” adı verilen metinler oluşturulmuştur. Herhangi bir grup için oluşturulan kod sırasıyla o grubun kısıtlardan aldığı değerlerin art arda sıralanmasıyla oluşturulur. Örneğin birinci kısıttan etkilenmeyen ve kısıt 2 ve 3’den etkilenen Grup 4’ün kodu “011” olarak şekillendirilmektedir.

Tablo 5.4: Araç gruplama sistematigi

	Kısıt 1	Kısıt 2	Kısıt 3	Kod
Grup 1	0	0	0	000
Grup 2	0	0	1	001
Grup 3	0	1	0	010
Grup 4	0	1	1	011
Grup 5	1	0	0	100
Grup 6	1	0	1	101
Grup 7	1	1	0	110

Üç kısıtlı bir ortamda oluşturulabilecek maksimum grup sayısı 8 olarak ortaya çıkmaktadır (Tablo 5.4: Araç gruplama sistematigi). 6 çalışma gününde, günde 4 araç üreten örnek fabrikamız haftalık 24 araç üretmektedir. (Tablo 5.5. Araç gruplama sistematigi örneği)

Haftalık planda yer alan Araç 3, 4, 8, 10, 14, 20, 22 aynı gruba düşmeleri sebebiyle planlama boyutunda farklılık yaratmamaktadır. Araç 3’ü haftanın 1. gününe planlayıp Araç 8’i 2. güne planlamak ile Araç 8’i 1. güne planlayıp Araç 3’ü 2. güne planlamak kısıt yönetimi boyutunda bir fark yaratmamaktadır. Tamamen farklı

araçlar olmalarına rağmen kısıt yönetimi boyutunda bire bir aynı tanımlanmış araçlar planlama konusunda belirgin avantajlar yaratmaktadır.

Tablo 5.5: Araç gruplama sistematigi örneği

	Kısıt 1	Kısıt 2	Kısıt 3	Kod
Araç 1	0	0	0	000
Araç 2	1	0	0	100
Araç 3	0	1	0	010
Araç 4	0	1	0	010
Araç 5	1	0	1	101
Araç 6	0	0	0	000
Araç 7	1	0	1	101
Araç 8	0	1	0	010
Araç 9	1	0	0	100
Araç 10	0	1	0	010
Araç 11	1	0	1	101
Araç 12	1	0	1	101
Araç 13	0	1	1	011
Araç 14	0	1	0	010
Araç 15	1	1	1	111
Araç 16	0	1	1	011
Araç 17	1	0	1	101
Araç 18	1	1	1	111
Araç 19	1	0	0	100
Araç 20	0	1	0	010
Araç 21	0	0	1	001
Araç 22	0	1	0	010
Araç 23	1	1	1	111
Araç 24	1	1	0	110

Birinci durumda 6 çalışma gününe atanması gereken 24 araç için (24*6) 144 karar değişkeninden oluşan bir atama modeli kurulmalıdır. (Tablo 5.6: Örnek atama modeli)

Tablo 5.6: Örnek atama modeli

	Kısıt 1	Kısıt 2	Kısıt 3	Kod	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün
Araç 1	0	0	0	000	1					
Araç 2	1	0	0	100		1				
Araç 3	0	1	0	010					1	
Araç 4	0	1	0	010					1	
Araç 5	1	0	1	101		1				
Araç 6	0	0	0	000					1	
Araç 7	1	0	1	101				1		
Araç 8	0	1	0	010						1
Araç 9	1	0	0	100		1				
Araç 10	0	1	0	010						1
Araç 11	1	0	1	101			1			
Araç 12	1	0	1	101				1		
Araç 13	0	1	1	011					1	
Araç 14	0	1	0	010				1		
Araç 15	1	1	1	111	1					
Araç 16	0	1	1	011						1
Araç 17	1	0	1	101			1			
Araç 18	1	1	1	111			1			
Araç 19	1	0	0	100			1			
Araç 20	0	1	0	010	1					
Araç 21	0	0	1	001						1
Araç 22	0	1	0	010				1		
Araç 23	1	1	1	111	1					
Araç 24	1	1	0	110		1				

Gruplama sistematığı kullanılarak model, 8 grubun 6 güne atandığı 48 karar değişkenli bir tamsayı modeline dönüşmektedir. (Tablo 5.7: Tamsayı modeline dönüşüm)

Tablo 5.7: Tamsayı modeline dönüşüm

Kod	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	Toplam
000	1				1		2
001						1	1
010	1			2	2	2	7
011					1	1	2
100		2	1				3
101		1	2	2			5
110		1					1
111	2		1				3

Günlük planları şekillendirilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise araçların gönderileceği rotalar, bu rotalar ile ilintili gemiler ve bu gemilerin kalkış günleridir. Herhangi bir aracın, ceza matrisi vasıtasıyla, stokta yaşlanması hesaplanması ancak rotasının tariflenmesi ile mümkündür. Bu sebepten araçlar gruplanırken kısıtlar ile birlikte rotalar da belirleyici unsurlardır. Herhangi aracın aynı araç grubuna dahil edilebilmesi için kısıt bazında eşleniklik göstermesinin yanı sıra aynı rotalar (gemiler) ile sevk ediliyor olmaları gerekmektedir.

Bütün bu gruplama sistematığı sayesinde, mevcut rotalar ve gerçekleşen kısıt bileşimleri sayesinde 3200–3600 araç gruplanarak toplam farklı özellik sayısı 120–150 rakamlarına indirilmektedir. Bu iyileştirme sayesinde karar değişkeni sayısı belirgin bir şekilde azalmaktadır ve problem “MS Excel Solver” tarafından çözülebilir boyutlara indirilmektedir.

Planlamada kullanılan örnek gruplama aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Şekil 5.10: Ford Otosan örnek planlama grupları) Örnek olarak “ADRIATIC 01000000000000000000” grubuna dahil olan araçlar Adriatic rotasına sevk edilmektedir, COMAU kısıtından etkilenmemektedir, KUKA kısıtından etkilenmemektedir ve geri kalan diğer kısıtlardan etkilenmemektedir.

Grup	Rota	Comau	Kuka	CVF	Double Cab	Jumbo	Yeniköy Cab	Camper	AGKAC	Mag Door	Vbk mwb lr	FWD	RHD	BUMPER	Body 425	Jumbo Bus	Express Jumbo	Domestic Kombi	Domestic Bus	SVO
ADRIATIC 01000000000000000000	ADRIATIC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADRIATIC 01000000000000000001	ADRIATIC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ADRIATIC 01000000001000000000	ADRIATIC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
DOMESTIC 01000000000000000000	DOMESTIC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOMESTIC 0100000000000000010	DOMESTIC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
KIBRIS 01000000001000000000	KIBRIS	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-BOUND 01000000000000000000	NORTH-BOUND	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-BOUND 01000000000000000001	NORTH-BOUND	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NORTH-BOUND 01000000000010000000	NORTH-BOUND	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
NORTH-BOUND 01000001011100000000	NORTH-BOUND	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-BOUND 10000000000000000000	NORTH-BOUND	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-BOUND 10000000000000000001	NORTH-BOUND	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NORTH-WEST 01000000000000000000	NORTH-WEST	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-WEST 01000000000000000001	NORTH-WEST	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
NORTH-WEST 01000000001000000000	NORTH-WEST	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-WEST 01000000001010000000	NORTH-WEST	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
NORTH-WEST 10000000000000000000	NORTH-WEST	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NORTH-WEST 10010000000000000000	NORTH-WEST	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OTHER 100000000000100000	OTHER	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
WESTMED 10000000000000000000	WESTMED	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WESTMED 1000000000000100000	WESTMED	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
WESTMED 1000001000001000000	WESTMED	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
WESTMED 10010000000000000000	WESTMED	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 5.10: Ford Otosan örnek planlama grupları

5.5.5. Doğrusal tamsayı modeli

Gruplama sürecinden sonra 0–1 atama modeli doğrusal tamsayı modeline dönüşmektedir.

Tanımlama

Kod: Kısıtlar ve rotalar boyutunda gerçekleştirilen gruplama

İndisler

i (=1,...,6) haftanın üretim gün sayısı

j (=1...,N) kod numarası. N haftadan haftaya değişir.

k (=1, ...,P) haftanın farklı kısıt sayısı

Karar Değişkenleri

x_{ij} i gününe j kodundan planlanan araç sayısı

Parametreler

y_{ij} i gününe j kodundan atanan araç sayılarına tekabül eden yaşlanma gün sayısı

g_j j kodundan planlama yapılan haftada bulunan araç sayısı

u_i i günü üretilmesi gereken toplam araç sayısı

l_{ik} k kısıtının i günü üst limiti

$r_{kj} \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ grubu } k \text{ kısıtından etkileniyorsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$

Optimizasyon Modeli

$$\text{Min}Z = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^6 x_{ij} y_{ij} \quad (5.1)$$

$$\sum_{i=1}^6 x_{ij} = g^j \quad \text{tüm } j \text{ için} \quad (5.2)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = u_i \quad \text{tüm } i \text{ için} \quad (5.3)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} r_{ik} \leq l_{ik} \quad \text{tüm } i \text{ ve } k \text{ için} \quad (5.4)$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad \text{tüm } i \text{ ve } j \text{ için} \quad (5.5)$$

$$r_{kj} \in \{0,1\} \quad \text{tüm } k \text{ ve } j \text{ için} \quad (5.6)$$

(5.1) Model amaç fonksiyonu. Toplam yaşlanmayı en azlamak amaçlanmıştır

(5.2) Kod için haftalık araç sayısı garantilenmektedir.

(5.3) Günlük üretim adetleri garantilenmektedir.

(5.4) Günlük ikmal, üretim kısıtları sağlanmaktadır.

(5.5) Atama pozitif tamsayı kısıtı.

(5.6) Grup kısıt etkisi tariflenmektedir.

Model Özeti

- Toplam karar değişkeni sayısı Transit için 720-900 (haftalık bazda değişiklik arz eder) arasındadır. Connect için bu rakam 420-540 civarındadır. Bütün karar değişkenleri tamsayıdır.
- Modelde grupta iyileştirilmesi yapılmıyorsa bu rakamlar Transit için 19200–21600, Connect için 13200–15000 seviyelerine çıkacaktır.
- Transit için 250-300, Connect için ise 150-200 arası farklı kısıt vardır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Doğrusal problemlerin çözümünde gayet tatmin edici performans gösteren “MS Excel Solver” çözücüsü modeli, projeye konu olan çalışmada etkin olarak kullanılmaktadır. Gerek modelin doğrusal yapıda olması gerekse gruplama sistematığı ile problemin basitleştirilmesi sebebiyle, çözüm kısa sürelerde elde edilmektedir.

Bu noktada elde edilen bir önemli katma değer ise çözümün global optimum olmasıdır. Modelin doğrusal yapıya dönüştürülmüş olması sebebiyle global optimumu elde etme garantelenmiştir. (Yannover ve diğ., 2006)

“MS Excel Solver” çözümü elde edildikten sonra aşılması gereken bir diğer engel ise gruplar (kod) içerisinde yer alan araçların çözüm kümesi doğrultusunda günlere çizelgelenmeleridir.

Çözüm sadece hangi araç grubundan kaç aracın hangi güne atandığını belirtmektedir. Bu grup içerisinde bulunan spesifik bir aracın hangi güne atanması gerektiğini belirtmemektedir. Bu noktada ise yardımcı olarak “MS Excel” yazılımı üzerinde yürütülen “Visual Basic” yazılım dili kullanılmaktadır. Yazılan bir “makro” vasıtasıyla gruplar içerinden araçlar üretim günlerine birer birer atanmaktadır.

Çalışmanın diğer bölümlerinde de belirtildiği üzere, gruplama sistematığı doğrultusunda grup içerisinden herhangi iki aracın üretim günlerinin değiştirilmesi, kısıt ve planlama boyutunda herhangi bir fark yaratmamaktadır. Konu genel planlama süreci içeriğinde irdelendiğinde de hafta içerisinde gerçekleştirilecek bir değişiklik müşteri ve üretim gözüyle önem arz etmemektedir. Bu sebeple araçlarını tek tek günlere atanmasında hiçbir kısıt ile karşılaşılmamaktadır.

Çalışma, hizmet etmeyi öngördüğü bitmiş ürünün stokta bekleme süresini belirgin bir şekilde düşürmüştür. Projeye başlanmadan önce gerçekleşen teoride ortalamadaki 3.08 günlük bekleme plan yapılan haftaya bağlı olmak kaydıyla Transit modelinde teoride 1,5–2,5 gün, Connect modelinde arasında 1,4–2,3 gün arasında değişmektedir.

Modelin çıktıları ile gerçek hayat çıktıları birbirlerinden farklılık göstermektedir. Hem uygulama devreye alınmadan önceki durumda hem de uygulamaya alındıktan sonraki durumda belirsizlikler ve planlardan sapmalar mevcuttur. Örneğin, gemilerin sorunlar sebebiyle daha önceden belirlenen kalkış günlerinde kalkmaması modelde sapmalara sebebiyet vermektedir.

Ayrıca planlama süreci planlanan günün imalatından ortalama 1.5 ay önce gerçekleştirilmektedir. Bu zaman zarfında sistem içerisinde yer alan fabrika, imalatçılar ve müşteriler sebebiyle imalat ve planlarda gerçekleşen değişiklikler modelin etkinliğini sekteye uğratmaktadır.

Bütün bu bilgiler dahilinde uygulama öncesi döneme ait stokta bekleme süreleri Transit için 5.6-6.5 seviyelerinden 4.2-4.7 seviyelerine düşürülmüştür. Connect için ise iyileşme 4.6-5.0 seviyesinden 4.0-4.6 seviyesine olmuştur. Connect'te iyileşmenin Transit'e göre daha düşük olma sebebi ise Transit'ten farklı pazar yapısına sahip olmasıdır. Connect'te ihraç satışın büyük bir kısmı İspanya'ya gerçekleştirildiği için bu rota gemisinde gerçekleşen sapma iyileştirme etkisini belirgin bir miktarda azaltmaktadır. Transit'te ise adetlerinin rotalara görece daha dengeli dağılması sebebiyle tek bir etki sistemi bu kadar etkilememektedir.

Bu çalışmanın doğal bir çıktısı olarak herhangi bir anda stokta bekleyen ortalama bitmiş araç stoku da kayda değer bir mertebede iyileşmiştir. Stoklar ortalama 800 araç kadar iyileştirilmiştir. Bu iyileşme hem paranın stoka bağlanmaması, hem stok alanının boşaltılması, hem de operasyonel kolaylık hususlarında katma değer oluşturmuştur.

Proje hali hazırda Ford Otosan planlama sürecine entegre edilmiştir. Haftalık planlar şekillendirilirken proje kapsamından etkin bir şekilde faydalanılmaktadır. Bu noktada haftalık planları şekillendirirken sadece dengeleme prensibini kullanan diğer Ford Avrupa fabrikalarından bir adım öne geçmiştir.

Kapasite dengeleme prensibi ile talepleri karşılamada aşırı stok, atıl kalmalar ve aşırı yüklenmeler yaşanmamaktadır. (Bansal, 2003) Her ne kadar kapasite dengeleme yaklaşımı pek çok avantaj içerse de; çalışma, sağladığı faydalar ile bu prensibe etkin bir alternatif olmuştur.

Uygulama hali hazırda, sabitlenmiş gemi kalkış günleri varsayımına göre optimizasyon gerçekleştirmektedir. Her ne kadar gemi lojistiğini sağlayan şirketin en büyük müşterisi Ford Otosan olsa da şirket pek çok farklı yerli otomotiv şirketi ile de çalışmaktadır. Bu sebeple gemi kalkış günlerinin değiştirilmesi şu aşamada mümkün görünmemektedir.

Gemi kalkış günlerini değiştirerek daha iyi sonuçlar elde etme seçeneği de, ileri dönem çalışmalar için mümkündür. Lojistik tedarikçisi ve diğer otomotiv imalatçıların katılımı ile gerçekleştirilecek kombine bir çalışma sistemin iyileştirilmesi için fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abt C., Harries S., Hochkirch K., “Constraint Management for Marine Design Applications”, *FRIENDSHIP-Systems GmbH, Potsdam, Germany*, (2002)

Acar N., “Tam Zamanında Üretim”, *Ankara: MPM Yayınları*, 20, (1997)

Akın Ö., <http://www.ozyazilim.com/ozgur/marmara/karar/lineerprogramlama.htm> (2007)

Alan M. A., Yeşilyurt C., “Doğrusal Programlama Problemlerinin Excel ile Çözümü”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1 151 (2003)

Ashayeri J, Selen W., “A planning and scheduling model for onsertion in printed circuit board assembly”, *European Journal of Operational Research*, 183 909–925, (2007)

Balderstone S. J., Mabin V. J., “A Review of Goldratt’s Theory of Constraints (TOC)” , *Lessons from the International Literature*, (1998)

Bansal S., “Theory and Practice of Advanced Planner and Optimizer in Supply Chain Doman”, *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, (2003)

Beasley J. E., “Advances in Linear and Integer Programming”, *Oxford University Press*, (1996)

Bedir A., “Üretim Teknolojisindeki Gelişmenin Sanayinin Rekabet Gücüne Etkisi: Otomotiv Sanayii Örneği”, *Planlama Dergisi*, Özel sayı – DTP’nin Kuruluşunun 42. Yılı, (1998)

Bitran G. R., “A Simulation Model for Job Shop Modeling”, *A. P. Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology*, (1983)

Burken J. J., Lu P., Wu Z., “Reconfigurable Flight Control Designs with Application to the X-33 Vehicle”, *NASA-TM*,-1999-206582, (1999)

Chan F. T. S. , Au K. C., Chan P.L.Y., ” A decision support system for production scheduling in an ion plating cell”, *Expert Systems with Applications*, 30 727–738, (2006)

Chern C.C., Hsieh J.S. “A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives” *Computers & Operations Research*, 34 3491 – 3513, (2007)

Deuse J., Wong C. Y., “Pull Production Cycle-Time Under Varying Product Mixes”, *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, (2006)

Dikmen I., “Otomotiv Sektörü ve Rekabet Değerlendirme”, *Kalder, 15. Kalite Kongresi*, (2006)

Ergülen A, Kazan H., Kaplan M., “İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu için Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması” (1995)

Gagne C., Gravel M., Price W. L., “Solving Real Car Sequencing Problem with Ant Colony Optimization” *European Journal of Operation Research*, vol 174, 1427-1448 (2006)

Geyik F., Cedimoğlu İ. H., ” Yapay Zeka Çözüm Yaklaşımlarıyla Üretim Çizelgeleme”, *ODTU, YA/EM*, (1998)

Graves, Stephen C. “A Review of Production Scheduling”, *Operations Research*, 29(4), pp. 646-675, (1981)

Gnoni M.G., Iavagnili R., Mossa G., Mummolo G., Di Leva A., “Production planning of a multi-site manufacturing system by hybrid modelling: A case study from the automotive industry”, *Int. J. Production Economics*, 85 251–262, (2003)

Güner E., Karaca M. E., “Tam Zamanında Üretim Sisteminde Tedarikçi İlişkileri ve En İyi Parti Büyüklüğü Üzerine Bir Uygulama”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 19, No 4, 443-454, (2004)

Hermann, J. W., “Improving Production Scheduling: Integrating Organizational, Decision-Making, and Problem-Solving Perspectives”, *Industrial Engineering Research Conference, Orlando, Florida*, (2006)

Hillier F. S., Lieberman G. J., “Introduction to Operations Research”, *Introduction to Linear Programming*, 24-188 (1990)

İplikçi, S., “Lineer-olmayan Programlama Ders Notları”, *Pamukkale Üniversitesi*, (1995)

Koenigsberg E., Loya P., “Equality of Work Opportunity: A Linear Programming Application”, *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 29, No. 11, 1103-1108, (1978)

Naso D., Surico M., Turchiano B., Kaymak U., “Genetic algorithms for supply-chain scheduling: A case study in the distribution of ready-mixed concrete”, *European Journal of Operational Research*, 177 2069–2099, (2007)

Savelsbergh M. W. P., “Branch-and-Price: Integer Programming with Column Generation”, (2002)

Shan F., Ling L., Ling C., Jingping H., “Using MLP networks to design a production scheduling system”, *Computers & Operations Research*, 30 821–832, (2003)

Soman C.A., Donk D.P., Gaalman G.J.C.,” Capacitated planning and scheduling for combined make-to-order and make-to-stock production in the food industry: An illustrative case study”, *Int. J. Production Economics*, 108 191–199, (2007)

Song D. P., Hicks C., Earl C. F., “Dynamic Production Planning and Rescheduling for Complex Assemblies”, (1995)

Şen E., “Kobilerin Uluslararası Rekabet Güçlerini Arttırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi”, *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi, Gözden Geçirilmiş 2. Basım*, Ankara, (2006)

Şen. S., “Temel Üretim Yönetimi, (İlkeler ve Uygulamalar)” , *İşletme Yönetimi Bölümü, İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Neşriyat ve Yardım Bürosu*, Ankara, s:101, (1974)

Şenel M., “Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama”, *Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları*, No:110/64, Sevinç Matbaası, Ankara, s:9, (1974)

Tang L., Liu G., “A mathematical programming model and solution for scheduling production orders in Shanghai Baoshan Iron and Steel Complex”, *European Journal of Operational Research*, 182 1453–1468, (2007)

Türköz N. F., “Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması (Ispart Mensucat A.Ş.’nde Uygulama)”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı*, (2001)

Watson E. F., Medeiros D. J., Sadowski R. P., “A Simulation-Based Backward Planning Approach For Order-Release”, *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, (1997)

Westerlund M. C., “Theory of Constraints Revisited” *Leveraging Teamwork by Systems Intelligence*, (2001)

Winston W. L., “Operations Research, Applications and Algorithms”, *Duxbury Press, California*, 47-126, (1993)

Yanover C., Meltzer T., Weiss Y., “Linear Programming Relaxations and Belief Propagation – An Empirical Study”, *Journal of Machine Learning Research* 7, 1887–1907, (2006)

Yörükoğlu V., “Ford Otosan A.Ş. Araç Planlama Prosedürü - KPRMP-007”, *Ford Otosan A.Ş.*, (2007)

<http://web.mit.edu/15.053/www/AMP-Chapter-09.pdf>, “Integer Programming” (2007)

<http://www.ce.yildiz.edu.tr/mygetfile.php?id=1032> (2007)

<http://www-unix.mcs.anl.gov/otc/Guide/faq/linear-programming-faq.html#Q3> (2007)

Ek-A



FORD OTOSAN

PLAN DEĞİŞİKLİK FORMU

Model:	V34X	<input type="checkbox"/>	V227	<input type="checkbox"/>
Değişiklik Talep Tarihi:				
Sipariş Plan Durumu:				
Fili Plan Tarihi:				
Talep Edilen Plan Tarihi:				
Araç Tipi ve Adedi:				
Atılacak Araç Tipi ve Adedi:				
Alınacak Araç Tipi ve Adedi:				
Değişiklik Sebebi:				
Parça Alternatifi				
Premium Freight maliyet / olasılık:				
Alternatif kullanım maliyet / olasılık:				
İmalatçı fazla mesai maliyet / olasılık:				
Ürün Geliştirme Alternatifi:				
Yorumlar:				
Talep Eden		Talep Eden Amiri		
Malzeme Planlama Müdürü		Malzeme Planlama Mdr. Yrd.	Malzeme Planlama Mdr. Yrd.	

Ford Otosan plan değişiklik formu

Ek-B

	Ford of Europe MPL	Ford of Europe Programlama Departman	F&E Merkezli Sipariş Planlama Grubu	Ford of Europe PPM	Ford of Europe Satış Planlama	Ford Otosan Satış Planlama	Malzeme Planlama Departman	Sipariş Planlama Envanter ve Müşteri İlişkileri Müdür' Yordemliği	Yeni Projeler ve Kapalıta Planlama Müdür' Yordemliği	Yerli İmalat Departman	İthal İmalat Departman	PNS	Taahhüt, Proje, Kaynak, Bütçe, Maliyet, Alan, Maddeler, Üretim Planlama Yordemliği
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													

Ford Otosan planlama süreci akışı

Ek-D

MODEL	EOC	MONTHLY	DAILY	UNDATED COVERAGE RATIO	UNDATED DAILY RATE	UNDATED	01.05.2007	02.05.2007	03.05.2007	04.05.2007	05.05.2007	06.05.2007	07.05.2007	08.05.2007	09.05.2007	10.05.2007	11.05.2007	12.05.2007
WORKING DAYS		26,5	535				1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	1,13	1,13	1,13	1,13
OPPLAN & MPS		14.178	535															
FWD		4.580	173															
RWD		9.598	362															
DOMESTIC (MPS)		3.088	117															
EXPORT (MPS)		11.090	418															
TRANSIT																		
EXPORT	[76] NOT II	11.209	418			27.234	535	535	535	535	535		535	535	602	602	602	602
DOMESTIC	[76] IN (*)	2.969	117			3.304	95	95	95	95	95		95	117	132	132	132	132
COMAU																		
DOMESTIC LWB/SWB SCAB	[24] IN (*)	106	4	110%	4	117	255	255	255	255	255		255	230	259	259	259	259
DOMESTIC SWB/MWB SCAB	[24] IN (*)	928	35	99%	35	920	4	4	4	4	4		4	4	5	5	5	5
DOMESTIC LWB/SWB DCAB	[24] IN (*)	27	1	68%	1	18	35	35	35	35	35		35	35	39	39	39	39
DOMESTIC SWB/MWB DCAB	[24] IN (*)	133	5	109%	5	144	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
EXPORT EWB/LWB/MWB/SWB S/CAB	[24] IN (*)	2.007	61	118%	61	2.358	5	5	5	5	5		5	5	6	6	6	6
EXPORT EWB/LWB/MWB/SWB D/CAB	[24] IN (*)	1.214	39	189%	39	2.293	126	126	126	126	126		126	61	69	69	69	69
EXPORT CAMPER	[32]+[33] I	398	15	140%	15	558	69	69	69	69	69		69	39	44	44	44	44
DOMESTIC JUMBO VAN	[34] IN (*)	287	14	106%	15	304	0	0	0	0	0		0	14	16	16	16	16
DOMESTIC JUMBO BUS	[34] IN (*)	164	8	109%	9	178	0	0	0	0	0		0	8	9	9	9	9
EXPORT JUMBO VAN	[34] IN (*)	800	39	201%	78	1.609	0	0	0	0	0		0	39	44	44	44	44
EXPORT JUMBO BUS	[34] IN (*)	185	9	134%	12	247	0	0	0	0	0		0	9	10	10	10	10
KUKA																		
EXPORT VAN	[24] IN (*)	4.620	180	286%	498	13.193	280	280	280	280	280		280	305	343	343	343	343
EXPORT VAN (CVF)	[24] IN (*)	1.325	50	393%	196	5.207	155	155	155	155	155		155	180	203	203	203	203
DOMESTIC VAN	[24] IN (*)	530	20	122%	24	645	50	50	50	50	50		50	50	56	56	56	56
EXPORT KOMBI	[24] IN (*)	530	20	276%	55	1.465	20	20	20	20	20		20	20	23	23	23	23
DOMESTIC KOMBI	[24] IN (*)	477	18	121%	22	575	18	18	18	18	18		18	18	20	20	20	20
EXPORT BUS	[24] IN (*)	133	5	229%	11	304	5	5	5	5	5		5	5	6	6	6	6
DOMESTIC BUS	[24] IN (*)	318	12	127%	15	403	12	12	12	12	12		12	12	14	14	14	14
BODY SHIP																		
TOTAL DCAB	[24] IN (*)	1.373	45	179%	93	2.495	75	75	75	75	75		75	45	51	51	51	51
TOTAL JUMBO BUS	[34] IN (*)	472	17	90%	16	425	0	0	0	0	0		0	23	26	26	26	26
TOTAL JUMBO	[24] IN (*)	1.435	70	163%	88	2.338	0	0	0	0	0		0	70	79	79	79	79
YENIKOY CAB	[24] IN (*)	1.050	40	100%	40	1.064	40	40	40	40	40		40	40	45	45	45	45
A / C (KONVEKTA)	[(44)] IN (*)	265	10	0%	0	0	10	10	10	10	10		10	10	11	11	11	11
BUS M2 BCWAB	[24] IN (*)	530	20	57%	11	304	20	20	20	20	20		20	20	23	23	23	23
KOMBI M1 + BUS M2	[24] IN (*)	2.385	90	83%	75	1.983	90	90	90	90	90		90	90	101	101	101	101
AKAC REAR CARGO DOOR-LIFTGATE	[61] IN (*)	663	25	134%	33	885	25	25	25	25	25		25	25	28	28	28	28
VBK BODY/DCIV BYFAH (REAR SEAT FIXINGS TO 2)	[24] IN (*)	212	8	2%	0	4	8	8	8	8	8		8	8	9	9	9	9
VBK MMB LOW ROOF	[24] IN (*)	663	25	210%	53	1.393	25	25	25	25	25		25	25	28	28	28	28
DCAB BYBCC (SEC ROW QUAD STOWAGE)	[24] IN (*)	530	20	118%	24	628	20	20	20	20	20		20	20	23	23	23	23
4.25 VEHICLES	[(34)] IN (*)	144	7	243%	13	348	0	0	0	0	0		0	7	8	8	8	8
JUMBO DCIV	[24] IN (*)	205	10	6%	0	13	0	0	0	0	0		0	10	11	11	11	11
EXPRESS DELIVERY VEHICLES-COMAU	[32]+[33] I	164	8	63%	4	103	0	0	0	0	0		0	8	9	9	9	9
REAR DOOR CATCH MAGNETIC-COMAU	[(24)] IN (*)	410	20	140%	22	574	0	0	0	0	0		0	20	23	23	23	23
OPPLAN																		
FWD	[35] IN (*)	4.580	170	360%	622	16.478	170	170	170	170	170		170	170	191	191	191	191
RWD	[35] IN (*)	9.598	365	146%	530	14.058	365	365	365	365	365		365	365	411	411	411	411
2T FWD	[34] IN (*)	1.696	64	583%	373	9.890	64	64	64	64	64		64	64	72	72	72	72
1T FWD Domestic	[34] IN (*)	212	8	92%	7	196	8	8	8	8	8		8	8	9	9	9	9
1T FWD Export	[34] IN (*)	2.672	98	239%	241	6.352	98	98	98	98	98		98	98	110	110	110	110
TRANSMISSION																		
MT82 Export	[36] IN (*)	4.452	168	197%	331	8.772	168	168	168	168	168		168	168	189	189	189	189
MT82 Domestic	[36] IN (*)	583	22	115%	25	670	22	22	22	22	22		22	22	25	25	25	25
MT75 Export	[36] IN (*)	2.243	87	97%	82	2.178	87	87	87	87	87		87	87	98	98	98	98
MT75 Domestic	[36] IN (*)	2.332	88	105%	92	2.438	88	88	88	88	88		88	88	99	99	99	99
VTX75 (2.2L)-Export	[35] IN (*)	4.395	163	371%	614	16.282	163	163	163	163	163		163	163	183	183	183	183
VTX75 (2.2L)-Domestic	[35] IN (*)	186	7	106%	7	196	7	7	7	7	7		7	7	8	8	8	8
TUROD																		
130 & 140 PS (FWD&RWD)-HTT	[36] IN (*)	0		#DIV/0!	410	10.866	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
DOM&EXP (Except 130&140 PS; Gasoline)-MHI	[36] IN (*)	0		#DIV/0!	736	19.506	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
GASOLINE	[36] IN (*)	80	3	137%	4	109	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3
SCIN																		
A/C	[44] IN (*)	5.963	225	268%	604	15.993	225	225	225	225	225		225	225	253	253	253	253
VISIBILITY PACK	[63] IN (*)	3.048	115	131%	151	3.999	115	115	115	115	115		115	115	129	129	129	129
BUSMAT / SWBMMB&LWB / EXPORT	[68] IN (*)	2.014	76	190%	145	3.835	76	76	76	76	76		76	76	86	86	86	86
BUSMAT / EWB / EXPORT	[68] IN (*)	318	12	103%	12	328	12	12	12	12	12		12	12	14	14	14	14
FIBERGLASS TRANSLUCENT TOP	[39] IN (*)	265	10	0%	0	0	10	10	10	10	10		10	10	11	11	11	11
HIGH ROOF	[61] IN (*)	4.240	160	218%	348	9.234	160	160	160	160	160		160	160	180	180	180	180
CAR TRIM SEAT	[24] IN (*)	196	7	339%	24	609	7	7	7	7	7		7	7	8	8	8	8
VAKUM BORUSU (6C11-2A152-DC)	[36] IN (*)	5.963	225	134%	301	7.965	225	225	225	225	225		225	225	253	253	253	253
RHD (MAX)	[35] IN (*)	5.300	200	106%	211	5.600	200	200	200	200	200		200	200	225	225	225	225
ROOF MTD CLIMATE CTRL- HI PERF (GIEAE)	[44] IN (*)	0		#DIV/0!	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
FRONT BUMPER PLASTIC BODY COLOR	[60] IN (*)	1.723	65	149%	97	2.568	65	65	65	65	65		65	65	73	73	73	73
SEM ALUMINUM SIDE FLOAT (SCATTOLINI)	[57] IN (*)	928	35	141%	49	1.311	35	35	35	35	35		35	35	39	39	39	39

Aylık master plan – Transit

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokulu Yozgat Boğazlıyan'da, ortaokul ve liseyi Kocaeli'de tamamladı. 1997 yılında girdiği Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden 2002 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

2004 yılından beri Ford Otosan A.Ş. şirketi Kocaeli Fabrikası Malzeme Planlama Müdürlüğü'nde Planlama Mühendisi olarak görev almaktadır.