

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**EKONOMETRİ PROGRAMI**

**TAM SAYILI PROGRAMLAMA MODELİNİN ÜRETİM PLANLAMASI  
AMACIYLA SANAL BİR OTOMOBİL FABRİKASINA UYGULANLAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Melih YÜCESAN**

**EYLÜL - 2012**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**TAM SAYILI PROGRAMLAMA MODELİNİN ÜRETİM PLANLAMASI  
AMACIYLA SANAL BİR OTOMOBİL FABRİKASINA UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MELİH YÜCESAN**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hilmi ZENGİN**

**EYLÜL - 2012**

**TRABZON**

## ONAY

Melih Yücesan tarafından hazırlanan Tam Sayılı Programlama Modelinin Üretim Planlaması Amacıyla Sanal Bir Otomobil Fabrikasına Uygulanması adlı bu çalışma 14/09/2012 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda (*oybirliği/oyçokluğu*) ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Ekonometri Anabilim dalında **yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hilmi ZENGİN (Başkan-Danışman)

Prof. Dr. Birdoğan BAKİ

Yrd. Doç. Dr. Tuba Yakıcı AYAN

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım. ... / ... / ....

Prof. Dr. Ahmet ULUSOY  
Enstitü Müdürü

## **BİLDİRİM**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

**Melih Yücesan**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada sanal bir otomobil fabrikasında tam sayılı programlama modeli kullanılarak üç farklı modelden ne kadar üretilebileceği hakkında tahminler yapılmıştır. Bu tahminler doğrultusunda bu çalışmanın amacı fabrikanın üretim imkanlarını belirlemektir.

Bu çalışma K.T.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında Prof. Dr. Hilmi Zengin yönetiminde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın hazırlanmasında desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Hilmi Zengin'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Melih YÜCESAN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
GİRİŞ.....	1-2

## BİRİNCİ BÖLÜM

1. LİTERATÜR .....	3-6
--------------------	-----

## İKİNCİ BÖLÜM

2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA, TAM SAYILI PROGRAMLAMA VE ÜRETİM PLANLAMASI .....	7-14
2.1. Doğrusal Programlama .....	7
2.2. Tamsayılı Programlama.....	9
2.2.1. Tam Sayılı Doğrusal Programlama Problemlerinin Çözüm Yöntemleri .....	11
2.2.1.1. Grafikselsel Çözüm Yöntemi .....	11
2.2.1.2. Gomory' nin Kesme Düzlemi Yöntemi .....	11
2.2.1.3. Dal Sınır Yöntemi .....	12
2.3. Üretim Planlaması .....	13
2.3.1. İşletmelerde Üretim Planlamasının Faydaları.....	15

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DOĞRUSAL TAM SAYILI PROGRAMLAMA MODELİNİN KURULMASI VE ÜRETİM ÇIKTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	17-34
3.1. Doğrusal Tam Sayılı Programlama Modelinin Kurulması.....	17
3.1.1. Dişli Kutusu Üretimi.....	20
3.1.2. Araçların Gövdelerinin Oluşturulması.....	22
3.1.3. Araçlara Kaynak İşlemi Uygulaması .....	26
3.1.4. Şase Departmanında Üretim .....	27

3.1.5. Araçların Son Montajının Yapılması .....	28
3.2. Lingo Paket Programının Kullanımı.....	30
3.3. Üretim Çıktılarının Değerlendirilmesi.....	34
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>35</b>
<b>YARARLANILAN KAYNAKLAR.....</b>	<b>37</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>41</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>56</b>

## ÖZET

Üretime başlanmadan önce planlama yapmak gerek tasarruf gerekse kar maksimizasyonu için kilit rol oynamaktadır. Günümüzün rekabetçi koşullarında sadece üretim planlamasını iyi yapan şirketler ayakta kalabileceklerdir.

Çalışmanın amacı tam sayılı programlama yöntemini kullanarak, üretime başlanmadan önce fabrikanın imkanları doğrultusunda hangi üründen ne kadar eksiksiz bir biçimde üretilebileceğini belirlemektir. Plansız bir üretim yapılırsa ortaya tamamlanamamış mamuller, gereksiz miktarda işgücü kullanımı ve hammadde israfı ortaya çıkacaktır.

Çalışmanın teorik kısmında doğrusal programlama, tam sayılı programla ve üretim planlaması incelenmiştir.

Çalışmanın uygulama kısmında sanal bir otomobil fabrikasında tam sayılı programlama yöntemi uygulanmıştır. Problem 8 alt probleme ayrılıp üretim mantığındaki sırada gözetilerek lingo paket programı ile çözülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrusal Programlama, Tam Sayılı Programlama, Üretim Planlaması



## **ABSTRACT**

Planning before starting production plays a key role in both maximization of profit and retrenching. In today's competitive conditions only the companies which could make a good production plan will be able to survive.

The aim of this study is to determine how much complete production can be produced from which product in accordance with the bounds of possibility of the factory using the integer programming method. If an unplanned production is made, uncompleted products, unnecessarily used workforce and waste of raw materials will appear.

In the speculative part of the study the structure of linear programming integer programming and production planning reviewed.

In the practice part of the study, the integer programming method is applied in an virtual car factory. when adopting the method the complex production of producing cars is simplified with certain acknowledgements. The problem is solved with lingo packet programme by dividing it into 8 sub-problems while protecting the sequence in production logic.

**Key Words:** Linear Programming, Integer Programming, Production Planning

## GİRİŞ

İşletmeler hedeflerine ulaşabilmesi gün geçtikçe karmaşıklaşan ve çoğalan problemleri çözmelerine bağlıdır. Bu problemlerin çözümü için yöneylem araştırması tekniklerinin kullanımı ihtiyaç olarak doğmuştur.

Yapılan bu çalışmada sanal bir otomobil fabrikasında 3 farklı model araç üretileceği varsayımı yapılmıştır. Bilindiği gibi otomobil üretim süreci çok kompleks bir yapıdadır. Bu nedenle üretim süreci doğrusal programlamaya uygun düşecek şekilde belirli kabullerle sadeleştirilmiştir.

Model oluşturulurken üretim mantığı gözetilmiştir, bu yüzden model 8 alt modele bölünmüştür. Her bir alt model üretim mantığı sırası gözeterek çalıştırılmış elde edilen maksimum değerler bir sonraki alt modelde üretim kısıtı olarak kullanılmıştır. Çalışmada 97 farklı değişken kullanılmıştır. Bütün değişkenlerin hangi görevde kullanıldığı açıklanmıştır.

Çalışmada kullanılacak verilerin gerek ticari sır olması gerekse bu verilere ulaşım zorluğu nedeniyle gerçek veriler kullanılamamıştır.

Otomobil üretimi birçok farklı işlemden oluştuğu için plansız üretim halinde belirli bir süre sonucunda elde tam olarak tamamlanmamış otomobillerin kalması olasıdır. Bu çalışmanın amacı, üretime başlanmadan önce hangi modelden ne kadar üretilbileceğinin tahminini yapmaktır. Böylece işgücü, hammadde ve depolama maliyetlerinde önemli miktarda tasarruf sağlanacaktır. Değişen piyasa koşulları ve sağ taraf sabitlerinin değişiminde modeldeki katsayılar değiştirilerek model kolayca değişen koşullara uyum sağlayabilecektir.

Çalışmanın literatür bölümünde tam sayılı programlama ve üretim planlamasıyla ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde doğrusal programlama, tamsayılı programlama ve üretim planlaması hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümü uygulama bölümüdür, sanal bir otomobil fabrikasında belirli varsayımlar altında hangi modelden ne kadar üretilebileceği hakkında tahminler yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümde lingo paket programının nasıl kullanılacağı açıklanmıştır.

Çalışmanın son bölümünde uygulama sonuçlarının değerlendirmeleri yapılmış, önerilerde bulunulmuştur.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. LİTERATÜR

R.N. Adams ve diğeri (1974), enerji dağıtım şebekesinde kullanılacak olan transistörlerin kapasitesini belirlemek amacıyla tam sayılı programlamadan yararlanmışlardır. Çalışmada sabit maliyetli ulaştırma modelini kullanmışlardır. Bu modele şebekenin güvenlik maliyetini ve enerji iletimi sırasında oluşacak olan kayıpların maliyetleri de eklemiştir. Hem tek periyotta hem de birden çok periyotta model denemiştir. Modelin çözümünde dal ve sınır tekniğinden faydalanmışlardır. Çalışmanın sonucunda enerji dağıtım şebekesi için kullanılması gereken transistörlerin kapasitesi 132 kv olarak belirlenmiştir.

Türköz (2001), doğrusal programlama tekniğini kullanarak üretim planlaması yapmıştır. Uygulama yeri, Isparta Mensucat İplik Fabrikası Boyahanesi'dir. Her iplik boyahanesinde kolayca uygulanabilecek iki ayrı model önerisinde bulunmuştur. Bu iki model, Isparta Mensucat İplik Fabrikası Boyahanesi'nde üretim planlaması yapılarak, doğrusal programlama metodu ile çözüme ulaştırılmıştır. Gelen siparişler doğrultusunda çalışan iplik boyahanesinde olabilecek üretim kayıpları önlenerek maksimum kalitede iplik üretimi sağlanmıştır.

Korkmaz (2004), küme örtüleme yaklaşımı ile yangın gözetleme noktalarının belirlenmesi amaçlamıştır. Yangın gözetleme kulesi yapım maliyetleri hesaplamak için 0-1 tam sayılı programlama modelini kullanmıştır. Bu modelin çözülerek, coğrafi ve ekonomik açıdan optimum gözetleme noktaları belirlenmiştir.

Wu ve Lai (2004); kargo firmasının, havayolu firmalarından konteynırları nasıl seçmesi gerektiğini ve kargoları bu konteynırlara nasıl yerleştirmesi gerektiğini belirleyebilmek için karma tamsayı doğrusal programlama modelini kullanmışlardır.

Sueyoshi (2004), diskriminant analizi ile standart tam sayılı programlama modeli ve iki aşamalı tam sayılı programlama modelini kullanarak sınıflandırma başarılarını incelemiştir. Japon bankalarından elde ettiği veriler üzerinde de uygulamasını yapmıştır.

Keçek (2005), bir dişli işletmesinde belirlenen kısıtlayıcılar ve hedefler doğrultusunda bir tamsayı hedef programlama modeli geliştirmiştir. Model QS ve WINQSB yazılımları ile çözülmüştür. Karar vericiye yardımcı olacak bir üretim planı oluşturmuştur.

Ergülen ve Kazan (2005), firma dağıtım maliyetini tamsayı doğrusal programlama yöntemiyle minimize edilmesini hedef olarak belirlemişlerdir. Gıda sektöründe örnek olarak seçilen firmanın dağıtım sistemindeki planı belirlenerek dağıtım maliyetleri tespit edilmiş ve bu dağıtım sistemi ve firma değerleri esas alarak modeli oluşturmuşlardır. Kurulan model dağıtım maliyetlerini minimize edecek ve yapılacak dağıtımda firmaya tasarruf sağlayacak matematiksel modeller olarak formülize etmişlerdir. Modelle yapılan dağıtım maliyetlerinin mevcut maliyeti minimize ettiğini gösteren bu çalışma sonucu maliyetlerin minimize edilmesinde tam sayılı doğrusal programlama ile kurulan matematiksel modellerin daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

Doğanlı (2006), sermaye bütçeleme problemlerinin çözümünde kullanılan ileri matematiksel programlama tekniklerinden birisi olan tamsayı programlama metodunu kullanarak 2001 yılındaki fabrika veriler yardımıyla, EBA tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. için uygun olan projelerin kabulüne ve uygun olmayan projelerin reddine karar vermiştir.

Haklı (2006), IMKB internet sitesinde hazırlanan verileri kullanarak tamsayı doğrusal programlama modeli oluşturmuştur. Oluşturulan optimal portföy yine IMKB internet sitesinden alınan 2005 dönemi sonu fiyatlar ile test edilmiştir. Yatırım miktarı olarak 1000 YTL ile optimal portföy oluşturulmuştur.

Çevik (2006), Tokat il merkezinde faaliyet gösteren bir işletmede Tam Sayılı Doğrusal Programlama yardımıyla işletmeye minimum maliyeti sağlayacak işgücü planlaması yapmıştır.

Ergülen ve Kazan (2007), bütün işletmeler için rekabetin önemli olduğu pazar faaliyetleri sırasında, ulaşım politikasıyla ilgili olan dağıtım maliyetini minimize etmeyi sağlayacak tam sayılı doğrusal programlama modeli oluşturmayı hedeflemiştir. Çalışma sonucu, işletmelerin genel finansman yapısının modeller kullanılarak daha iyi konuma geleceğini göstermektedir.

Bakır ve Aksop (2008), üniversitelerde ders çizelgesinin hazırlanmasında 0-1 tam sayılı doğrusal programlama modeli uygulaması yapmışlardır. Çalışmanın amacı öğrenci ve öğretim görevlilerinin memnuniyetsizliğini ortadan kaldırmaktır.

Yetişken (2009) yaptığı çalışmada karar değişkenlerinin tam sayı çıkması istendiği için tam sayılı programlamayı kullanmıştır. Elektrik Ark Ocaklı ve Pota Fırınlı bir çelik üretim tesisinde 4140 çeliği için optimum şarj miktarlarını belirlemiştir.

Gencer ve diğerleri (2009), insansız hava araçlarının rota planlaması için bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Rotalama probleminde, zaman penceresi, rüzgâr etkisi ve araç sayısı kısıtları altında 25 hedef noktaya kadar optimal çözüm elde etmişlerdir. Karar destek sisteminde optimal rotayı hesaplamak için tam sayılı programlama modeli kurmuşlar; modeli çözmek için de GAMS (General Algebraic Modeling System) matematiksel programlama yazılımı kullanmışlardır.

Patır (2009), tam sayılı programlamanın genel özellikleri ve çeşitlerini incelemiştir. Uygulama alanı olarak, Malatya Maksan Transformator işletmesi seçilmiştir. İşletmenin aylık üretim planlanması yapılarak, optimal üretim birleşimi elde edilmiştir. Bu plan sayesinde minimum maliyetle üretim yapılmıştır.

Demirdöğen ve Güzel (2009) Erzurum da faaliyet gösteren Ergaz Sanayi ve Ticaret A.Ş de bir uygulama çalışması yapmışlardır. Burada işletmedeki mevcut işler ve mevcut personelin nitelikleri tespit edilip, mevcut işlere en uygun üretim planlamasının nasıl olması gerektiğine yönelik bir uygulama yapmışlardır. Elde edilen sonuçları, işletmedeki mevcut durum ile karşılaştırmışlardır.

Çetindere ve diğeri (2010), siparişe göre çalışan ve çok farklı niteliklerde ürün üretimi gerçekleştiren bir konfeksiyon işletmesinin kısıtlı kaynaklarına (makine, işgücü, hammadde) ait sayısal verilerle üretim planlama modelini, doğrusal programlama yaklaşımı ile kurmuşlardır. Kurulan matematiksel modelin WinQSB 1.0 adlı paket programda çözümlenmesiyle amaç fonksiyonu olan maksimum kârın işletmenin, tek tip ürün üretmesiyle ya da daha fazla sipariş almasıyla sağlanacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Şenol (2011), menü planlama probleminin çözüm önerisinde, yöneylem araştırması modellerinden biri olan 0-1 tamsayılı programlama modeli kullanılmıştır. Modelin oluşturulması aşamasında, karar değişkeni olarak 77 çeşit yemeğin yıl içerisinde hangi gün hangi öğün verilmesi gerektiği saptanmış, bu yemeklerin her birinin enerji ve besin öğeleri değerleri belirlenmiş ve yiyecek maliyetleri hesaplanmıştır. Modelde menü planlama kuralları yapısal kısıtlar olarak tanımlanmıştır. Çalışmanın amacı; menü planlama problemlerinde istenebilecek her duruma karşı yaşanan hata ve yanlışlıkları ortadan kaldırmaktır.

Liu ve Ma (2011), arı kolonilerinin besin arama süreci tam sayılı programlama modeliyle incelediler. Araştırma sonuçlarına göre arıların besin arama süreci tam sayılı programlama metoduyla diğer algoritmalara göre daha iyi bir şekilde ifade edilebileceğini belirttiler.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA, TAM SAYILI PROGRAMLAMA VE ÜRETİM PLANLAMASI

#### 2.1. Doğrusal Programlama

Çalışma tam sayılı programlamayla ilgilidir. Ancak tam sayılı programlama doğrusal programlamadan türetildiği için bu başlıkta doğrusal programlamanın kısa tanıtımı yapılacaktır.

Doğrusal programlama eldeki sınırlı kaynakların en iyi dağılımını belirlemek için Kullanılan matematiksel bir tekniktir (Doğan, 1995: 552).

Doğrusal programlama belirli bir amacı gerçekleştirmek için sınırlı kaynakların etkin kullanımını ve çeşitli seçenekler arasında en iyi dağılımı sağlayan matematiksel bir modeldir (Sarıaslan, 1990: 56).

Doğrusal programlama kavramı ilk olarak Sovyet matematikçisi A. N. Kolmogorov tarafından II. Dünya Savaşı yıllarında geliştirilmiştir. Başlangıçta askeri alanda uygulanan doğrusal programlama tekniği, daha sonraki yıllarda endüstride yaygın kullanım alanı bulmuştur. Doğrusal programlama konusundaki ilk uygulama 1945'te Stigler tarafından gerçekleştirilen ve "Diet Problemi" olarak bilinen problemdir. 1947'de G. Dantzig tarafından geliştirilen "Simpleks Yöntem", doğrusal programlama konusundaki en büyük gelişmelerden biridir. Daha sonraki yıllarda birbirinden çok farklı alanlarda uygulanma imkânı bulunan doğrusal programlama "sınırlı kaynakların alternatif faaliyetler arasında en uygun şekilde tahsisi" olarak tanımlanmaktadır. Doğrusal programlama uygulama alanları; portföy yönetimi problemleri, taşımacılık, tarımsal planlama, üretim stok kontrol, mamul karışım, makine-işgücü atama, işgücü programlama, pazarlama, doğal kaynakların ülke ihtiyaçlarına uygun şekilde tahsisi ve radyoterapi tedavi problemlerini sayabiliriz. Doğrusal programlama uygulamalarına yukarıda sayılan birbirinden çok farklı alan örnek verilebilir.



İşletmecilikte kaynakların optimum şekilde yönetilmesi başlı başına önemli bir sorundur. İşletmeler, ürünleri için gereken kaynakları tedarik ederken gereğinden fazla kaynağa (atıl kapasite yaratacak kaynaklara) ödeme yapmak istemeyeceklerdir. Aynı şekilde bir mamul veya hizmet üretirken de kullanılan hammadde, işgücü, makine saati ve sermaye gibi üretim için gerekli tüm kaynakların da en uygun biçimde tahsisi amaçlanacaktır. İşletmelerde üretim gerçekleştirilirken, kaynakların alternatif faaliyetler arasında en uygun şekilde tahsisi, işletmenin amaçları doğrultusunda gerçekleştirilmelidir. İşletmeler üretecekleri ürünlerden ortaya çıkacak karı maksimize etmeye (veya ürünlerinin maliyetini minimize etmeye) çalışırlar. İşletmenin amacı doğrusal programlama probleminde bir amaç fonksiyonu ile temsil edilmektedir. Z(maks) veya Z(min) olarak ifade edilen amaç fonksiyonları işletmenin bir sürecini ya da işlemini kendisine en büyük faydayı sağlayacak değişkenlerin kendi aralarındaki ilişkiye göre tanımlanır (Timor, 2001: 1-2).

Matematiksels programlama; genellikle sınırlı bir çevrede bir fonksiyonu maksimize etmek (kar, beklenen gelir, etkinlik gibi) veya minimize etmek (maliyet, zaman, mesafe gibi) istediğimiz optimizasyon problemleri ile ilgilenen bir işletme dalıdır. En geniş kullanılan matematiksels programlama modelleri, doğrusal programlama modelleridir. Doğrusal programlama modeli; bir grup doğrusal sınırlılıklara bağlı olarak doğrusal amaç fonksiyonunun maksimize veya minimize edilmesini araştıran bir modeldir (Yetişken, 2009: 2).

Doğrusal programlamanın kanonik formu

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n c_{ij} X_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} X_{ij} \geq b_i$$

$$X_i \geq 0 \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde oluşturulur. Burada,  $c_i$  amaç fonksiyonu karar değişkeni katsayıları,  $a_j$  karar değişkeni katsayıları,  $x_j$ , karar değişkenleri,  $b_i$  arzu edilen seviye veya  $i$ . hedef için hedeflenen değer,  $n$ , karar değişkenlerinin toplam sayısı,  $m$  ise toplam kısıt sayısıdır.

## 2.2. Tamsayılı Programlama

Doğrusal programlama problemlerinin çözüm sonuçları, çoğunlukla, tam sayı olmayan rastgele pozitif sayılardır. Ancak pratikte, sonuçların tamsayılar olmasını gerektiren birçok problem bulunmaktadır. Örneğin; otomobil, buzdolabı, takım tezgâhları v.b. üretiminde üretilecek miktarların pozitif tamsayılarla (0, 1, 2, 3, 4 ) ifade edilmesi gerekir. Böylesi mamullerin, doğrusal programlama yöntemlerinden yararlanılarak üretilecek miktarların saptanmasında tamsayılı programlama kullanılır (Tulunay, 1987: 491).

Tam sayılı doğrusal programlama, değişkenlerinden bazılarının veya tamamının tam sayılı (ya da kesikli) değerler aldığı bir doğrusal programlama türüdür (Ulucan, 2004: 211).

Tam sayılı programlama; normal olarak sürekli biçimde tanımlanan karar değişkenlerinin kesikli değerler alan, karar değişkenleri biçimde tanımlandığı, gerçek problemlerin doğası gereği en sık karşılaşılan durumlara çözüm arar. Bu durum hem problemlerin modellenmesinde ve hem de modellerin problem çözümünde kullanılmasında, etkin ve hızlı çalışan algoritmalar gereksinimini beraberinde getirmiştir (Altunkaynak ve Bakır, 2003: 148).

Doğrusal programlama modeli ile tamsayılı doğrusal programlama arasındaki fark, Doğrusal Programlama modelinde karar değişkenlerinin sıfır ve sıfırdan büyük olma koşulu aranırken, tam sayılı doğrusal programlama da değişken değerlerinin sıfıra eşit ve sıfırdan büyük tam sayı almaları şartının istenmesidir (Bronson, 1982: 54).

Genel olarak tam sayılı doğrusal programlama probleminin matematiksel ifadesi şu şekilde gösterilir (Yılmaz, 1995: 149).

$$\text{Min}Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{Kısıtlayıcılar} \quad \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i$$

$x_j=0,1,2\dots$  tam sayı ( $j=1,2,\dots,n$ )

Tam sayılı doğrusal programlama modeli, değişkenlerin alacağı tam sayı değerlerine göre iki kategoride incelenir (Doğan, 1995: 144).

1. Karma tamsayı programlama; n tane karar değişkeninden k tanesi için tam sayı olma koşulu, n-k tanesi için pozitif olma koşulu vardır.
2. Saf (tüm-tamamen) tamsayı programlama; Karar değişkenlerinin tamamının tam sayı değer alması durumudur.

Saf tamsayı modeller de tam sayılı değişkenlerin alabilecekleri değerler itibariyle ikiye ayrılırlar. Tam sayılı değişkenler, kısıtların izin verdiği ölçüde her pozitif tam sayı değeri alabiliyorsa pozitif modeller, sadece 0 ve 1 değerlerini alabiliyorlarsa sıfır-bir modeller olarak adlandırılırlar.

Tam sayı değerli değişken içeren modeller genellikle büyük ölçekli planlama modelleridir. Kullanım alanlarından bazıları şu biçimde sıralanabilir (Tütek,1994: 117).

1. Teçhizat kullanımı, pahalı ve büyük kapasiteli araç gerecin (otomatik paketleme makineleri, petrol tankeri gibi) modelin planlama süresi içinde kullanılıp kullanılmayacağı,  $x_j$  tam sayılı değişkenlerle simgelenir.

2. Sabit şarj sorunları, sabit maliyetlerin üretim düzeyi olarak tanımlanan  $x_j$ , değişkenine bağımlı olmaksızın değiştiği,  $x_j > 0$  olduğunda sabit üretimi başlatma maliyeti bulunan sorunlar (çelik işletmesinde yüksek fırın kullanımında olduğu gibi).

3. Atölyelerde iş dağıtım sorunları, çeşitli işlerin çeşitli makinelere atanması sorunları ve tek makinede işlenecek n işin en kısa olanaklı zamanda bitirilmek üzere sıraya konulması sorunları.

4. Yığın üretim sorunları, üretim planlamasında  $x_j$  üretim düzeyini  $x_j = 0$  yada  $x_j \geq L_j$  ( $L_j$  = birim olanaklı yığın üretim miktarı) olacak biçimde kısıtlama gereği olan sorunlar.

5. Yap-Yapma sorunları,  $x_j$ ' nin 1 ya da 0 olduğu yeni bir tesis kurup kurmama, yeni bir pazara açılıp açılmama sorunları. Bu sorunlar genellikle büyük kapital ve kaynak harcamaları gerektirdiğinden sermaye bütçelemesi sorunları olarak bilinirler.

Tamsayılı hedef programlama teknikleri, bütünüyle tamsayılı, karma tamsayılı ve 0-1 tamsayılı ve çok amaçlı problemler için geliştirilmiş olup; Kesme düzlem, dal ve sınır tekniği, tam sayımlama yaklaşımlarına dayanır.

## **2.2.1. Tam Sayılı Doğrusal Programlama Problemlerinin Çözüm Yöntemleri**

### **2.2.1.1. Grafikselsel Çözüm Yöntemi**

Doğrusal Programlama problemlerinden kullanıldığı gibi grafik çözüm yöntemi en fazla üç değişken ile ilgilenildiği durumda kullanılabilen bir yöntemdir. Ancak yaygın olarak iki değişken olması durumunda kullanılmaktadır. Doğrusal Programlama problemlerinde olduğu gibi kısıtlayıcı denklemler yardımıyla belirlenen uygun çözüm alanı içerisindeki tamsayılardan oluşan değerler, Tam sayılı doğrusal programlama problemi için çözüm değerlerini oluştururlar. Bunlar içerisinde en uygun nokta, deneme yanılma yöntemi ile bulunur (Tekin, 2004: 52).

### **2.2.1.2. Gomory' nin Kesme Düzlemi Yöntemi**

Doğrusal Programlama problemlerinin tamsayılı çözümlerini sağlayacak hesaplama yöntemi 1959 yılında R.E. Gomory tarafından geliştirilmiştir. Gomory' nin geliştirdiği hesaplama yöntemine tamsayılı algoritma veya kesme düzlemi yöntemi adı verilmiştir. Bu yöntem tüm (saf) tamsayılı programlamayı ve karışık tamsayılı programlamayı içermektedir. Bu yöntemde takip edilecek aşamalar şunlardır;

1. Bir Tam Sayılı Doğrusal Programlama probleminde ilk aşama, eğer gerekli ise orijinal sınırlamaları tamsayılaştırmalıdır. Bu, katsayılar tam olsun diye, tüm sınırların değiştirilmesi anlamına gelir.

2. Doğrusal Programlama probleminin optimal çözüm tablosu bulunur. Eğer optimal çözüm değerleri tamsayı ise, tam sayılı doğrusal programlama problemi için çözüm elde edilmiştir. Yoksa sonraki aşamaya geçilir.

3. Bu aşamada kesme bulunur. Bu amaçla optimal çözüm tablosundan tamsayı olmayan değişkenlerin biri seçilir ve yeni bir kısıtlama elde edilir.

4. Eşitlik sınırlaması (Gomory' nin kesme düzlemi) optimal çözüm tablosuna yeni bir sıra olarak eklenir. Eklenen sınırlamadaki katsayılar tüm tamsayıyı verecek şekildedir. Daha sonra yöntem DP çözüm yöntemleri uygulanarak optimal çözüm tablosu bulunur.

### **2.2.1.3. Dal Sınır Yöntemi**

Tam sayılı doğrusal programlama problemlerinin değişkenlerinin bir kısmı veya hepsi bazen üst veya alt sınırla veya hem alt hem de üst sınırla ayrı ayrı şartlanmaktadır. Bu tipteki optimizasyon problemlerinin çözümü için çok genel bir yaklaşım dal-sınır tekniğidir. Bu yöntem A.H. Land ve A.G. Doig tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem ile Minimizasyon tipli bir problem çözüldürken temel mantık şöyledir (Çevik, 2004: 160-162):

i. Tam sayılı programlama uygun çözüm alanı çok sayıda alt setlere ayrılır. Her bir alt set için sınır değeri hesaplanır. Alt ve üst sınırlardan, her bir alt set içinde çözüm değeri seçilir.

ii. Bir alt sınır (ilk alt setler arasından en küçüğü) ile alt set diğer bölümler için seçilir. Daha önce olduğu gibi alt ve üst sınırların her ikisi de hesaplanır. Bölünmeye optimal çözüm bulunana kadar devam edilir. Optimal çözüm herhangi bir alt set için alt sınırdan daha büyük olamaz. Problem maksimizasyon tipli ise, çözüm yöntemi alt ve üst sınır seçimi dışında minimizasyon tipli problem gibidir.

### 2.3. Üretim Planlaması

Üretim planlaması, hangi ürünün üretileceğini belirtmek, teçhizat ihtiyacını ortaya koymak ve ürünlerin doğru sayılarda ve istenilen zamanlarda yapılmasını sağlayacak çizelgeleri hazırlamak için kullanılan bir ön üretim faaliyetidir. Firma yöneticileri firma hedefleri doğrultusunda üretim faktörlerini optimum biçimde belirledikleri toplu üretim planlamadan başlayarak, işletmenin üretmeyi tasarladığı parçaları ve bu parçaların miktarlarını gösteren ana üretim çizelgelemenin ardından bu verileri girdi alan malzeme ihtiyaç planlamayı oluştururlar. Son adımda ise olan işlerin çizelgelenip sıralandığı iş merkezlerine dağıtıldığı ve performansların değerlendirildiği atölye kontrol vardır. Bütün bu işlemler süresince de kapasiteler de kaynaklar da eşzamanlı olarak planlanmaktadır (Bolat ve Tacer, 2005: 25)

Üretim planlaması; istenilen zaman da, nicelikte ve kalitede mal ve hizmet üretiminin sağlanması ve işlemlerin uygulamaya konulması için konunun kurumsal yanının yazılı, grafiksel ve matematiksel olarak hazırlanması biçiminde tanımlanabilir (Demirdöğen, 2004: 64).

APICS (American Production and Inventory Control Society-Amerikan İmalat ve Envanter Kontrol Toplumu)tanımına göre üretim planlama; gelecekteki imalat faaliyetlerinin veya miktarlarının düzeylerini veya limitlerini belirleyen bir fonksiyondur.

Sanayide sürekli ve siparişe göre üretim yapan firmaların üretim faaliyetlerinin planlanması, programlanması ve denetimi, sürekli üretim sistemlerinde stok için üretim yapıldığı ve kesikli üretim sistemlerinde siparişe göre üretim yapıldığı için farklılık göstermektedir (Yamak, 2002: 185).

Taleplerin karşılama zamanının kısalmasına paralel olarak satış ve dağıtım faaliyetlerinin öncesinde üretim hattı boyunca zamanında üretimi gerçekleştirmek tedarik zinciri yönetiminin ulaşmak istediği hedeflerden biridir. Üretim planlamasının, bu amaçları sağlayabilmek için aşağıdaki alt amaçları yerine getirmesi gerekir (Demirdöğen ve Küçük, 2007:7)

- Hammadde, yardımcı malzeme ve işletme malzemesini üretim yapabilmek üzere istenilen miktar, zaman ve yerde hazır bulundurmak üzere planlama yapılmalıdır.

- Mevcut makine, araç-gereç ve teçhizatı verimli bir şekilde kullanıp iş akışını gerçekleştirerek daha ekonomik bir üretim yapılması sağlanmalıdır.

- Pazarlama araştırmasıyla elde edilen bilgilere göre istenilen miktar ve kalitede üretim yaparak tüketicilerin ihtiyacı karşılanmalıdır.

- İşgücü kullanım verimliliği artırılarak üretim yapılması sağlanmalıdır.

- Üretim sisteminin alt sistemleri, öteki sistemler ve bölümler arasında bilgi alışverişini sağlamak üzere iletişim sistemi kurulmalıdır.

- Bütün siparişleri karşılayabilmek amacıyla zamanında yeterli üretim yapılması sağlanmalıdır.

- İşletmenin ürün stokları pazarın ihtiyacını karşılayacak düzeyde tutulmalıdır.

Etkin üretim planlama, şirketin amaçlarına ulaşması açısından son derece önemlidir. Dolayısıyla yönetim, üretim planlama sürecini ve gerekli prosedürleri tanımlamalı, planları düzenli olarak takip ve kontrol edilmeli ve üretim planlaması doğrultusunda sistematik olarak yapılmalıdır. Uzun vadeli hazırlanan planları baz alınarak periyodik, kısa süreli üretim programları ve tezgah işletim çizelgeleri oluşturulmalıdır. Üretim planlarının değiştirilmesini gerektirecek durumlar önceden belirlenmeli ve gereken önlemler alınmalıdır.

Üretim planlamasının önemi üretim sisteminin gelişmesine paralel olarak artmıştır (Demir, 1990: 45). Bunun en önemli nedenleri şu şekilde sıralanabilir (Kobu, 1999: 414).

- Üretim sistemlerinin faaliyet yoğunluğu ve karmaşıklığı

- İşletme içi faaliyetlerin koordinasyonunun zorunluluğu

- İşletmeler arasındaki bağımlılık ve ilişkilerin gelişmesi
- Tüketici kitlesinin genişlemesi ve isteklerinin farklı olması
- Tedarik ve dağıtım faaliyetlerinin geniş bir alana yayılması
- Hizmet, kalite ve fiyat rekabetinin yoğunlaşması
- İşletmenin ekonomik düzeyde çalışmasını sağlamak amacıyla malzeme, makine zamanı ve insan gücü gibi kayıpların minimum düzeye indirilme zorunluluğu

### **2.3.1. İşletmelerde Üretim Planlamasının Faydaları**

Üretim planlamasıyla, işletmenin mevcut kaynaklarının optimal bir şekilde kullanılması ve üretim kayıpları en aza indirilerek istenilen kalite düzeyinde üretim yapılabilmesi sağlanabilmektedir. Üretim planlamasıyla, üretim ve stok düzeylerinin belirlenmesi, minimum maliyetle üretim işlemlerinin sıralanması ve sistemin kurulması, hammaddelerin zamanında ve istenilen miktarlarda tedariki, yeni makine ve ekipmanların alınması ve ek kapasitelerin tespiti gibi sorunlar çözümlenebilmektedir (Tekin, 2005: 266). Bunun dışında işletmelerde üretim planlaması başlıca şu faydaları da sağlamaktadır:

- Planlar geleceğe yönelik yapıldığı için işletme yöneticileri tarafından geleceğin daha net olarak görülmesini sağlar.
- Planlara bağlı olarak işletme faaliyetlerinin organizasyonu ve işletme işlevleri arasındaki koordinasyonun daha uygun biçimde yapılabilmesini olanaklı kılar.
- Planlama süresi içerisinde bulunan kontrol çalışmalarına yönelik standartların geliştirilmesine yardımcı olur.
- İşletmenin belirlediği amaçlara ulaşmasında etkin rol oynar.



- İşletmenin karşılaştığı olağanüstü durumlara hazırlıklı olmasına yardımcı olacak bilgileri içerir.

- Planın uygulama sürecinde yapılan değerlendirmeler ile işletme amaçlarına ulaşmadaki etkenliği ölçülebilir niteliktedir.

- Planlama ile yöneticilerin sorumluluk alanları belirgin bir şekilde ortaya konulur.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. DOĞRUSAL TAM SAYILI PROGRAMLAMA MODELİNİN KURULMASI VE ÜRETİM ÇIKTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

#### 3.1. Doğrusal Tam Sayılı Programlama Modelinin Kurulması

Model, bir olayla ilgili bilgi ya da düşüncelerin belirli kurallara bağlı olarak şekillendirilmesidir. Başka bir deyişle model, düşüncelerin matematiksel bir sistemle ifadesidir (Zengin, 1987: 3).

Çalışmada sanal bir otomobil fabrikasında üç farklı model araç üretileceği varsayılmıştır. Fabrikanın bir hafta içinde hangi modelden ne kadar üretilebileceği doğrusal programlama modeli ile belirlenmiştir. Programlarda kullanılan bütün değişkenlere tam sayı kısıtı eklenmiştir. Ana program üretim mantığı gözeterek 8 programa bölünmüştür. Programlar sırasıyla çalıştırılmıştır. Her programın sonucunda elde edilen maksimum değerler, bir sonraki programda maksimum kısıtı olarak kullanılmıştır. Örneğin program 4 de elde edilen gövde sayısı program 5 deki montaj için bir üst limit oluşturur. Programların akış şeması Ek-3'de gösterilmiştir. Kullanılan zaman birimi saattir. Model oluşturulurken bazı kabuller yapılmıştır. Bunlar şu şekilde sıralanır:

- 1) Üretime başlanmadan önce fabrikada araçlara monte edilebilecek dişli kutusunun mevcut olmadığı kabul edilmiştir.
- 2) Dişli kutusu üretiminde kullanılacak malzemelerin fabrikada mevcut olduğu varsayımı yapılmıştır.
- 3) Fabrikada yeterli miktarda araçların kaportası için kullanılacak sac vardır.

- 4) CNC (Computer Numerical Control) tezgahlarında kesim için kullanılacak olan takımların mevcut olduğu varsayımı yapılmıştır. Takımlar körelince yenisi ile değiştirilecektir. Değişim süresi ihmal edilmiştir.
- 5) Kaynak departmanında kullanılan, kaynak için gerekli olan malzemelerin temininde problem yoktur. Kaynak için kullanılan malzemelerin değişim süresi ihmal edilmiştir.
- 6) Fabrikada koltuk, direksiyon, farlar, gösterge tablosu imal edilmemektedir. Malzeme temininde problem yoktur.
- 7) Boya departmanında kullanılan astar, korozyona karşı kullanılan boya, cila fabrikada üretilmemektedir, sınırsız miktarda temin edilebileceği varsayımı yapılmıştır.
- 8) Modeldeki kısıtlayıcıların tümü zaman kısıtı olarak ele alınmıştır.
- 9) Fabrikada istenildiği zaman istenilen miktarda işgücü temin edilebilmektedir.
- 10) Değişkenler Lindo programında kullanılabilir formatta yazılmıştır. İndis kullanılmamıştır. Örneğin  $X_1$  yerine Lindo programının kabul edeceği  $X1$  kullanılmıştır.
- 11) Fabrikada dişli kutusu olmadığından araç üretime, dişli kutusu departmanından başlanmıştır. Dişli kutusu departmanında 3 farklı model dişli kutusu üretimi yapılabilmektedir. Her bir araçta uygun olan dişli kutusunun montajı yapılacaktır.
- 12) Üretim hattında bütün aşamalardan geçen otomobilin eksiksiz olduğu varsayımı yapılmıştır.
- 13) Şirket politikası gereği b ile ifade edilen otomobilden a ile ifade edilen otomobile göre daha fazla üretim yapılması gerekmektedir.

Üretimde kullanılan bazı teknik terimlerin kısa tanıtımı yapılacaktır.

Isıl işlem, katı haldeki metal veya metal alaşımlarına, kimyasal bileşimi dikkate alınarak, belirli özellikler kazandırmak amacı ile bir veya daha çok sayıda, yerine göre ard arda uygulanan ısıtma ve soğutma işlemidir.

Kesme ve delme işleminde, malzemeler vinç yardımıyla tezgahın (testere) üzerine konulur. Tezgâha bağlı malzemeler, çaplarına göre kesilir. Malzemeler kesilirken soğutma suyu kullanılır.

Torna işleminde, uzun kütük şeklindeki malzeme vinç yardımı ile bir tarafı torna tezgahının aynasına, diğer tarafı puntaya gelecek şekilde bağlanır. Parça, torna tezgahında imalat resmine göre torna edilir. Torna edilen yüzeyler, zımparalanır. Parça, torna işlemi tamamlandıktan sonra kontrol edilir.

Taşlama işleminde parçalar, dış açma işleminden sonra tekrar ısıl işleme gider. Isıl işlemten sonra parça, resim ölçülerine uygun olarak konik ve/veya modül taşlama tezgahlarına gelerek taşlanır.

Elektron ışın kaynağı yoğunlaştırılmış ve yönlendirilmiş elektron demetinin sahip olduğu enerjinin metallerin ergitilerek kaynak edilmesini sağlayan bir işlemdir.

Lazer kaynak yöntemi yeni bir kaynak yöntemidir. Lazer kaynağı diğer konvansiyonel kaynak yöntemlerine göre lazer ışınının kolaylıkla yönlendirilebilmesi ve yüksek miktarda enerjinin küçük noktalara odaklanabilmesi nedeniyle elektron kaynağının kullanılmadığı yerlerde kullanılır.

Pres işleminde çelik rulolar, özel şekillerde düz plakalara dönüştürülür. Metal plakalara yüksek basınç uygulayarak istenilen forma dönüştürülür.

Korozyona karşı koruyucu kaplama işleminde, sac gövde yüzeyinin ön temizliği için bir dizi prosesten geçerler. Yüzey şartlandırması işleminden sonra araçlar ED (Electrodeposition) havuzundan geçerek kataforez boya ile kaplanırlar. ED boyasının

pişirilmesi sonrasında ses yalıtımını ve korozyona karşı dayanıklılığı sağlamak için yapılan mastik uygulamalarının ardından araçlar tekrar fırına girerler. Bundan sonraki aşama "ilk kat" boyadır. Bu işlem, ultraviyole güneş ışınlarına karşı mukavemet ve son kat boyanın yüzey kalitesini artırmak için yapılır. İlk kat boyama işlemi bitince araçlar, fırına girdikten sonra "son kat" boya kabineye gönderilirler.

Montaj işleminde, bütün parçalar "tam zamanında" prensibine uygun olarak montaj istasyonlarına ulaşır. Değişik modellerin aynı hatta üretilmesi sırasında dengeli üretime büyük önem verilmektedir. Japonca "Heijunka" teriminde ifade edildiği şekliyle, zor işler ve kolay işler makine ve insanları zor bir durumda bırakmayacak şekilde dengelenmelidirler.

### 3.1.1. Dişli Kutusu Üretimi

Vites Kutusu Departmanı bünyesinde talaşlı imalat ve vites kutusu montaj olmak üzere 2 farklı aktivite gerçekleştirilir. İmalat hatları tarafından üretilen vites kutusu parçaları montaj hattında birleştirilir ve motor ile montaja hazır hale gelir. Üretilen dişli kutularına a,b,c isimleri verilmiştir.

$$\alpha_1 * a + \alpha_2 * b + \alpha_3 * c \leq 60 \quad (1)$$

Dişli kutusu imalatında torna tezgahı kısıtı denklem (1)' de gösterilmiştir.

$\alpha_1 = a$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için torna tezgahında geçirmesi gereken süre

$\alpha_2 = b$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için torna tezgahında geçirmesi gereken süre

$\alpha_3 = c$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için torna tezgahında geçirmesi gereken süre

Torna tezgahından sonra freze tezgahında üretime devam edilir.

$$\alpha_4 * a + \alpha_5 * b + \alpha_6 * c \leq 60 \quad (2)$$

Dişli kutusu üretiminde freze tezgahı kısıtı denklem (2)' de gösterilmiştir.

$\alpha_4 = a$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için freze tezgahında geçirmesi gereken süre

$\alpha_5 = b$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için freze tezgahında geçirmesi gereken süre

$\alpha_6 = c$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için freze tezgahında geçirmesi gereken süre

$$\alpha_7 * a + \alpha_8 * b + \alpha_9 * c \leq 60 \quad (3)$$

Dişli kutusu üretiminde taşlama tezgahı kısıtı denklem (3)' de gösterilmiştir.

$\alpha_7 = a$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için taşlama tezgahında geçirmesi gereken süre

$\alpha_8 = b$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için taşlama tezgahında geçirmesi gereken süre

$\alpha_9 = c$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretimi için taşlama tezgahında geçirmesi gereken süre

$$\alpha_{10} * a + \alpha_{11} * b + \alpha_{12} * c \leq 60 \quad (4)$$

Dişli kutusu üretiminde lazer kaynağı kısıtı denklem (4)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{10} = a$  ile ifade edilen dişli kutusuna lazer kaynağı yapılabilmesi için gereken süre

$\alpha_{11} = b$  ile ifade edilen dişli kutusuna lazer kaynağı yapılabilmesi için gereken süre

$\alpha_{12} = c$  ile ifade edilen dişli kutusuna lazer kaynağı yapılabilmesi için gereken süre

$$\alpha_{13} * a + \alpha_{14} * b + \alpha_{15} * c \leq 60 \quad (5)$$

Dişli kutusu üretiminde elektron kaynağı kısıtı denklem (5)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{13} = a$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretiminde elektron kaynağı yapılabilmesi için gereken süre

$\alpha_{14} = b$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretiminde elektron kaynağı yapılabilmesi için gereken süre

$\alpha_{15} = c$  ile ifade edilen dişli kutusunun üretiminde elektron kaynağı yapılabilmesi için gereken süre

$$\alpha_{16} * a + \alpha_{17} * b + \alpha_{18} * c \leq 60 \quad (6)$$

Dişli kutusu üretiminde ısıl işlem kısıtı denklem (6)' da gösterilmiştir.

$\alpha_{16} = a$  ile ifade edilen dişli kutusun üretiminde ısıl işlem için gereken süre

$\alpha_{17} = b$  ile ifade edilen dişli kutusun üretiminde ısıl işlem için gereken süre

$\alpha_{18} = c$  ile ifade edilen dişli kutusun üretiminde ısıl işlem için gereken süre

$$\alpha_{19} * a + \alpha_{20} * b + \alpha_{21} * c \leq 60 \quad (7)$$

Dişli kutusu üretiminde montaj kısıtı denklem (7)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{19} = a$  ile ifade edilen dişli kutusunun montajı için gerekli süre

$\alpha_{20} = b$  ile ifade edilen dişli kutusunun montajı için gerekli süre

$\alpha_{21} = c$  ile ifade edilen dişli kutusunun montajı için gerekli süre

Program çalıştırılırken a,b,c dişli kutularına tam sayı kısıtı koyulur.

### 3.1.2. Araçların Gövdelerinin Oluşturulması

Sac levhalar fabrikaya ulaşır. Pres bölümü, sac levhaları kapı, tavan, ön ve arka kaput, vs. olacak biçimde şekillendirir. Kapı, ön ve arka kaput, tavan vs. şekline sokulan sac parçalar kaporta bölümünde kaynak yoluyla birleştirilir. Böylece otomobilin kasası ortaya çıkar. Sac kasanın doğal etkilerle zarar görmesini, paslanmasını engellemek ve göze hoş görünmesini sağlamak için boyahane bölümünde paslanmaya karşı koruyucu işlem, astar boyama, boya ve cila işlemleri uygulanır.

$$\alpha_{21} * XA11 + \alpha_{22} * XB11 + \alpha_{23} * XC11 \leq 70 \quad (8)$$

Araçların kapılarının pres bölümündeki işlem kısıtı denklem (8)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{21} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin kapısının üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$\alpha_{22} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin kapısının üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$\alpha_{23} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin kapısının üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$$\alpha_{24} * \text{XA12} + \alpha_{25} * \text{XB12} + \alpha_{26} * \text{XC12} \leq 60 \quad (9)$$

Araçların kapıları için paslanmaya karşı koruyucu işlem kısıtı denklem (9)' da gösterilmiştir.

$\alpha_{24} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin kapıları için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{25} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin kapıları için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{26} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin kapıları için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$$\alpha_{27} * \text{XA13} + \alpha_{28} * \text{XB13} + \alpha_{29} * \text{XC13} \leq 50 \quad (10)$$

Araçların kapıları için boya ve cila işlemleri kısıtı denklem (10)' da gösterilmiştir.

$\alpha_{27} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin kapılarına boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$\alpha_{28} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin kapılarına boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$\alpha_{29} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin kapılarına boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$$\alpha_{30} * \text{XA21} + \alpha_{31} * \text{XB21} + \alpha_{32} * \text{XC21} \leq 60 \quad (11)$$



Araçların tavanını oluşturan pres bölümünün kısıtı denklem (11)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{30} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin tavanının üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$\alpha_{31} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin tavanının üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$\alpha_{32} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin tavanının üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$$\alpha_{33} * \text{XA22} + \alpha_{34} * \text{XB22} + \alpha_{35} * \text{XC22} \leq 60 \quad (12)$$

Araçların tavanı için paslanmaya karşı koruyucu işlem kısıtı denklem (12)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{33} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin tavanı için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{34} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin tavanı için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{35} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin tavanı için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$$\alpha_{36} * \text{XA23} + \alpha_{37} * \text{XB23} + \alpha_{38} * \text{XC23} \leq 60 \quad (13)$$

Araçların tavanı için boya ve cila işlemleri kısıtı denklem (13)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{36} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin tavanına boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$\alpha_{37} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin tavanına boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$\alpha_{38} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin tavanına boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$$\alpha_{39} * \text{XA31} + \alpha_{40} * \text{XB31} + \alpha_{41} * \text{XC31} \leq 60 \quad (14)$$

Araçların ön ve arka kaputunu oluşturan pres bölümünün kısıtı denklem (14)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{39} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputun üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$\alpha_{40} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputun üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$\alpha_{41} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputun üretiminde pres bölümündeki işlem için gereken süre

$$\alpha_{42} * \text{XA32} + \alpha_{43} * \text{XB32} + \alpha_{44} * \text{XC32} \leq 60 \quad (15)$$

Araçların ön ve arka kaputu için paslanmaya karşı koruyucu işlem kısıtı denklem (15)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{42} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputu için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{43} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputu için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{44} = \text{XC}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputu için paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$$\alpha_{45} * \text{XA33} + \alpha_{46} * \text{XB33} + \alpha_{47} * \text{XC33} \leq 60 \quad (16)$$

Araçların ön ve arka kaputu için boya ve cila işlemleri kısıtı denklem (16)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{45} = \text{XA}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputu için boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$\alpha_{46} = \text{XB}$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputu için boya ve cila işlemleri uygulama süresi

$\alpha_{47} = XC$  ile ifade edilen otomobilin ön ve arka kaputu için boya ve cila işlemleri uygulama süresi

### 3.1.3. Araçlara Kaynak İşlemi Uygulaması

$$\alpha_{48} * XA11 + \alpha_{49} * XB11 + \alpha_{50} * XC11 \leq 50 \quad (17)$$

Üretimde kullanılan kaynak kısıtı denklem (17)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{48} = XA$  ile ifade edilen otomobilin kapı, tavan, ön ve arka kaputunun kaynakla birleştirilmesi için gereken süre

$\alpha_{49} = XB$  ile ifade edilen otomobilin kapı, tavan, ön ve arka kaputunun kaynakla birleştirilmesi için gereken süre

$\alpha_{50} = XC$  ile ifade edilen otomobilin kapı, tavan, ön ve arka kaputunun kaynakla birleştirilmesi için gereken süre

$$\alpha_{51} * XA11 + \alpha_{52} * XB11 + \alpha_{53} * XC11 \leq 40 \quad (18)$$

Paslanmaya karşı boyama kısıtı denklem (18)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{51} = XA$  ile ifade edilen otomobilin paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{52} = XB$  ile ifade edilen otomobilin paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$\alpha_{53} = XC$  ile ifade edilen otomobilin paslanmaya karşı koruyucu işlem uygulama süresi

$$\alpha_{54} * XA11 + \alpha_{55} * XB11 + \alpha_{56} * XC11 \leq 45 \quad (19)$$

Astar boyama kısıtı denklem (19)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{54} = XA$  ile ifade edilen otomobilin astar boyasının uygulanması için gereken süre

$\alpha_{55} = XB$  ile ifade edilen otomobilin astar boyasının uygulanması için gereken süre

$\alpha_{56} = XC$  ile ifade edilen otomobilin astar boyasının uygulanması için gereken süre

$$\alpha_{57} * XA11 + \alpha_{58} * XB11 + \alpha_{59} * XC11 \leq 45 \quad (20)$$

Boyama kısıtı denklem (20)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{57} = XA$  ile ifade edilen otomobilin boyama işlemi için gereken süre

$\alpha_{58} = XB$  ile ifade edilen otomobilin boyama işlemi için gereken süre

$\alpha_{59} = XC$  ile ifade edilen otomobilin boyama işlemi için gereken süre

$$\alpha_{60} * XA11 + \alpha_{61} * XB11 + \alpha_{62} * XC11 \leq 34 \quad (21)$$

Cila işlemi kısıtı denklem (21)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{60} = XA$  ile ifade edilen otomobilin cila işlemi için gereken süre

$\alpha_{61} = XB$  ile ifade edilen otomobilin cila işlemi için gereken süre

$\alpha_{62} = XC$  ile ifade edilen otomobilin cila işlemi için gereken süre

### 3.1.4. Şase Departmanında Üretim

Şase arabanın iskelet sistemidir. Kaza anında çarpma şiddetini göğüsleyen, gerekli kırılma noktalarından kırılarak, kaza şiddetini en aza indiren bölümdür.

$$\alpha_{63} * XA11 + \alpha_{64} * XB11 + \alpha_{65} * XC11 \leq 40 \quad (22)$$

Ön takım üretimi kısıtı denklem (22)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{63} = XA$  ile ifade edilen otomobilin ön takımının üretimi için gerekli süre

$\alpha_{64} = XB$  ile ifade edilen otomobilin ön takımının üretimi için gerekli süre

$\alpha_{65} = XC$  ile ifade edilen otomobilin ön takımının üretimi için gerekli süre

$$\alpha_{66} * XA11 + \alpha_{67} * XB11 + \alpha_{68} * XC11 \leq 40 \quad (23)$$

Arka takım üretimi kısıtı denklem (23)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{66}$  = XA ile ifade edilen otomobilin arka takımının üretimi için gerekli süre

$\alpha_{67}$  = XB ile ifade edilen otomobilin arka takımının üretimi için gerekli süre

$\alpha_{68}$  = XC ile ifade edilen otomobilin arka takımının üretimi için gerekli süre

$$\alpha_{69} * XA11 + \alpha_{70} * XB11 + \alpha_{71} * XC11 \leq 40 \quad (24)$$

Beşik üretimi kısıtı denklem (24)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{69}$  = XA ile ifade edilen otomobilin beşik üretimi için gerekli süre

$\alpha_{70}$  = XB ile ifade edilen otomobilin beşik üretimi için gerekli süre

$\alpha_{71}$  = XC ile ifade edilen otomobilin beşik üretimi için gerekli süre

$$\alpha_{72} * XA11 + \alpha_{73} * XB11 + \alpha_{74} * XC11 \leq 40 \quad (25)$$

Korozyon dayanımı için boyama kısıtı denklem (25)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{72}$  = XA ile ifade edilen otomobilin korozyon dayanımı için gerekli işlem süresi

$\alpha_{73}$  = XB ile ifade edilen otomobilin korozyon dayanımı için gerekli işlem süresi

$\alpha_{74}$  = XC ile ifade edilen otomobilin korozyon dayanımı için gerekli işlem süresi

$$\alpha_{75} * XA11 + \alpha_{76} * XB11 + \alpha_{77} * XC11 \leq 40 \quad (26)$$

Montaj kısıtı denklem (26)' da gösterilmiştir.

$\alpha_{75}$  = XA ile ifade edilen otomobilin şasesinin montajı için gerekli süre

$\alpha_{76}$  = XB ile ifade edilen otomobilin şasesinin montajı için gerekli süre

$\alpha_{77}$  = XC ile ifade edilen otomobilin şasesinin montajı için gerekli süre

### **3.1.5. Araçların Son Montajının Yapılması**

Bu departmanda araçlara koltuk, direksiyon, lastikler, farlar, gösterge tabloları, motor ve dişli kutularının montajı yapılır.

$$\alpha_{78} * XA11 + \alpha_{79} * XB11 + \alpha_{80} * XC11 \leq 60 \quad (27)$$

Koltuk montajları kısıtı denklem (27)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{78} = XA$  ile ifade edilen otomobilin koltuk montajı için gereken süre

$\alpha_{79} = XB$  ile ifade edilen otomobilin koltuk montajı için gereken süre

$\alpha_{80} = XC$  ile ifade edilen otomobilin koltuk montajı için gereken süre

$$\alpha_{81} * XA11 + \alpha_{82} * XB11 + \alpha_{83} * XC11 \leq 60 \quad (28)$$

Direksiyon montajları kısıtı denklem (28)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{81} = XA$  ile ifade edilen otomobilin direksiyon montajı için gereken süre

$\alpha_{82} = XB$  ile ifade edilen otomobilin direksiyon montajı için gereken süre

$\alpha_{83} = XC$  ile ifade edilen otomobilin direksiyon montajı için gereken süre

$$\alpha_{84} * XA11 + \alpha_{85} * XB11 + \alpha_{86} * XC11 \leq 60 \quad (29)$$

Lastik montajları kısıtı denklem (29)' da gösterilmiştir.

$\alpha_{84} = XA$  ile ifade edilen otomobilin lastik montajı için gereken süre

$\alpha_{85} = XB$  ile ifade edilen otomobilin lastik montajı için gereken süre

$\alpha_{86} = XC$  ile ifade edilen otomobilin lastik montajı için gereken süre

$$\alpha_{86} * XA11 + \alpha_{87} * XB11 + \alpha_{88} * XC11 \leq 60 \quad (30)$$

Far montajları kısıtı denklem (30)' da gösterilmiştir.

$\alpha_{86} = XA$  ile ifade edilen otomobilin far montajı için gereken süre

$\alpha_{87} = XB$  ile ifade edilen otomobilin far montajı için gereken süre

$\alpha_{88} = XC$  ile ifade edilen otomobilin far montajı için gereken süre

$$\alpha_{89} * XA11 + \alpha_{90} * XB11 + \alpha_{91} * XC11 \leq 60 \quad (31)$$

Gösterge tablosu montajları kısıtı denklem (31)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{89}$  = XA ile ifade edilen otomobilin gösterge tablosu montajı için gereken süre

$\alpha_{90}$  = XB ile ifade edilen otomobilin gösterge tablosu montajı için gereken süre

$\alpha_{91}$  = XC ile ifade edilen otomobilin gösterge tablosu montajı için gereken süre

$$\alpha_{92} * XA11 + \alpha_{93} * XB11 + \alpha_{94} * XC11 \leq 60 \quad (32)$$

Motor montajları kısıtı denklem (32)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{92}$  = XA ile ifade edilen otomobilin motor montajı için gereken süre

$\alpha_{93}$  = XB ile ifade edilen otomobilin motor montajı için gereken süre

$\alpha_{94}$  = XC ile ifade edilen otomobilin motor montajı için gereken süre

$$\alpha_{95} * XA11 + \alpha_{96} * XB11 + \alpha_{97} * XC11 \leq 60 \quad (33)$$

Dişli kutusu montajı kısıtı denklem (33)' de gösterilmiştir.

$\alpha_{95}$  = XA ile ifade edilen otomobile dişli kutusu montajı için gereken süre

$\alpha_{96}$  = XB ile ifade edilen otomobile dişli kutusu montajı için gereken süre

$\alpha_{97}$  = XC ile ifade edilen otomobile dişli kutusu montajı için gereken süre

### 3.2. Lingo Paket Programının Kullanımı

Lingo, Lindo Systems Inc. şirketi tarafından üretilmiş, doğrusal, tamsayı ve doğrusal olmayan matematiksel modelleri çözebilen, duyarlılık analizi yapan bir eniyileme yazılımı ve modelleme dilidir. Daha önce Dos ortamında kullanılan Lindo ve Gino yazılımlarının bir araya getirilmesi ve yeni özellikler eklenmesiyle oluşturulmuştur. En önemli iki yenilik, Lingo' nun bir modelleme dili olarak tasarlanması ve Windows ortamında çalışmasıdır. Böylece matematiksel modellerin kapalı formda yazılması sağlanmış, diğer Windows programlarıyla kolay bilgi alış verişi mümkün hale gelmiştir.

Lingo yazılımının kurulmasından ve çalıştırılmasından sonra kullanıcıya ilk olarak boş bir sayfa ve ana menü görüntülenir. Boş sayfa modelin girileceği yazım sayfasıdır. Ana menü ise File, Edit, Lingo, Window ve Help olmak üzere 5 alt menüden oluşur. File menüsü girdi ve çıktılarla ilgili komutları, Edit menüsü yazımla ilgili komutları, Lingo menüsü modelin çözümü ve çözüm sonuçlarının türetilmesiyle ilgili komutları içerir. Windows menüsü, farklı pencerelere geçişi sağlar. Help menüsü ile Lingo ile ilgili yardım hizmetinin verildiği yerdir. Bu menüler esasen pek çok Windows programında artık neredeyse standartlaşmış menülerle aynıdır. Sadece Lingo menüsü bu yazılıma ait özel komutları içerir.

**File Menüsü:** New Yeni model için bir pencere açar.

**Open** Kayıtlı bir modeli açar.

**Save** Seçili pencerenin içeriğini kaydeder. (Model veya çözüm raporu)

**Save As** Seçili pencerenin içeriğini farklı bir isimle kaydeder.

**Close** Seçili pencereyi kapatır.

**Print** Seçili pencerenin içeriğini yazdırır.

**Print Setup** Yazıcı ayarları yapılır.

**Print Preview** Seçili pencerenin içeriği yazdırılırsa nasıl görüleceği izlenir.

**Log Output** Çıktıları komut penceresine göndermek üzere bir log dosyası açar.

**License** Sistemin yükseltilmesi için gerekli yeni lisans şifresine erişimi sağlar.

**Exit Lingo** programını kapatır

**Edit Menüsü:**

**Undo** Son değişikliği geri alır.

**Cut** Belge içinde seçili kısmı keser.

**Copy** Seçili kısmı panoya kopyalar.

**Paste** Panoya kopyalanmış olan içeriği belgeye yapıştırır.

**Match Parenthesis** Seçilen bir parantezin karşılığını bulur.

**Paste Function** Seçilen Lingo fonksiyonunun şablonunu yapıştırır.

**Modelin Açık Formu:** Herhangi bir matematiksel modelin Lingo formatında açık olarak yazımı basit olarak aşağıdaki şekildedir:

MODEL:



MIN( veya MAX) = amaç fonksiyonu;  
Kısıt 1 ;  
Kısıt 2 ;  
.....  
Kısıt n ;  
END

Modelin açık yazımı sırasında uyulması gereken yazım kuralları aşağıda verilmiştir:

Genel bir anlayış olarak modelin amaç fonksiyonu ilk satırda, kısıtlar da diğer satırlarda yazılmaktadır. Ama Lingo’ da bu bir zorunluluk değildir. Lingo’ daki en önemli koşul, bütün matematiksel ifadelerin birbirleriyle “ ;” işareti kullanılarak ayrılmış olmasıdır. Sonuçta Lingo “ ;” ile ayrılmış ifadeleri algılar. Max ve min ile başlayan satırın amaç fonksiyonu satırı olduğunu diğerlerinin de kısıtlar olduğunu kabul eder. Anlaşılabilirliği sağlamak için her kısıtın yeni bir satırdan başlaması önerilir, kısıt sırasının önemi yoktur.

Değişken isimleri bir harf (A-Z) ile başlamalı ve en çok 32 karakter uzunluğunda olmalıdır. Büyük ya da küçük harf kullanımları arasında fark yoktur. “TALEP” ve “talep” aynı değişken olarak kabul edilir.

Doğrusal karar modelleri için, değişkenlerinin negatif olamayacaklarına dair ayrıca bir kısıt yazılmasına gerek yoktur. Lingo doğrusal karar modelinden ayrıca bir koşul verilmediği takdirde modeldeki bütün değişkenleri sıfırdan büyük veya eşit reel değişken olarak kabul eder. Ama doğrusal olmayan modellerde değişkenlerin negatif olmama koşulu varsa, bunun mutlaka ayrı bir kısıt olarak modele eklenmesi gerekir. Tamsayı modellerde de hangi değişkenlerin genel tamsayı, hangilerinin 0-1 tamsayı değişken olduğunun mutlaka belirtilmesi gerekir. Eğer negatif değer alması mümkün olan değişkenler varsa, bunların da modelde ayrıca belirtilmesi gerekir. Değişkenlerin alttan ve üstten sınırlı olması halinde de modeldeki kısıt sayısını azaltmak için değişkenin sınır değerlerinin tanımlanması mümkündür. Bu tür tanımlamaları yapabilmek için Lingo’ da kullanılacak fonksiyonlar gösterilmiştir.

@**GIN**(değişken-adi) genel tamsayı değişken

@**BIN**(değişken-adi) 0-1 tamsayı değişken

Model yazımında anlaşılabilirliği sağlamak için satır başına ünlem işareti konarak çeşitli açıklamalar yazılabilir. Lingo “!” işareti ile başlayan satırları dikkate almaz. Fakat açıklama satırı noktalı virgül ile sonlandırılmalıdır.

Kısıtlara isim vermek mümkündür. Bunun için bir harf ile başlayan toplam 32 karakter uzunluğunda ve Lingo komutu olmayan bir ifadeyi kısıtın başına köşeli parantez içinde yazmak yeterlidir. Örnek: [Kapasite]  $2*x_1+x_2 \leq 10$

Lingo’ da kullanıcıya kolaylık sağlamak amacıyla standart fonksiyonlar tanımlanmıştır. Bu fonksiyonlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

@**ABS(X)** X sayısının mutlak değerini verir.

@**COS(X)** radyan olarak verilmiş olan X açısının kosinüsünü verir.

@**EXP(X)** e (2.718281...) sayısının X.kuvvetini verir.

@**LOG(X)** log(X) değerini verir.

@**SIGN(X)** eğer X sıfırdan küçükse -1 büyükse 1 değerini verir.

@**SIN(X)** radyan olarak verilmiş olan X açısının sinüsünü verir.

@**TAN(X)** radyan olarak verilmiş olan X açısının tanjantını verir.

@**SMAX(X1, X2, ..., XN)** X1, X2, ..., XN sayılarından en büyüğünü verir.

@**SMIN(X1, X2, ..., XN)** X1, X2, ..., XN sayılarından en küçüğünü verir.

Lingo’da kullanılabilecek olasılık fonksiyonlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır.

@**PSN(X)** X değerinin birikimli standart normal dağılımda olasılık değerini verir.

@**PPS(A,X)** Ortalaması A olan Poisson dağılım fonksiyonuna ait birikimli olasılık değerini verir.

@**PBN(P,N,X)** N deney sayısı, P bozuk çıkma olasılığı iken X' in Binom dağılım fonksiyonuna ait birikimli olasılık değerini verir.

@**PFS(A,X,C)** M/M/C kuyruk sisteminde sistemde beklenen ortalama müşteri sayısını verir.

### **3.3. Üretim ıktılarının Değerlendirilmesi**

Model çözümlerinden elde edilen sonuçlara göre; dişli kutusu üretiminde a model araç için kullanılacak olan dişli kutusundan 1058 adet, b model araç için kullanılacak dişli kutusu 1528 adet, c model araç için kullanılacak dişli kutusu 490 adet üretilmiştir.

Araçların gövdelerinin oluşturulduğu pres departmanında a aracından 1138 adet, b aracından 1142 adet, c aracından 709 adet üretilmiştir. Cila işleminde 1138 adet a aracına, 1142 adet b aracına, 654 adet c aracına cila uygulaması yapılmıştır. 3. işlem olarak adlandırılan işlemin ıktıları, a aracından 1138 adet, b aracından 1031 adet, c aracından 654 adettir. 4. işlem olarak adlandırılan işlemin ıktıları a aracından 790 adet , b aracından 1031 adet, c aracından 654 adettir. 5. işlem olarak adlandırılan işlemin ıktıları a aracından 790 adet, b aracından 1031 adet, c aracından 501 adettir. 6. işlem olarak adlandırılan işlemin ıktıları a aracından 790 adet b aracından 1031 adet, c aracından 304 adettir. Programların özm için gereken kodlar Ek-1 de, program ıktıları Ek-2 de gösterilmiştir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Fabrikanın imkan ve kapasitesinin belirlenmesi çok sayıda üreticinin olduğu otomobil sektöründe başarı için kilit rol oynamaktadır. İşte bu noktada çalışmada ele alınan tam sayılı programlama modeli, karar vericiler için üretim planlamasında önemli ölçüde yararlı olabileceği düşünülmektedir. Üretim planı sayesinde gereksiz miktarda işgücü kullanımı, depolama maliyetleri, hammadde israfının önüne geçilebilir.

İşletme için kurulan tam sayılı programlama modelinde amaç işletmenin üretim kapasitesini belirleyerek; üretilen 3 farklı otomobil modelinden bir hafta sonunda fabrikanın elinde tamamlanamayan otomobil kalmamasıdır. Üretim sonucunda tamamlanamamış araç kalması durumunda hangi aşamada hangi model araçtan kaç adet tamamlanamamış araç kaldığı bilindiğinden daha sonraki üretim planlarında bu miktarlar yeni üretim planına eklenebilir.

Kurulan modele göre fabrika üretim planlaması yapmadan üretime başlaması durumunda elinde “a” ile adlandırılan otomobilde kullanılan dişli kutusundan 268 adet, “b” ile adlandırılan otomobilde kullanılan dişli kutusundan 497 adet, “c” ile adlandırılan otomobilde kullanılan dişli kutusundan 186 adet artacaktır. Üretim sırasında, pres departmanından boya departmanına geçişte 3 adet “c” aracı; cila işleminden 3. İşlem olarak adlandırılan işleme geçişte 111 adet “b” aracı, 3. işlemde 4. işleme geçişte 348 adet “a” aracı, 4. işlemde 5. İşleme geçişte 153 adet “b” aracı, 5. İşlemde 6. işleme geçişte 197 adet “c” aracı tamamlanamayacaktır.

İşletme, üretim sürecinde bütün otomobilleri eksiksiz bir biçimde üretmek için teknoloji katsayılarını değiştirmesi gerekmektedir. Bunun için işletme ar-ge çalışmalarına öncelik verebilir.

Bu çalışma ileri aşamada yapılacak doktora tezi çalışmasına öncelik edip yeni uygulamalara bir yol gösterir niteliktedir. Yapılacak olan yeni uygulamalarda kurulan

modele ekonomik veriler eklenebilir. Sadece üretilebilecek araç sayısına odaklanmaktan ziyade otomobil talebiyle ilgili veriler eklenebilir. Böylece elde edilen sonuçlar piyasa koşullarına daha uygun hale gelir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

Adams, Neil ve diğlerleri (1974), “Optimal Planning Of Power Networks Using Mixed Integer Programming Part 1 Static And Time Phased Network Synthesis” **,Institution of Electrical Engineers**, 121(2), 139-142.

Altunkaynak, Bülent ve Bakır, M.Akif (2003), **Tamsayılı Programlama Teori, Modeller Ve Algoritmalar**, 1.Baskı, İstanbul: Nobel Yayın.

Bakır, M.Akif ve Aksop, Cihan (2008), “A 0-1 Integer Programming Approach To A University Timetabling Problem”, **Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics**, 37(1), 41 – 55.

Bolat, Bersam ve Tacer, Seda (2005), “Ayakkabı Sektöründe Yer Alan Orta Ölçekli Bir Firmada Atölye Kontrol Çalışmalarına Yönelik Bir Uygulama”, **V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyum**, 25-30.

Bronson, Richard (1982), **Theory and Problems of Operations Research**, Schaum’s **Outline Series**, New York: McGraw-Hill, inc.

Çetindere, Aysel ve diğlerleri (2010), “Üretim Planlama Problemlerinde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanımı: Bir Konfeksiyon İşletmesinde Uygulama”, **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 35, 271-300.

Çevik, Osman (2006), Tam Sayılı Doğrusal Programlama İle İşgücü Planlaması Ve Bir Uygulama, **Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 8(1), 157-171.

Demirdöğen, Osman (2004), Üretim Yönetimi, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Z.F. Fındıkoğlu Araştırma Merkezi**, 184.

- Demir, Osman (1990), **İşletmelerde Üretim Planlaması ve Kontrolü**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demirdöğen, Osman ve Güzel, Dilşad (2009), “Üretim Planlama Ve İş Yükleme Metotları”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 23(4), 43-67.
- Demirdöğen, Osman ve Küçük, Orhan (2007) ,” Malzeme Akışının Etkinliğinde Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi”, **8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi**.
- Doğan, İbrahim (1995), **Yöneylem Araştırması, Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, 2.Basım, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- Doğanlı, Bilge (2006), “ Tamsayılı Programlama Yönteminin Sermaye Bütçelemesi Konusuna Uygulanması ve Bir Tekstil İşletmesi Uygulaması”, **Muhasebe ve Finansman Dergisi**, 29, 190-196.
- Ergülen Ahmet ve Kazan Halim (2005), “Tamsayılı Doğrusal Programlama Yöntemiyle Maliyetin Optimize Edilmesi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 10(1), 101-116.
- Ergülen, Ahmet ve Kazan, Halim (2007), “Modern İşletme Yönetiminde Matematiksel Modelleme Tekniği: Yönetici Kararlarında Tamsayılı Doğrusal Programlama Modelinin Kullanımı” **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 3(5), 164-178.
- Gencer, Cevriye ve diğerleri (2009), “İnsansız Hava Araçlarının Rota Planlaması İçin Bir Karar Destek Sistemi”, **Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi**, 8(2), 59-73.
- Haklı, Zafer (2006), **Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli İle Optimal Portföy Oluşturma ve IMKB’DE Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

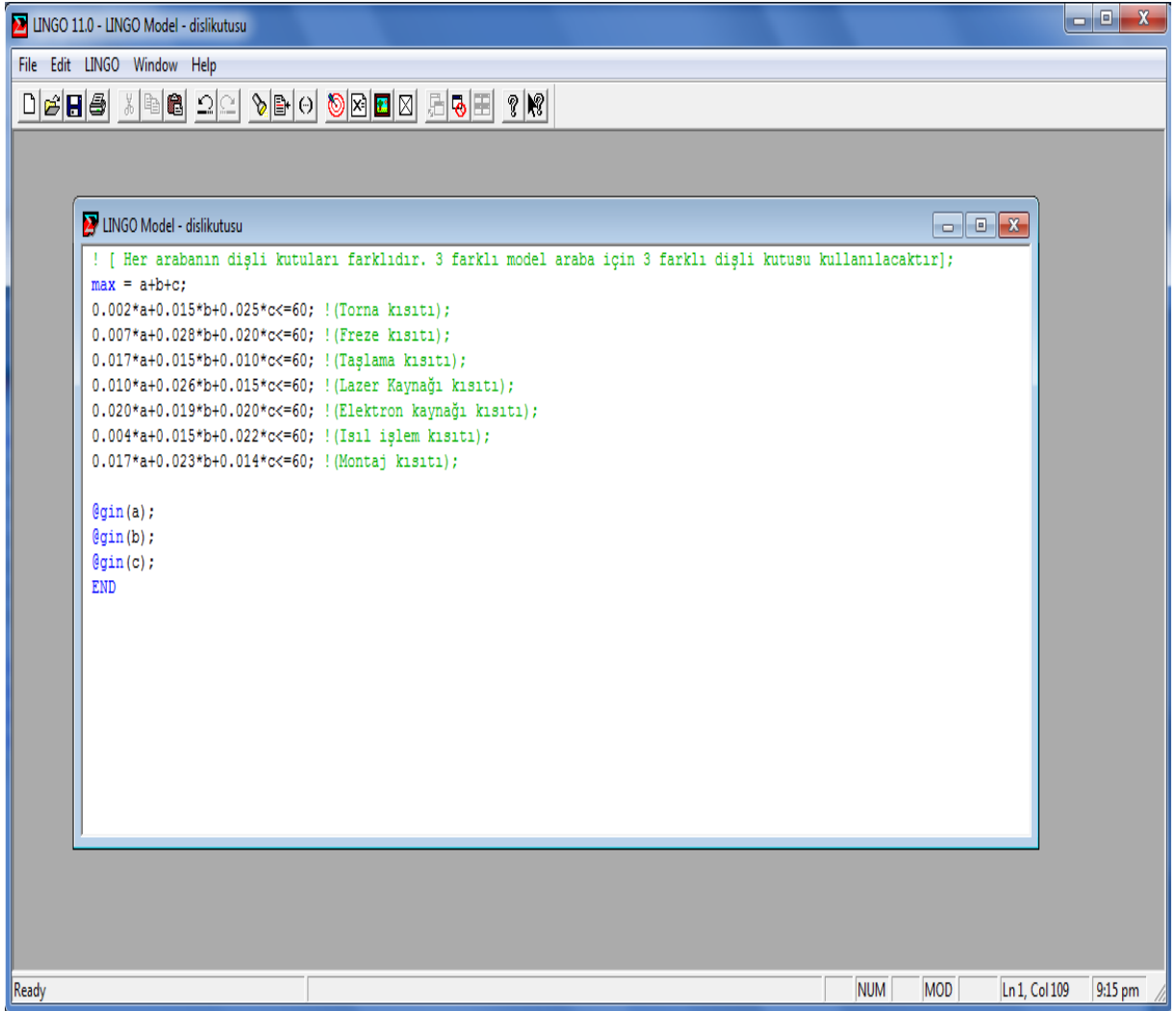
- Keçek, Gülnur (2005), “ Bir Dişli Fabrikasında Tamsayılı Hedef Programlama Uygulama Denemesi”, **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 13, 111-129.
- Kobu, Bülent (1999), **Üretim Yönetimi**, 10.Baskı, İstanbul: İ.Ü. İşletme Fak İ.İ.E.Araş ve Yar.Vakfı.
- Korkmaz, Mehmet (2004),” Küme Örtüleme Modeli Kullanılarak Optimum Yangın Gözetleme Noktalarının Belirlenmesi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, A(1), 37-49.
- Liu, Yong ve Ma, Liang (2011), “Bee Colony Foraging Algorithm for Integer Programming”, **Business Management and Electronic Information International Conference**, 5, 199-201.
- Patır, Sait (2009), “Tam Sayılı Programlama ve Malatya Maksan Transformator İşletmesine Bir Uygulama”, **İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 23(1), 194-206.
- Sarıaslan, Halil (1990), **Kaynak Dağılımında Doğrusal Programlama: Bilgisayar Uygulamaları İle Genişletilmiş**, 2.Baskı, Ankara: Turhan Kitapevi.
- Sueyoshi, Toshiyuki (2004), “A Methodological Comparison Between Standard and Two Stage Mixed Integer Approaches for Discriminant Analysis”, **Asia-Pacific Journal of Operations Research**, 513-528.
- Şenol, Semih (2011), **Menü Planlama Sorununa Karma Tamsayılı Programlama Modeli ile Çözüm Önerisi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tekin, Mahmut (2004), **Sayısal Yöntemler (Bilgisayar Çözümlü Alıştırmalar)**, 5.Baskı, Konya: Bursa Teknik Kitabevi.
- Tekin, Mahmut (2005), **Üretim Yönetimi**, Cilt 1, 5.Basım, Konya: Eğitim Yayınevi.
- Timor, Mehpere (2001), **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, 1.Baskı, İstanbul: İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları.



- Tulunay, Yılmaz (1987), **Matematik Programlama Ve İşletme Uygulamaları**, 3.Baskı, İstanbul: Bayrak Matbaacılık.
- Türköz, Filiz (2001), **Doğrusal Programlama Metodu İle Üretim Planlaması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tütek, Hülya ve Gümüšoğlu, Şevkinaz (1994), **Sayısal Yöntemler, Yönetmel Yaklaşım**, 1.Baskı, İstanbul: Beta Yayınevi.
- Ulucan, Aydın (2004), **Yöneylem Araştırması, (İşletmecilik Uygulamalı, Bilgisayar destekli Modelleme)**, 2.Baskı, Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Wu, Yue ve Lai, K.K (2004), “A Mixed Integer Programming Model For Container Selection and Cargo Loading Problems”, **Automation Congress**, 18, 329-334.
- Yamak, Oygur (2002), **Üretim Yönetimi**, 1.Baskı, İstanbul: Sinerji Yayınları.
- Yetişken, Yaşar (2009), “Çelik Üretim Tesisinde Lineer Programlama Yöntemiyle 4140 Çeliğinin Üretimi İçin Bilgisayar Paket programının Kullanılması”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**.
- Yılmaz, Zekai (1995), **Sayısal Yöntemler**, 2.Baskı, Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Zengin, Hilmi (1987), **Türkiye’ de Paketli Çay Dağıtımının Optimizasyonu (Ulaştırma Modeli)**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

## EKLER

### EK 1

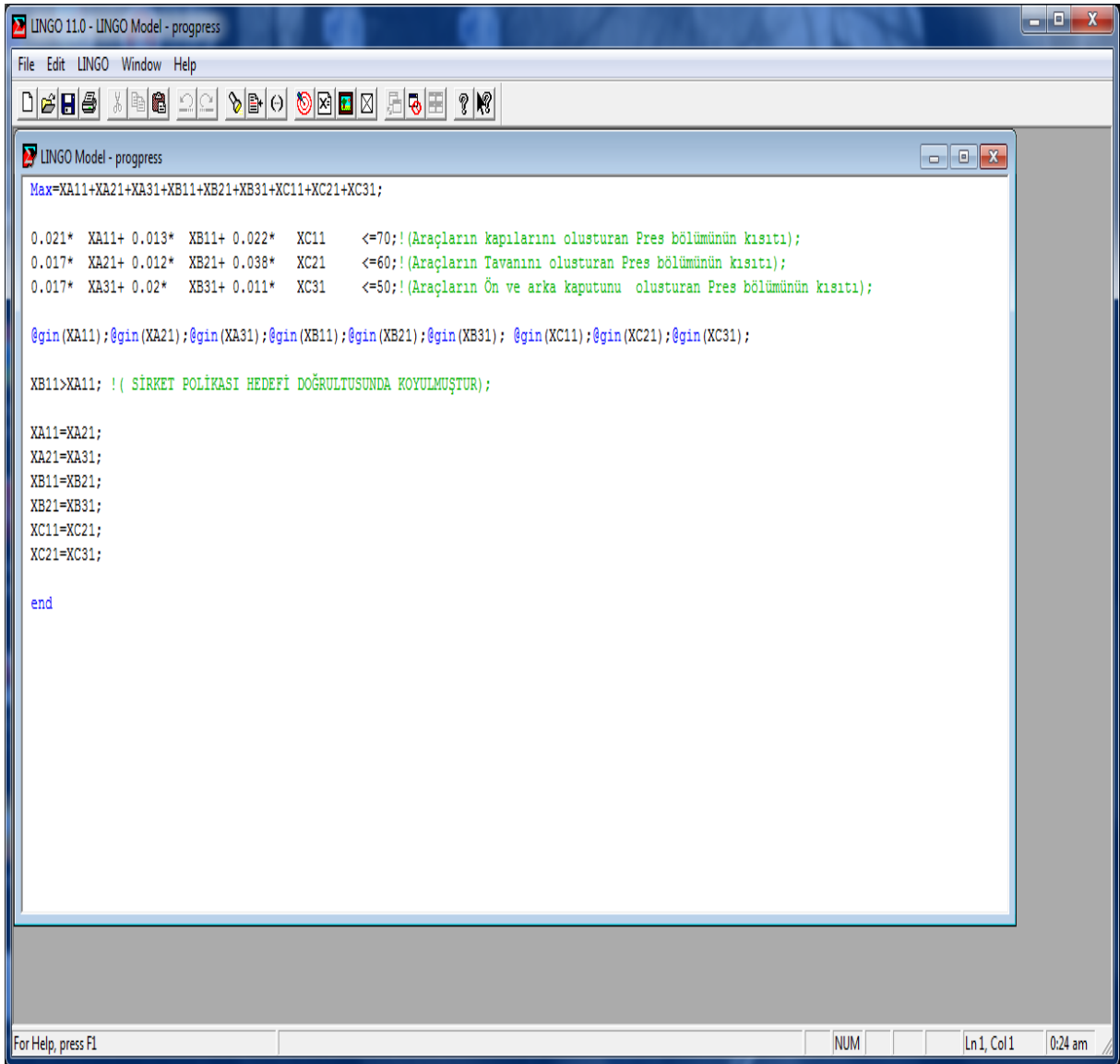


The screenshot displays the LINGO 11.0 software interface. The main window title is "LINGO 11.0 - LINGO Model - dislikutusu". The menu bar includes "File", "Edit", "LINGO", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for file operations and solving. A smaller window titled "LINGO Model - dislikutusu" is open, showing the following LINGO code:

```
! [ Her arabanın dişli kutuları farklıdır. 3 farklı model araba için 3 farklı dişli kutusu kullanılacaktır];  
max = a+b+c;  
0.002*a+0.015*b+0.025*c<=60; !(Torna kısıtı);  
0.007*a+0.028*b+0.020*c<=60; !(Freze kısıtı);  
0.017*a+0.015*b+0.010*c<=60; !(Taşlama kısıtı);  
0.010*a+0.026*b+0.015*c<=60; !(Lazer Kaynağı kısıtı);  
0.020*a+0.019*b+0.020*c<=60; !(Elektron kaynağı kısıtı);  
0.004*a+0.015*b+0.022*c<=60; !(Isıl işlem kısıtı);  
0.017*a+0.023*b+0.014*c<=60; !(Montaj kısıtı);  
  
@gin(a);  
@gin(b);  
@gin(c);  
END
```

The status bar at the bottom shows "Ready", "NUM", "MOD", "Ln 1, Col 109", and "9:15 pm".

## Ek 1 (Devamı)



The screenshot shows the LINGO 11.0 software interface. The main window displays a LINGO model script with the following content:

```
Max=XA11+XA21+XA31+XB11+XB21+XB31+XC11+XC21+XC31;

0.021* XA11+ 0.013* XB11+ 0.022* XC11 <=70;!(Araçların kapılarını oluşturan Pres bölümünün kısıtı);
0.017* XA21+ 0.012* XB21+ 0.038* XC21 <=60;!(Araçların Tavanını oluşturan Pres bölümünün kısıtı);
0.017* XA31+ 0.02* XB31+ 0.011* XC31 <=50;!(Araçların Ön ve arka kaputunu oluşturan Pres bölümünün kısıtı);

@gin(XA11);@gin(XA21);@gin(XA31);@gin(XB11);@gin(XB21);@gin(XB31); @gin(XC11);@gin(XC21);@gin(XC31);

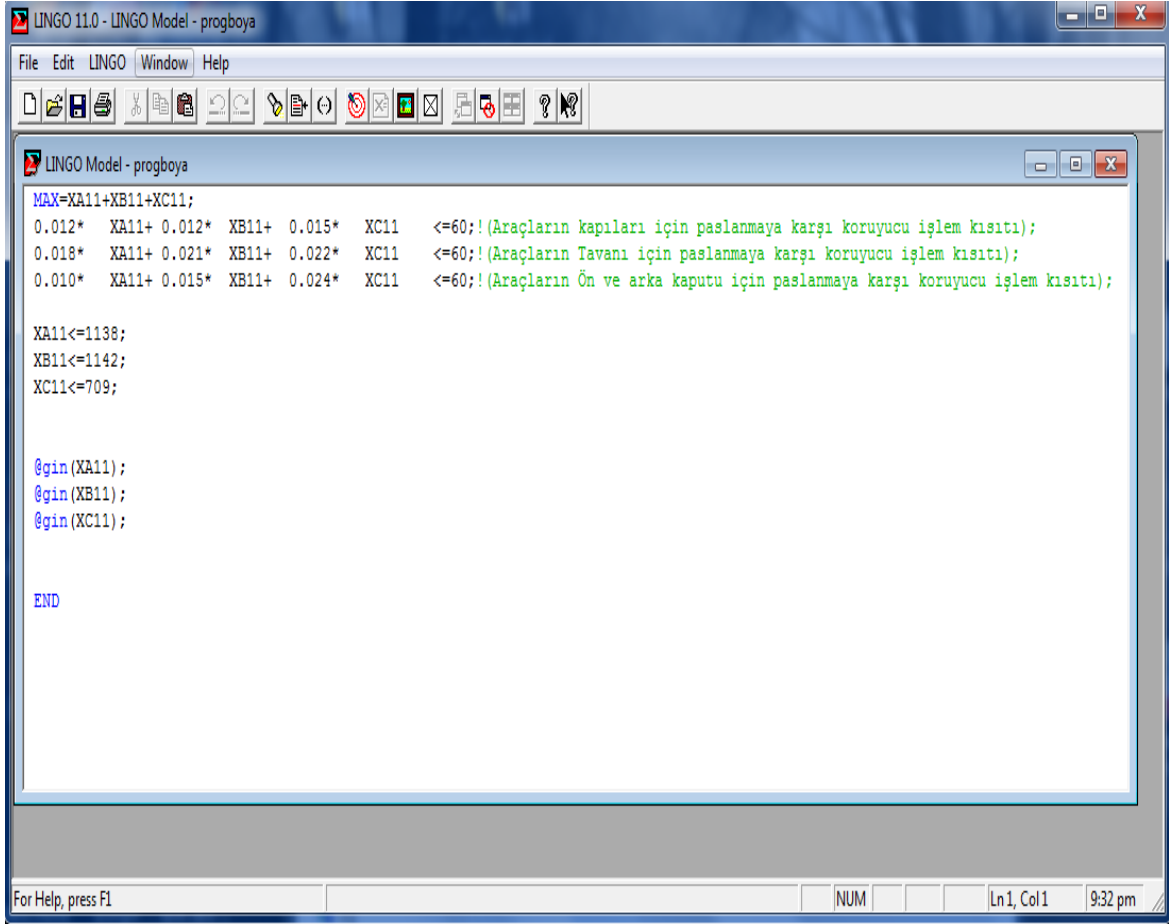
XB11>XA11; !( SİRKET POLİKASI HEDEFİ DOĞRULTUSUNDA KOYULMUŞTUR);

XA11=XA21;
XA21=XA31;
XB11=XB21;
XB21=XB31;
XC11=XC21;
XC21=XC31;

end
```

The status bar at the bottom of the window shows "For Help, press F1", "NUM", "Ln1, Col1", and "0:24 am".

## Ek 1 (Devamı)

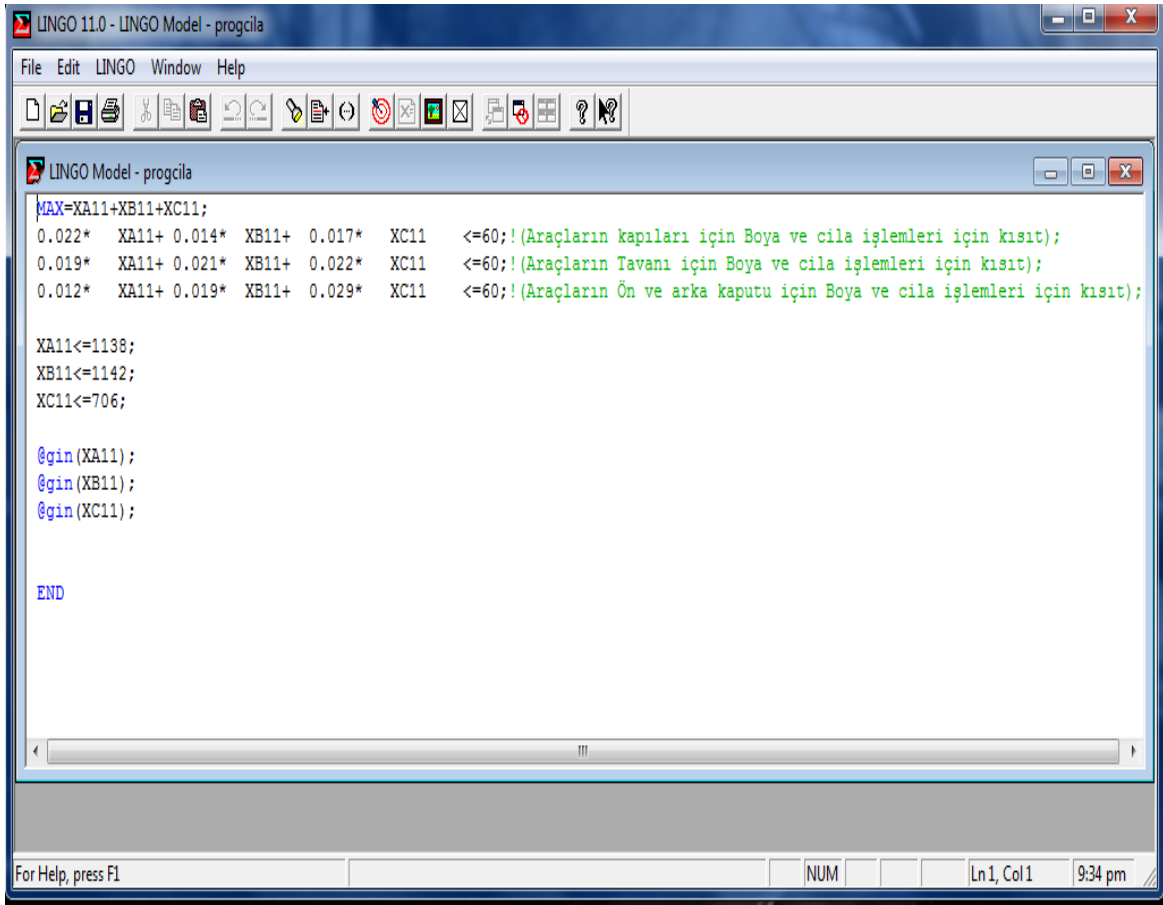


The screenshot shows the LINGO 11.0 software interface. The main window displays the following model code:

```
MAX=XA11+XB11+XC11;  
0.012* XA11+ 0.012* XB11+ 0.015* XC11 <=60;!(Araçların kapıları için paslanmaya karşı koruyucu işlem kısıtı);  
0.018* XA11+ 0.021* XB11+ 0.022* XC11 <=60;!(Araçların Tavanı için paslanmaya karşı koruyucu işlem kısıtı);  
0.010* XA11+ 0.015* XB11+ 0.024* XC11 <=60;!(Araçların Ön ve arka kaputu için paslanmaya karşı koruyucu işlem kısıtı);  
  
XA11<=1138;  
XB11<=1142;  
XC11<=709;  
  
@gin(XA11);  
@gin(XB11);  
@gin(XC11);  
  
END
```

The status bar at the bottom indicates "For Help, press F1", "NUM", "Ln 1, Col 1", and "9:32 pm".

## Ek 1 (Devamı)



The screenshot shows the LINGO 11.0 software interface. The main window displays the following LINGO model code:

```
MAX=XA11+XB11+XC11;
0.022* XA11+ 0.014* XB11+ 0.017* XC11 <=60;!(Araçların kapıları için Boya ve cila işlemleri için kısıt);
0.019* XA11+ 0.021* XB11+ 0.022* XC11 <=60;!(Araçların Tavanı için Boya ve cila işlemleri için kısıt);
0.012* XA11+ 0.019* XB11+ 0.029* XC11 <=60;!(Araçların Ön ve arka kaputu için Boya ve cila işlemleri için kısıt);

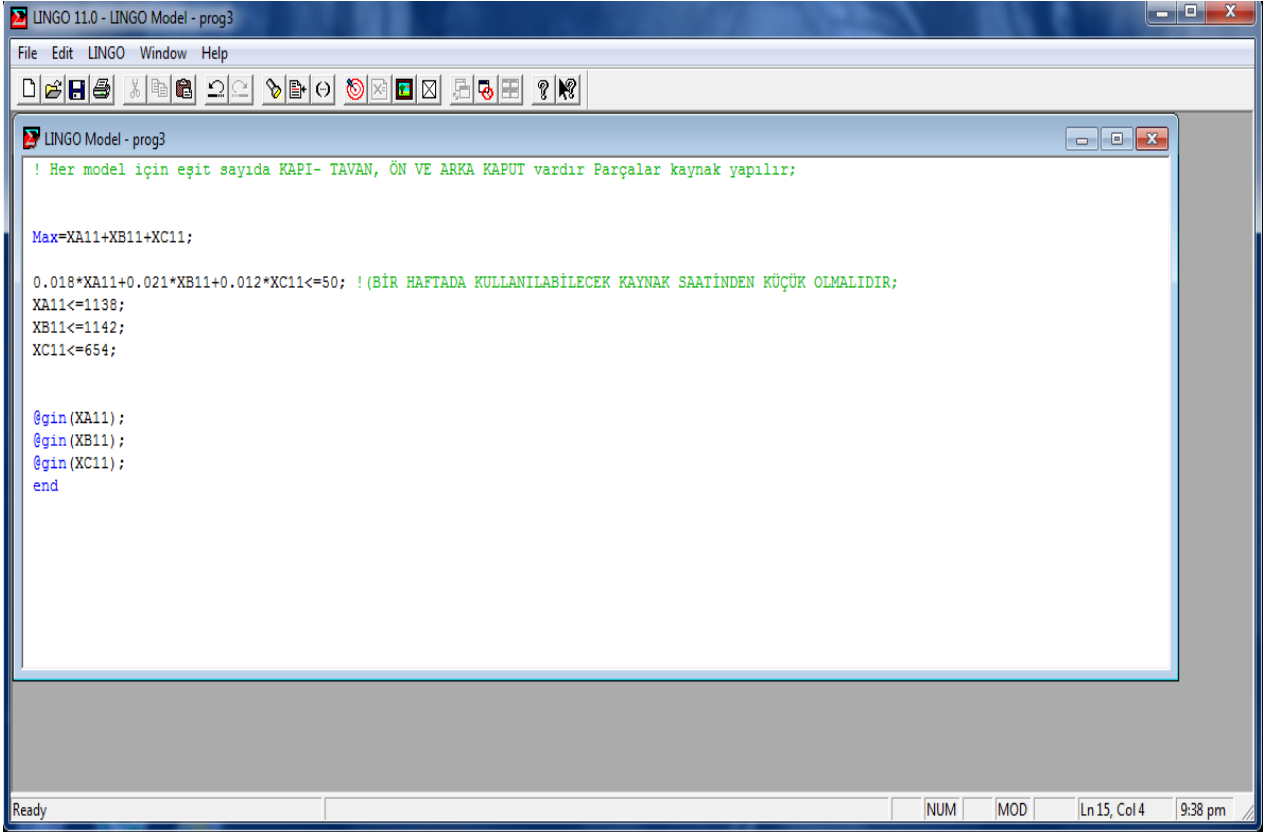
XA11<=1138;
XB11<=1142;
XC11<=706;

@gin(XA11);
@gin(XB11);
@gin(XC11);

END
```

The status bar at the bottom indicates "For Help, press F1", "NUM", "Ln1, Col1", and "9:34 pm".

## Ek 1 (Devamı)

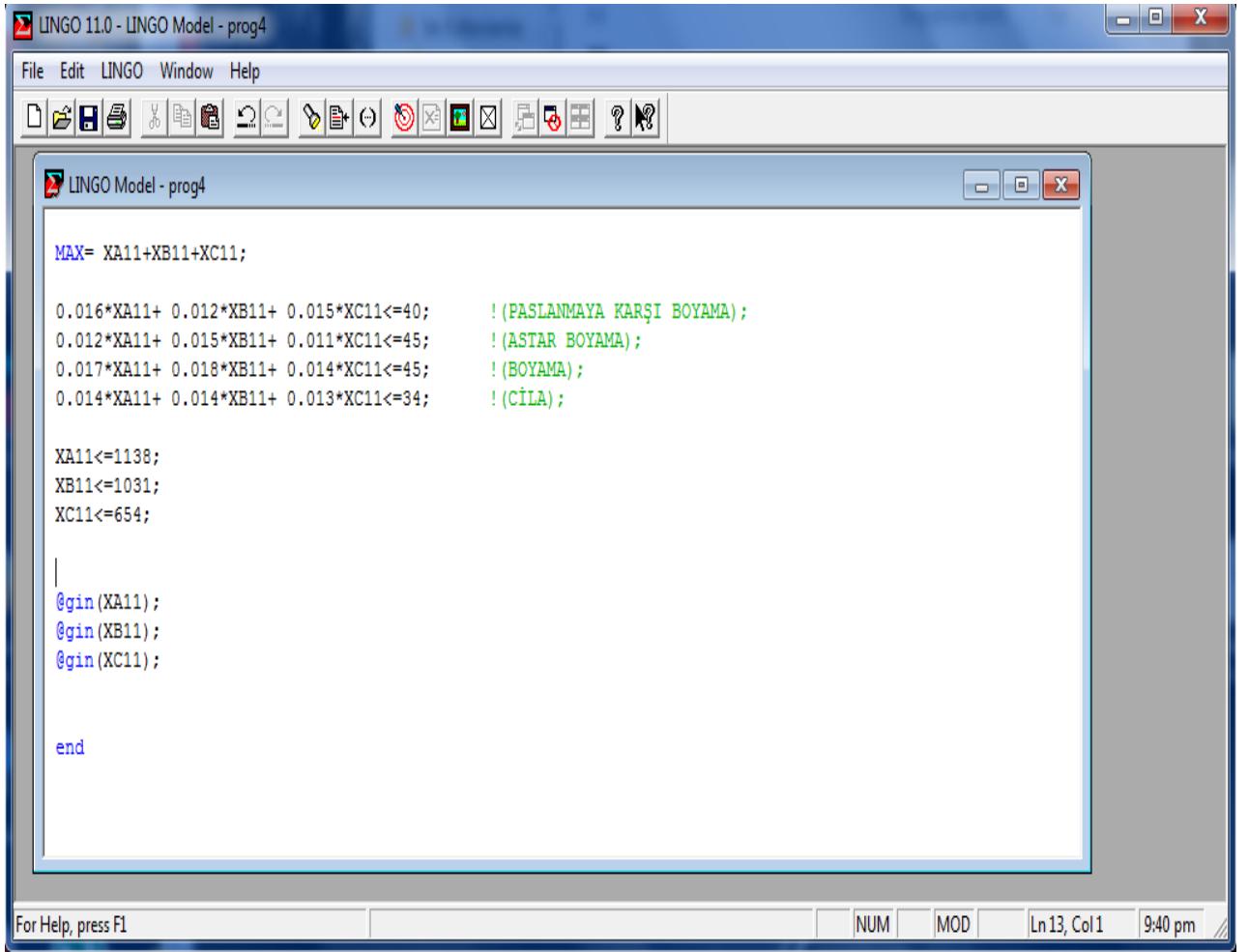


The screenshot shows the LINGO 11.0 software interface. The window title is "LINGO 11.0 - LINGO Model - prog3". The menu bar includes "File", "Edit", "LINGO", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for file operations and solving. The main text area displays the following LINGO model code:

```
! Her model için eşit sayıda KAPI- TAVAN, ÖN VE ARKA KAPUI vardır Parçalar kaynak yapılır;  
  
Max=XA11+XB11+XC11;  
  
0.018*XA11+0.021*XB11+0.012*XC11<=50; !(BİR HAFTADA KULLANILABİLECEK KAYNAK SAATİNDEN KÜÇÜK OLMALIDIR;  
XA11<=1138;  
XB11<=1142;  
XC11<=654;  
  
@gin (XA11);  
@gin (XB11);  
@gin (XC11);  
end
```

The status bar at the bottom shows "Ready", "NUM", "MOD", "Ln 15, Col 4", and "9:38 pm".

## Ek 1 (Devamı)



The screenshot shows the LINGO 11.0 software interface. The main window displays a linear programming model with the following code:

```
MAX= XA11+XB11+XC11;

0.016*XA11+ 0.012*XB11+ 0.015*XC11<=40;      !(PASLANMAYA KARŞI BOYAMA);
0.012*XA11+ 0.015*XB11+ 0.011*XC11<=45;      !(ASTAR BOYAMA);
0.017*XA11+ 0.018*XB11+ 0.014*XC11<=45;      !(BOYAMA);
0.014*XA11+ 0.014*XB11+ 0.013*XC11<=34;      !(CİLA);

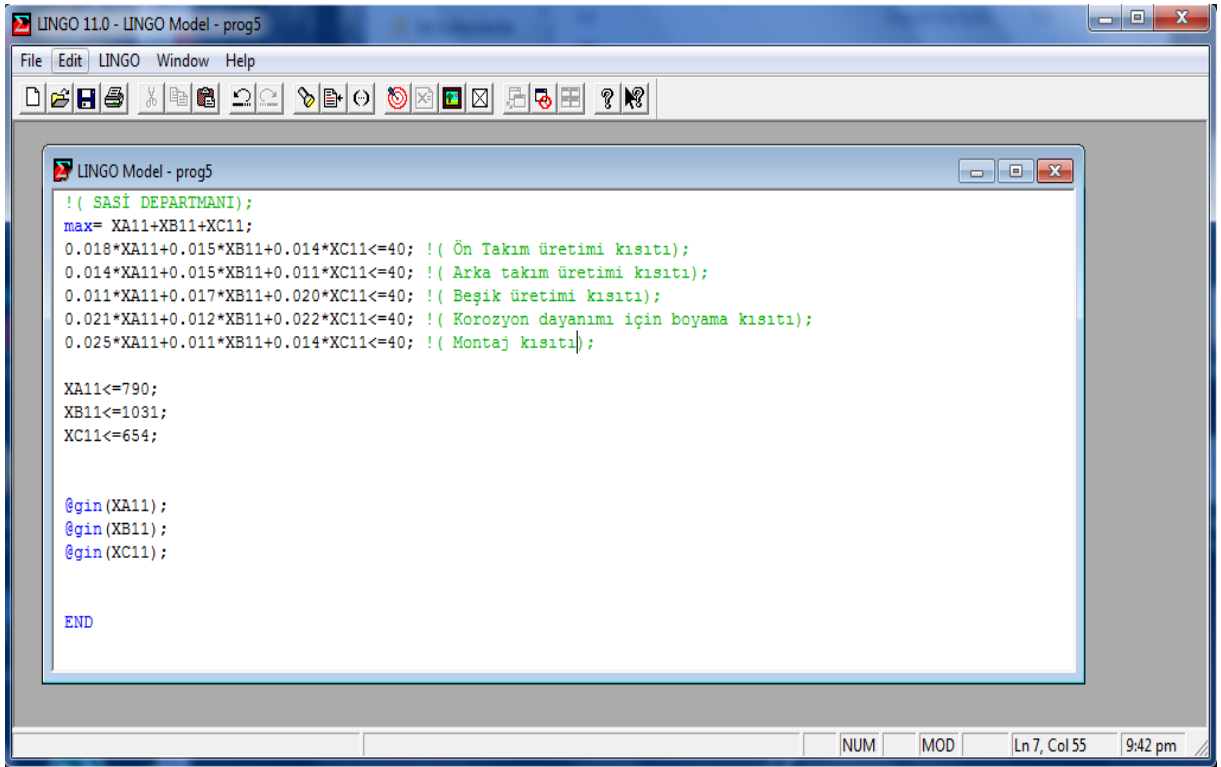
XA11<=1138;
XB11<=1031;
XC11<=654;

|
@gin(XA11);
@gin(XB11);
@gin(XC11);

end
```

The status bar at the bottom indicates "For Help, press F1", "NUM", "MOD", "Ln 13, Col 1", and "9:40 pm".

## Ek 1 (Devamı)



```
LINGO 11.0 - LINGO Model - prog5
File Edit LINGO Window Help
LINGO Model - prog5
!( SASI DEPARTMANI);
max= XA11+XB11+XC11;
0.018*XA11+0.015*XB11+0.014*XC11<=40; !( Ön Takım üretimi kısıtı);
0.014*XA11+0.015*XB11+0.011*XC11<=40; !( Arka takım üretimi kısıtı);
0.011*XA11+0.017*XB11+0.020*XC11<=40; !( Beşik üretimi kısıtı);
0.021*XA11+0.012*XB11+0.022*XC11<=40; !( Korozyon dayanımı için boyama kısıtı);
0.025*XA11+0.011*XB11+0.014*XC11<=40; !( Montaj kısıtı);

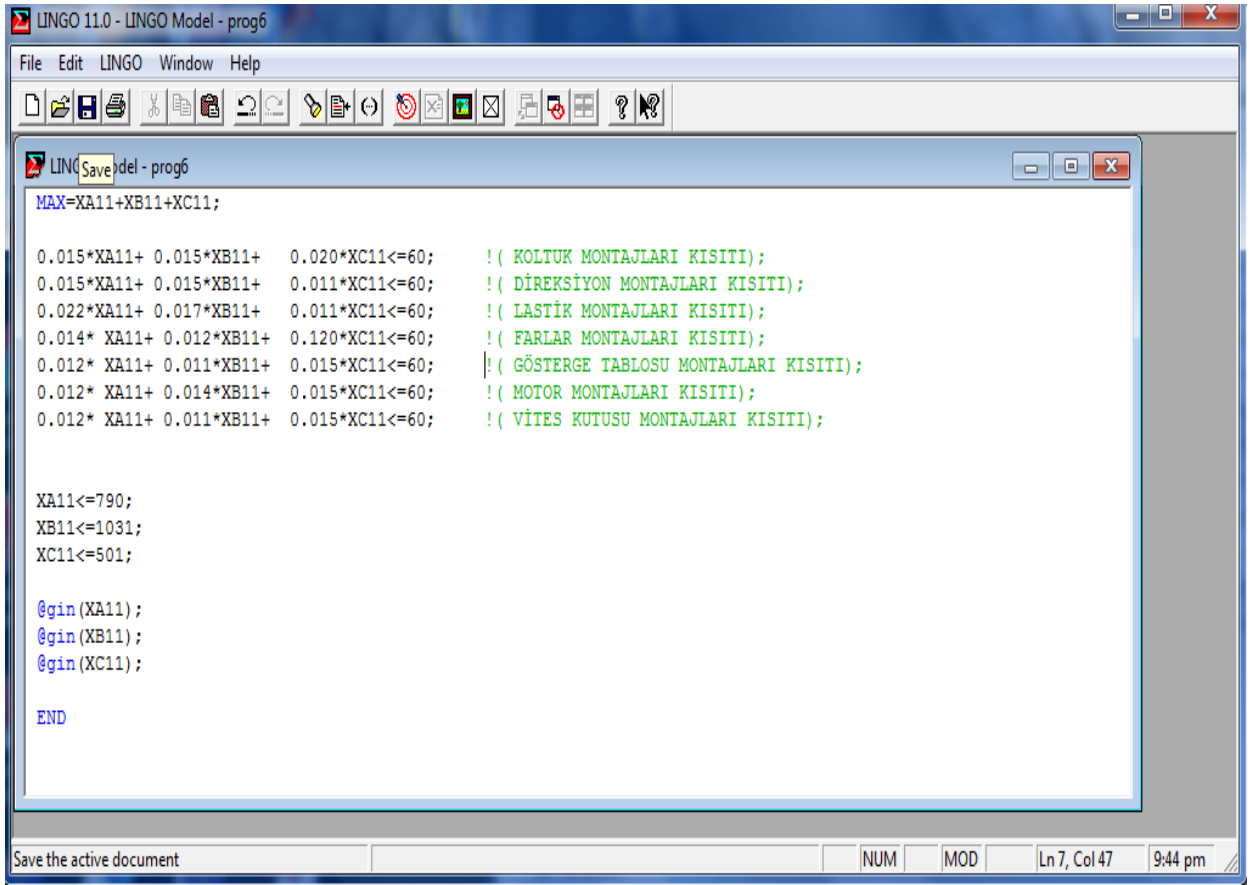
XA11<=790;
XB11<=1031;
XC11<=654;

@gin(XA11);
@gin(XB11);
@gin(XC11);

END
NUM MOD Ln 7, Col 55 9:42 pm
```



## Ek 1 (Devamı)



```
LINGO 11.0 - LINGO Model - prog6
File Edit LINGO Window Help
LIN(Save)del - prog6
MAX=XA11+XB11+XC11;

0.015*XA11+ 0.015*XB11+ 0.020*XC11<=60;      !( KOLTUK MONTAJLARI KISITI);
0.015*XA11+ 0.015*XB11+ 0.011*XC11<=60;      !( DİREKSİYON MONTAJLARI KISITI);
0.022*XA11+ 0.017*XB11+ 0.011*XC11<=60;      !( LASTİK MONTAJLARI KISITI);
0.014* XA11+ 0.012*XB11+ 0.120*XC11<=60;      !( FARLAR MONTAJLARI KISITI);
0.012* XA11+ 0.011*XB11+ 0.015*XC11<=60;      !( GÖSTERGE TABLOSU MONTAJLARI KISITI);
0.012* XA11+ 0.014*XB11+ 0.015*XC11<=60;      !( MOTOR MONTAJLARI KISITI);
0.012* XA11+ 0.011*XB11+ 0.015*XC11<=60;      !( VİTES KUTUSU MONTAJLARI KISITI);

XA11<=790;
XB11<=1031;
XC11<=501;

@gin(XA11);
@gin(XB11);
@gin(XC11);

END

Save the active document      NUM      MOD      Ln 7, Col 47      9:44 pm
```

## EK 2

### **Dişli Kutusu Programının Lingo Çıktısı**

Variable	Value	Reduced Cost
A	1058.000	-1.000000
B	1528.000	-1.000000

Global optimal solution found.

Objective value:	3076.000
Objective bound:	3076.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	5

C	490.0000	-1.000000
---	----------	-----------

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3076.000	1.000000
2	22.71400	0.000000
3	0.1000000E-01	0.000000
4	14.19400	0.000000
5	2.342000	0.000000
6	0.8000000E-02	0.000000
7	22.06800	0.000000
8	0.1000000E-01	0.000000

### **Pres Programının Lingo Çıktısı**

Global optimal solution found.

Objective value:	8967.000
Objective bound:	8967.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	1
Total solver iterations:	5

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	1138.000	0.0000
XA21	1138.000	-1.000000

## Ek 2 (Devamı)

XA31	1138.000	-1.000000
XB11	1142.000	-1.000000
XB21	1142.000	-2.000000
XB31	1142.000	0.000000
XC11	709.0000	-1.000000
XC21	709.0000	-1.000000
XC31	709.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	8967.000	1.000000
2	15.65800	0.000000
3	0.8000000E-02	0.000000
4	0.1500000E-01	0.000000
5	4.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	-1.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000

## Boya Programının Lingo Çıktısı

Global optimal solution found.

Objective value:	2986.000
Objective bound:	2986.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0

## Ek 2 (Devamı)

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	1138.000	-1.000000
XB11	1142.000	-1.000000
XC11	706.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2986.000	1.000000
2	22.05000	0.000000
3	0.2000000E-02	0.000000
4	14.54600	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	3.000000	0.000000

## Cila Programının Lingo Çıktısı

Global optimal solution found.

Objective value:	2934.000
Objective bound:	2934.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	1138.000	-1.000000
XB11	1142.000	-1.000000
XC11	654.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2934.000	1.000000
2	7.858000	0.000000
3	0.8000000E-02	0.000000
4	5.680000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	52.00000	0.000000

## Ek 2 (Devamı)

### 3. Programın Lingo Çıktısı

Global optimal solution found.

Objective value:	2823.000
Objective bound:	2823.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	1138.000	-1.000000
XB11	1031.000	-1.000000
XC11	654.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2823.000	1.000000
2	0.1700000E-01	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	111.0000	0.000000
5	0.000000	0.000000

### 4. Programın Lingo Çıktısı

Global optimal solution found.

Objective value:	2475.000
Objective bound:	2475.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0

## Ek 2 (Devamı)

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	790.0000	-1.000000
XB11	1031.000	-1.000000
XC11	654.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2475.000	1.000000
2	5.178000	0.000000
3	12.86100	0.000000
4	3.856000	0.000000
5	0.4000000E-02	0.000000
6	348.0000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

## 5. Programın Lingo Çıktısı

Global optimal solution found.

Objective value:	2322.000
Objective bound:	2322.000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	1

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	790.0000	-1.000000
XB11	1031.000	-1.000000
XC11	501.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2322.000	1.000000
2	3.301000	0.000000
3	7.964000	0.000000
4	3.763000	0.000000
5	0.1600000E-01	0.000000
6	1.895000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	153.0000	0.000000

## Ek 2 (Devamı)

### 6. Programın Lingo Çıktısı

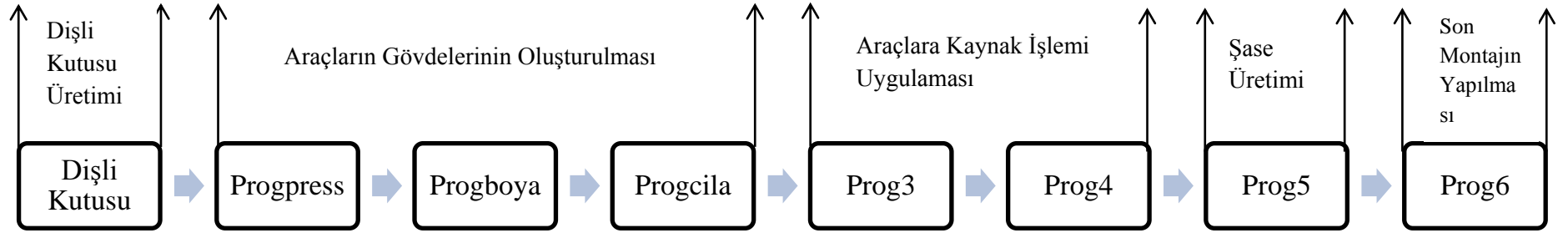
Global optimal solution found.

Objective value:	2125.000	
Objective bound:	2125.000	
Infeasibilities:	0.000000	Extended
solver steps:	0	
Total solver iterations:	0	

Variable	Value	Reduced Cost
XA11	790.0000	-1.000000
XB11	1031.000	-1.000000
XC11	304.0000	-1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2125.000	1.000000
2	26.60500	0.000000
3	29.34100	0.000000
4	21.74900	0.000000
5	0.8800000E-01	0.000000
6	34.61900	0.000000
7	31.52600	0.000000
8	34.61900	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	197.0000	0.000000

### EK 3. Programların Akış Şeması





## **ÖZGEÇMİŞ**

Melih Yücesan 1986 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Trabzon'da tamamladı. Temmuz 2009 da K.T.Ü Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2009 yılında K.T.Ü Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Orta derecede İngilizce bilmektedir.