



**CİBUTİ CUMHURİYETİ SÜT ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE
NİHAİ ÜRÜNLERİN NAKLİYESİNİN OPTİMİZESİ: BİR
UYGULAMA**

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME**

Hamda ABDİ ADEN

Doç. Dr. RehileASKERBEYLİ

**CIBUTİ CUMHURİYETİ SÜT ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE NİHAİ
ÜRÜNLERİN NAKLİYESİNİN OPTİMİZESİ: BİR UYGULAMA**

Hamda ABDİ ADEN

Doç. Dr. Rehile ASKERBEYLİ

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalında
Yüksek Lisans
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ağustos 2020**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
TEZ ONAY SAYFASI	4
DOĞRULUK BEYANI	5
ÖNSÖZ	6
ÖZ	7
ABSTRACT.....	8
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ.....	9
ARCHIVE RECORD INFORMATION	10
ARAŞTIRMANIN KONUSU.....	12
ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ.....	12
ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	12
ARAŞTIRMA PROBLEMİ	12
EVREN VE ÖRNEKLEM	12
1. CİBUTİ.....	13
1.1. Cibuti'nin tarihi	13
1.1.1. Sosyal yapı.....	13
1.1.2. Cibuti'nin coğrafi konumu	14
1.2. Cibuti'nin ekonomisi.....	15
1.2.1. Mevcut ekonomik durumu	15
1.2.1.1. Cibuti'nin üretimleri	16
1.2.1.2. Stratejik konumunun ekonomi üzerindeki etkisi.....	16
1.2.2. Dış ticareti	18
1.2.3. Komşu ve diğer ülkelerle ticaret ilişkisi.....	22
1.3. Türkiye ile ticareti.....	23
1.4. Üst yapı yatırım projeleri, Vergiler ve Vizyon 2035	26
2. Doğrusal Programlama ve Ulaştırma Modeli.....	27
2.1. Doğrusal Programlama Modeli	27
2.1.1 Doğrusal Programlamanın Tanımı ve Tarihçesi	27
2.1.2. Doğrusal Programlamanın Uygulanma Şartları ve Varsayımları	29

2.1.3. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Gösterimi	31
2.1.3.1. Karar Değişkenlerinin Tanımlanması	32
2.1.3.2. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması	32
2.1.3.3. Kısıtların Belirlenmesi	33
2.1.4. Doğrusal Programlama Modelinin Uygulandığı Alanlar	34
2.1.5. Doğrusal Programlama Modelinin Çözüm Yöntemleri	36
2.1.5.1. Grafik Çözüm Yöntemi	36
2.1.5.2. Simpleks Çözüm Yöntemi	37
2.2. Ulaştırma Problemi Modeli	41
2.2.1. Ulaştırma Modelinin Tanımı ve Tarihçesi	42
2.2.2. Ulaştırma Modelinin Matematiksel İfadesi	44
2.2.3. Ulaştırma Modelinin Çözüm Tekniği ve Şartları	49
2.2.4. Başlangıç Çözüm Yöntemleri	54
2.2.4.1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi	54
2.2.4.2. En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi	59
2.2.4.3. Vogel Yaklaşımı (VAM) Yöntemi	60
2.2.4.4. Russell'in Yaklaşım Metodu (RAM Metodu)	60
2.2.5. Ulaştırma Modelinde Optimal Çözüm Yöntemleri	65
2.2.5.1. Atlama Taşı Yöntemi	65
2.2.5.2. MODI Yöntemi	66
3. Ulaştırma Modeli ile Maliyet Optimizasyonu ve Uygulamaları	68
3.1. Şirketin ve ürünün tanıtımı/ tarihçesi	68
3.1.1. Cibuti'deki süt üretimi konusunda teknolojik çalışması	68
3.1.2. Douda şirketi ve sütün hakkında	68
3.1.2.1. Süt ve içecekler tipolojileri	69
3.2. Ulaştırma Modelinin Süt ve Süt ürünleri Sektörüne Uygulanması	72
3.3. Problemin VAM Yöntemi ile çözümü	77
3.4. Problemin Simpleks Yöntemi ile çözülmesi	94
3.5. Problemin MODI yöntemi ile çözümü	96
SONUÇ	101

KAYNAKÇA	103
GRAFİKLER LİSTESİ	108
TABLolar LİSTESİ	109
ŞEKİLLER LİSTESİ	111
EKLER (VARSA)	112
ÖZGEÇMİŞ.....	115

TEZ ONAY SAYFASI

Hamda ABDI ADEN tarafından hazırlanan “CIBUTI CUMHURİYETİ SÜT ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE NİHAİ ÜRÜNLERİN NAKLİYESİNİN OPTİMİZESİ: BİR UYGULAMA” başlıklı bu tezin Yüksek lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr.Rehile ASKERBEYLİ

Tez Danışmanı, İşletme Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İşletme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 11/08/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr.Rehile ASKERBEYLİ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr.Metin KILIÇ (BANÜ)

Üye : Doç. Dr.Rehile ASKERBEYLİ (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yolatevessül etmeden yazdığımı,araştırmamı yaparken hangi tür alıntıların intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserlere metin içerisinde uygun şekilde atıf yapıldığını beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabule derim.

Adı Soyadı: Hamda ABDI ADEN

İmza :

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın konusu, Cibuti Cumhuriyeti'nde faaliyet gösteren Douda Tazwid Industries şirketi tesislerinde üretilen nihai süt ürünlerinin toplam nakliye maliyetlerinin minimum seviyeye indirilmesi ve tüketim merkezlerine optimal dağılım planının bulunmasıdır. Burada toplam nakliye maliyetinin en aza indirilmesi ve tedarik merkezinden talep merkezlerine gönderilecek toplam mal miktarının toplam talep veya arz miktarına eşit olması olmak üzere iki hedefe ulaşmak amaçlanmıştır. Taşıma modelinin optimal çözümü, doğrusal programlama yöntemi ile bulunmuştur. Bu çalışmada, tüm talep miktarlarının tek bir üretim merkezinden karşılandığı tek kaynaklı nakliye modeli kullanılmıştır.

Konu seçiminden bitiş anına kadar her zaman sonsuz sabırla bilgisini, tecrübesini ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli Doç. Dr. Rehile ASKERBEYLİ Hocama,

Her kararında arkamda duran, bana her daim inanan, güvenen ve yanımda olduklarını hissettiren sevgili anneme, babama, ablama ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

ÖZ

Çağdaş yoğun rekabet koşullarında, işletmelerin kâr ile çalışmalarının şartlarından birisi maliyetlerini olabileceken düşük seviyeye çekmektir. Bu sebeple çalışmanın esas konusu maliyet kalemlerinin en önemlilerinden biri olan ulaştırma maliyetini minimize ederek kârın maksimize edilmesidir.

Bu çalışmanın konusu, Cibuti Cumhuriyeti'nde faaliyet gösteren Douda Tazwid Industries şirketi tarafından Süt ve Süt Ürünleri üretim tesislerinde üretilen nihai ürünün optimal dağıtım planının tasarlanarak toplam nakliye maliyetlerinde en düşük seviyeye ulaştırılmasıdır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, Cibuti Cumhuriyeti'nin mevcut ekonomik durumu kısaca tartışılmaktadır.

İkinci bölümde, ulaştırma modelinin doğrusal programlamanın özel bir türü olduğu dikkate alınarak önce doğrusal programlama ile ilgili genel bilgiler verilmiştir, ardından ulaştırma modeli kapsamında çözüm yöntemleri incelenmiştir. Söz konusu olan ulaştırma probleminin çözümünde kullanılan Simpleks yöntemi de bu bölümde ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

Tezin uygulama çalışmasının yer aldığı son bölümde ise problemin verilerinin sağlayıcısı Douda Tazwid Industries şirketi hakkında genel bilgilere, söz konusu olan ulaştırma probleminin matematiksel modellemesine, problemin Vogel yaklaşımı metodu (VAM) ve Simpleks yöntemiyle çözümlenmesine yer verilmiştir. Simpleks yönteminin çözümü R/Simplex paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

VAM yöntemi ve R/Simplex programıyla yöntemleri ile elde edilen çözümlere dayanarak işletmeye mevcut olan arz ve talep kapsamında minimum maliyetli optimal dağıtım planları önerilmiştir ve sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süt Ürünleri Endüstrisi, Doğrusal Programlama, Simpleks Yöntem, Ulaştırma Modeli, Tek Kaynaklı Ürün Dağıtım Modeli.

ABSTRACT

One of the conditions for businesses to work with snow is to reduce their costs to the lowest possible level in an intense competitive environment under modern conditions. For this reason, it is aimed to contribute to the profit by optimizing the transportation costs, which is one of the most important cost items, which is the main subject of the study.

The subject of this study is to find the lowest level of total transport costs of the final product produced by DoudaTazwid Industries at its own Milk and Dairy production facilities in the Republic of Djibouti and to provide an optimal distribution plan.

In the first part of the thesis, the current situation in the Economy of the Republic of Djibouti is briefly discussed.

In the second chapter, taking into account that the transportation model is a special type of linear programming, firstly, information about linear programming is given, and then the solution methods within the scope of the transportation model are examined. The Simplex method, which is solved in the thesis and used to solve the transportation problem, is also analyzed in detail in this section.

In the last part of the application study of the thesis, general information about the Douda Tazwid Industries company, mathematical modeling of the transportation problem, the solution of the problem with the Vogel approach method (VAM) and the Simplex method are included. The solution of the simplex method was carried out with the use of R / Simplex package software.

Based on the solutions obtained by VAM and R / Simplex software, optimal distribution plans achieving the minimum cost with given supply and demand are proposed to the enterprise and the results are discussed.

Keywords : Dairy Industry, Linear Programming, Simplex Method, Transportation Model, Single Source Product Distribution Model.

ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

Tezin Adı	Cibuti Cumhuriyeti Süt Ürünleri Endüstrisinde Nihai Ürünlerin Nakliyesinin Optimizesi: bir uygulama
Tezin Yazarı	Hamda ABDI ADEN
Tezin Danışmanı	Doç. Dr. Rehile ASKERBEYLİ
Tezin Derecesi	Yüksek Lisans
Tezin Tarihi	11.08.2020
Tezin Alanı	İşletme
Tezin Yeri	KBU/LEE
Tezin Sayfa Sayısı	115
Anahtar Kelimeler	Süt Ürünleri Endüstrisi, Doğrusal Programlama, Simpleks Yöntemi, Ulaştırma Modeli

ARCHIVE RECORD INFORMATION

Name of the Thesis	Optimization of Transportation of Final Products in the Dairy Industry of the Republic of Djibouti: an application
Author of the Thesis	Hamda ABDI ADEN
Advisor of the Thesis	Doç. Dr. Rehile ASKERBEYLİ
Status of the Thesis	Master
Date of the Thesis	11.08.2020
Field of the Thesis	Business Administration
Place of the Thesis	KBU/ LEE
Total Page Number	115
Keywords	Dairy Industry, Linear Programming, Simplex Method, Transportation Model

KISALTMALAR

Kısaltma1: VAM (Vogel yaklaşımı metodu)

Kısaltma2: MODI (Modified Distrubution)

Kısaltma3: KH (Kullanılan Hücre)

Kısaltma4: DPW (Dubai Ports World)

ARAŞTIRMANIN KONUSU

Ulaştırma modelinin Cibuti Cumhuriyeti Süt Ürünleri Endüstrisine uygulanması ile optimal ulaşım maliyeti ve dağıtım planını bulmaktır.

ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

İşletmelerin giderlerini doğru analiz etmesi ve sağlıklı uzun dönem planları yapabilmesi için bilinmesi gereken en temel kavramlardan birisi sabit ve değişken olarak ikiye ayrılan maliyet kavramıdır. İş hacmine göre değişkenlik gösteren değişken maliyetler üzerinde indirgemeler yapılarak kâra katkı sağlanabilir. Bu sebeple söz konusu araştırmanın amacı belirli bir kapasiteyle üretim yapan işletmelerin karşılayabilecekleri talepleri de göz önünde bulundurarak üretilen ürünlerin kâra maksimum katkı sağlayacak ve aynı zamanda toplam taşıma maliyetini minimum kılacak optimal dağıtım miktarlarını belirlemektir.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma problemin matematiksel olarak modellenmesi, çözüm için kullanılan metotların analitik olarak incelenmesi ve bu parçaların birleştirilerek bir işletme probleminin çözülmesini kapsamaktadır.

ARAŞTIRMA PROBLEMİ

Bu tez çalışması Cibuti Cumhuriyeti'nde faaliyette olan Douda Tazwid Industries şirketinin ürettiği altı çeşit süt ürününün, işletmeden ürün talebinde bulunan altı tüketim merkezine toplam ulaşım maliyetini minimum yapan optimal ulaşım (dağıtım) programını belirlemeyi amaçlar.

EVREN VE ÖRNEKLEM

Bu araştırmanın evreni Cibuti Cumhuriyeti Süt ve Süt Ürünleri Sektörü kabul edilirse, örnekleme Douda Tazwid Industries şirketi olmaktadır.

1. CİBUTİ

1.1. Cibuti'nin tarihi

1.1.1. Sosyal yapı

Devletin Adı	Cibuti Cumhuriyeti
Başkenti	Cibuti
Yönetim Biçimi	Yarı Başkanlık
Devlet & Hükümet Başkanı	Ismail Omar Guellah (2016 Nisan -)
Başbakan	Abdoulkader Kamil Mohamed (2016 Mayıs -)
Parlamento	65 milletvekili
Resmi Dili	Fransızca & Arapça (Somali & Afar yerel halk dilidir)
Bağımsızlık Yılı	27 Haziran 1977 (Fransa'dan)
Yüzölçümü	23.200 km ² (Dünya Bankası)
Ülke Nüfusu (2018)	958.920 (Dünya Bankası)
Başkent Cibuti Nüfusu (2018)	561.564 (Dünya Bankası)
Dini	Müslüman (%99)
Para Birimi	Cibuti Frankı (1 Dolar : 177,7 DFr—sabit--)
Üye Olduğu Başlıca Ulusal Kuruluşlar	BM, DTÖ, Dünya Bankası, IMF, Arap Ligi, COMESA, Afrika Birliği
Telefon Kodu	+253

Ülke nüfusu 2019 yılında 1.005.920, artış hızı %1,5 oranında olmuştur. Başkent Cibuti şehrinde ülke nüfusunun yaklaşık %58'i yaşamaktadır.

İşgücünün (419.128) nüfusa oranı yaklaşık %44'tür. Toplam işgücü içindeki kadınların payı %44'tür. Aktif işgücü kapsamındaki işsizlik oranı %11'dir. Düşük orta-gelirli (yoksul) bir nüfusa sahiptir. Halkın çoğunluğu standardı düşük konutlarda yaşamaktadır. Yaşam standardı çok düşüktür. İnşaat maliyeti yüksek olduğundan özellikle kırsaldaki evlerin malzemeleri ve dayanıklılığı doğal afetlere karşı zayıftır.

Kuraklık kırsal alan ekonomisini derinden etkileyen ciddi bir sorundur. Bu durum insanları, şehirlere göçe zorlamaktadır. Sağlık koşulları zayıf olduğu gibi, verilen hizmet de yetersiz kalmaktadır. Cibuti, iç siyasi/güvenlik sorunları yaşayan komşu ülkelerden (Etiyopya, Somali, Eritre ve Yemen'den) göç almaktadır. (<https://www.combien-coute.net/lait/djibouti/>)



1.1.2. Cibuti'nin coğrafi konumu

Ülke nüfusunun %98'i müslüman olan Cibuti coğrafi konum olarak, Kızıldeniz'in Hint Okyanusuna açıldığı (doğu) Afrika'nın stratejik uç noktasındadır. Karşı kıyısında Yemen bulunmaktadır. Kara komşuları ise, Etiyopya, Somali ve Eritre'dir. DEİK (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu), Cibuti Ülke Bulteni, (2018),

[file:http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf](http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf)

İklimi sıcak ve kurudur. Çöl iklimidir. İç ve güney kesimlerde kış döneminde nadir de olsa görülen aşırı/yoğun yağışlar sele (su taşkınlarına) yol açabilmekte, özellikle kırsal kesimdeki halkın ekonomik, sağlık, beslenme ve barınma koşulları açısından ciddi düzeyde mağduriyetine yol açmaktadır.

İdare yapı olarak, Cumhurbaşkanı İsmail Guellah 1999'dan beri ülkenin Cumhurbaşkanıdır. Hedefi, Cibuti'yi uluslararası (transit) liman haline dönüştürmektir. Özellikle Çin ile ekonomik ve ticari ilişkileri geliştirmeye önem vermektedir. Ülke 6 idari bölgeye ayrılmıştır. Bunlar nüfuslarına göre; Cibuti, Dikhil, Ali Sabieh, Tadjourah, Obock ve Arta'dır.



Sıcak ve kurak bir iklime sahip olan Cibuti'de senelik sıcaklık ortalaması 32 C civarındadır. Yağış dağlık bölgelerde kıyı bölgesine nazaran biraz daha fazladır. Tuz göllerindeki tuz ülkenin sahip olduğu en önemli kaynaktır. Tatlı su görelleri ve dereleri bulunmayan ülke başka hiç bir tabii kaynağa sahip değildir. Cibutinın para birimi Cibuti Frangı olur (FDJ/Franc DJiboutien).

1.2. Cibuti'nin ekonomisi

1.2.1. Mevcut ekonomik durumu

Cibuti hükümetinin şu anki stratejisi, Bab-el-Mandeb Boğazı'ndaki açılışı ile ülkenin iyi jeostratejik konumundan ve aynı zamanda 2 komşusu Etiyopya, Eritre'ye karşı çıkan silahlı çatışmalardan yararlanmaktadır. Liman, Etiyopya ile Eritre arasındaki savaş sırasında 1998'de patlayan büyük bir değişim geçirdi. Eritre bağımsızlığını kazandıktan sonra Etiyopya kara ile çevrili bir ülke haline geldi ve Assab limanını aktiviteleri için kullanamamıştır. Bu iki ülke arasında savaş patlak verdiğinde, Etiyopya bütün alımlarını Cibuti limanından yapmak zorunda kaldı.

DEİK (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu), Cibuti Ülke Bulteni, (2018), from [file:http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf](http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf)

Cibuti gelişmekte olan bir ekonomiye sahiptir. Son 10 yılda ortalama% 6 büyüme oranına ulaşan ülkede ekonominin, ulaşım ve altyapıya yapılan yeni yatırımların tamamlanmasıyla daha hızlı bir büyüme sürecine girmesi bekleniyor. Cibuti, coğrafi konumu nedeniyle uluslararası taşımacılık açısından stratejik öneme sahiptir. Açık denizden önce ticari gemiler için yakıt ikmal noktası görevi görür. Cibuti limanları Doğu Afrika ticaretinin en önemli noktalarından biri haline geldi. Ülkedeki liman varlığının gelişmesiyle yeniden ihracatın hızla artacağı tahmin ediliyor. Öte yandan, özellikle kapalı alanlarda ve geleneksel yöntemlerle yürütülen hayvancılık faaliyetleri nüfusun en önemli geçim kaynaklarından biridir ve milli gelirin yaklaşık üçte biri bu sektörden gelmektedir.

Endüstriyel sektörü yüksek bir yüzdeye sahip olmayabilir, ancak yine de ülkede ekonomik bir özellik olmaya devam etmektedir. Yerel olarak üretilen ürünlerin çeşitleri aşağıda listelenecektir.

1.2.1.1. Cibuti'nin üretimleri

Cibuti küçük bir ülke olduğu için pek üretmeyip yurt dışından ithal etmektedir. Ama sonraki ürünleri üretmektedir:

- Endüstriyel köpüklü su, içecekler ve dondurma üretimi
- Süt pastörize ve süt ürünleri
- Maden suyu ve damıtılmış su üretimi
- Tebeşir ve kalem üretimi
- Kağıt üretimi
- Yiyecek üretimi
- Plastik üretimi
- İlaç ve tıbbi ürün üretimi
- Yapı malzemelerinin üretimi
- Endüstriyel işlemlerle marangozluk

DEİK (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu), Cibuti Ülke Bulteni, (2018), from [file:http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf](http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf)

1.2.1.2. Stratejik konumunun ekonomi üzerindeki etkisi

“Cibuti ekonomisini etkileyen en büyük faktörlerden biri, bazı yabancı ülkelerin mal ihraç ve ithal etmesine izin veren limanlarıdır. Cibuti ikinci bir liman inşaatı üstlendi. Daha gelişmiş Doralé limanı, daha karmaşık operasyonları gerçekleştirmeyi mümkün kılar ve 400 milyon dolarlık bir yatırım için 20 hektarlık bir serbest bölge eşlik etmektedir. Serbest bölgenin gelişmesiyle birlikte ülke yabancı yatırımcıları cezbetmeyi umuyordur. 2003 yılında, Amerikan üssünün kurulumundan sonra DPW, 2006 yılında hizmete giren 153 milyon dolar için büyük bir petrol terminali inşa etti. Bir konteyner terminali 2008'in sonlarında 427 milyon maliyetle açılmaktadır. Mesela, Komşu Etiyopya ekonomisindeki büyüme ve Cibuti Limanı üzerinden yaptığı (transit) yükleme/sevkiyat işlemleri, Cibuti'nin ekonomik büyümesini doğrudan (olumlu) etkilemektedir.

Ayrıca, bazı batılı ülkelerin Cibuti'de kurduğu askeri üslerden sağlanan kira gelirleri de Cibuti ekonomisi için önemli gelir kaynağıdır. Yaklaşık 3.000 askere sahip dünyanın en büyük Fransız askeri üssüne ev sahipliği yapıyor ve 2002'den beri terörizme

karşı mücadelenin yeni uluslararası bağlamı nedeniyle büyük bir Amerikan üssü (yaklaşık 1.800 asker) İtalyan, Çin vb. askeri üsler de var ve %3 ülke ekonomisine katkıda bulunuyorlar. Bu üslerin kiralari 2007 yılında Cibuti Cumhuriyeti'ne sırasıyla 30 milyon avro ve 30 milyon dolar getirdi. Bu para birimleri büyük liman projelerine yatırım yapıyor. Bilindiği gibi, kalkınması yabancı finansman ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarına bağımlıdır. Yabancı sermaye yatırımlarında Çin önde gelmektedir.

Dünya Bankası'na göre 2018 yılına ait GSYİH içinde sektörlerin payı ; hizmetler %81,7, sanayi %16 ve tarım %2,3'tür. Hizmet sektörü (liman işlemleri/nakliye, demiryolu, iletişim, hava limanı, haberleşme, inşaat, turizm, bankacılık) ağırlıklıdır. Liman hizmetlerinin yanısıra, halihazırda devam eden altyapı projeleri (müteahhitlik sektörü) ekonominin büyümesindeki en önemli itici güçtür.

Ülkede 8 ticari ve 3 İslami Bankacılık olmak üzere toplam 11 banka bulunmaktadır. Çoğu yabancı (Çin, İsviçre, Yemen, Malezya, Tanzanya) sermayelidir. Ayrıca, Afrika Kalkınma Bankası ve İslam Kalkınma Bankasının da üyesidir. Cibuti'de bankacılık sektörü çok önemlidir. Çok yoğun ve kırılgan olmasına rağmen bankacılık sektörü istikrarlı ve sağlıklı kalmaktadır. Bankacılık sektörüne iki banka hakimdir : Afrika Bankası-Kızıldeniz (BOA-Kızıldeniz) ve Ticaret ve Sanayi Bankası-Kızıldeniz (BCIMR). Sadece 2013 yılında varlıkların% 67'sini, 2015'teki% 85'ini oluşturdular. 2016 yılında yabancı sermayeli dört yeni banka yetkilendirildi : Etiyopya Ticaret Bankası, Cibuti Ticaret Bankası, İpek Yolu Uluslararası Bankası ve konsorsiyum Mevduat ve Kredi Bankası'nı devralmak isteyen Çinliler. Sonraki yıllarda diğer yabancı bankalar yerel olarak yetkilendirildi. Yabancı bankaların bu güçlü varlığı, Etiyopya'nın büyümesi ve Çin'in giderek artan kitlesel varlığı nedeniyle Cibuti Cumhuriyeti'nin hızla genişleyen bir bölgeye artan ilgisini göstermektedir. Ayrıca, 2016 yılı başında, Çin Merkez Bankası ile Cibuti Merkez Bankası arasında, Cibuti ekonomik operatörlerinin ve bölgedeki diğer ülkelerin yürütmesini sağlayacak bir takas odası kurulmasıyla ilgili bir çerçeve anlaşma imzalandı. Aniden Cibuti'yi bölgesel bir bankacılık ve finans merkezi haline getirme şansını sunan ABD doları veya başka bir para birimi olmadan ticaret yapın. Anlaşmanın Çinli bankaların İpek Yolu projesinin bir parçası olarak Cibuti'de kurulmasına izin vermesi ve Afrika ile Asya arasındaki finans akışını kolaylaştırması bekleniyor.

Gıda dahil ihtiyaçların tamamı ithalata bağımlıdır. Kıyı kesimlerde balıkçılık ve iç-kırsal kesimlerde hayvancılık geleneksel geçim faaliyetidir. Kuraklık nedeniyle tarımsal üretim yapılamamaktadır.

Ekonominin büyümesi ve yüksek orandaki işsizliğin ve yoksulluğun azaltılması için yerli sermaye ve girişimci sayısı yetersiz olduğundan, doğrudan yabancı sermaye yatırımına ihtiyacı bulunmaktadır. Etkili eleman açığı ve eğitimi önem teşkil etmektedir. AB, Dünya Bankası (mena) ve BM Gıda Programının sosyal destek programları söz konusudur.

Dışborcu heryıl artış göstermektedir. 2010 yılında yaklaşık 1,82 milyar Dolar tutarındaki dış borç stoku, 2017 yılındaki 3,35 milyar Dolar seviyesinden 2018 yılında 3,26 milyar dolara yükselmiştir. IMF (SDR) ve proje bazlı Dünya Bankası (IBRD, IDA) kredilerinden de yararlanmaktadır.”DEİK (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu), Cibuti Ülke Bulteni, (2018), from <file:http/Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf>

1.2.2. Dış ticareti

Tablo 1. Dış Ticaret Göstergeleri

Yıllar	İhracat	İthalat
2009	363.709	647.615
2010	97.942	1.947.454
2011	117.837	2.449.845
2012	129.634	3.240.702
2013	176.174	3.436.936
2014	153.634	3.531.046
2015	136.665	4.301.426
2016	111.516	4.508.457
2017	156.881	4.844.170
2018	155.416	5.677.076
2019	155.766	4.012.351

Kaynak: Trademap-mirrordata (2019Eylül)

Küçük ve alım gücü düşük fakir bir ekonomiye sahiptir. Ülke tüketim ihtiyaçlarının tamamını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Dış ticareti ciddi boyutta açık vermektedir.

Tablo 2.İthalat Yaptığı Başlıca Ülkeler

Ülkeler	2016	2017	2018
Çin	2.148.397	2.175.410	1.871.676
BAE	266.293	431.864	1.072.326
Hindistan	270.592	274.830	852.956
Endonezya	211.296	202.486	211.544
Malezya	90.779	144.485	204.591
Türkiye	77.898	102.506	196.648
Suudi Arabistan	140.289	125.841	124.057
ABD	132.795	157.308	112.742
Fas	74.486	31.387	109.745
Güney Afrika Cumhuriyeti	53.289	93.083	109.498
Genel Toplam	4.512.314	4.776.424	5.528.755

Kaynak: Trademap-mirrordata (2019Eylül)

İthalatında en büyük tedarikçisi (ve yabancı yatırımcı) Çin'dir. Bu durumda, Çin ürünlerinin ucuzluğunun yanısıra, üstlendiği büyük kamu projeleri ve finansman desteğinin de etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 3.İthal Ettiği Başlıca Ürünler

Gtip	Ürünler (ilk 15)	2016	2017	2018
2710	Petrol yağları (akaryakit)	19,024	130,502	1,143,637
1511	Palmyağı	200,436	254,023	333,419
1701	Şeker	207,223	83,743	186,829
7210	Demir/çelik yassı mamul	37,210	50,614	146,896
3105	Kimyasal gübreler (azot..)	119,452	31,881	110,988
2701	Taşkömürü	36,288	74,989	89,939
8703	Otomobil	105,719	104,783	89,480
1006	Pirinç	64,691	105,315	87,758
8704	Eşya taşımaya mahsus motorlu taşıtlar	144,794	174,556	72,425
7214	Demir/çelik çubuklar	19,291	30,825	66,379
9403	Mobilyalar (büro,mutfak.)	67,456	74,796	65,073
6402	Ayakkabı	87,832	84,860	65,006
3901	Etilen polimleri (ilk şekillerde)	48,172	54,930	62,224
6103	Erkek/erkek çocuk için takım elbise, pantolon	59,079	76,213	52,851
6203	Erkek	32,693	58,493	51,399
Genel Toplam		4,512,314	4,776,424	5,528,755

Kaynak: Trademap-mirrordata (2019 Eylül)

Sektörler itibarıyla ithalatında; petrol, bitkisel yağlar (gtp:15), demir-çelik (gtp:72), elektrikli makineler/cihazlar (gtp:85), plastikten eşyalar (gtp:39) önde gelmektedir.

Tablo 4. İhracat Yaptığı Başlıca Ülkeler

Ülkeler (ilk 10)	2016	2017	2018
Suudi Arabistan	28,464	55,471	48,420
ABD	28,280	34,673	48,113
Hindistan	2,363	4,112	11,963
Mısır	69	3,997	7,128
İngiltere	4,774	5,860	6,362
Nijerya	4	2,965	5,496
Hollanda	3,107	4,755	3,570
Angola	511	1,610	2,282
Singapur	972	2,022	1,966
Hong kong	507	1,121	1,646
Genel Toplam	112,081	157,748	153,288

Kaynak: Trademap-mirrordata (2019 Eylül)

ABD ve Suudi Arabistan en büyük alıcılarıdır.

Tablo 5. İhraç Ettiği Başlıca Ürünler

gtip	Ürünler (ilk10)	2016	2017	2018
0104	Canlı koyun ve keçiler	6,489	30,517	27,106
0106	Canlı diğer hayvanlar	905	18,192	26,258
0901	Kahve, kahve kabuk kapçıkları	13,382	18,974	11,135
0713	Kuru baklagiller (kabuksuz)	2,038	3,652	6,076
1201	Soya fasulyesi	232	1,024	4,430
8602	Lokomotifler (dizel motorlu)			2,725
8212	Usturalar, traş makinaları	1,013	647	2,455
8548	Pil, batarya, akümülatör döküntü/hurda	191	508	2,100
4402	Oldun kömürü	18500	14,476	1,572
4813	Sigara kağıdı			1,489
	Genel Toplam	112,081	157,748	153,288

Kaynak: Trademap-mirrordata (2019 Eylül)

İhracatı yapılan başlıca ürünler canlı hayvanlar ve kahvedir.

1.2.3. Komşu ve diğer ülkelerle ticaret ilişkisi

Çin: Cibuti-AdisAbaba elektrikli demiryolu projesine ilaveten, Cibuti’de yeni havaalanı ve Tadjoura’da ikinci bir deniz limanı inşası, 300MW gücünde solar enerji santrali kurulumu, Cibuti-Etiyopya arasında 4 milyar Dolar tutarında doğalgaz boru hattı (Damerjog/Cibuti-Ogaden/Etiyopya) ve 1,6 milyar Dolar değerinde petrol boru hattı (Damerjog/Cibuti-Awash/Etiyopya) inşası, Ghoubet’te tuz ihraç limanı kurulması ile Cibuti-Etiyopya arasında ikinci bir elektrik iletim hattı kurulumu Çin’in Cibuti’deki diğer yatırım projeleridir. Çin ülkede üstlendiği projeler için kullanılacak malzemenin yanısıra, doğrudan finansman kaynağı ve işgücü de sağlamaktadır. Çin ayrıca, Cibuti’de serbest ticaret bölgesi kurulması ve Çin bankalarına ülkede faaliyet kolaylığı sağlayacak bir anlaşma da yapmıştır.

(EIU) Etiyopya & Komşu Ülkeler: denize kıyısı bulunmayan ve Afrikanın en hızlı büyüyen ekonomilerinden olan komşu Etiyopya için Cibuti Kızıldenize açılan liman kapısı konumundadır. Limanları, Etiyopya için re-export (ve lojistik) merkezidir. Komşu Etiyopya ekonomisindeki büyüme ve Cibuti Limanı üzerinden yaptığı (transit) yükleme/sevkiyat işlemleri, Cibuti’nin ekonomik büyümesini doğrudan (olumlu) etkilemektedir. Bide Etiyopya yönetimi, deniz çıkışı güzergâhındaki Cibuti’de altyapı yatırımlarına destek vermektedir. Ve içme suyu ve elektrik ihtiyacının karşılanmasında da Etiyopya destek vermektedirler.

Demiryolu hattının (ve bağlantı yollarının) tam faaliyete geçmesiyle Etiyopya’nın can damarı olan Cibuti limanları üzerinden yaptığı dış ticareti artırıcı ve hızlandırıcı etki göstermesi beklenmektedir. Zira hâlihazırdaki Cibuti limanlarının kapasiteleri ve ülke içi taşıma/lojistik altyapısı, bu ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalmaktadır.

Körfez Arap Bölgesi Ülkeleri: Cibuti’nin Körfez Arap Bölgesi ülkeleri (S. Arabistan, BAE, Oman, Kuveyt) ile de ekonomik ve ticari ilişkileri gelişme göstermektedir. Suudi Arabistan’ın, ülkenin petrol ihtiyacının karşılanmasına yönelik ucuz kredi desteği sözkonusudur. Dubai Liman İdaresi 2006 yılında Cibuti Hükümeti ile imzaladığı Ortaklık Anlaşması (JV) uyarınca, başkent Cibuti şehrindeki “Doraleh Konteyner Limanını” işletme hakkını almış, ancak daha sonra Cibuti Hükümeti tarafından

2018 yılı Şubat ayında bahsekonu sözleşme iptal edilmiştir. DEİK (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu), Cibuti Ülke Bulteni, (2018), from <file:http/Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf>, <https://ticaret.gov.tr/data/5b885d7aaf23be7c5c10c652/Cibuti.pdf>

1.3. Türkiye ile ticareti

Tablo 6. Turkiye-Cibuti Dış Ticaret Değerler

Yıl	İhracat	İthalat	Hacim	Denge
2010	30.788	387	31.175	+30.401
2011	45.491	232	45.723	+45.259
2012	88.690	89	88.779	+88.600
2013	67.091	334	67.426	+66.757
2014	59.712	81	59.793	+59.631
2015	98.249	113	98.362	+98.136
2016	78.898	149	78.049	+77.749
2017	102.506	406	102.912	+102.100
2018	196.648	244	196.892	+196.404
2019	251.923	15	251.938	+251.908

Kaynak:Trademap-directdata/Türkiye (2020)

Türkiye-Cibuti 3. Dönem KEK Toplantısı 24-25 Aralık 2016 tarihlerinde Cibuti’de gerçekleştirilmiş olup, KEK Toplantı Tutanağı taraflar arasında 29 Aralık 2016 tarihinde imzalanmıştır. Ayrıca, Cibuti Hükümeti ile 25 Eylül 2013 tarihinde Mersin’de imzalanan “Yatırımların Karşılıklı Teşviki ve Korunmasına İlişkin Anlaşma”nın TBMM tarafından kabul görüldüğüne dair Onay 18 Şubat 2016 tarihli Resmi Gazetede yayımlanmıştır.<https://ticaret.gov.tr/data/5b885d7aaf23be7c5c10c652/Cibuti.pdf>

Tablo 7. Türkiye'nin İthalatı

gtip	Ürünler (ilk 3)	2016	2017	2018	2019
3215	Baskı mürekkepleri, yazı ve çizim mürekkepleri vd mürekkepler	98	333	186	0
7601	İşlenmiş Aluminyum	0	0	53	0
2520	Feldispat	0	0	3	0
Genel Toplam		149	406	244	15

Trademap-directdata/Türkiye (2020)

Tablo 8. Türkiye'nin İhracatı

Gtip	Ürünler (ilk 15)	2016	2017	2018
1512	Ayçiçeği, aspir, pamuk tohumu yağları	28,011	34,302	90,377
7214	Demir veya alaşımsız çelikten çubuklar	25,880	62,673	80,599
1101	Buğday unu	7,683	9,535	10,489
1902	Makarnalar	17,783	20,895	9,835
7213	Demir veya alaşımsız çelikten filmaşın	1,234	8,742	9,312
9619	Bebek bezleri ve benzeri hijyenik eşya	1,412	983	4,739
7308	Demir veya çelikten inşaat ve inşaat aksamı	853	6,430	3,554
7208	Demir veya alaşımsız çelikten yassı hadde	741	3,713	3,515
3004	Tibbi ilaçlar (dozlandırılmış)	1,831	1,902	2,918
0713	Kuru baklagiller (kabuksuz)	3	2,788	2,869
8418	Buzdolapları, dondurucular, soğutucular	335	538	2,733
1905	Pasta, kek, bisküvi	2,318	2,482	2,159
7207	Demir veya alaşımsız çelikten yarı mamuller	1	0	2,117
8504	Elektrik transformatörleri, statik konvertisörler, endüktörler	25	3,121	1,652
3917	Plastikten tüpler, borular, hortumlar	197	1,598	1,180
Genel Toplam		102,506	196,648	251,923

Kaynak: Trademap-directdata/Türkiye (2020)

Cibuti'nin 2018 yılı toplam ithalatı değer bazında dikkate alındığında; - Makarna (gtip:1902) ithalatının %96'sının, - Demir/alaşımsız çelikten çubuk (gtip:7214) ithalatının %95'inin, - Ayçiçekyağı (gtip:1512) ithalatının %92'sinin, - Toprak, maden, cevheri

taşıma, ayırma vb. iş makineleri (gtip:8437) ithalatının %78'inin, - Demir veya alaşımsız çelikten filmaşın (gtip:7213) ithalatının %73'ünün, - Un (gtip:1101) ithalatının %53'ünün, Türkiye'den yapıldığı görülmektedir.

(<https://ticaret.gov.tr/data/5b885d7aaf23be7c5c10c652/Cibuti.pdf>).

1.4. Üst yapı yatırım projeleri, Vergiler ve Vizyon 2035

Enerji: Cibuti, enerjide (yakıt, elektrik) dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla zengin yer altı jeotermal kaynaklarını kullanarak elektrik üretme niyetindedir. Bu konuda bir Türk firması sondaj çalışmaları için yetkilendirilmiştir. Ayrıca, güneş ve rüzgar enerjisinden de elektrik üretmek ve yenilenebilir enerji kullanımı planları arasındadır.

Turizm: Konaklama, kesintisiz elektrik, temiz su, sağlık hizmetleri, taze ve çeşitli gıda ürünleri, kolay/hızlı iletişim ve rahat alışveriş imkanı, rahat ulaşım (yol & araç) altyapısı gibi yetersizlikler turizm sektörünün gelişmesindeki başlıca engeller olarak değerlendirilmektedir.

Ülke Vizyonu 2035'de : Hükümetin “2035 Cibuti Vizyonu” konulu stratejik kalkınma planı çerçevesinde;

- Ülkenin (ve limanlarının) bölgenin ticaret ve lojistik merkezi haline dönüştürülmesi, ekonominin daha liberal/serbest piyasa haline dönüştürülmesi, zayıf durumdaki özel sektörün desteklenerek ekonomideki payının geliştirilmesi, bürokrasinin azaltılması ve iş ortamının iyileştirilmesi hedeflenmiştir.
- Ayrıca, yabancı sermaye yatırımlarının teşvik edilmesi, hallhazırda dış ticaret dinamiğini oluşturan (özellikle Etiyopya'ya yönelik) re-export sektörünün geliştirilmesi, enerji (elektrik iletim hatları, petrol boru hatları), haberleşme/iletişim ve ulaşım (havaalanları, otoyol, liman ve demiryolu hatları).

Ve şehir altyapı hizmeti alanlarında yatırım projelerinin dış finansal kaynaklar kullanılarak tamamlanması öncelikli hedefler arasında yer almaktadır.

(<https://ticaret.gov.tr/data/5b885d7aaf23be7c5c10c652/Cibuti.pdf>)

2. Doğrusal Programlama ve Ulaştırma Modeli

Kaynakların en uygun şekilde kullanılması için tasarlanmış bir matematiksel modelleme yöntemi olan doğrusal programlama, iş hayatında bilgisayarların yaygın kullanımı ile işletmeler için vazgeçilmez bir yöntem haline gelmiştir. Bu nedenle, bu bölümde doğrusal programlama modelinin tanımı, tarihsel gelişimi, hipotezleri, matematiksel modellemesi, uygulama alanları ve çözüm yöntemleri üzerinde durulacaktır.

Diğer taraftan taşıma modeli, bu bölümde özel bir doğrusal programlama türü olduğu için incelenecektir. Ulaştırma modelinin tanımı, tarihçesi, matematiksel anlatım yöntemi, çözüm yöntemleri, özel durumlar ve çeşitli uzantılardan bahsedilecektir.

2.1. Doğrusal Programlama Modeli

2.1.1 Doğrusal Programlamanın Tanımı ve Tarihçesi

Doğrusal programlama; Sınırlı kaynakların dağıtımında ve planlanmasında yönetime yardımcı olmak için geliştirilmiş, yaygın olarak kullanılan bir matematik programlama modelidir (Render, 1982).

Doğrusal programlamanın ana konusu, kıt kaynakların rakip faaliyetlere en iyi şekilde dağıtılması sorunudur. Bu bağlamda doğrusal programlama, problemleri çözerken cebirsel ifadelerle sonuca en sağlıklı şekilde ulaşmayı amaçlayan bir modeldir.(Charnes, A. 1961)

Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse; Doğrusal programlama, doğrusal denklemler veya doğrusal eşitsizlikler şeklinde ifade edilen bir takım kısıtlayıcı koşulların etkisi altında doğrusal hedef fonksiyonunun optimizasyonu olarak tanımlanabilir. Optimizasyon ise, belirli bir hedefe en düşük maliyetle (minimizasyon) ulaşmak veya sınırlı kaynaklarla (maksimizasyon) önemli bir getiri elde etmek anlamına gelir (Esin, 1984).

Moskowitz ve Wright (1979) doğrusal programlamanın, herhangi bir doğrusal sorunun çözümü ile ortaya çıkan çoklu sonuçlar arasında en uygun kararların alınmasına yardımcı olarak en iyi stratejiyi belirleme yöntemi olduğunu belirtmiştir.

Doğrusal programlama üzerine ilk çalışma J.V. Il Neumann'a aittir. 1928'de yaptığı bir çalışmada oyun teorisi ile doğrusal programlama modelini birleştirdi. Bu çalışmayı geliştirirken Morgenstern ile "Oyun Kuramı ve Ekonomik Davranış" adlı çalışmasında oyun teorisi ve ekonomisini ilişkilendirmiştir (Özkan, 2012).

1939'da üretim planlaması ile ilgili bir problemi inceleyen ve formüle eden ünlü matematikçi L.V. Kantorovich, ondan sonra bu konuda çalışacakların öncüsü olarak kabul edilir. 1947'de yaptıkları bir çalışma ile G.B. Datzig ve M. Wood ve meslektaşları, doğrusal programlama modelinin gelişimini, araştırmada kullanımını ve farklı problem türlerine uygulanmasını vurguladılar. Bu tarihten sonra, doğrusal programlama modeli ekonomi ve matematikteki problemleri çözmek için önemli bir araç olarak kullanılmaya başlandı. Tjalling ve C. Koopmans'ın özel çabaları, doğrusal programlamanın geniş bir kitleye yayılmasında özellikle etkili olmuştur. Tjalling ve Koopmans, birçok matematikçi ve ekonomistin bulunduğu bir konferansta doğrusal programlama modellerinin kullanım olanakları hakkında bir sunum yaparak doğrusal programlama yapılmasını mümkün kılmıştır (Ersoy, 2004).

Leontief'in ekonominin sektörleri arasındaki ilişkilere konu olan, ancak hedefi optimize edilmeyen girdi-çıktı problemi üzerine çalışması, 2. Dünya Savaşı sırasında askeri faaliyetlerin planlanması ve koordinasyonu konusundaki faaliyetlerin düzenlenmesinde ön ayak olmuştur. Planlama çalışmaları ABD Hava Kuvvetleri'nde doğrusal bir programlama modeli kullanılarak yapılmıştır (Doğan, 1995).

A.Charnes, WW Cooper ve A. Henderson, 1954'te doğrusal programlama modelinin matematiksel ifadesini incelediler. E.O.Heady ve W.Candler, maksimizasyon ve minimizasyon problemlerinin modelinde nasıl uygulanabileceğini, doğrusal programlama, değişken üretim faaliyetleri ve fiyatları ile en uygun çözüme nasıl ulaşılabileceği, tarım sektöründeki bir problemle açıklayan bir çalışma yapmışlardır (Nayler and Byrne, 1963).

1952 ve sonrasında bilgisayarların yaygın kullanımı ile doğrusal sorunların çözümü için bilgisayar programları hazırlanmıştır. Böylece, doğrusal programlama modeli

karmaşık ve büyük ölçekli iş problemlerinde kolayca kullanılabilir. Teknoloji ve bilgisayar yazılımdaki hızlı gelişmeler ve değişiklikler nedeniyle, doğrusal programlama modeli üniversite çalışmaları için ilgi alanı değildir; Endüstri, ulaştırma ve enerji gibi birçok alanda birçok sorunu çözmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Tuncel, 1997).

2.1.2. Doğrusal Programlamanın Uygulanma Şartları ve Varsayımları

Herhangi bir probleme uygulanacak doğrusal programlama modelinin gereksinimleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Serper ve Gürsakal, 1982):

- Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcı koşullar doğru şekilde tanımlanmalıdır. Amaç fonksiyonunun maliyetlerin minimuma indirilmesini veya faydaların maksimize edilmesini gösterip göstermediği açıklığa kavuşturulmalıdır.
- Değişkenler arasında her hangi bir bağlantı olmamalı, yani değişkenler birbiriyle ilişkili ise kontrol edilmelidir.
- Değişkenler arasındaki bağlantı doğrusallığı ifade etmelidir.
- Bağımlı değişkenler negatif, yani sıfır veya pozitif olmamalıdır.
- Doğrusal programlama nitel değişkenler için uygun olmadığından, yani sayılarla ifade edilmediğinden, problemin değişkenleri nicel (sayı olarak ifade edilebilir) olmalıdır.
- Değişkenler arasında alternatif bir seçenek olmalıdır.
- Kaynakların kullanımı sınırlandırılmalıdır. Çünkü kaynakların sınırsız olduğu bir durumda, böyle bir programlama yapmak boşuna olacaktır.
- Doğrusal programlamanın uygulanacağı ticari sorun uzun bir dönemi kapsamamalıdır.

Doğrusal programlama modelinin soruna doğru bir şekilde uygulanması için gerekli koşulların yerine getirildiğine dikkat edilmelidir. Aksi takdirde, modelle elde edilen sonuçlar sağlıklı olacak ve sorunu çözmek için şirkete fayda sağlamayacaktır.

Doğrusal programlama problemi olarak ifade edilen sorun, aynı zamanda kaynakların optimal dağılımı sorunudur ve doğrusal programlama tekniğini kaynakların

dağıtım sorunlarına uygulamak için bazı varsayımlar yapılmaktadır (Sarıaslan ve Karacabey, 2003). Literatür taraması sırasında, bazı kaynaklarda sekiz varsayım, bazı kaynaklarda dört varsayım ve diğer kaynaklarda üç varsayım vardır. Bu tarama dikkate alındığında, burada beş hipotez açıklanacaktır. Bu varsayımlar açıklama sırasına göre yapılmıştır; doğrusallık, toplanabilirlik, bölünebilirlik, kesinlik, negatif olmayan varsayımlardır (pozitiflik).

- **Doğrusallık hipotezi:** Doğrusal programlamada, optimal çözümü üzerinde çalışılan sorunun hedefini ve kararını etkileyen kısıtlamalar, her değişkenin bir fonksiyonu olarak doğrusal olarak ifade edilmelidir. Her değişkenin son işlevini ve kısıtlamanın doğrudan değişken düzeyinde katkısını ifade eden bu özelliğe doğrusallık hipotezi denir (Özkan, 2012). Doğrusal programlamada, fonksiyon girişleri ve çıkışları arasında doğrusal bir ilişki vardır. Örneğin, üretim miktarını, yani çıktılarını iki kez arttırmak isterse, ilgili maddelerin tüm miktarı, yani girdiler iki kez arttırılmalıdır (Danzig, 1963). Kısacası, doğrusallık varsayımı, doğrusal programlama modelindeki değişkenler arasında değişmez bir oransal ilişki olduğunu göstermektedir.
- **Toplanabilirlik hipotezi:** “Doğrusal programlamada, her fonksiyon (objektif fonksiyon veya kısıtlamanın sol tarafındaki fonksiyon), ilgili faaliyetlerin bireysel katkılarının toplamıdır. Kısıtlayıcının sol tarafındaki işlev için bu varsayımı ele alırsak, bu, çeşitli üretim faaliyetlerinin kaynağındaki üretim girdilerinin toplamının, her işlem ayrı ayrı için kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir. Örneğin, bir ürünün üretimi için üç saate, diğer ürünün üretimi için beş saate gereksinim var ise bu iki ürünü birden üretmek için sekiz saat gereklidir” (Öztürk, 2016).
- **Bölünebilirlik hipotezi:** herhangi bir problemdeki her karar değişkeninin kesirli değer almasına izin vererek, bu değişkenler tamsayı değerleriyle sınırlı değildir (Öztürk, 2016). Böylece, kıt kaynaklar farklı seçenekler arasında daha iyi dağıtılırken, bunları daha küçük parçalara bölmenin yolu açıktır (Sarıaslan ve Karacabey, 2003).

- **Kesinlik Varsayımı:** Bir doğrusal programlama modelinde yer alan değişkenlerin bilindiği ve bu değişkenlerin sabit olduğu kabul edilir. Daha açık anlatılacak olursa, birim başına kar ya da maliyetlerin, her faaliyet için gerekli olan kaynak miktarlarının ve mevcut kaynak miktarlarının sabit olduğu varsayımdır. Bu varsayımın kabul edilmesiyle doğrusal programlama problemlerinin çözümü kolaylaşmaktadır. ([https://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model\(2\).pdf](https://web.itu.edu.tr/~cebife/DP_model(2).pdf)).
- **Negatif olmama (Pozitiflik) varsayımı:** Doğrusal programlama modelin çözümünde yer alan değişkenlerin negatif değer almasının bir anlamı yoktur (Analı, 1999). Yani: şartının sağlanabilmesi için gerçek ve yapay değişkenlerin değer alması gerekmektedir (Ferguson, 1996).
- **Kesinlik hipotezi:** Doğrusal bir programlama modelinin değişkenlerinin bilindiği ve bu değişkenlerin sabit olduğu varsayılmaktadır. Daha kesin olarak, birim başına fayda veya maliyetlerin, her faaliyet için gerekli kaynak miktarının ve mevcut kaynak miktarının sabit olduğu varsayımdır. Bu hipotezi kabul ederek, doğrusal programlama problemlerinin çözümü daha kolay hale gelir.
- **Negatif olmayan hipotez (pozitiflik):** Doğrusal programlama modelinin çözümündeki değişkenlerin negatif değerini almak işe yaramaz. Yani: $x_i \geq 0$ ($i=1,2,3,\dots,n$).

Durumu sağlamak için gerçek ve yapay değişkenler değerlendirilmelidir (Ferguson, 1996). Şirketler için bu varsayımın gerçek karşılığı, negatif ürünler üretmenin, yani sıfırdan daha az üretmenin mümkün olmamasıdır.

2.1.3. Doğrusal Programlamanın Matematiksel Gösterimi

Doğrusal programlama probleminin matematiksel modellemesini yapabilmek için;

İlk olarak, karar değişkenleri probleme göre tanımlanmalıdır.

- Problemin amacına ulaşmak için objektif bir fonksiyon oluşturulmalıdır (bir maksimizasyon veya minimizasyon problemi olup olmadığının belirlenmesi).

- Kısıtlamalar, çözüm ararken sorunun hangi kısıt kaynaklarla karşılaşılabileceğini belirleyerek belirlenmelidir.

2.1.3.1. Karar Değişkenlerinin Tanımlanması

Doğrusal programlama problemlerinde, karar değişkenleri, hedefin işlevini ve kısıtlamaların oluşturulmasını kolaylaştırmak için modelin geliştirilmesinde ilk adım olarak açıkça tanımlanmalıdır. Bahsedilen değişken, problemdeki değeri hesaplanacak olan (X_1, X_2, \dots, X_n) bilinmeyendir. Karar değişkeni, bir problem çözülürken değeri hesaplanacak karar öğelerini ifade eder.

Örneğin, bir mobilya atölyesinde üretilecek koltuk ve kanepeler miktarını belirlerken, model değişkenleri,

X_1 =üretilecek günlük koltuk miktarı (adet)

X_2 =üretilecek günlük kanepeler miktarı (adet)

gibi açıkça ifade edilmelidir.

2.1.3.2. Amaç Fonksiyonunun Oluşturulması

Doğrusal programlama problemlerinde genellikle maliyetleri minimizasyonu veya kârı maksimizasyonu çıkarmak gibi bir amaç vardır. Her iki durumda da bu amaç gerçekleştirmek için tek bir doğrusal fonksiyon vardır. Örneğin (Sarıaslan ve Diğ., 2017):

Z : Amaç fonksiyonunu,

X_j : Problemdeki karar değişkenlerini,

C_j : Amaç fonksiyonundaki X_j değişkenlerinin katsayılarını,

a_{ij} : X_j değişkenlerinin girdi katsayılarını,

b_i : Sınırlı kaynak miktarlarını,

m: Kısıtlılıkların sayısını,

n: Değişken sayılarını

ifade ederse amaç fonksiyonu; $Z=C1X1+C2X2+.....+CnXn$

ya da daha genel olarak;

$Z=\sum_{j=1}^n Cj Xj$, ($j=1,2,.....,n$) şeklinde ifade edilebilir.

Bu doğrusal hedef fonksiyonu, maksimizasyon veya minimizasyon problemlerine de uyarlanabilir.

2.1.3.3. Kısıtların Belirlenmesi

Temel olarak kısıtlamalar, kaynak kısıtlamaları ve negatif olmayan kısıtlamalar olarak ikiye bölünerek belirlenebilir.

Kaynak kısıtlılığı: sorun için kullanılabilir kaynakları gösterir ve belirli sayıda kaynak kısıtı varsa, o sayıda kısıt eşitliği veya eşitsizliği yaratılır. Örneğin (Sarıaslan ve Diğerleri, 2017):

$$a11X1+a12X2+.....+a1nXn\leq b1$$

$$a21X1+a22X2+.....+a2nXn\leq b2$$

$$a31X1+a32X2+.....+a3nXn\leq b3$$

.....

.....

.....

$$am1X1+am2X2+.....+amnXn\leq bm$$

Genel olarak ifadesi ise; $\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \leq b_i$ (tümi'leriçini=1,2,3,...,m) şeklinde olabilir.

Negatif Olmama Kısıtlılığı: Doğrusal programlama problemlerinin değişkenlerinin negatif değerler almaması gerektiğini belirtir. Yani (Sarıaslan, Karacabey, Gökgöz, 2017):

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

.

.

.

$$X_n \geq 0$$

Genel ifadesiyle;

$$X_j \geq 0 \quad (j=1,2,3,\dots,n)$$

sıfırdan küçük olmama koşulu sağlanmalıdır.

Cebirsel ifadenin açıklaması üretilen ürünün sıfırdan az olamayacağıdır. Başka bir deyişle, bir ürün (1,2,...,3) üretebilir veya ürün üretemezsiniz (0), negatif değerli bir ürün (mantıksal hatadır) üretmek imkansızdır.

2.1.4. Doğrusal Programlama Modelinin Uygulandığı Alanlar

Doğrusal programlama modeli, endüstriyel alanlar (petrol, gıda, tekstil, kimya vb.), Ekonomik alanlar, sağlık alanları gibi birçok sektördeki basit veya karmaşık sorunları çözmek için kullanılır. Örneğin, petrol endüstrisinde rafinaj ve dağıtım aşamalarında, tekstil sektöründe üretim planlamasında ve imal edilen ürünlerin müşterilere teslim aşamasında ve tarım sektöründe çözmek için kullanılır. Hayvan beslenmesinde de kullanılan yemlerin oranı gibi sorunların çözümünde kullanılır (Öğütü, 2002).

Doğrusal programlamanın kullanım alanlarına daha geniş bir örnek verilirse (Sağır, 2012);

- Sağlık sistemlerinde,
- Endüstriyel ürünlerin üretim aşamalarını planlarken,
- Şirketlerin stoklarının (stoklarının) kontrolü,
- Şirketlerin satın alma politikalarının belirlenmesi aşamasında,
- Reklam seçimi konularında,
- Beslenme sorunları (diyet),
- Tarımsal planlamada,
- Hammadde karıştırma ve kullanma problemlerinde,
- Finansal planlamada,
- Optimum getiri sağlayacak yatırımları belirlemek,
- Nakliye ve lojistik sorunları,
- Pazar için en uygun ürünleri dağıtmak istediğimizde,
- Trafik planlamasında,
- Askeri alanlarda,
- Randevu problemlerinde,
- Çeşitli faaliyet sektörlerine personel atama aşamalarında,
- Bankaların sağladığı fonları en pratik şekilde dağıtırken,

Doğrusal programlamayı, böyle gibi alanlarda veya zamanlarda kullanılabilir (Tütek, 1994).

Görüldüğü gibi, geniş bir kullanım alanına sahip olan doğrusal programlama modeli, endüstriyel ve ekonomik analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır ve en uygun politikalar, şirkette üretilecek ürünün kalitesini, verimlilik analizlerini yaparak ve gölge fiyatları belirleyerek yöneticilere karar vermede yardımcı olabilir.

2.1.5. Doğrusal Programlama Modelinin Çözüm Yöntemleri

Doğrusal programlama problemlerini çözmek için cebirsel, grafiksel ve simpleks yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak, cebirsel ve grafiksel yöntemler birçok değişkenli problemleri çözmek için uygun değildir. Grafik yöntemde grafik çözüm yönteminden de bahsedilecektir çünkü çözüm grafiklerle temsil edildiğinden doğrusal programlama problemlerinin anlaşılmasını kolaylaştırır.

Çözülmesi zor sorunları olan işletmeler, sorunu elle olarak veya basit bilgisayar programlarıyla çözmeye çalışırlar, bu da hem zamanın iyi kullanılmamasına hem de ayrılmaz hale gelmesine neden olur. Bu nedenle, zamanın iyi bir şekilde kullanılması, karşılaşılan sorunların basitleştirilmesi ve her şeyin çok hızlı değiştiği günümüzde işin çözümünün kolaylaştırılması için birçok bilgisayar programı yazılmıştır. Karar değişkenleri, objektif fonksiyon ve problemin kısıtlamaları belirlendikten sonra veriler bilgisayar programında kullanılacak programa girilir ve program gerekli tekrarları yaparak en uygun çözümü verir.

2.1.5.1. Grafik Çözüm Yöntemi

Grafik çözüm, iki değişkenli problemlerde kullanılan bir yöntemdir. Üç veya daha fazla değişkenli problemlerde grafik çözüm yöntemini kullanmak zor olabilir. Bu noktada, simpleks yöntemi uygulanacaktır.

Doğrusal programlama problemlerinin grafik çözümünde esas olarak üç aşama vardır. Bunlar sırasıyla (Öztürk, 2016):

1. İlk olarak, kısıtlayıcıların grafiği çizilir ve problemin çözümü başlar. İki değişkenli olan problem, x_1 yatay eksen ve x_2 dikey eksenle temsil edilir; $x_1 \geq 0$ $x_2 \geq 0$ olduğunda, x_1 ve x_2 'de belirtilen koşullar, yatay eksenin üstünde ve koordinat eksenlerinin düzleminde ilk bölüm olan dikey eksenin sağ tarafında meydana gelir. Yani, çözüm için uygun alan. Diğer üç bölümde, x_1 ve x_2 negatif değerler almak zorundadır, ancak bu alanlarda üretim yapılamaz, çünkü bu doğrusal programlama modellerinde negatif olmadığı varsayımıyla çalışmaktadır.

Kısıtlayıcıların grafiği çizilirken, doğrusal olan eşitsizlikler eşitlik halinde ifade edilerek bunların kısıtları yani sınırları çizilir ve doğrunun hangi tarafın eşitsizliğine uygun düştüğü belirlenmiş olunur.

2. İkinci olarak, uygun bölge belirlenmelidir. Uygun bölgenin sınırları, kısıtlayıcı koşullara göre çizilen doğrusal eşitsizliklerin kesiştiği ortak alan tarafından belirlenir.
3. Son olarak, en uygun çözüm aranır. “Uygun bölge köşe noktalarının en az ikisinin apsisi ve koordinat değerleri objektif fonksiyon değerini de en yüksek yaparsa, bu iki köşe nokta seçenekli optimal çözümü veren noktalardır. Bu köşe noktalarının apsis ve koordinat değerleri, değişkenlerin optimal çözüm değerleridir. Doğrusal bir programlama probleminin tüm kısıtlamalarını doyuran bir köşe noktası yoksa, bu sorunun uygun bir çözüm bölgesi yoktur. Dolayısıyla, uygun bir çözüm bölgesi olmadan sorunun optimal çözümü olamaz (Öztürk, 2016).”

2.1.5.2. Simpleks Çözüm Yöntemi

Simpleks yöntemi, doğrusal programlama problemlerini çözmek için kullanılan en yaygın ve verimli yöntemdir. Yoğun matematiksel bilgi gerektiren simpleks yöntemi ilk olarak 1947 yılında George B. Danzig tarafından kullanılmıştır. Günümüzde simpleks yöntemini bir matris bilgisi ile öğrenmek mümkündür (Sarıaslan ve Karacabey, 2003).

Bir simpleks yöntemi olarak ifade edilen algoritma, karmaşık problemlerin çözümünde ve yüzlerce kısıtlama ve değişkenli doğrusal programlama modellerinin çözümünde etkili bir şekilde kullanılabilir (Winston, 2004).

Cebirsel tekrarlamaya dayanan çok değişkenli doğrusal problemlerin çözümünde kullanılan simpleks yönteminin temel amacı, mevcut kısıtlı kaynakların en uygun şekilde nasıl kullanılacağını belirlemektir (Öztürk, 2016).

Simpleks yöntemi; Doğrusal programlama modelinin ilk temel çözümünden başlayarak, hedef fonksiyonunun değerleri ile optimal çözümü inceleyen cebirsel tekrarlama (yineleme) sürecine dayanan bir yöntemdir. Yöntemde, ilk simpleks tablosu

hazırlanır ve daha sonra tekrarlanan süreçlerle belirli bir hesaplama yönteminde geliştirilen çözümlere geçer, süreçler en uygun çözüme ulaşılan kadar devam etmektedir (Ekmekçi:66).

“Simpleks yönteminin fikri, standart bir formda kısıtlayıcı küme sorununa uygun bir temel çözümden diğerine geçmektir. Böylece, objektif fonksiyonun değeri objektif fonksiyonun özelliğine bağlı olarak maksimuma veya minimuma ulaşılan kadar sürekli artar veya azalır (Öztürk, 2016). Belli adımlardan oluşan simpleks yönteminin cebirsel işlemlerini tablo biçiminde açıklayalım:

- 1. Adım:** Doğrusal programlama probleminin kısıtlamaları ilk olarak eşitliğe dönüştürülür. Kısıtlayıcı denklem;

$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 \leq b_1$ şeklinde ise denklemin sol tarafına aylak değişken deneni ve kullanılmaya üretim faktörleri ile boş kapasiteyi gösteren S_1 ifadesi eklenir.

Yani $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + S_1 = b_1$ şeklini alır.

Ya, $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 \geq b_1$ ise denklemin sol tarafında, artık değişkenler olarak adlandırılan aşırı kapasite ve aşırı üretim faktörleri v_1 çıkarılır ve bir yokluk, yani yapay bir değişken A_1 eklenir. Değişkenler artık ilk simpleks tablosunun temel değişkenleri sütununda değil, yeni eklenen yapay değişken A_1 'nin yerine geçmektedir.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 - v_1 + A_1 = b_1$$

Veya, $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 = b_1$

Formunda, $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + A_1 = b_1$ denkleminin sol tarafına sadece yapay bir değişken ekleme şekil alır.

Aktif olmayan ve artık değişkenlere 0, yapay değişkenlere ise en yüksek değerleri ifade eden minimizasyon problemler için M ve maksimum problemler için –M

değerlerini vererek objektif fonksiyona dahil edilmeleri garanti edilir. Yapay değişkenlerin olabildiğince yükseğe ayarlanmasının nedeni, ekonomik bir önemi olmadığı için optimal bir çözüme katılmalarını önlemektir.

- 2. Adım:** İlk simpleks tablosu, birinci adımda tartışılan verilerin bir matris olarak ifade edilebileceği şekilde hazırlanır. Bu tabloda; Problemin değişkenleri, daha sonra eklenen artık ve aktif olmayan yapay değişkenler, objektif fonksiyondaki değişkenlerin katsayıları, kısıtlamadaki değişkenlerin katsayıları, Z_j ve $C_j - Z_j$ değerleri çözüm için hazırlanmıştır. Z_j revizyon satırı adı verilen satırın elemanlarında değişiklik yapılırsa, birim kar başına kaybı belirtir.

Tüm satır $Z_j = \text{amaç katsayısı sütunu} * \text{değişkenlerin katsayı sütunu}$ olarak hesaplanır. $C_j - Z_j$ satırındaki elemanları ilişkili değişkenden bir birim daha fazla üretildiğinde, bu durum sorunun kazançlar veya maliyetler üzerindeki etkisini gösterir. $C_j - Z_j = \text{amaç satırı} - Z_j$ ile hesaplanır.

- 3. Adım:** Amaç fonksiyonunun durumuna bağlı olarak, anahtar sütun $C_j - Z_j$ hattına bakarak seçilir. Hedef fonksiyonu; maksimizasyonu ifade ediyorsa, $C_j - Z_j$ satırındaki pozitif işaretli en yüksek değer ve minimizasyon anlamına gelirse, negatif işaretindeki en yüksek değere sahip değer seçilir. Başka bir deyişle, maksimizasyon problemindeki en yüksek pozitif değişken ve minimizasyon problemlerindeki en yüksek negatif değer tedavi edilecektir.
- 4. Adım:** Çözümlenilen sütundaki değerler, anahtar sütundaki değerlere bölünür ve oranlardaki pozitif ifadeye sahip en düşük değer seçilir ve o değer bulduğu sıra anahtar sıra olarak temel değişken sütunundaki değişken işleminden kaldırılır. Anahtar satırının ve anahtar sütunun kesişimi değer anahtar sayı olarak ifade edilir.
- 5. Adım:** Anahtar sayısını belirledikten sonra, yeni bir simpleks tablosu oluşturulacak ve taban sıra dışındaki sıralar işlenecek ve yeni tabloya yerleştirilecektir. Yeni sıraları bulmak için aşağıdaki formül kullanılacaktır:

$$\text{yeni sıra elemanı} = \text{eski sıra elemanı} - (\text{temel sayı} * \text{temel sıra elemanı})$$

Temel sayı; $C_j - Z_j$ ve Z_j elemanları hariç, anahtar sayısını bulunduğu sütunda yer alan öğelerdir.

6. **Adım:** Sorun ulaşırsa, en iyi sonuç satırına bakılarak belirlenir - is. Maksimizasyon problemleri için $C_j - Z_j$ satırın değerleri sıfır veya sıfırdan küçük olmalıdır ve minimizasyon problemleri için $C_j - Z_j$ satırın değerleri sıfır veya sıfırdan büyük olmalıdır.
7. **Adım:** Sorun optimal bir şekilde çözülmezse, 2 ila 5 adımları tekrarlanır ve en uygun çözüm aranır.

Tablo 9. Simpleks Başlangıç Temel Tablosu

Amaç katsayısı	Temel	C_i	C_j 0 +M -M 0	Çözüm	Oran
	Satır		X_{ij} v A A S		
	Sütun A S				
		Z_j C_j $-Z_j$			

Simpleks yöntemiyle doğrusal bir programlama problemini çözmek için problemin aşağıdaki işlevlerle standart formata dönüştürülmesi gerekir (Taha, 2017):

1. Tüm değişkenler sıfır veya pozitif olmalıdır ($X_{ij} \geq 0$).

2. $X_{ij} \geq 0$ kısıtlamaları dışındaki tüm kısıtlamalar, sağda pozitif değerlere sahip denklemler olmalıdır.
3. Problemin amaç fonksiyonu maksimizasyon veya minimizasyonu ifade edebilir.
4. Eklenen artık, aylak ve yapay değişkenlerin tamamının veya bir kısmının katsayıları, sınır sayısı boyutunda bir birimsel matris yaratmalıdır.

Doğrusal programlama problemlerini simpleks yöntemiyle çözerken, bazı problemler ve çarpıtmalar bilinmektedir (Öztürk, 2016):

- Anahtar hattının seçiminde,
- Çözüm işlemlerinde bir veya daha fazla değişkenin çözüm değeri sıfır ise, çözüm bozulan çözüm durumundadır.
- Simpleks (**tek yönlü**) tekrarlama işlemlerinde bir döngüye girer, optimum çözüme ulaşılmadan önce aynı işlemler sürekli olarak tekrarlanır. Döngü denilen bu tür sorunlar nadirdir.

Bazı doğrusal programlama problemlerinde, objektif fonksiyonun değeri süresiz olarak artarsa, soruna sınırsız bir çözüm vardır. Maksimizasyon problemleri durumunda, $C_j - Z_j$ satırında işlenecek pivot sütunun tüm elemanlarının negatif bir değeri veya sıfıra eşit olması ve minimizasyon problemleri durumunda, pivot sütununun satır üzerinde işlenmesi $C_j - Z_j$ sınırsız çözümdür. Genellikle sınırsız bir çözüm ortaya çıkarsa, doğrusal programlama probleminin formülasyonunda hataların yapıldığı anlamına gelebilir (Öztürk, 2016: 158-161).

2.2. Ulaştırma Problemi Modeli

Ulaştırma modeli, doğrusal bir programlama için özel bir yöntemdir, kuruluşların veya şirketlerin genellikle ürünlerin üretim faaliyetlerinden dağıtımını için başvurduğu bir tekniktir. Bu nedenle ulaşım modelleri hakkında teorik bilgiler dahil edilmelidir.

2.2.1. Ulaştırma Modelinin Tanımı ve Tarihçesi

Doğrusal programlama modeli genel olarak en iyi dağıtım programını hedeflerken, özel bir tip olan taşıma modeli, üretilen ürünün tüketim merkezlerine taşınması için toplam maliyeti minimum yapan en uygun taşıma modelini ve ağı belirler (Sarıaslan ve Diğerleri, 2017).

Belirli sayıda kaynaktan üretilen malların belirli varış noktalarına minimum maliyetle teslimini hedefleyen taşıma modellerinde temel amaç, imal edilen ürünlerin dağıtım merkezlerine minimum maliyetle teslim edilmesidir (Öztürk A. 2016). Başka bir deyişle, hedefin talebi ile kaynaklardaki arz miktarını dengede tutarken modelde uyulması gereken güzergâhtaki taşıma maliyeti ile taşıma miktarının doğru orantılı olduğu varsayılan ürünün kaynaktan hedefe yapılan ulaştırma maliyetini en az yapacak taşıma miktarını belirlemektir (Taha, 2017).

Ulaştırma modelinde; üretilen ürünlerin, birden fazla bulunan çeşitli üretim (arz) merkezlerinden, birden fazla bulunan çeşitli tüketim (talep) merkezlerine dağıtım yapılmak istendiğinde toplam ulaştırma veya dağıtım maliyetlerini en aza indirmesi amacıyla hangi arz merkezinden hangi talep merkezine ne oranda ürünün gönderilmesi gerektiği probleminin en uygun dağıtım yolunu gösterir.

Ulaştırma modeli sadece ürünlerin bir yerden bir yere taşınması problemlerinde kullanılmamaktadır (Altıparmak ve Karaoğlan, 2005: 443). Envanter kontrolü, işgücü planlaması ve personel gibi alanlarda kullanılan ulaşım modeli (Taha 2017) aşağıdaki alanlarda da sıklıkla kullanılabilir (Öztürk 2016):

- Malların üretim ve tüketim merkezleri arasında optimum dağılımını belirlemek,
- İşlerin makinelere dağıtılması hakkında,
- Üretim planlamasında,
- Farklı ağ konularında,
- İşletmelerin yerini seçmek gibi.

1939'da L.V. Kantorovich tarafından yapılan bir çalışmada, taşıma modelinin temel yapısı, ürünlerin üretimi sırasında yapılan çalışmanın makinelere ne zaman dağıtıldığına dayanıyordu. Kantorovich'in bu çalışmasında maliyetler, işler ve makineler arasındaki dağılıma göre değişmektedir. Daha sonra, 1942'de Rus matematikçi Kantorovich ilk çalışmasının matematiksel bir modellemesini yaptı ve 1948'de M.K. Gavurin ile bu çalışmanın uygulanmasını içeren bir çalışma yayınladı. Bu çalışma, taşıma modelinin yapısının en basit versiyonunu yansıtmaktadır. Bu nedenle Kantorovich tarafından yapılan bu çalışma, tarihte ulaşım modelinin ilk çalışması olarak biliniyor (Dantzig, 1963 :299).

1941'de, Frank L. Hitchcock, bir petrol enstitüsünde, simpleks yönteminin ilk işaretlerini gösteren "Belirli sayıda üretim kaynağının üretiminin birkaç merkeze dağıtılması" başlıklı bir çalışmada ilk kez formüle edildi. Bununla birlikte, bu formülasyon çok popüler değildi, çünkü taşıma probleminin ilk çözümüne ulaşıldıktan sonra bloke edildi. 1947'de, yani 2. Dünya Savaşı yıllarında Tjalling C. Koopmans, savaş deneyimlerine dayanarak "ulaşım sisteminin optimum kullanımı" başlıklı bir makale yazdı ve bu makale Hitchcock'un çalışmasıyla birbirini tamamladı. Bu nedenle, taşıma modeli genellikle "Hitchcock - Koopmans Ulaştırma Problemi" olarak bilinir (Dantzig, 1963).

Taşıma modeli problem çözme sürecine başlarken, en uygun çözüme ulaşmak için temel çözüm yöntemleri ve optimal çözüm yöntemleri kullanılır. 1953 yılında A. Charnes ve W.W. Cooper taşıma modelinin ilk çözümlerinden biri olan "**Kuzey-Batı Köşesi**" ni ve "**Stepping Stone**" u optimum çözüm yönteminden geliştirdiler. Taşıma modelindeki bazı eksik noktalar A. Henderson ve R. Schlaifer tarafından 1954'te tamamlandı. 1955 yılında R.O. Ferguson, taşıma modelinin optimal çözüm yöntemleri üzerinde çalışarak "basitleştirilmiş dağıtım yöntemi-**MODI** (MODified DIstribution)" geliştirdi. Aynı zamanda W.R. Vogel ve Russel, Vogel yaklaşım yöntemini-**VAM** (Vogel's Approximation Method) ve "Russel-RAM yaklaşım yöntemini-**RAM** (Russel's Approximation Method)" ayrı ayrı geliştirdiler. Ünlü matematikçi G.B. Dantzing, 1963'teki ulaşım modelinde meydana gelebilecek bozulma durumlarını ve bu bozulma durumlarını ortadan kaldırmak için çözüm yöntemlerini geliştirdi (Render ve Stair, 1992).

Chen ve Wang (1997), Balakrishan, Natarajan ve Pangburn (2000), Ergülen (2005), Ulucan ve Tarım (1997) ürün dağıtımıyla ilgili sorunların maliyetlerini en aza indirmek için çalışmalar yapmıştır (Özkan, 2012). Üçünoğlu (1994) tarafından karayollarda yapılan bir çalışmada, ulaşım maliyetlerinin en aza indirilmesi de vurgulanmıştır.

Ulaştırma modelini kullanarak; Delibaş (1987), fabrikada yapılan bir çalışmada şeker, Karadağ (1991) Türkiye kömür madeninde yapılan bir çalışmada, Analı (1999), Türk tekstil sektöründe dış ticaret işletmesinin ihracatı, Bir tekstil şirketinde yapılan Çakanel (2008) çalışması ve Şen (2014) yaptıkları bir çalışmada, optimal bir dağılımın minimum maliyetle nasıl olacağını inceledilerdir.

Yıldız (Yıldız,2002) ve Kulu (Kulu, 2006) çalışmalarında ulaştırma modelini kullanarak lojistik planlamada etkin dağıtım planları oluşturmuşlardır.

Ahmed (2017) tarafından bir mobilya şirketinde yapılan bir çalışmada, Polat (2018), çimento sektöründeki bir çalışmada, bir taşıma modeli ile hedef programlama yöntemlerini birlikte kullanarak minimum maliyetle optimum dağıtım planını incelemiştir.

2.2.2. Ulaştırma Modelinin Matematiksel İfadesi

Ulaştırma modeli, doğrusal programlama modelinin alt alanıdır, doğrusal programlamada aranan koşullar aranır ve aynı varsayımlar taşıma modeli için de geçerlidir. Ancak, taşıma modeline özgü bazı varsayımlar vardır. Bunlar madde olarak tanımlanır (Tor, 1991):

- Tüm aktivite seviyeleri tek tip cins ile ifade edilmelidir.
- Üretim merkezinin ve düzenli depolama merkezinin kapasiteleri eşit olmalıdır.
- Boşaltma merkezlerinden ve üretim merkezlerine taşıma işlemi yapılamaz.
- Kısıtlardaki karar değişkenlerinin katsayıları bir veya sıfır olmalı veya buna indirgenmelidir.

"**m**" üretim merkezleri ve "**n**" tüketim merkezleri ile ilgili bir ulaşım problemini çözerken, üretim ve tüketim merkezleri arasındaki rotaları **i** ve **j** bağlantılarını ifade

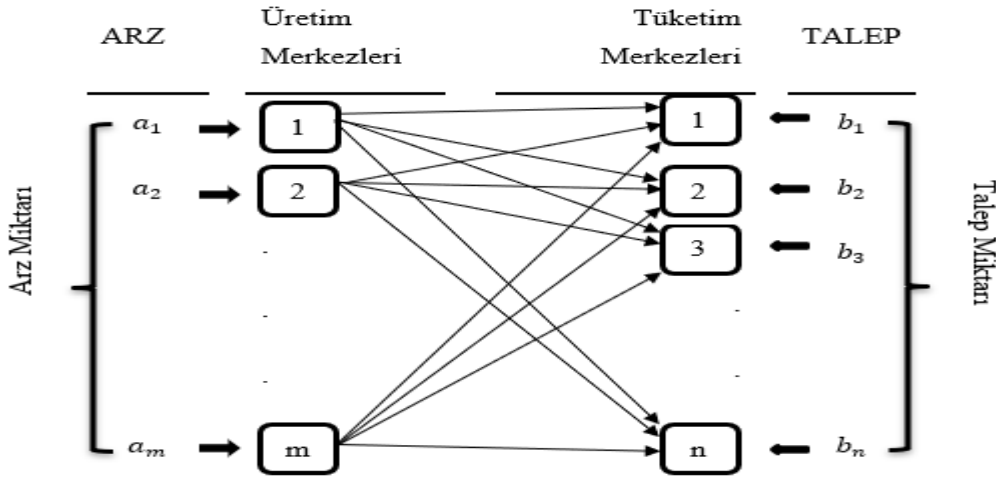
ediyorsa, i üretim merkezlerinden j tüketim merkezlerine ürün dağıtımını yapılırken C_{ij} birim taşıma maliyeti ve X_{ij} taşıma miktarı gereklidir.

Kaynak i 'den arz miktarı a_i , tüketim merkezi b_j tarafından talep edilen ürün miktarı ile ilgili bir ulaştırma probleminde, amaç, tüm arz ve talep kısıtlamaları sağlayan toplam taşıma maliyetini en aza indiren X_{ij} miktarını belirlemektir.

Üretim merkezi müşteriye en fazla a_i ürün ($i = 1,2,\dots, m$) sunabilir ve tüketim merkezi üreticiden b_j ürüne kadar ürün ($j=1,2,\dots, n$) talep edebilir. $a_i, b_j \geq 0$ ve sabit katsayılarıdır.

Üretim merkezinden tüketim merkezine gönderilen ürünün birim maliyet ifadeleri C_{ij} ve sorunlu karar değişkenleri, yani gönderilecek ürün X_{ij} sayısı görüntülenir. Bu bağlamda, taşıma modelinin temel yapısı Şekil 1 'de gösterilmektedir.

Şekil 1. Ulaştırma Modelinin Temel Yapısı



Kaynaklar ve hedefler gibi iki kısımlı bir ağa iki kısımlı ağ denir. Ağdaki düğümleri (" " üretim merkezlerini ve " " tüketim merkezlerini temsil eden kutular) oklarla bağlantılıdır. Burada her ok arz ve talep arasında dağılım yapılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, her ok taşıma maliyetlerini ve dağıtım yönünü göstermektedir (Görkey, 2009).

Ulaşım probleminin çözümünde kullanılacak ve yukarıda açıklanan ifadeleri kısaca özetlemek gerekirse;

m = Üretim merkezi sayısı ($i = 1, 2, \dots, m$)

n = Tüketim merkezi sayısı ($j = 1, 2, \dots, n$)

C_{ij} = i üretim merkezinden j tüketim merkezine gönderilecek olan ürünlerin taşınmasında katlanılacak olan birim maliyet

X_{ij} = i üretim merkezinden j tüketim merkezine gönderilecek olan ürünlerin miktarı

a_i = i arz merkezinin üretim kapasitesi

b_j = j talep merkezinin talepte bulunduğu miktarı göstermektedir.

Ulaştırma tablosu, taşıma modellerinin çözümünde ilk adım olarak hazırlanmalıdır. Kullanım amacı ise simpleks tablosuyla aynı olan taşıma modelinin tablosu, soruna bağlı verileri birlikte görmemizi sağlayacak ve sorunun çözümünü ve sorunun sınırlarının oluşturulmasını kolaylaştıracaktır (Levin ve Kirkpatrick). Bu durumda i üretim merkezinden j tüketim merkezine taşınan X_{ij} ürünler **Tablo 10'da** gösterildiği gibi taşıma modeli tablosuna dahil edilmiştir:

Tablo 10. Ulaştırma Modelinin Temel Tablosu

Tüketim merkezi							
Üretim merkezi	1	2	3	.	.	N	Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	C_{13} X_{13}	.	.	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	C_{23} X_{23}	.	.	C_{2n} X_{2n}	a_2
.

•	•	•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	•	•	
M	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	C_{m3} X_{m3}	•	•	C_{mn} X_{mn}	A_m
Talep	b_1	b_2	b_3	•	•	B_n	

C_{ij}
X_{ij}

Tablodaki her özel kutuya "göze" veya "hücre" denir. Her hücre, (*i*)'inci arz merkezinden, (*j*)'inci talep merkezine teslim edilecek olan X_{ij} ürün miktarına ve birim ürün teslim etmek için katlanması gereken birim maliyete C_{ij} değerlerine sahiptir (Kotaman, 1998).

Özel bir doğrusal programlama modeli olan ulaştırma problemlerini çözmek için üç aşamayı iyi tanımlamak gerekir. Bunlar (Kabak, 2000);

1. Amaç Fonksiyonu

2. Kısıtlılıklar

- Arz Kısıtları
- Talep Kısıtları

3. Pozitiflik Koşulu

- 1. Amaç fonksiyonu:** Problemde ulaşma hedefi doğrusal bir fonksiyon ile ifade edilebilir. Bu belirlenmiş doğrusal objektif fonksiyon, maksimizasyon veya minimizasyon problemlerine uygulanabilir. Z Amaç fonksiyonu ifade ederse $m \cdot n$ tane değişkenlerden oluşturulmalıdır: $Z = C_{11} \cdot X_{11} + C_{12} \cdot X_{12} + C_{13} \cdot X_{13} + \dots + C_{1n} \cdot X_{1n} + C_{21} \cdot X_{21} + C_{22} \cdot X_{22} + C_{23} \cdot X_{23} + \dots + C_{2n} \cdot X_{2n} + C_{m1} \cdot X_{m1} + C_{m2} \cdot X_{m2} + C_{m3} \cdot X_{m3} + \dots + C_{mn} \cdot X_{mn}$

Genel matematiksel ifadesi ise (Tütek, 1994): $Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}, i=(1,2,\dots,m), j=(1,2,\dots,n).$

2. Kısıtlılıklar: m üretim merkezleri ve n tüketim merkezleri ile ilgili bir problemde, toplam $m+n$ adet kısıtlaması olmalıdır.

Arz kısıtlaması: Arz kısıtlamaları ile üretim merkezinden tüketim merkezine gönderilecek ürün miktarının şirketin üretim kapasitesini aşmaması ve m kısıtlaması olması gerektiği belirtilmektedir.

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} \leq a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2n} \leq a_2$$

.....

.....

.....

$$X_{m1} + X_{m2} + X_{m3} + \dots + X_{mn} \leq a_m$$

Genel matematiksel ifadesi ise (Tütek, 1994): $\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i (i=1,2,\dots,m)$ şeklindedir.

Talep Kısıtı: Her talebin karşılanması gerekliliği talep kısıtı ile gösterilir ve n adet kısıt olmalıdır.

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m1} \geq b_1$$

$$X_{12} + X_{22} + \dots + X_{m2} \geq b_2$$

$$X_{13} + X_{23} + \dots + X_{m3} \geq b_3$$

.....

.....

.....

$$X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{mn} \geq bn$$

Genel matematiksel ifadesi ise (Tütek,1994): $\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq bj$ ($j=1,2,\dots,n$) şeklindedir.

- 3. Olumluluk Koşulu:** üretim merkezinden tüketim merkezlerine gönderilen ürünler negatif değer alamaz.

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m), \quad (j=1,2,3,\dots,n)$$

Ulaştırma problemine uygun bir çözüm varsa, toplam arz toplam talepten daha büyük olamaz. Yani (Öztürk, 2016):

$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j$ şeklinde uygun bir çözümle ilgili bir sorunun karar değişkenleri (X_{ij}) bir tam sayı değeri almalıdır. Çünkü bir tam sayı değeri almazsa, değişkenler bu modeli fazla kullanmaz. Diğer bir deyişle, a_i ve b_j ifadelerinin tüm değerleri tam sayı ve her karar değişkenininin (X_{ij}) değerleri tam sayı ise, bu sorunun en az bir uygun çözümü olduğunu söyleyebiliriz.

2.2.3. Ulaştırma Modelinin Çözüm Tekniği ve Şartları

Bir ulaşım problemini çözebilmek için, esas olarak iki aşamadan oluşan yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar, ilk çözümü oluşturmak için oluşturulan ve en uygun çözümü elde etmek için oluşturulan yöntemlerdir. Bu çalışmada, ilk çözüm yöntemlerinden biri; Kuzeybatı köşe yöntemi, en ucuz hücre yöntemi, Greedy sezgisel yöntemi, en az satır veya sütun yöntemi, Vogel yaklaşım yöntemleri (**VAM**) ve Russell yaklaşım yöntemi (**RAM**), optimal çözüm yöntemleri; Atlama Taşı ve MODI (**MODIFIED DISTRIBUTION**) yöntemlerinden bahsedilecektir.

Herhangi bir ulaştırma probleminin çözümü için, önce taşıma tablosu hazırlanır ve kullanılacak ilk çözüm yöntemine bakılmaksızın, birim maliyetler ve tanımlanan karar değişkenleri bu yöntemin koşullarına göre tabloya girilir (James P. Ignizio, Jatinder N.D Gupta ve Gerald R. McNichols, 1975, s.108-109).

Ulaştırma probleminin çözümü için hazırlanan ulaştırma tablosunda dikkate alınması gereken iki koşul vardır. Bu taşıma modelleri $m + n - 1$ kuralına göre dengelenmeli ve hazırlanmalıdır.

Genel ulaşım modellerinde arz ve talep miktarının eşit olduğu varsayılır ve buna dengeli ulaştırma problemi denir. Dengeli bir taşıma modeli aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Öztürk, 2016):

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m X_{ij}) = \sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^n X_{ij}) = \sum_{i=1}^m a_i$$

Tablodaki arz ve talep toplamlarının eşitliği kontrol edilir. Eğer toplam arz ve toplam talep arasında bir eşitlik bulunmuyorsa, problemin çözümünün yapılabilmesi için tabloya eklenecek kukla faaliyetlerle arz ve talep eşitliği sağlanarak model dengeli duruma getirilir. Mesela, toplam arz miktarı toplam talep miktarından fazla ise problemi dengeye getirmek için fazla olan miktarı yani,

$$\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$

Fazlalığı, bir kukla tüketici merkezini eritmek için, tabloya ek bir sütun eklenmelidir. Kukla merkeze hiçbir ürün gönderilemediğinden, üretim merkezlerinden kukla merkeze taşınacak ürünlerin birim maliyetleri sıfır olarak kabul edilir. Tabi, bu durumun tersi ortaya çıkabilir, bu yüzden problemde aşırı talep olabilir. Bu kez de fazla olan talep tutarı yani,

$$\sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$$

Kukla bir üretim merkezi, yani çok sayıda talebi karşılamak için tabloya ek bir eklenmelidir. Gerçek durumlarda, hiçbir tüketim merkezi bu kukla merkezden ürün alamadığından, bu satıra yerleştirilen ürünlerin birim maliyetleri sıfır olmalıdır.

Herhangi bir taşıma problemine en uygun çözümü bulmak için, çözelti içinde doldurulan hücre sayısının eksi tablodaki satır ve sütun sayısının toplamına eşit olduğuna

dair bir kural vardır. Bu kurala uymayan çözümlere bozulma denir (Balakrishnan vd, 2006). Başka bir deyişle, taşıma modeli tablosunda, m satır sayısını (üretim merkezleri) ve n sütun sayısını (tüketim merkezleri) göstermektedir. Tablodaki verileri işlerken, tabloda kullanılan hücrelerin arz ve talep kısıtlamaları toplamında eksik ($m + n - 1$) olması gerekir. Çünkü " $m + n$ sayısının sınırlamalarından biri keyfidir. Problem $m + n$ değişkenleri ile oluşturulmuş ve çözümleri içindeki dağıtım işlemi $m + n - 1$ hücreleri ile gerçekleştirilmişse, çözümleri temel olduğu kadar $m + n - 1$ değişkenleri ile de temeldir (Öztürk, 2017). Bu koşul karşılanmazsa, gerekli düzenlemeler yapıp gözlemlere dağıtım süreci tekrarlanmalıdır.

Bir ulaştırma probleminin çözümünde, çözüm tabloları belirli çözüm aşamasından sonra periyodik olarak tekrarlanır veya optimal sonuçlara ulaşmadan önce birkaç kez aynı sonuçların bulunduğu duruma bozulma denir. Bozulma durumunun, operasyonlardaki matematiksel hata ve problem türü gibi iki nedeni olabilir (Kabak, 2000).

İşlemlerdeki hatalar, işlemlerin incelenmesi ve hatanın bulunup düzeltilmesiyle giderilir.

Problem tipinin hatası, ilk çözümde kullanılan hücre sayısının (KH) $m+n-1$ 'den farklı olması ve kullanılan hücre sayısının $m+n-1$ 'den daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Kullanılan hücrelerin sayısının $m+n-1$ 'den daha az olması şeklinde iki durumda ortaya çıkar.

KH > m+n – 1 olması durumu:

Bu durumda, doldurulmuş hücre sayısı işlemler için yetersizdir. Bu tür bozulma, "başlangıç dağıtım planında" veya "çözümün herhangi bir aşamasında" bulunur. Bu şekilde bozulma genellikle arz ve talep kısıtlamalarının eşitliğinden kaynaklanır. ϵ ile temsil edilen küçük bir atama değeri, gerekli doldurulmuş bir hücrenin elde edilmesi için tablonun kısıtlamalarını etkilemeyen bir hücreye yerleştirilir. ϵ çok küçük ama sıfırdan büyük bir değerdir. ϵ çözüm adımlarındaki yerleri değiştirebilirim.

Bununla birlikte, uygun hücreye yerleştirilirse, yer değiştirme önlenemez ve çözümlerin aşamaları sırasında kısaltma sağlanabilir.

Doğrusal programlama problemlerinde kullanılan simpleks yöntemi taşıma problemini çözmek için kullanılıyorsa, problemi dengelemek ve $m + n - 1$ durumunu sağlamak gerekli değildir.

Ulaştırma problemlerinin çözümünü kolaylaştırmak amacıyla ulaştırma modellerinde kullanılan kavramlar ve çözüm aşamaları geliştirilmiştir. Bunlar kavramlar ve çözüm aşamaları şeklinde gruplandırılmıştır.

Ulaştırma problemlerinin çözümlenmesini kolaylaştırmak için, taşımacılık modellerinde kullanılan kavramlar ve çözüm adımları geliştirilmiştir. Bunlar kavramlar ve çözüm aşamaları olarak gruplandırılmıştır.

Kavramlar, (Kabak, 2000):

- *Çözüm*, taşıma modelinde, arz ve talep kısıtlamalarını karşılayan $X_{ij} = X_{11}, X_{12}, \dots, X_{mn}$ ($i = 1, 2, \dots, m$) ($j = 1, 2, \dots, n$) vektörü anlamına gelir.
- *Kabul edilebilir bir çözüm*, çözüm aşamasında problem arz ve talep kısıtlamalarının yanı sıra pozitiflik şartının sağlanması anlamına gelir.
- *Kabul edilebilir temel çözüm*, kabul edilebilir çözümdeki temel değişkenlerin (değer alan karar değişkenleri) sayısının olan arz ve talep kısıtlamalarının toplamından bir eksik göze kullanıldığı ifadesidir ($M+N-1$).
- *En iyi çözüm*, kabul edilebilir temel çözümler arasında objektif fonksiyonunu optimize eden çözümdür (Doğan, 1995).

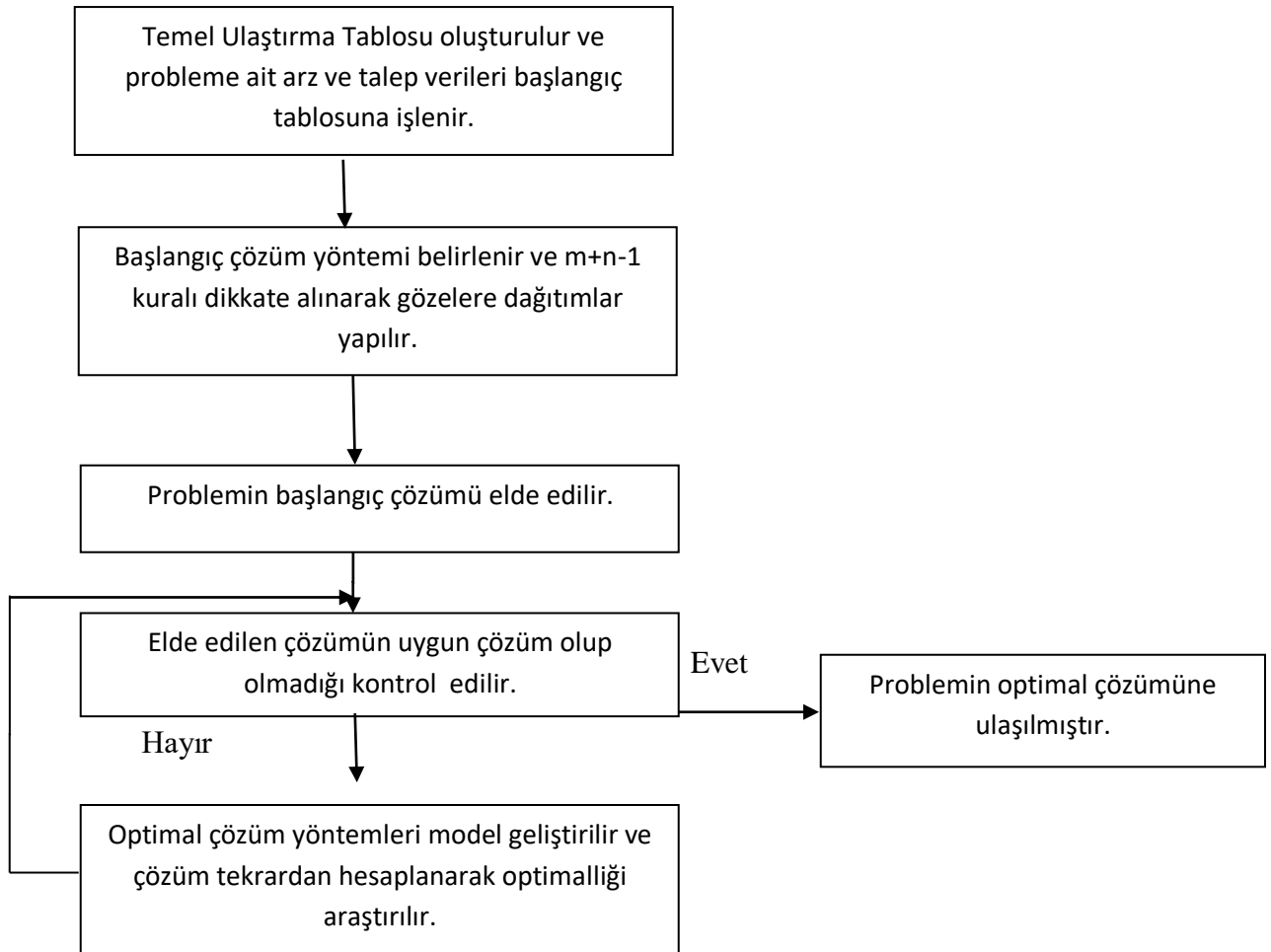
Çözüm aşamaları:

1. İlk olarak, ulaştırma tablosu oluşturulmalı ve problemin arz ve talep verileri başlangıç tablosuna kaydedilmelidir.
2. Optimal çözümü elde etmek için, gerekli dağıtım işlemi, belirlenen başlangıç çözüm yönteminin kurallarına göre satır ve sütun gereklilikleri sayılarak gerçekleştirilmelidir.
3. Program işletilir ve başlangıç çözümü elde edilir.

4. Üçüncü adım, elde edilen çözeltinin optimal olup olmadığı kontrol edilir. Temel değişken olarak girilecek değişken, temel olmayan değişkenler arasından belirlenir.
5. Çözüm en uygun değilse, model en uygun çözüm yöntemleriyle geliştirilir, yani yeni temel çözümün temel değişkenler arasında bırakılacak değişkenler belirlenerek bulunur.
6. Üçüncü ve dördüncü adımlar, optimal bir çözüm buluncaya kadar tekrarlanır.

Bu ulaştırma modelinin algoritmasını daha iyi anlaşılacak için, adım adım analiz Şekil 2'de sunulmaktadır.

Şekil 2.Ulaştırma Modelinin Çözüm Aşamaları



2.2.4. Başlangıç Çözüm Yöntemleri

Taşıma problemlerini çözerken, modele $m*n$ miktarı kadar çok değişken eklemek gerekir, ancak bu işlem sorunu çözmek için çok zaman ve maliyet alır. Bu nedenle ulaştırma problemlerinin çözülme zamanını ve maliyetini değerlendirmek için daha etkin yöntemler geliştirilmiştir (Hallaç, 1978:554). Problemden optimum çözümü bulmak için kullanılacak bazı başlangıç çözüm yöntemleri aşağıda listelenmiştir:

1. Kuzeybatı köşe yöntemi (Nort-West Corner Rule)
2. En az maliyetli hücreler Yöntemi
3. Vogel Yaklaşım (VAM) Yöntemi
4. Russell Yaklaşım (RAM) Yöntemi

2.2.4.1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi

Çözeltiyi incelemek için ilk çözüm yöntemlerinden biri olan kuzeybatı köşe yöntemi ile başlatırken, çözüm, taşıma tablosunun sol üst hücresine (X_{11}) atanarak başlatılır. X_{11} hücresine yapılacak olan dağıtım miktarı, sıra (a_1) ve sütun (b_1) dan hangisi küçükse, o miktar kadar X_{11} hücresine atama yapılarak dağıtılacak olan arz miktarından veya karşılanacak talep miktarlarından hangisi tamamen doyurulur ise o satır veya sütunun üzeri çizilir. Örneğin, $b_1 < a_1$ durumu varsa, ilk tüketim merkezinden gelen talebi doyurulur ve bu sütun vurgulanır ve kalan sunum miktarı X_{12} hücresinin talebini karşılayabildiği kadar atama yapılır. Kısacası, işlenmekte olan satırdaki arz miktarı dağıtılmadan alt satıra iletilmez. Eğer bir $b_1 > a_1$ vakası varsa, arz merkezinin dağılımı ile doyurulmuş olan bu satırı vurgulanır ve kalan talep miktarı bu hücreye miktar kadar atanabilir. X_{21} hücre beslemesi yanıt verebilir. Kısacası, sütundan gelen talebe cevap vermeden sağdaki ikinci sütuna iletilmez. Böylece, tüm atamalar her seferinde vurgulanan satırı veya sütunu çizerek ve her satır (arz) ve sütun (talep) için kısıtlamalar sağlayarak yapılır. Üzerinde çarpı işareti bulunan satırlara veya sütunlara yeniden atanamaz.

Sarıaslan ve diğerlerinin (2017) kuzeybatı köşe yöntemini kullanabilmek için sırasıyla şu kurallar izlenmelidir (Sarıaslan ve diğerleri 2017):

1. Ulaştırma tablosunun hazır ve verileri işlenmiş olan kuzey-batı köşesinden başlayarak, bu hücreye en yüksek dağıtım arz ve talep koşullarına göre yapılmalıdır.
2. Talebin koşulları göz önüne alındığında, bir sıra için arz miktarına ulaşılmadan bir sonraki satıra geçilmemelidir.
3. Bir sütundaki istek yerine getirilmediği sürece, bitişik sütuna iletilmemelidir.
4. Satır ve sütun koşullarının karşılanıp karşılanmadığını kontrol edilmedlidir.
5. Bulunan ilk temel çözümde kullanılan kareler (sayısal bir değer olarak) bir merdiven gibi görünmelidir.
6. Temel çözüm için kullanılan karelerin sayısı, kısıtlama karelerinin (arz ve talep) toplamından bir eksikliğine eşit olmalıdır. Bu nedenle $m + n - 1$ koşulu yerine getirilmelidir.

Bu kurallar; Talep tutarının arz miktarından ($b_1 > a_1$) fazla, talep tutarı arz miktarından ($b_1 < a_1$) fazladır ve arz miktarı talep miktarına eşit olduğu durumlarda ($b_1 = a_1$) aşağıdaki gibi uygulanır:

1) Talep miktarı, arz miktarından büyük ($b_1 > a_1$) ise;

a_1 satırındaki tüm arz miktarı, aynı satırdaki X_{11} hücresine atanır ve arz satırı doyurulur. Doyurulmuş arz a_1 ikinci dağıtım planında kullanılamaz. Doyurulmuş arz satırı kapatarak b_1 sütununda kalan talebi karşılamak için X_{21} hücresine gidilerek ve b_1 sütununa atama yapılır ve aynı sütundaki talep karşılanmadan diğer talep karşılanamaz.

Tablo 11.Kuzeybatı Köşe Yöntemi Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	.	.	N	Arz
1	X_{11} ↓ X_{21}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	.	.	C_{1n} a_1
2		C_{21}	C_{22}	C_{23}	.	.	C_{2n} a_2
.
.
.
M	C_{m1}	C_{m2}	C_{m3}	.	.	C_{mn} X_{mn}	A_m
Talep	b_1	b_2	b_3	.	.	B_n	

X_{11} 'e atama, b_1 sütunundaki tüm talebin karşılanması ve b_1 sütununun doyması için yapılır. Doyurulmuş sütun b_1 ikinci dağıtım planında kullanılamaz. Doyurulmuş talep sütunu kapatılır ve ikinci dağıtım planı için yani a_1 hücresi, yani kalan X_{12} hücresinin dağılımı için iletilir. Mevcut arz satırındaki a_1 tamamen dağıtılmadan diğer arz satırları dağıtılamaz.

Tablo 12. Kuzeybatı Köşe Yöntemi Tablosu

Tüketim merkezi / Üretim merkezi	1	2	3	.	.	N	Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	C_{13}	.	.	C_{1n}	a_1
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	.	.	C_{2n}	a_2
.
.
.
M	C_{m1}	C_{m2}	C_{m3}	.	.	C_{mn} X_{mn}	A_m
Talep	b_1	b_2	b_3	.	.	B_n	

3) Talep miktarı ile arz miktarı eşit ($b_1=a_1$) ise;

Sütun b_1 'deki talebin tüm miktarı ve a_1 satırdaki arz miktarı karşılanır ve X_{11} hücrelerine kadar a_1 ve b_1 miktarları kadar atama yapılır. Doyurulmuş arz ve talep sütunları kapatılır ve ikinci dağıtım planında kullanımları önlenir. İkinci dağıtım planında, ödevler tablonun kuzeybatı köşesinden, yani X_{22} hücreden, kapalı satırlar ve sütunlar dikkate alınmadan yapılır. Bu atama sırasında, işlemler yukarıda açıklanan "talep miktarı (b) arz miktarından (a) ($b_1 > a_1$) daha küçük, talep miktarı arz tutarından daha büyük ($b_1 < a_1$) ve arz miktarı talep miktarına eşittir ($b_1 = a_1$)" dikkate alınarak işlemler tekrarlanır.

Tablo 13.Kuzeybatı Köşe Yöntemi Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	.	.	N	Arz
1	X_{11} C_{11}	C_{12}	C_{13}	.	.	C_{1n}	a_1
2	C_{21}	X_{12} C_{22}	C_{23}	.	.	C_{2n}	a_2
.
.
.
M	C_{m1}	C_{m2}	C_{m3}	.	.	C_{mn}	A_m
Talep	b_1	b_2	b_3	.	.	B_n	

Bu adımların arz ve talep kısıtlamalarına göre uygulanıp uygulanmadığı kontrol edilir. Temel çözümde kullanılan hücrelerin bir ölçek görünümünde olması, problemin çözümü için önemli bir kuraldır. Tabloda merdiven görünümü yoksa, çözümün bozulması vardır. Son olarak, $m + n - 1$ koşulunun yeterliliği kontrol edilerek, ilk çözüm yönteminin sonuna ulaşılır. Artık optimum sonuç aranmaya başlanmalıdır.

Kuzeybatı köşe yönteminin uygulanması kolaydır ve ilk çözümü en iyi sonuca yakın değildir. Bu nedenle, en uygun çözüme ulaşmak için diğer yöntemlerden daha fazla hesaplama ve pahalı bir dağıtım planı sunmaktadır (Öztürk, 2017 :434).

2.2.4.2. En Az Maliyetli Hücreler Yöntemi

Ulaştırma tablosunun en düşük birim maliyet hücresine mümkün olan en fazla atamayı yaparak, sorunun ilk çözümü oluşturulmaya başlar (Heizer ve Render, 2004: 16). Atama sırasında, arz ve talep sütunlarındaki miktarlar dikkate alınarak doyurulmuş satır veya sütun vurgulanır. Daha sonra, en karlı hücre iptal edilmemiş hücreler arasındadır ve bu şekilde iptal edilmeyen bir satır veya sütun kalıncaya kadar işlem tekrarlanır (Taha, 2017, Sarıaslan 2017).

Basit yapıdaki ulaştırma problemleri için hız, basitlik ve en düşük maliyetli hücrelere atama yaptığı için optimum sonuca daha yakın çözüm bulma avantajına sahip olan bu yöntemin uygulanmasında üç farklı yaklaşım söz konusu olur (Serper ve Gürsakal, 1982):

- **Sıra yaklaşım:** tahsisler, başlangıç tablosunun ilk satırındaki en küçük birim maliyet hücresinden yapılır. Bu süreçler, ilk sıranın gereksinimleri karşılanana kadar devam eder. İlk satırın gereksinimleri karşılandığında, ikinci satır için aynı işlemler gerçekleştirilir. Son satırın gereksinimleri karşılanıncaya kadar işlemler devam eder.
- **Sütun yaklaşımı:**, başlangıç tablosunun ilk sütununda en küçük maliyet hücresinin tahsisi ile işlemlere başlar. İlk sütunun gereksinimleri karşılanana kadar devam eden bu işlemler, ikinci sütunun gereksinimlerini karşılamak için tekrarlanır. Son sütundaki gereksinimler karşılandığında, işlem sona erer.
- **Genel yaklaşım:** Bu yaklaşımda, satır veya sütun farkı ne olursa olsun, tahsisler, başlangıç tablosunun tüm birim maliyetlerinden en düşük olan hücreden başlayarak yapılır. Bu tahsisleri yapılırken satır ve sütun kısıtlamalarına uyulmalıdır.

En düşük maliyetli hücreler birbirine eşitse, bu hücrelerden herhangi biri etkilenebilir, ancak amaç optimal sonucu elde etmek olduğundan, aşağıdaki adımlarda atamanın düşük maliyetli hücreler için yapılabilmesini de göz önünde bulundurmamak gereklidir. Ya da, hangi satırda veya sütunda, daha yüksek maliyetli hücreler varsa, o satırdaki veya sütundaki hücreye en yüksek atama yapılmalıdır. Atamasıyla doldurulmuş

her sütun ve satır, kuzeybatı köşe yönteminde olduğu gibi çizilerek kapatılmıştır (Öztürk, 2016).

2.2.4.3. Vogel Yaklaşımı (VAM) Yöntemi

Vogel yaklaşımı, diğer yöntemler kadar kolay bir başlangıç çözümü sağlamaz. Bununla birlikte, elde edilen ilk çözümü optimal çözüme oldukça yakındır.

Bu yöntemde, en düşük maliyetli gözlerin seçilmemesinden kaynaklanan ek maliyetler hesaplanır. Bunlar ceza maliyetleri denir. Başlangıç çözümünü bulmak için aşağıdaki işlemler yapılır (ERKUT, Haluk, BASKAK, Murat, 1997), (ÖZTÜRK, Ahmet., 1994), (TAHA, Hamdi A. 1992) (Sariaslan 2017);

1. Ulaştırma tablosundaki maliyetler dikkate alınarak, her bir satır ve sütun için cezalar belirlenir. Satır cezalarını belirlemek için, her satırdaki en küçük maliyet ögesi aynı satırdaki en küçük maliyetli ikinci ögesinden çıkarılır. Sütun cezalarını belirlemek için, her sütundaki en küçük maliyet ögesi aynı sütundaki en küçük maliyetli ikinci ögesinden çıkarılır.
2. En büyük ceza seçilir ve bu cezanın karşısındaki satır veya sütundaki en ucuz hücreye mümkün.

2.2.4.4. Russell'in Yaklaşım Metodu (RAM Metodu)

En küçük satır veya sütun yöntemi (Öztürk, 1994: 126) olarak da adlandırılan Russell Yaklaşım Yöntemi (RAM), Russell tarafından geliştirilmiş ve ulaşım sorunlarının uygulanmasında kullanılmaya başlanmıştır (Tekin, 1991: 81)(Sariaslan 2017).

Tulunay (1982), VAM yöntemine benzer bir çözüm tekniği olan RAM yöntemindeki adımları aşağıdaki gibi listelemiştir:

$max C_j = 1$ 'den n 'e kadar olan tüm sütunlar için belirlenen en yüksek birim maliyet ($j=1,2,\dots$)

$maxCi=$ 1'den m'e kadar olan tüm satırlar için belirlenen en yüksek birim maliyet
($i=1,2,\dots$)

$maxC1j=$ Birinci talep sütunundaki maksimum hücrenin birim maliyeti

$maxC2j=$ İkinci talep sütunundaki maksimum hücrenin birim maliyeti

$maxCnj=$ n' inci talep sütunundaki maksimum hücrenin birim maliyeti

$maxC1i=$ Birinci arz satırındaki maksimum hücrenin birim maliyeti

$maxC2i=$ İkinci arz satırındaki maksimum hücrenin birim maliyeti

$maxCmi=$ m' inci arz satırındaki maksimum hücrenin birim maliyeti

$CE11=$ $X11$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY11=X11$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE12=$ $X12$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY12=X12$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE1n=$ $X1n$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY1n=X1n$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE21=$ $X21$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY21=X21$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE22=$ $X22$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY22=X22$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE2n=$ $X2n$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY_{2n} = X_{2n}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE_{m1} = X_{m1}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY_{m1} = X_{m1}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE_{m2} = X_{m2}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY_{m2} = X_{m2}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

$CE_{mn} = X_{mn}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin eski birim maliyeti

$CY_{mn} = X_{mn}$ değişkeninin yer aldığı hücrenin yeni birim maliyeti

İfadelerine göre tablolar düzenlenmiştir.

1. RAM yöntemi için temel bir taşıma tablosu, temel taşıma tablosunun en sağına bir sütun ve altta bir sıra eklenerek hazırlanır.
2. Hazırlanan taşıma tablosunda veriler (b_j, a_j, C_{ij}, m, n) işlendikten sonra, tablo hücrelerindeki en yüksek birim taşıma maliyeti satır ve sütun hücrelerinde Tablo 14'de gösterildiği gibi işlenir.

Tablo 14. RAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	·	N	Arz	max C_j
1	C_{11}	C_{12}	·	C_{1n}	a_1	max C_{1j}
2	C_{21}	C_{22}	·	C_{2n}	a_2	max C_{2j}
·	·	·	·	·	·	
·	·	·	·	·	·	
·	·	·	·	·	·	
M	C_{m1}	C_{m2}	·	C_{mn}	a_i	max C_{mj}
Talep	b_1	b_2	·	B_j	Toplam a_i = Toplam b_j	
max C_j	max C_{1j}	max C_{2j}		max C_{nj}		

- Her hücre için birim taşıma maliyeti, yeni eklenen ilgili satır ve sütunlardaki en yüksek değerlerin toplamından çıkarılır ve birim taşıma maliyetleri yeni oluşturulan taşıma tablosuna girilir.

Tablo 15. RAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	.	n	Arz
1	$(\max C_{1j} + \max C_{1j}) - C_{E_{11}} = C_{Y_{11}}$	$(\max C_{1j} + \max C_{2j}) - C_{E_{12}} = C_{Y_{12}}$.	$(\max C_{1j} + \max C_{nj}) - C_{E_{1n}} = C_{Y_{1n}}$	a₁
2	$(\max C_{2j} + \max C_{1j}) - C_{E_{21}} = C_{Y_{21}}$	$(\max C_{2j} + \max C_{2j}) - C_{E_{22}} = C_{Y_{22}}$.	$(\max C_{2j} + \max C_{nj}) - C_{E_{2n}} = C_{Y_{2n}}$	a₂
.
.
.
m	$(\max C_{mj} + \max C_{1j}) - C_{E_{m1}} = C_{Y_{m1}}$	$(\max C_{mj} + \max C_{2j}) - C_{E_{m2}} = C_{Y_{m2}}$.	$(\max C_{mj} + \max C_{nj}) - C_{E_{mn}} = C_{Y_{mn}}$	a_j
Talep	b₁	b₂	.	B_j	Toplam a_j = Toplam b_j

4. Yeni oluşturulan tablodaki en yüksek maliyete sahip hücreye mümkün olduğunca fazla atama yapılabilir.
5. Doyurulmuş satırlar veya sütunlar tablodan çıkarılır ve 2-3 ve 4. adımlar tekrarlanır.
6. Son 5 adım, tüm satırlar ve sütunlar dolana kadar tekrarlanabilir ve sorunun en uygun sonuca ulaşip ulaşmadığını öğrenmek için MODI yöntemi ile test edilebilir.

2.2.5. Ulaştırma Modelinde Optimal Çözüm Yöntemleri

Başlangıç çözüm yöntemleri, taşıma problemlerine en uygun çözümü bulmak için çalışılmıştır. Başlangıç çözümlerinin optimalliğini incelemek ve toplam taşıma maliyetine katkıda bulunmak için başlangıç çözümlerine tahsis işlemlerinde kullanılmayan herhangi bir hücre dahil edilerek yeni bir optimal dağılım elde edilebilir. Maliyeti düşürecek hücreler belirlenir ve atamalar yapılır (Öztürk, 2016: 443). Bu hedeflere ulaşmak için genellikle iki yöntem kullanılır:

- Atlama Taşı Yöntemi
- MODI (Modified Distribution) Yöntemi

Bir taşıma sorununun optimum çözümü, söz konusu dağıtım tablosundaki boş hücreler atarken maliyetin azalıp azalmadığı ile bağlantılıdır. Dağıtım modeli yeni atamalar ile değişirse ve maliyette değişiklik yoksa, en uygun çözüme yaklaşılr. Dağıtım modeli yeni tahsislerle değişir ve maliyetlerde bir azalma görülürse, en uygun çözüm elde edilir(Öztürk, 2016: 443).

2.2.5.1. Atlama Taşı Yöntemi

Bu yöntemde, optimum çözüme ulaşmak için, boş hücreler atama etkilendiğinde toplam maliyetin düşüp düşmediğini bulunmaya çalışılır. Dağıtım miktarları yeni tahsislerle değiştiğinde daha düşük bir maliyet elde edilirse, en uygun çözüme yaklaşılr. Atlama taşı yöntemiyle boş bir hücreye atama yaptığımızda, toplam maliyetin nasıl değişeceği hesaplanabilir. Boş hücreye birim ataması için maliyet değişimi miktarı (d_{ij}) hesaplanır.

İlk olarak hangi boş hücreye atamamız gerektiğine karar verirken, en yüksek negatif d_{ij} değerine sahip olduğumuz hücreden başlamak en iyisidir. Tüm d_{ij} sayılar pozitifse, boş bir hücreye atama herhangi bir tasarrufu yapmazdır. Bu durumda, en uygun çözüme ulaşılır.

Atlama taşı yöntemiyle boş bir hücreye atama yapıldığında dengeyi sağlamak için, bu hücreyi içine alan bir döngü oluşturulur. Döngü oluşturulurken aşağıdaki koşullar gerçekleşmelidir(ERKUT, Haluk, BASKAK, Murat, 1997), (ÖZTÜRK, Ahmet., 1994), (TAHA, Hamdi A. 1992)(Sarıaslan 2017).

- Birbirini izleyen iki tane eleman aynı satır veya sütunda yer almalıdır.
- İki den fazla birbirini izleyen aynı eleman aynı satır veya sütunda yer almamalıdır.
- Birbirini takip eden elemanların sonuncusu birinci elemanla aynı satır ya da sütunda yer alır.

2.2.5.2. MODI Yöntemi

Atlama taşı yönteminde yorucu ve uzun olan yolların belirlenmesi ve izlenmesi, operasyon sayısı düşük olmamasına rağmen MODI adı altında çok basit bir yöntem geliştirilmiştir (Karayağın, 1993).

MODI yöntemi, her bir hücrenin değerlendirilmesini problemin çözümünden ayrı olarak kaydeden ve bu değerlendirmelerin aynı anda yapılmasını ve sonucun optimumluğunu incelemeyi mümkün kılan bir test yöntemidir (Serper, 1974).

MODI yöntemi atlama taşı yöntemine çok benzese de, boş hücrelerin hesaplanma yönteminde bir fark vardır. Atlama taşı yönteminde en uygun çözümü ararken, boş kareler, birim taşıma maliyetlerinin tahsis derecesi, + ve - şeklinde değerler alınarak kapalı bir devreye göre belirlenir. MODI yöntemi, boş karelerin maliyetinin tahsis derecesi, " **gelişme indeksi** " adı verilen bir endeks tarafından belirlenir. Gelişme indeksi en uygun çözümü belirlemek için kullanılacak bir argümandır. Aşağıdaki adımları takip ederek sorunun optimal çözümüne ulaşmak mümkündür (Sarıaslan, 2003):

1. Taşıma probleminin temel tablosunu oluşturduktan sonra temel çözüm, başlangıç çözüm yöntemlerinden biri ile belirlenir.
2. Daha sonra, taşıma tablosunun her bir satırının ve sütununun gelişme katsayıları hesaplanır. i üretim merkezinden j tüketim merkezinden teslim edilecek ürünün birim taşıma maliyetleri C ile ilgili bir sorunun taşıma tablosunun tüm hücrelerindeki maliyetlerini C_{ij} olarak ifade eder. Gelişim indeksi

hesaplamalarında kullanılacak olan R_i ulaştırma tablosunun sıralarını, K_j sütünları ifade ederse R ve K katsayıları, dolu hücrelerin C_{ij} değerlerine dayalı olarak:

$R_i+K_j=C_{ij}$ Formülü ile gelişim indeksi hesaplanır (Sarıaslan ve Karacabey, 2003).

3. Tüm boş hücreler için hesaplanan R_i ve K_j gelişme katsayılarından sonra boş hücrelerin ‘Gelişme İndeksi’ (GI): $GI=C_{ij}-R_i-K_j$ formülü ile hesaplanır.
4. Hesaplanan gelişme indekslerinde negatif değerler varsa, bu boş hücrelerin atama yapmak toplam taşıma maliyetini azaltacaktır. Birden fazla negatif değerli gelişme indeks hücresi varsa, en büyük mutlak değere sahip hücre seçilir.
5. Atanacak hücreyi belirledikten sonra yapılan atama sayısını belirledikten sonra, tıpkı atlama taşındaki gibi kapalı döngüler çizilir ve negatif değerli hücrede en düşük atama değeri boş hücreye aktarılır.
6. Çözümlerin optimumluğunu incelemek için bu adıma kadar olan tüm adımlar tekrarlanacaktır. Başka bir deyişle, tüm boş hücreler için gelişme indeksleri sıfır veya negatif oluncaya kadar devam edilecektir. En uygun çözümün gelişme indeksi sıfır olan boş bir hücre varsa, en uygun çözümün başka bir seçeneği vardır ve bu boş hücreye yükleme yapma seçeneği vardır. Çünkü buraya yükleme yapmak maliyette hiç bir değişim olmayacaktır (Sarıaslan 2017).

3.Ulaştırma Modeli ile Maliyet Optimizasyonu ve Uygumaları

3.1. Şirketin ve ürünün tanıtımı/ tarihçesi

3.1.1. Cibuti'deki süt üretimi konusunda teknolojik çalışması

Süt ve süt ürünleri üretmek için sütçü endüstrideki kullanılan ana teknolojiler, şöyledir:

- **Termik işlemler:** ürünlerin sağlığın kalitesini garanti etmeyi sağlar, ancak ömrünü ve teknolojik ve dokusal özelliklerini de şartlandırmaktadır. Örneğin, fermente sütlerin sıklılığını arttırlar. Kullanılan sıcaklık kombinasyonları ürünlere göre değişmektedir.
- **Kaymağını alma:** kremayı süttten ayırmaktan oluşmaktadır.
- **Homojenizasyon:** süttün yağ aşaması stabilize etmeyi ve birkaç gün saklanmasından sonra bile kremanın yükselmesini önlemeyi amaçlar.
- **Kurutma:** süttün (veya onun bileşiklerinin) toza dönüştürülmesini mümkün kılar, böylece bunların korunmasını, depolanmasını ve taşınmasını kolaylaştırmaktır.
- **Filtrasyon teknikleri:** bu fiziksel ayırma yöntemleri, süt sıvılarının, kontrollü bir gözeneklilik zarından filtre edilmesinden oluşmaktadır.
- **Fermantasyon:** fermantasyon, karbonhidratları genellikle kimyasal enerjinin bir kısmını çıkarmak için asitlere, gazlara veya alkollere dönüştürürken, aynı zamanda bu reaksiyonlarla indirgenmiş ko-enzimleri tekrar okside eder.
- **Standardizasyon:** süttün belirli bir yağ konsantrasyonuna (santrifüj ile) veya proteine (ultrafiltrasyon) getirilmesini içerir.
- **Pıhtılaşma:** mikrobik, fermental, bitkisel veya hayvansal kaynaklı olabilen laktik asit bakterileri veya pıhtılaştırıcıları kullanarak elde edilir.

3.1.2. Douda şirketi ve süttün hakkında

Douda ulusal bir şirkettir ve 2014'de kurulmuştur. **Douda şirketi**, çeşitli aromalı içecekler, normal içecekler, doğal yoğurtlar ve içecek yoğurtlar üreten tek ulusal şirkettir. Ayrıca başka ulusal olmakla beraber uluslararası olan bir şirket yoktur. Fabrikada Avrupa menşeli üretim ekipmanları bulunmaktadır.Ayrıca, Douda süttünün Cibuti halkının tüketme hakkına sahip olduğu tek süttür, çünkü ülkede başka süt yoktur.<https://www.doudadairy.dj/content/aboutus>

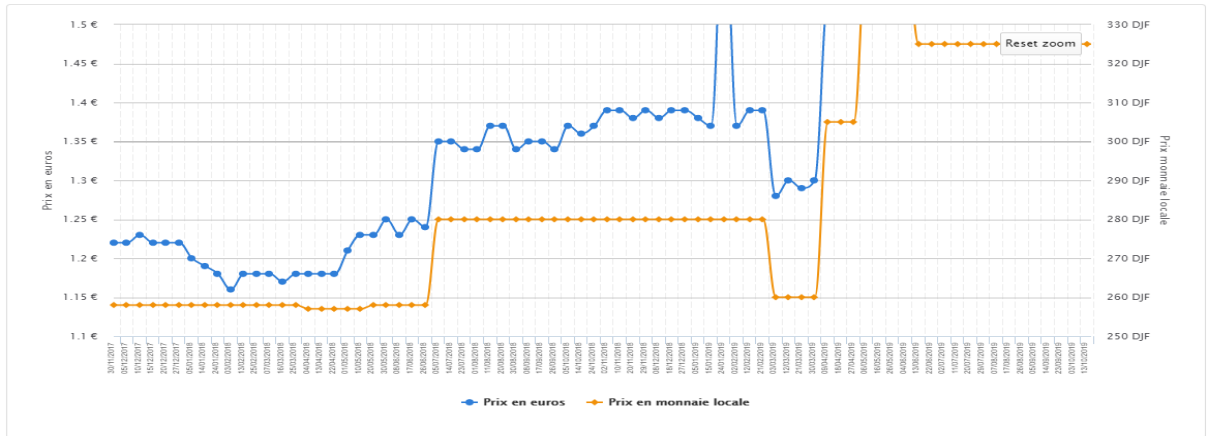
Douda'da ekonomik, sosyal ve ekolojik olarak sorumlu olmak önemlidir. Bu şekilde hareket etmek günümüzün küresel ekonomisinde işin temel taşıdır. Bugün inovasyon, yönetim ve sürdürülebilir kalkınma çabalarıyla kurumsal sorumluluğa bağlılar. Gelecek nesiller için su, toprak ve doğal kaynakları korurken, toplumu derinden önemsiyorlardır. Atıkları azaltmak, kaynakları yeniden kullanmak ve yapabileceklerini geri dönüştürmek için sürekli olarak yenilikçi yollar aramaktadırlar, böylece aynı gelecek nesiller aynı yüksek kaliteli ürünlerin keyfini çıkarabilirler.

Minimum işlenmiş süt ürünleri kullanan şirket, tüm portföyünün beslenme profilini geliştirmek için daha da ileri gitmiştir. Şeker, sodyum, kalori ve doymuş yağı azaltmak için birçok ürünü yeniden formüle ettilerdir. Ayrıca, kalsiyum ve A, D ve E vitaminleri gibi besinleri olan ürünleri de geliştirmektedir.

Aşağıdaki tabloda ürettiği çeşitli ürünlerden bahsedilecektir.

3.1.2.1. Süt ve içecekler tipolojikleri

Grafik 1: Sütünün fiyatının gelişmesi senelere göre:



Grafiği görüldüğü gibi seneden seneye sütün fiyatı yükselmeye devam etmiş ama son günlerde fiyatı azalmıştır. (<https://www.doudadairy.dj/content/aboutus>)

Aşağıdakiler **Douda** tarafından üretilen ürünlerin bir görselidir.

Pastörize sütler



Aromalı sütler



Süt tozu



İçecekler



Yoğurtlar



İçecek yoğurtları



Peynir



3.2.Ulaştırma Modelinin Süt ve Süt ürünleri Sektörüne Uygulanması

Uygulamanın konusu Douda Tazwid Industries şirketi tarafından Cibuti Cumhuriyetindeki kendi üretim tesislerinde üretilen nihai ürünün toplam nakliye maliyetlerinin minimum seviyesine indirilmesidir ve tüketim merkezlerine optimal dağılım planının bulunmasıdır. Bütün talep miktarları tek bir sunum merkezinden karşılanmakta olduğu için tek kaynaklı ulaştırma problemi modeli kullanılmaktadır. Toplam ulaşım maliyetinin minimizasyonu problemi, literatürde genellikle tek kaynaklı doğrusal ulaşım modeli olarak incelenmiştir (Nikolic, 2006).

Tek kaynaklı ulaştırma problemi, 1976 yılında Balachandran, 1971’de Christofides ve Eilon, 1977’de Ross ve Solond, 1980’de Magelhout ve Thompson tarafından

sunulmuştur.(Balachandran,1976), (Christofides ve Eilon,1971), (Ross, Solond, 1977), (Magelhout, Thompson,1980).

Problemin çözümünde VAM, MODI ve Simpleks yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Modelde Pastörize ve aromalı süt,İçecekler,Yoğurtlar,İçecek yoğurtlar,Süt tozu ve peynir olmak üzere toplam 6 adet ürün Cibuti, Arta, Ali Sabieh,Dikhil,Obock ve Tadjourahalep merkezi dağıtılmaktadır.

Ulaştırma modelinin çözümü geleneksel taşıma modeli çözüm yöntemleriyle yapılabileceği gibi doğrusal model yardımıyla da yapılabilir. Tablo 16'de ürünlerin arz ve talebe uygun şekilde dağıtım tablosu verilmektedir.Verilen taşıma modeli tablosunun doğrusal programlama yazılımı ile aşağıdaki gibidir. Problemin taşıma bilgileri, taşıma tablosu ve matematiksel formu şu şekildedir:

Tablo 16. Şehre göre dağıtım (süt ve süt ürünleri için)

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	Arz
Pastörize ve aromalı süt	450.000	5.000	30.000	15.000	18.000	32.000	550.000
İçecekler	525.000	5.000	50.000	17.000	22.000	50.000	669.000
Yoğurtlar	300.000	6.000	46.000	10.000	12.000	25.000	399.500
İçecek yoğurtlar	350.000	2.000	25.000	20.000	10.000	11.000	417.000
Süt tozu	100.000	1.000	1.000	2.000	2.000	2.000	106.900
Peynir	250.000	30.000	40.000	35.000	20.000	25.000	400.000
TALEP	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400

Her ay bu ürünlerin sayısı (kutu olarak) her şehre (bölgelere) gönderilir. Yukarıda verilen tabloya göre Toplam maliyetin değeri eşittir:

Toplam maliyet: $450.000*20+ 5.000*25+ 30.000*28+ 15.000*31+ 18.000*33+ 32.000*35+ 525.000*30+ 5.000*22+ 50.000*27+ 17.000*19+ 22.000*32+ 50.000*34+ 300.000*21+ 6.000*28+ 46.000*29+ 10.000*32+ 12.000*34+ 25.000*36+ 350.000*33+ 2.000*30+ 25.000*30+ 20.000*22+ 10.000*35+ 11.000*37+ 100.000*25+ 1.000*22+ 1.000*17+ 2.000*28+ 2.000*30+ 2.000*32+250.000*19+ 30.000*11+ 40.000*20+ 35.000*23+ 20.000*24+ 25.000*27=65.627.000$ fdj.

Problemin ulaştırma bilgileri, ulaştırma tablosu ve matematiksel formu şu şekildedir:

Tablo 17. Ulaştırma modelinin başlangıç tablosu (Kutu/Fdj)

Dağıtıldığı ülkeler	Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ
Ürünler							
Pastörize ve aromalı süt	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	550.000
İçecekler	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	669.000
Yoğurtlar	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	X ₃₆	399.500
İçecek yoğurtlar	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₅	X ₄₆	417.000
Süt tozu	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X ₅₅	X ₅₆	106.900
Peynir	X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅	X ₆₆	400.000
TALEP	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400

Esasen Tablo 17'nin verilerine göre, şirketin toplam arz miktarının toplam talep miktarına eşit olması ve bu gerçeğin matematiksel olarak aşağıdaki ifadeyle açıklanabilmesi:

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i = 2.542.400$$

Amaç fonksiyonu:

$$Z_{\min} = \sum \sum C_{ij} X_{ij} \quad (i= \text{üretilen ürünler}) \quad (j= \text{talep merkezleri})$$

$$\begin{aligned} Z_{\min} = & X_{11} \cdot 20 + X_{12} \cdot 25 + X_{13} \cdot 28 + X_{14} \cdot 31 + X_{15} \cdot 33 + X_{16} \cdot 35 + X_{21} \cdot 19 + X_{22} \cdot 24 + X_{23} \cdot 27 + \\ & X_{24} \cdot 30 + X_{25} \cdot 32 + X_{26} \cdot 34 + X_{31} \cdot 21 + X_{32} \cdot 26 + X_{33} \cdot 29 + X_{34} \cdot 32 + X_{35} \cdot 34 + X_{36} \cdot 36 + X_{41} \cdot 22 + \\ & X_{42} \cdot 27 + X_{43} \cdot 30 + X_{44} \cdot 33 + X_{45} \cdot 35 + X_{46} \cdot 37 + X_{51} \cdot 17 + X_{52} \cdot 22 + X_{53} \cdot 25 + X_{54} \cdot 28 + X_{55} \cdot 30 + \\ & X_{56} \cdot 32 + X_{61} \cdot 16 + X_{62} \cdot 21 + X_{63} \cdot 24 + X_{64} \cdot 27 + X_{65} \cdot 29 + X_{66} \cdot 31 \end{aligned}$$

Kısıtlar: Arz ve talep olmak üzere iki kısma ayrılmıştır.

Arz kısıtı :

$$\sum \sum X_{ij} \geq a_i \quad (i= \text{üretilen ürünler})$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} \leq 550.000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} \leq 669.000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} \leq 399.500$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} \leq 417.000$$

$$X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} \leq 106.900$$

$$X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} \leq 400.000$$

Talep kısıtı :

$$\sum \sum X_{ij} \geq b_j \quad (j= \text{talep merkezleri})$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} \geq 1.975.000$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} \geq 47.200$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} \geq 192.000$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} \geq 98.700$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} \geq 84.500$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} \geq 145.000$$

3.3. Problemin VAM Yöntemi ile çözümü

Vam yöntemi ile hesaplaması için ilk önce her satır ve sütun için en küçük **C_{ij}** ile ikinci en küçük **C_{ij}** arasındaki farklar ilgili satır ve sütun için belirlenir. **C_{ij}** her karedeki birim taşıma maliyetlerini temsil etmektedir.

Tablo 17'e göre satırlar (SA) arasında farklar :

$$SA_1 : 20-25= 5$$

$$SA_2 : 22-19= 3$$

$$SA_3 : 28-21= 7$$

$$SA_4 : 30-22= 8$$

$$SA_5 : 22-17= 5$$

$$SA_6 : 19-11= 8$$

Tablo 17'e göre sütunlar (ST) arasında farklar :

$$ST_1: 17-11= 6$$

$$ST_2: 22-19= 3$$

$$ST_3: 25-20= 5$$

$$ST_4: 28-23= 5$$

$$ST_5: 30-24= 6$$

$$ST_6: 31-27= 4$$

Görüldüğü gibi, hesaplanan ceza değerleri hep pozitiftir. Bu durumda, en az maliyetli gözenin bulunduğu ceza sırası veya sütunu seçilecektir. O zaman, satır farkı daha fazla olduğu için, satırlar içinde en küçük maliyetli kare $C_{ij} = 11$ 'dir. Bu karelerden herhangi birine optimum atama yapılacaktır.

Maliyeti en az yapacak olan satıra atama yapılacak olursa en yüksek miktara sahip olan satıra yapılır yani $X_{62} = 47.200$ kareye 47.200 birimlik Tablo 18’de atama yapılacaktır.

Tablo 18. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler Ürünler	Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ	Fark
Pastörize ve aromalı süt	X_{11} 20	X_{12} 25	X_{13} 28	X_{14} 31	X_{15} 33	X_{16} 35	550.000	5
İçecekler	X_{21} 30	X_{22} 22	X_{23} 27	X_{24} 19	X_{25} 32	X_{26} 34	669.000	3
Yoğurtlar	X_{31} 21	X_{32} 28	X_{33} 29	X_{34} 32	X_{35} 34	X_{36} 36	399.500	7
İçecek yoğurtlar	X_{41} 33	X_{42} 30	X_{43} 30	X_{44} 22	X_{45} 35	X_{46} 37	417.000	8
Süt tozu	X_{51} 25	X_{52} 22	X_{53} 17	X_{54} 28	X_{55} 30	X_{56} 32	106.900	5
Peynir	X_{61} 19	X_{62} 11	X_{63} 20	X_{64} 23	X_{65} 24	X_{66} 27	400.000	8
TALEP	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400	
FARK	1	11	3	3	6	5		

Tablo 19. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ	Fark
Ürünler								
Pastörize ve aromalı süt	X ₁₁ 20	X ₁₂ 25	X ₁₃ 28	X ₁₄ 31	X ₁₅ 33	X ₁₆ 35	550.000	5
İçecekler	X ₂₁ 30	X ₂₂ 22	X ₂₃ 27	X ₂₄ 19	X ₂₅ 32	X ₂₆ 34	669.000	3
Yoğurtlar	X ₃₁ 21	X ₃₂ 28	X ₃₃ 29	X ₃₄ 32	X ₃₅ 34	X ₃₆ 36	399.500	7
İçecek yoğurtlar	X ₄₁ 33	X ₄₂ 30	X ₄₃ 30	X ₄₄ 22	X ₄₅ 35	X ₄₆ 37	417.000	8
Süt tozu	X ₅₁ 25	X ₅₂ 22	X ₅₃ 17	X ₅₄ 28	X ₅₅ 30	X ₅₆ 32	106.900	5
Peynir	X ₆₁ 19	X ₆₂ 11	X ₆₃ 20	X ₆₄ 23	X ₆₅ 24	X ₆₆ 27	400.000	8
TALEP	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400	
FARK	1	11	3	3	6	5		

Atama yapılan karedeki talep sütünü doyurulduğu için bu sütunun üzeri çizilerek işlemden çıkarılır, yukarıdaki tabloda gösterilmiştir.

$$X_{62}=47.200$$

Tablo 20. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler							
Pastörize ve aromalı süt	20 X ₁₁	28 X ₁₃	31 X ₁₄	33 X ₁₅	35 X ₁₆	550.000	8
İçecekler	30 X ₂₁	27 X ₂₃	19 X ₂₄	32 X ₂₅	34 X ₂₆	669.000	8
Yoğurtlar	21 X ₃₁	29 X ₃₃	32 X ₃₄	34 X ₃₅	36 X ₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	22 X ₄₄	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	8
Süt tozu	25 X ₅₁	17 X ₅₃	28 X ₅₄	30 X ₅₅	32 X ₅₆	106.900	8
Peynir	19 X ₆₁	20 X ₆₃	23 X ₆₄	24 X ₆₅	27 X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.975.000	192.000	98.700	84.500	145.000	2.495.200	
FARK	1	3	3	6	5		

Doğurulan sütun işlemde çıkarıldıktan sonra geriye kalan her satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır. Arta tüketim merkezinin bulunduğu sütun yani ST₂ işlemde çıkarıldığı için SA ceza değerlerinde değişiklik meydana gelmiştir.

Tablo 21. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler Ürünler	Cibuti	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ	Fark
Pastörize ve aromalı süt	20 X ₁₁	28 X ₁₃	31 X ₁₄	33 X ₁₅	35 X ₁₆	550.000	8
İçecekler	30 X ₂₁	27 X ₂₃	19 X ₂₄	32 X ₂₅	34 X ₂₆	669.000	8
Yoğurtlar	21 X ₃₁	29 X ₃₃	32 X ₃₄	34 X ₃₅	36 X ₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	22 X ₄₄	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	8
Süt tozu	25 X ₅₁	17 106.900	28 X ₅₄	30 X ₅₅	32 X ₅₆	106.900	8
Peynir	19 X ₆₁	20 X ₆₃	23 X ₆₄	24 X ₆₅	27 X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.975.000	192.000	98.700	84.500	145.000	2.495.200	
FARK	1	3	3	6	5		

Atama yapılan hücrelerdeki üzeri çizilen arz satırı işleminden çıkarılır, yukarıdaki tabloda gösterilmiştir. Süt tozu ürünü tamamen dağıtılmış.

X53=106.900

Tablo 22. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler							
Pastörize ve aromalı süt	20 X ₁₁	28 X ₁₃	31 X ₁₄	33 X ₁₅	35 X ₁₆	550.000	8
İçecekler	30 X ₂₁	27 X ₂₃	19 X ₂₄	32 X ₂₅	34 X ₂₆	669.000	8
Yoğurtlar	21 X ₃₁	29 X ₃₃	32 X ₃₄	34 X ₃₅	36 X ₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	22 X ₄₄	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	8
Peynir	19 X ₆₁	20 X ₆₃	23 X ₆₄	24 X ₆₅	27 X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.975.000	85.100	98.700	84.500	145.000	2.388.300	
FARK	1	7	3	8	7		

Doğurulan satır işlemden çıkarıldıktan sonra ikinci sütunun yani Ali-Sabieh tüketim merkezinin talebinde değişiklik meydana gelmiştir. 192.000 talep miktarından 106.900 eksilme olup 85.100 talep miktarı kalmıştır. Geriye kalan her satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır.

Tablo 23. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Dağıtıldığı Şehirler Ürünler	Cibuti	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
	Pastörize ve aromalı süt	20 X ₁₁	28 X ₁₃	31 X ₁₄	33 X ₁₅	35 X ₁₆	550.000
İçecekler	30 X ₂₁	27 X ₂₃	19 98.700	32 X ₂₅	34 X ₂₆	669.000	8
Yoğurtlar	21 X ₃₁	29 X ₃₃	32 X ₃₄	34 X ₃₅	36 X ₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	22 X ₄₄	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	8
Peynir	19 X ₆₁	20 X ₆₃	23 X ₆₄	24 X ₆₅	27 X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.975.000	85.100	98.700	84.500	145.000	2.388.300	
FARK	1	7	3	8	7		

Yukarıdaki tabloda Dikhil tüketim merkezinin bulunduğu talep sütunun işlemden çıkarılmasıyla İçecekler ürünü satırında 669.000 olan arz miktarında 98.700 kadar arz dağıtılmıştır.

$$X_{24}=98.700$$

X53=106.900

Tablo 24. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler						
Pastörize ve aromalı süt	20 X ₁₁	28 X ₁₃	33 X ₁₅	35 X ₁₆	550.000	8
İçecekler	30 X ₂₁	27 X ₂₃	32 X ₂₅	34 X ₂₆	570.300	3
Yoğurtlar	21 X ₃₁	29 X ₃₃	34 X ₃₅	36 X ₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	3
Peynir	19 X ₆₁	20 X ₆₃	24 X ₆₅	27 X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.975.000	85.100	84.500	145.000	2.289.600	
FARK	1	7	8	7		

Doğurulan sütun işlemde çıkarıldıktan sonra geriye kalan her satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır. Dikhil tüketim merkezinin bulunduğu sütun yani ST₄ işlemde çıkarıldığı için SA ceza değerlerinde değişiklik meydana gelmiştir.

Tablo 25. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler						
Pastörize ve aromalı süt	20 550.000	28 X ₁₃	33 X ₁₅	35 X ₁₆	550.000	8
İçecekler	30 X ₂₁	27 X ₂₃	32 X ₂₅	34 X ₂₆	570.300	3
Yoğurtlar	21 X ₃₁	29 X ₃₃	34 X ₃₅	36 X ₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	3
Peynir	19 X ₆₁	20 X ₆₃	24 X ₆₅	27 X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.975.000	85.100	84.500	145.000	2.495.200	
FARK	1	7	8	7		

Tablo 25’de pastörize ve aromalı süt bulunduğu arz satırının işleminden çıkarılmasıyla Cibuti sütununda 550.000 tamamen dağıtılmış.

$$X_{24}=98.700$$

$$X_{53}=106.900$$

X11=550.000

Tablo 26. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
İçecekler	X₂₁	X₂₃	X₂₅	X₂₆	570.300	3
Yoğurtlar	X₃₁	X₃₃	X₃₅	X₃₆	399.500	8
İçecek yoğurtlar	X₄₁	X₄₃	X₄₅	X₄₆	417.000	3
Peynir	X₆₁	X₆₃	X₆₅	X₆₆	352.800	1
TALEP	1.425.000	85.100	84.500	145.000	1.739.600	
FARK	2	7	8	7		

Duyurulan satır işleminden çıkarıldıktan sonra geriye kalan satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır.

Tablo 27. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler						
İçecekler	X ₂₁	X ₂₃	X ₂₅	X ₂₆	570.300	3
Yoğurtlar	X ₃₃	X ₃₅	X ₃₆		399.500	8
İçecek yoğurtlar	X ₄₁	X ₄₃	X ₄₅	X ₄₆	417.000	3
Peynir	X ₆₁	X ₆₃	X ₆₅	X ₆₆	352.800	1
TALEP	1.425.000	85.100	84.500	145.000	1.739.600	
FARK	2	7	8	7		

Tablo 27’de Yoğurtlar bulunduğu arz satırının işlemden çıkarılmasıyla Cibuti sütununda 399.500 tamamen dağıtılmış.

X₂₄=98.700

X₅₃=106.900

X₁₁=550.000

X31=399.500

Tablo 28. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler						
İçecekler	X₂₁	X₂₃	X₂₅	X₂₆	570.300	3
İçecek yoğurtlar	X₄₁	X₄₃	X₄₅	X₄₆	417.000	3
Peynir	X₆₁	X₆₃	X₆₅	X₆₆	352.800	1
TALEP	1.025.500	85.100	84.500	145.000	1.340.100	
FARK	11	7	8	7		

Duyurulan satır işlemde çıkarıldıktan sonra geriye kalan satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır.

Tablo 29. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	Fark
Ürünler						
İçecekler	X ₂₁	X ₂₃	X ₂₅	X ₂₆	570.300	3
İçecek yogurtlar	X ₄₁	X ₄₃	X ₄₅	X ₄₆	417.000	3
Peynir	X ₆₃	X ₆₅	X ₆₆		352.800	1
TALEP	1.025.500	85.100	84.500	145.000	1.340.100	
FARK	11	7	8	7		

Tablo 29’de peynir bulunduğu arz satırının işlemden çıkarılmasıyla Cibuti sütununda 352.800 tamamen dağıtılmış.

$$X_{24}=98.700$$

$$X_{53}=106.900$$

$$X_{11}=550.000$$

$$X_{31}=399.500$$

$$X_{61}=352.800$$

Tablo 30. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	Fark
Ürünler						
	30	27	32	34		
İçecekler	X ₂₁	X ₂₃	X ₂₅	X ₂₆	570.300	3
	33	30	35	37		
İçecek yoğurtlar	X ₄₁	X ₄₃	X ₄₅	X ₄₆	417.000	3
TALEP	672.700	85.100	84.500	145.000	987.300	
FARK	3	3	3	3		

Duyurulan satır işleminden çıkarıldıktan sonra geriye kalan satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır.

Tablo 31. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	FARK
Ürünler						
İçecekler	30 570.300	27 X ₂₃	32 X ₂₅	34 X ₂₆	570.300	3
İçecek yoğurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000	3
TALEP	102.400	85.100	84.500	145.000	987.300	
FARK	3	3	3	3		

Tablo 31’de İçecekler bulunduğu arz satırının işlemden çıkarılmasıyla Cibuti sütununda 570.300 tamamen dağıtılmış.

$$X_{24}=98.700$$

$$X_{53}=106.900$$

$$X_{11}=550.000$$

$$X_{31}=399.500$$

$$X_{61}=352.800$$

$$X_{21}=570.300$$

Tablo 32. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler Ürünler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ	Fark
	İçecek yogurtlar	33 X ₄₁	30 X ₄₃	35 X ₄₅	37 X ₄₆	417.000
TALEP	102.400	85.100	84.500	145.000	417.000	
FARK	7	3	3	3		

Duyurulan satır işlem den çıkarıldıktan sonra geriye kalan satır ve sütun için tekrardan ceza değerleri hesaplanır.

Tablo 33. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler Ürünler	Cibuti	Ali Sabieh	Obock	Tadjourah	ARZ
	İçecek yogurtlar	33 102.400	30 85.100	35 84.500	37 145.000
TALEP	102.400	85.100	84.500	145.000	

X24=98.700

X41=102.400

X43=85.100

X53=106.900

X45= 84.500

X11=550.000

X46=145.000

X31=399.500

X61=352.800

X21=570.300

X62=47.200

Tablo 34. VAM yöntemi ulaştırma tablosu

Dağıtıldığı şehirler Ürünler	Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	ARZ
Pastörize ve aromalı süt	20 550.000	25 0	28 0	31 0	33 0	35 0	550.000
İçecekler	30 570.300	22 0	27 0	19 98.700	32 0	34 0	669.000
Yoğurtlar	21 399.500	28 0	29 0	32 0	34 0	36 0	399.500
İçecek yoğurtlar	33 102.400	30 0	30 85.100	22 0	35 84.500	37 145.000	417.000
Süt tozu	25 0	22 0	17 106.900	28 0	30 0	32 0	106.900
Peynir	19 352.800	11 47.200	20 0	23 0	24 0	27 0	400.000
TALEP	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400

$$Z=550.000*20+570.300*30+98.700*19+399.500*21+102.400*33+$$

$$85.100*30+ 84.500*35+ 145.000*37+ 106.900*17+ 352.800*19+47.200*11=61.668.200.$$

Böylece, VAM yöntemi ile optimal çözümü bulundu. Amaç fonksiyonun optimal değeri

$$Z= 61.668.200'dür.$$

3.4. Problemin SimpleksYöntemi ile çözülmesi

Bu uygulama için en uygun çözüm R / SIMPLEX program paketli yazılım ile çözülmüştür ve sonuçlar **Tablo 35**'de gösterilmiştir.

Tablo 35.Taşıma Tablosu Simpleks Çözüm Sonuçları

Değişken	Değer	Değişken	Değer	Değişken	Değer
X11	550.000	X31	399.500	X51	0
X12	0	X32	0	X52	0
X13	0	X33	0	X53	106.900
X14	0	X34	0	X54	0
X15	0	X35	0	X55	0
X16	0	X36	0	X56	0
X21	208.500	X41	417.000	X61	400.000
X22	47.200	X42	0	X62	0
X23	85.100	X43	0	X63	0
X24	98.700	X44	0	X64	0
X25	84.500	X45	0	X65	0
X26	145.000	X46	0	X66	0

Doğrusal programlama ile elde edilen sonuç çözümleri Tablo 36'de sunulmaktadır:

Tablo 36. R / SİMPLİKS paket program ile taşıma sorunun optimal çözümü

Dağılıtı şehirler Ürünler	Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	Arz
Pastörize ve aromalı süt	20 550.000	25 0	28 0	31 0	33 0	35 0	550.000
İçecekler	30 208.500	22 47.500	27 85.100	19 98.700	32 84.500	34 145.000	669.000
Yoğurtlar	21 399.500	28 0	29 0	32 0	34 0	36 0	399.500
İçecek yogurtlar	33 417.000	30 0	30 0	22 0	35 0	37 0	417.000
Süt tozu	25 0	22 0	17 106.000	28 0	30 0	32 0	106.900
Peynir	19 400.000	11 0	20 0	23 0	24 0	27 0	400.000
Talep	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400

Son Tablodakiverilere göre, Toplam Taşıma Maliyetinin değeri aşağıdaki değere eşittir:

$$Z = 20 * 550.000 + 30 * 208.500 + 22 * 47.000 + 27 * 85.100 + 19 * 98.700 + 32 * 84.500 + 34 * 145.000 + 21 * 399.500 + 33 * 417.000 + 17 * 106.900 + 19 * 400.000 = 61.668.200(fdj)$$

3.5. Problemin MODI yöntemi ile çözümü

Tablo 36'ya göre amaç fonksiyonunun bulunan değeri optimal çözüm olmasına emin olmak için test MODI yönteminden yararlanalım. Toplam kullanılan hücre sayısı eşittir $nKH=n+m-1=6+6-1=11$. İlk önce bu tabloda her sıra ve sütun için gelişme katsayılarını hesaplayalım:

Tablodaki talep merkezlerini j simgesi ile ($j=1,2,3,4,5,6$), her ürünü i ile ($i=1,2,3,4,5,6$) ve her karedeki birim taşıma maliyetlerini de C simgesi ile gösterirsek, C_{ij} simgeleri i 'inci ürünü j 'inci tüketim merkezine birim taşıma maliyetini temsil edecektir. Örneğin $C_{13} = 28$ birinci (pastörize ve aromalı süt) fabrikasından üçüncü tüketim merkezine, $C_{22} = 25$ ikinci fabrikasından ikinci tüketim merkezine yapılan birim taşıma maliyetini belirtir.

Diğer bir ifade ile, eğer tablonun sıralar R_i ve sütunlar K_j ile gösterilirse, her R_i sırası ve K_j sütunu için R ve K katsayıları kullanılan karelerin C_{ij} değerlerine dayalı olarak.

$R_i + K_j = C_{ij}$ formülü ile hesaplanır ve tabloda gösterilir.

İlk tabloda dolu karelere göre, hesaplar devamında görünür:

Birinci sıra ve birinci sütundaki kare için:

$$R_1 + K_1 = 20 (C_{11})$$

İkinci sıra ve birinci sütundaki kare için:

$$R_2 + K_1 = 30 (C_{21})$$

İkinci sıra ve ikinci sütundaki kare için:

$$R_2 + K_2 = 22 (C_{22})$$

İkinci sıra ve üçüncü sütundaki kare için:

$$R_2 + K_3 = 27 \text{ (C}_{23}\text{)}$$

İkinci sıra ve dördüncü sütundaki kare için:

$$R_2 + K_4 = 19 \text{ (C}_{24}\text{)}$$

İkinci sıra ve beşinci sütundaki kare için:

$$R_2 + K_5 = 32 \text{ (C}_{25}\text{)}$$

İkinci sıra ve altıncı sütundaki kare için:

$$R_2 + K_6 = 34 \text{ (C}_{26}\text{)}$$

Üçüncü sıra ve birinci sütundaki kare için:

$$R_3 + K_1 = 21 \text{ (C}_{31}\text{)}$$

Dördüncü sıra ve birinci sütundaki kare için:

$$R_4 + K_1 = 33 \text{ (C}_{41}\text{)}$$

Beşinci sıra ve üçüncü sütundaki kare için:

$$R_5 + K_3 = 17 \text{ (C}_{53}\text{)}$$

Altıncı sıra ve birinci sütundaki kare için:

$$R_6 + K_1 = 19 \text{ (C}_{61}\text{)}$$

Görüldüğü gibi, bu denklem **R** ve **K** değerlerini hesaplamak olası değildir. Çünkü 11 denklem ve 25 bilinmeyen vardır. O zaman, çözümü hesaplamak için değişkenlerden biri sıfıra eşitlenmesi lazım. $R_1 = 0$ olursa hesaplamaların devamındadır:

$$R_1 = 0$$

$$K_1 = 20$$

$$R_2 = 30 - 20 = 10$$

$$K_2 = 22 - 10 = 12$$

$$R_3 = 1$$

$$K_3 = 17$$

$R_4 = 13$

$K_4 = 9$

$R_5 = 0$

$K_5 = 22$

$R_6 = -1$

$K_6 = 14$

Tablo 37. MODI yöntemi ulaştırma tablosu

		$K_1 = 20$	$K_2 = 12$	$K_3 = 17$	$K_4 = 9$	$K_5 = 22$	$K_6 = 14$		
Dağıtıldığı şehirler		Cibuti	Arta	Ali Sabieh	Dikhil	Obock	Tadjourah	Arz	
Ürünler									
$R_1 = 0$	Pastörize ve aromalı süt	20 550.000	25 X_{12}	28 X_{13}	31 X_{14}	33 X_{15}	35 X_{16}	550.000	
$R_2 = 10$	İçecekler	30 208.500	22 47.200	27 85.100	19 98.700	32 84.500	34 145.000	669.000	
$R_3 = 1$	Yoğurtlar	21 399.500	28 X_{32}	29 X_{33}	32 X_{34}	34 X_{35}	36 X_{36}	399.500	
$R_4 = 13$	İçecek yoğurtlar	33 417.000	30 X_{42}	30 X_{43}	22 X_{44}	35 X_{45}	37 X_{46}	417.000	
$R_5 = 0$	Süt tozu	25 X_{51}	22 X_{52}	17 106.900	28 X_{54}	30 X_{55}	32 X_{56}	106.900	
$R_6 = -1$	Peynir	19 400.000	11 X_{62}	20 X_{63}	23 X_{64}	24 X_{65}	27 X_{66}	400.000	
	Talep	1.975.000	47.200	192.000	98.700	84.500	145.000	2.542.400	

Şimdide boş kareler için gelişme indeksi, $G_i = C_{ij} - R_i - K_j$ formülü ile hesaplanır:

$$\mathbf{GI}_{12} = C_{12} - R_1 - K_2 = 25-0-12= 13$$

$$\mathbf{GI}_{13} = C_{13} - R_1 - K_3 = 28-0-17= 11$$

$$\mathbf{GI}_{14} = C_{14} - R_1 - K_4 = 31-0-9= 22$$

$$\mathbf{GI}_{15} = C_{15} - R_1 - K_5 = 33-0-22= 11$$

$$\mathbf{GI}_{16} = C_{16} - R_1 - K_6 = 35-0-14= 21$$

$$\mathbf{GI}_{32} = C_{32} - R_3 - K_2 = 28-1-12= 15$$

$$\mathbf{GI}_{33} = C_{33} - R_3 - K_3 = 29-1-17= 11$$

$$\mathbf{GI}_{34} = C_{34} - R_3 - K_4 = 32-1-9= 22$$

$$\mathbf{GI}_{35} = C_{35} - R_3 - K_5 = 34-1-22= 11$$

$$\mathbf{GI}_{36} = C_{36} - R_3 - K_6 = 36-1-14= 21$$

$$\mathbf{GI}_{42} = C_{42} - R_4 - K_2 = 30-13-12= 5$$

$$\mathbf{GI}_{43} = C_{43} - R_4 - K_3 = 30-13-17= 0$$

$$\mathbf{GI}_{44} = C_{44} - R_4 - K_4 = 22-13-9= 0$$

$$\mathbf{GI}_{45} = C_{45} - R_4 - K_5 = 35-13-22= 0$$

$$\mathbf{GI}_{46} = C_{46} - R_4 - K_6 = 37-13-24= 5$$

$$\mathbf{GI}_{51} = C_{51} - R_5 - K_1 = 25-0-20= 5$$

$$\mathbf{GI}_{52} = C_{52} - R_5 - K_2 = 22-0-12= 10$$

$$\mathbf{GI}_{54} = C_{54} - R_5 - K_4 = 28-0-9= 19$$

$$\mathbf{GI}_{55} = C_{55} - R_5 - K_5 = 30-0-22= 8$$

$$\mathbf{GI}_{56} = C_{56} - R_5 - K_6 = 32-0-14= 18$$

$$\mathbf{GI}_{62} = C_{62} - R_6 - K_2 = 11-(-1)-12= 0$$

$$G_{63} = C_{63} - R_6 - K_3 = 20 - (-1) - 17 = 4$$

$$G_{64} = C_{64} - R_6 - K_4 = 23 - (-1) - 9 = 15$$

$$G_{65} = C_{65} - R_6 - K_5 = 24 - (-1) - 22 = 3$$

$$G_{66} = C_{66} - R_6 - K_6 = 27 - (-1) - 14 = 14$$

Boş hücreler gelişme indekslerinin değerlerinin pozitif veya sıfır olduğu için problemin optimal maliyeti bulunmuştur. Vetoplam nakliye maliyetlerinin değeri

Z=61.668.200(fdj) eşittir.

Böylece, 550.000 kutu pastörize ve aromalı süt, 399.500 kutu yoğurt, 417.000 kutu içecek yoğurt ve 400.000 kutu peynir tamamen Cibutiye gönderilir. Süt tozu 106.900 kutu Ali-Sabieh'e gönderilir. İçecekler, bütün bölgelere gönderilir.

SONUÇ

Bu tezde, Cibuti Cumhuriyeti'nin mevcut ekonomik durumu ve dış ticari ilişkileri, özellikle Türkiye-Cibuti ticari ilişkileri ve "2035 Cibuti Vizyonu" konulu stratejik kalkınma planı analiz edildi.

Doğrusal programlama ve ulaştırma problemi ile ilgili genel bilgiler verildi. Ulaştırma modelinin optimal çözümü, yani Cibuti Cumhuriyeti'ndeki Douda Tazwid Industries şirketi tarafından üretilen nihai süt ürünlerinin kendi üretim tesislerinden minimum maliyetle ulaştırma probleminin çözümü incelendi. Söz konusu olan ulaştırma probleminin matematiksel modellenmesi farklı yöntemler kullanarak gerçekleştirildi.

Ulaştırma modelinin optimal çözümü, hem geleneksel ulaştırma modeli yöntemi olan Vogels Yaklaşım Metodu (VAM) ile, hem de doğrusal programlama yöntemi olan R / SIMPLEX yazılım paketi kullanarak çözüldü. Bulunan dağılım planının optimalliği Modifiye Dağıtım (MODI) test yöntemi uygulanarak kontrol edildi.

Bu tezin temel amacı, kâra maksimum faydayı sağlayabilmek için ürün dağıtım maliyetini minimize etmektir.

Şirketlerin kârlarını maksimize etmelerinde en önemli faktörlerden biri olan maliyetler sabit ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Sabit maliyetler, şirketlerin vazgeçemedikleri maliyetlerdir. Ancak, değişken maliyetlerde indirim yapılarak kâr elde edilebilir.

Bu nedenle, belirli bir kapasiteyle üretim yapan işletmeler, ürünleri üretmede kullandıkları kapasite ile karşılayabilecekleri talepleri göz önünde bulundurarak ürünlerin optimal dağıtımını yapıp, kara katkı sağlayacak toplam taşıma maliyetini minimum kılacak en iyi dağıtım miktarını belirlemektir.

Bu nedenle bu çalışmada Douda Tazwid Industries'nin üretmiş olduğu altı çeşit ürünün, işletmeden ürün talebinde bulunan altı tüketim merkezine ulaşım maliyeti problemi doğrusal programlama modelinin Simpleks yöntemiyle ve ulaştırma modelinin VAM ve MODI yöntemleri ile optimal olarak çözüldü .

İlk çözüm yöntemlerinden biri olan VAM yönteminin seçilmesinin nedeni, VAM yöntemiyle en uygun çözüme çok yakın bir sonuç elde etmenin ve bazen doğrudan en iyi sonucu bulmanın mümkün olmasıdır.

Simpleks yöntemini uygulamak için R / Simplex programı kullanılmıştır. Bununla birlikte, analiz sırasında başka dağılım sonuçları olduğu için, dağılmış hücrelerde fark gözlenmiştir. Simpleks yöntemi ile bulunan çözüm MODI yöntemi ile test edildi ve optimal çözüm olduğuna karar verildi.

VAM yöntemi ve R/Simplex programı yöntemi ile elde edilen çözümlere dayanarak işletmeye mevcut olan arz ve talep kapsamında minimum maliyetli optimal dağıtım planları önerildi ve sonuç olarak problemin optimal toplam nakliye maliyetlerinin sayısal değeri bulundu. Her iki yöntemle elde edilen değer aynı olduğu gözlemlendi.

KAYNAKÇA

Altıparmak, F. ve Karaoğlan, İ., (2005). Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi Değin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel Bir Yaklaşım, Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Ankara, Cilt.20, No:4.

Analı İ. (1999). Ulaştırma Modeli ve Türk Tekstil Sektöründeki Dış Ticaret Sermaye Őirketlerinin İhracatlarının Ulaştırma Modeli Yardımıyla Optimizasyonu, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, İstanbul.

Balakrishnan A., Render and Stair (2006). Managerial Desicion Modeling With Spread Heats, 2nded, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Charnes, A. and Cooper, W.W., (1961). Management Models and İndustrial Applications of Lineer Programming, New York : J. Wiley.

Dantzig G. B. (1963). Linear programming and extensions / by George B. Dantzig–Princeton N.J.: Princeton University Press.

DEİK (Dış Ekonomik İlişkiler Kurulu), Cibuti Ülke Bulteni, (2018), from [file: http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf](http://Downloads/Ek-2-CIBUTI-UlkeBulteni.pdf)

Djibouti (2018) rapport de suivi de situation economique, from <https://www.banquemondiale.org/fr/country/djibouti/publication/economic-outlook-october-2018>

Doğan İ. (1995). Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.

Douda Tazwid Industries (2018), from <https://www.doudadairy.dj/content/aboutus>

Ergülen, A. S.(2003). “Gıda Ürünlerinin Kara Yolu ile Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu: Bir Tamsayılı Doğrusal Programlama Uygulaması”, Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 22.,s 203,232.

ERKUT, Haluk, BASKAK, Murat, 2.Baskı (1997), **Stratejiden Uygulamaya Tesis Tasarımı**, İrfan Yayıncılık, İstanbul,

Esin A. (1984). Yöneylem araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2. Basım, Yayın No:41.

Evren, R. ve Ülengin F. (1992) Yönetimde Karar Verme, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, Sayı: 1478, İstanbul.

Fox, John & Andersen, Robert (2005). "Using the R Statistical Computing Environment to Teach Social Statistics Courses". Department of Sociology, McMaster University.

Görkey, Selda (2009). Ulaştırma Modellerinde Bir Uygulama - Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: M.Ü SBE Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı.

Hallaç O. (1978). Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması), Arpaz Matbaacılık, İstanbul.

Harun ŞAHİN - Fırat KARAKÖY, Doğu Afrika'nın Dünya'ya Açılan Penceresi: Cibuti, from <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/610815>

Hindi, K.S., Basta, T., Pienkosz, K., S.519–527 (1998). Efficient solution of a multi-commodity, two-stage distribution problem with constraints on assignment of customers to distribution centres. International Transactions in Operational Research 5.

<http://kisi.deu.edu.tr//gokce.baysal/ulastirma.pdf>

<https://ticaret.gov.tr/data/5b885d7aaf23be7c5c10c652/Cibuti.pdf>

<https://www.trade.gov/steel/pdfs/07192016globalmonitor-report.pdf> adresinden alındı.

<https://www.trade.gov/>

International Trade Administration. (2018, eylül). Global Steel Report. U.S. Department of Commerce, International Trade Administration.

James P. Ignizio, Jatinder N. D. Gupta ve Gerald R. McNicholsS.(1975), Operations Research in Decision Making, Crane Russak&Company Inc.,s108.

Jayaraman, V.S.(1998). Transportation, facility location and inventory issues in distribution network design. International Journal of Operations & Production Management, s 491

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.575.4708&rep=rep1&type=pdf>

Kabak, M. (2000), Kara Kuvvetleri Akaryakıt İkmal Sistemlerinde Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Optimizasyonu, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kara İ. (1991). “Doğrusal Programlama”. Eskişehir: Bilim Teknik Yayınevi.

Kirkpatrick, Charles A. ve Levin, Richard I. (1978), Quantitative Approaches to Management, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company.

Kotaman, Süleyman (1998), Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Olarak Minimizasyonu, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kutsal, A., Oral, G. (1998). “Doğrusal Programlama”. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yay./ A33.

<https://www.yumpu.com/tr/document/read/10817474/hacettepe-universitesi-fen-fakultesi-istatistik-bolumu>

Naylor, T.H. and T.E. Bryne (1963), Linear Programming Methods And Cases, Wadsworth Publishing Company Limited, Belmont, California.

Özkan, Zehra (2012). KTÜ, SBE, Ekonometri Ana Bilim Dalı Yöneylem Araştırması Programı. Ulaştırma Modelleri ve Çelik Kapı Sektöründe Bir Uygulama. Trabzon.

ÖZTÜRK, A. (2007), Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, Bursa.

ÖZTÜRK, Ahmet, 4.Baskı (1994), Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi, Bursa,

Prix d'une bouteille de lait à Djibouti, (2020), from <https://www.combien-coute.net/lait/djibouti/>

RENDER B. ve Stair, R.M. (1992), Introduction to Managemet Science, Allyn and Bacon Inc, Boston.

Sağır, Müjgan (2012). Yön Eylem Araştırması 1. Eskişehir: Açık Öğretim Fakültesi Yayınları.

Sarıaslan, Halil, Karacabey, Argun, Gökgöz, Fazil S.704 (2017) Nicel karar yöntemleri, Siyasal Kitap Evi, Ankara.

Serper, Özer ve Gürsakal, N. (1982), Doğrusal Programlama, Bursa, B.İ.T.İ.A. İşletme Fak. Yayını No:15.

Taha, H. Literatür Yayınları:43 (2000), Yöneylem Araştırması, 6. Basımdan Çeviri, (Çeviren ve Uyarlayanlar: Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf)İstanbul.

TAHA, Hamdi A.5.Baskı (1992), Operations Research: An Introduction , Prentice-Hall, ABD,
<http://www.ozyazilim.com/ozgur/marmara/karar/transportasyon.htm?fbclid=IwAR3IZGHVGsRSrDh7yF1I2O2q0DXo5UCOa5-PP-VtsrXw04uavM87wHR-6U#:~:text=1.2.4.Vogel%20Yakla%C5%9F%C4%B1m%C4%B1%20>

Tekin, M. (1991). Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Konya.

Timor, M.,S.(2001). Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, s 31,39,128.

Tor, F.O, S.(1991), Doğrusal Programlama ve Benzin Dağıtımının Ulaştırma Modeli Yardımı ile Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara,s 103

Tulunay Y.3. Baskı (1994). Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, Renk İş Matbaası, İstanbul.

Tunçay N.O. (2006) Karışım ve Tasıma Maliyetlerinin Minimizasyonunda Doğrusal Programlamanın Kullanılması ve Bir Maden İşletmesi İçin Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Balıkesir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şubat, Balıkesir.

Türkiye-Cibuti iş formu, (2020) – Dış Ekonomik ilişkiler kurulu, from <https://www.deik.org.tr/basin-aciklamalari-turkiye-cibuti-is-forumu-cibuti-de-yapildi>

Winston, W.L. (1994), Operations Research: Applications and Algorithms, Duxbury Pres, California.

Görkem Polat (2018), Çimento Sektöründe optimal Dağılım: Ulaştırma Problemi ve Hedef Programlama ile Çimento Fabrikalarına uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, T.C.Gazi Üniversitesi, Ankara

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Sütünün fiyatının gelişmesi senelere göre

TABLolar LİSTESİ

- Tablo 1.** Dış Ticaret Göstergeleri
- Tablo 2.** İthalat Yaptığı Başlıca Ülkeler
- Tablo 3.** İthal Ettiği Başlıca Ürünler
- Tablo 4.** İhracat Yaptığı Başlıca Ülkeler
- Tablo 5.** İhraç Ettiği Başlıca Ürünler
- Tablo 6.** Türkiye-Cibuti Dış Ticaret Değerler
- Tablo 7.** Türkiye'nin İthalatı
- Tablo 8.** Türkiye'nin İhracatı
- Tablo 9.** Simpleks Başlangıç Temel Tablosu
- Tablo 10.** Ulaştırma Modelinin Temel Tablosu
- Tablo 11.** Kuzeybatı KöşeYöntemi Tablosu
- Tablo 12.** Kuzeybatı Köşe Yöntemi Tablosu
- Tablo 13.** Kuzeybatı Köşe Yöntemi Tablosu
- Tablo 14.** RAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu
- Tablo 15.** RAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu
- Tablo 16.** Şehre Göre Dağıtılmış Kutular (süt ve süt ürünleri için)
- Tablo 17.** Ulaştırma Modelinin Başlangıç Tablosu (KutuFdj/)
- Tablo 18.** VAM Yöntemi UlaştırmaTablosu
- Tablo 19.** VAM Yöntemi UlaştırmaTablosu

Tablo 20. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 21. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 22. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 23. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 24. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 25. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 26. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 27. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 28. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 29. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 30. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 31. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 32. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 33. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 34. VAM Yöntemi Ulaştırma Tablosu

Tablo 35. Taşıma Tablosu Simpleks Çözüm Sonuçları

Tablo 36. R/SIMPLEKS Paket Program Yazılım İle Taşıma Sorununun En İyi Çözümü

Tablo 37. MODI Yöntemi Ulaştırma Tablosu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.Ulaştırma Modelinin Temel Yapısı

Şekil 2.Ulaştırma Modelinin Çözüm Aşamaları

EKLER (VARSA)

- **Amaç Fonksiyonu Katsayıları ile Minimizasyon Problemi**

- **library(boot)**

- **f=c(20,25,28,31,33,35,30,22,27,19,32,34,21,28,29,32,34,36,33,30,30,22,35,37,25,22,17,28,30,32,19,11,20,23,24,27)**

-

- **vit1=c(1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)**

- **vit2=c(0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)**

- **vit3=c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)**

- **vit4=c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)**

- **vit5=c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)**

- **vit6=c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1)**

-

- **fat1=c(1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0)**

- **fat2=c(0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0)**

- **fat3=c(0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0)**

- **fat4=c(0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0)**

- **fat5=c(0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0)**

- **fat6=c(0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1)**

- **b1=c(550000,669000,399500,417000,106900,400000)**

- `b2=c(1975000,47200,192000,98700,84500,145000)`
-
- `simplex(a=f,A1=rbind(vit1,vit2,vit3,vit4,vit5,vit6),b1=b1,A2=rbind(fat1,fat2,fat3,fat4,fat5,fat6),b2=b2,maxi=FALSE)`
-

Call : `simplex(a = f, A1 = rbind(vit1, vit2, vit3, vit4, vit5, vit6),`

`b1 = b1, A2 = rbind(fat1, fat2, fat3, fat4, fat5, fat6),`

`b2 = b2, maxi = FALSE)`

Minimization Problem with Objective Function Coefficients

`x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20`

`20 25 28 31 33 35 30 22 27 19 32 34 21 28 29 32 34 36 33 30`

`x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36`

`30 22 35 37 25 22 17 28 30 32 19 11 20 23 24 27`

Optimal solution has the following values

`x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11`

`550000 0 0 0 0 0 208500 47200 85100 98700 84500`

x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22

145000 399500 0 0 0 0 0 0 417000 0 0 0

x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33

0 0 0 0 106900 0 0 0 400000 0 0

x34 x35 x36

0 0 0

The optimal value of the objective function is 61668200.

ÖZGEÇMİŞ

1996 Cibuti Başkentinde doğdu. Devlet lisesi (Lycée D'état) Ekonomik Sosyal Bölümünden mezun olduktan sonra Cibuti Üniversitesinin Uluslararası Ticaret Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsüne bağlı olan İşletme Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.