

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANA BİLİM DALI**



**ULAŞTIRMA MODELİ: PYTHON İLE GERÇEK BİR HAYAT
UYGULAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Dalya Duraid Haqi AL-MOMAYEZ

Danışman
Doç. Dr. Talat ŞENEL

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Dalya Duraid Haqi AL-MOMAYEZ tarafından, **Doç. Dr. Talat ŞENEL** danışmanlığında hazırlanan “**ULAŞTIRMA MODELİ: PYTHON İLE GERÇEK BİR HAYAT UYGULAMASI**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 20.2.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Yüksel TERZİ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Talat ŞENEL(Danışman) Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Tolga ZAMAN Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

... / ... / 20...

Dalya Duraid Haqi AL-MOMAYEZ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: ULAŞTIRMA MODELİ: PYTHON İLE GERÇEK BİR HAYAT UYGULAMASI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 06/01/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 27

Tek kaynak oranı : % 5 çıkmıştır.

06 /01 / 2023

Doç. Dr. Talat ŞENEL

ÖZET

ULAŞTIRMA MODELİ: PYTHON İLE GERÇEK BİR HAYAT UYGULAMASI

Dalya Duraid Haqi AL-MOMAYEZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İstatistik Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Şubat/2023
Danışman: Doç. Dr. Talat ŞENEL

Ulaştırma modeli, Doğrusal Programlama modelinin özel bir şeklidir. Bu modelde, malların kaynaklardan (arz merkezi) hedeflere (talep merkezi) taşınmasıyla ilgilenilir. Hedeflerin talep gereksinimleri ve kaynakların arz miktarlarında denge sağlanmalıdır. Ulaştırma modelinde amaç, her bir kaynaktan her bir hedefe yapılan taşımaların toplam maliyetini minimum yapacak taşıma miktarını belirlemektir. Yani ulaştırma maliyetinin optimizasyonudur. Ulaştırma modelleri, güncel hayatta yaygın biçimde kullanılmaktadır. Çok sayıda değişken ve kısıtlamaya sahip olabilen bu problemleri hatasız ve kısa sürede çözmek önemlidir. Bilgisayar yazılım programlarının hızlı gelişimi sayesinde çeşitli paket programları ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, ulaştırma modelleri ve çözüm yöntemleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Daha sonra, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) internet sitesindeki bilgilerden derlenen veri seti kullanılarak bir ulaştırma modeli kurulmuştur. Kurulan bu model Python, R ve Excel programları ile çözümlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Doğrusal programlama, Ulaştırma modeli, Optimizasyon, Python, R.

ABSTRACT

TRANSPORTATION MODEL: A REAL LIFE APPLICATION WITH PYTHON

Dalya Duraïd Haqî AL-MOMAYEZ
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Statistic
Master, February/2023
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Talat ŞENEL

The transportation model is a special form of the Linear Programming model. In this model, it deals with the movement of goods from sources (supply center) to destinations (demand center). A balance must be struck between the demand requirements of the targets and the supply of resources. In the transportation model, the aim is to determine the amount of transportation that will minimize the total cost of transportation from each source to each destination. In other words, it is the optimization of the transportation cost. Transportation models are widely used in daily life. It is important to solve these problems, which can have many variables and restrictions, without errors and in a short time. Thanks to the rapid development of computer software programs, various package programs have been introduced. In this study, information about transportation models and solution methods is given. Later, a transportation model was established using the data set compiled from the information on the Turkish Hard Coal Institution (TTK) website. This established model was analyzed with Python, R and Excel programs and the results were compared and suggestions were made.

Keywords: Linear programming, Transportation model, Optimization, Python, R.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitim sürecimin bir üst noktası olan yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca yardım ve desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Talat ŞENEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca benden yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen İstatistik Bölümü akademisyenlerine ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Beni bugünlere getirmek için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan anneme, başarılarımı uzaklardan izlediğine inandığım rahmetli babama sonsuz teşekkür ederim

Dalya Duraid Haqi AL-MOMAYEZ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Araştırması.....	1
2. MATERYAL VE METOT.....	3
2.1. Ulaştırma Modeli.....	3
2.1.1. Ulaştırma Modeli Varsayımları	4
2.2. Ulaştırma Modellerin Genel Hali	4
2.3. Dengeli ve Dengesiz Ulaştırma Modelleri	6
2.3.1. Dengeli Ulaştırma Modelleri	6
2.3.2. Dengesiz Ulaştırma Modelleri.....	6
2.4. Ulaştırma Modelinin Algoritması.....	6
2.5. Ulaştırma Modelinde Başlangıç Çözüm Teknikleri	6
2.5.1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi (Northwest Corner Rule)	7
2.5.2. En Düşük Maliyetler Yöntemi.....	8
2.5.3. Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM)	8
3. UYGULAMA VE BULGULAR.....	9
4. SONUÇ VE ÖNERİ	22
KAYNAKLAR	24
ÖZ GEÇMİŞ	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

ÇATES	: Çatalağzı Termik Santrali
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
VAM	: Vogel'in Yaklaşım Yöntemi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ulaştırma Modellerin Genel Hali	5
Şekil 3.1. Ulaştırma Modeli Genel Hali	14
Şekil 3.2. Python ile çözümde kullanılan kodlar	15
Şekil 3.3. Python Programı Çözümü	16
Şekil 3.4. Python ile çözüm sonuçları	16
Şekil 3.5. R ile çözümde kullanılan kodlar	17
Şekil 3.6. R ile çözüm sonuçları	18
Şekil 3.7. R Programı çözümü	18
Şekil 3.8. Kuzeybatı Köşe Yöntemi	19
Şekil 3.9. Vogel Yaklaşımı	20
Şekil 3.10. En Düşük Maliyetler Yöntemi	20

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Ulaştırma Tablosu	7
Tablo 3.1. Türkiye’deki taşkömürü rezervleri 2022 (x1000 ton).....	10
Tablo 3.2. Türkiye Taşkömürü Üretim, Tüketim ve İthalat Dengesi (x1000 ton)	11
Tablo 3.3. Sektörler İtibariyle Taşkömürü Tüketimi (x1000 ton).....	11
Tablo 3.4. 2012-2021 Yılları Sektörler İtibariyle Taşkömürü Satışları.....	12
Tablo 3.5. Erdemir ve Kardemir’e Yapılan Taşkömürü satışları.....	12
Tablo 3.6. Üretim ve Tüketim Merkezleri Arz ve Talepleri ile aralarındaki mesafeler	13
Tablo 3.7. Başlangıç çözüm teknikleri ile elde edilen başlangıç çözümleri	19



1. GİRİŞ

Ulaştırma, nakliye faaliyetlerini yürütebilmek için şirketlere fiziksel olarak imkân sağlamaktadır.

Doğrusal Programlama Problemleri kapsamında yer alan taşıma modelleri, birden fazla kaynaktan ya da üretim merkezinden, bir dizi varış noktasına (depolar, pazarlar vb.) taşıma maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlar.

Planlamanın çok önemli bir işleve sahip olduğu modern toplumda taşıma, insanların ve malların gerekli hareketini sağlamada çok önemli bir rol oynamaktadır.

Ulaşım araçlarının mevcudiyeti nedeniyle ulaşım, ülke ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır.

Ulaştırma modeli ilk olarak 1941'de Frank L. Hitchcock tarafından önerilmiştir. Daha sonra Koopmans (1947) tarafından geliştirilmiştir. Kantorovich, A. Charnes ve W.W. Cooper, Danzong, Russell ve diğer bilim adamları da gelişimine katkıda bulunmuştur (Tekin, 1991).

Ulaştırma modelleri, doğrusal programlama modellerinin özel bir şeklidir. Bu model, malların bir kaynaktan (tedarik merkezi) bir varış noktasına (talep merkezi) hareketi ile ilgilenir. Ulaştırma modelinin amacı, herhangi bir kaynaktan herhangi bir varış noktasına toplam taşıma maliyetini en aza indiren taşıma miktarını belirlemektir. Başka bir deyişle, nakliye maliyetlerini optimize etmektir. Ulaştırma modelleri aynı zamanda depolama, iş gücü planlaması, personel alımı ve malların bir yerden başka bir yere taşınması gibi alanlarda da kullanılabilir (Taha, 2007).

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu internet sitesindeki bilgilerden derlenen veri seti kullanılarak bir taşıma modeli kurulmuştur. Daha sonra bu model Python, R ve Excel programları ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

1.1. Literatür Araştırması

Ulaştırma modelleri hakkında yapılmış çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Mutlu (2022), çalışmalarında taşıma probleminin başlangıç uygun çözümünün belirlenmesinde en büyük maliyetten kaçınma yöntemi kullanmıştır.

Arman (2021), İstanbul'da faaliyet gösteren bir elektronik firmasının müşterilerine ürün dağıtımını problemini ele almışlardır.

Mohamed Ali (2020), “Bulanık Doğrusal Programlama ile Ulaştırma Probleminin Cibuti Cumhuriyeti Maden Suyu Endüstrisine uygulaması” isimli çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, Cibuti maden suyu şirketleri 'Crystal', 'Tayse-Lee', 'Palmeraie&Okar' ve 'Bio' tarafından üretilerek Cibuti, Ali- Sabieh, Dikhil, Tadjourah'daki dört dağıtım merkezine teslim edilen nihai ürünler için en düşük toplam nakliye maliyeti veren dağıtım planı oluşturmuşlardır.

Abdi Aden (2020), Cibuti Cumhuriyeti Süt Ürünleri Endüstrisinde Nihai Ürünlerin Nakliyesinin Optimize edilmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır.

Soydan (2019), Ulaştırma Modellerinde Can'ın Yaklaşım metodunda uygun ortalama seçimi için simülasyon çalışması yapmışlardır.

Candan (2019), Ulaştırma Modelleri ile Maliyet Minimizasyonu ve Ayakkabı Endüstrisinde Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulaması yapmışlardır. Araştırmanın uygulamalı kısmında ayakkabı sektöründe faaliyet gösteren firmaların, iç piyasaya yönelik satış planları gözden geçirilmiş ve olası yeni planlar modellenmiştir.

Paksoy (2018), “Karma Kısıtlı Ulaştırma Problemleri ve Çözüm Yöntemi” başlıklı bir çalışma yapmıştır.

Süslü (2018), “Using Network 2000 Program For Transportation Planning Of Forest Products” başlıklı çalışmada, Network 2000 programı tabanlı Orman ürününün ulaşım planlamasında en kısa yol algoritması kullanılmış ve daha sonra yöntemin çözüm kapasitesini örnek bir uygulamada incelemiştir

Tan ve Patır (2017), Bingöl İlinde Faaliyet Gösteren Bir Meşrubat Firmasının Ulaştırma Modelleri ile Dağıtım Planı Oluşturulması problemini ele almışlardır.

Ahmed (2016), ulaştırma problemlerine bir başlangıç temel uygun çözüm bulmak için yeni bir yaklaşım önerilmişlerdir.

Şen (2015), Türkiye geneline dağıtılacak olan araçların dağıtım maliyetlerinin optimizasyonu: Ulaştırma modeli uygulaması konulu yüksek lisans tezi hazırlamıştır.

Şişman (2015), yapmış olduğu çalışmada bir mermer firmasının tedarikçileri, üretim tesisleri ve dağıtım merkezleri ile sürdürülebilir tedarik zinciri ağında karbon emisyonlarının neden olduğu sosyal ve toplam işletme maliyetlerini en aza indirmeyi

göz önünde bulunduran stratejik bir karar verme modeli önerisinde bulunmuştur.

Sipahioğlu (1990), Toplam Maliyet-Darboğaz Zaman Tabanlı Ulaştırma Problemleri İçin Bir Algoritma konulu yüksek lisans tezi hazırlamıştır.

Roy (2014), “Multi-Choice Stochastic Transportation Problem Involving Weibull Distribution”, başlıklı çalışmasında, arz ve talep parametreleri üzerinde Weibull tarafından dağıtılmış kısıtlamalar içeren çoktan seçmeli stokastik taşıma (TP) problemi sunmuştur

Özcan ve Acar (2012), Ulaştırma Algoritması ve Tesis Yeri Belirlenmesinde Bir Örnek Uygulaması çalışmasını yapmışlardır.

Özdemir ve Seçme (2009), çalışmalarında tedarik zincirindeki işletme problemlerinden biri olan taşıma problemini ele almış ve bu problemde ortaya çıkabilecek belirsizlikleri bulanık doğrusal programlama ile çözmeye çalışmışlardır.

Görkey (2009), Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama konulu yüksek lisans tezi hazırlamıştır.

Ertuğrul ve Işık (2008), Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli ile Yeni Bir Dağıtım Planı Geliştirme başlıklı çalışmalarında, Denizli'deki bir gıda firmasının dağıtım problemi ve bu dağıtımın maliyet optimizasyonunda taşıma modelinin uygulanabilirliği hakkında bilgiler sunulmaktadır.

Erdoğan (2007), Konfeksiyon üretiminde taşıma modeli yardımıyla birim maliyetlerinin belirlenmesi çalışmasını yapmışlardır.

Ceylaner (2005), Lojistik sektöründe Tedarik Zinciri yönetiminin taşıma Modelleri ile Maliyet Minimizasyonu çalışmasını gerçekleştirmiştir.

Sakarya (1996), Et ve Balık Kurumu Kombinalar Arası Et Taşımada Ulaştırma Modeli Uygulaması çalışması gerçekleştirmiştir.

Literatürde başka taşıma modeli çalışmaları da bulunmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Ulaştırma Modeli

Ulaştırma modeli; malları belirli kaynaklardan (fabrika) belirli yerlere (depo) en düşük maliyetle, yani üretim merkezlerinden dağıtım merkezlerine en düşük maliyetle taşımayı amaçlayan özel bir doğrusal programlama modelidir.

2.1.1. Ulaştırma Modeli Varsayımları

Bir ulaştırma modeli oluşturmak için gerekli koşullar:

1. Üretim merkezlerinden dağıtım merkezlerine gönderilecek ürünler homojen olmalıdır.
2. Üretim merkezlerinin toplam üretim kapasitesi, tüketim merkezlerinin toplam talebini karşılamalıdır.
3. Üretim ve tüketim merkezleri arasında, birim başına taşıma maliyeti sabit olmalı ve bilinmelidir.

2.2. Ulaştırma Modellerin Genel Hali

Ulaştırma modelinde, malların kaynaklardan (fabrika gibi) hedeflere (depo gibi) taşınmasıyla ilgilenilir.

Bu taşıma esnasında hem talep gereksinimleri hem de arz miktarlarında denge sağlanmalıdır. Ayrıca kaynaklardan hedeflere yapılan taşımaların toplam maliyeti en az yapılmalıdır.

Modelde, taşıma maliyetlerinin taşıma miktarlarıyla doğru orantılı olduğu kabul edilir.

Ulaştırma modelinin genel görünümü Şekil 2.1'deki gibi görselleştirilebilir.

Burada m tane kaynak ve n tane hedef vardır. Bağlantılar, kaynaklarla hedefler arasındaki rotaları belirten ifadelerdir (Taha, 2007).

(i, j) Bağlantısı, i kaynağını j hedefine bağlarken

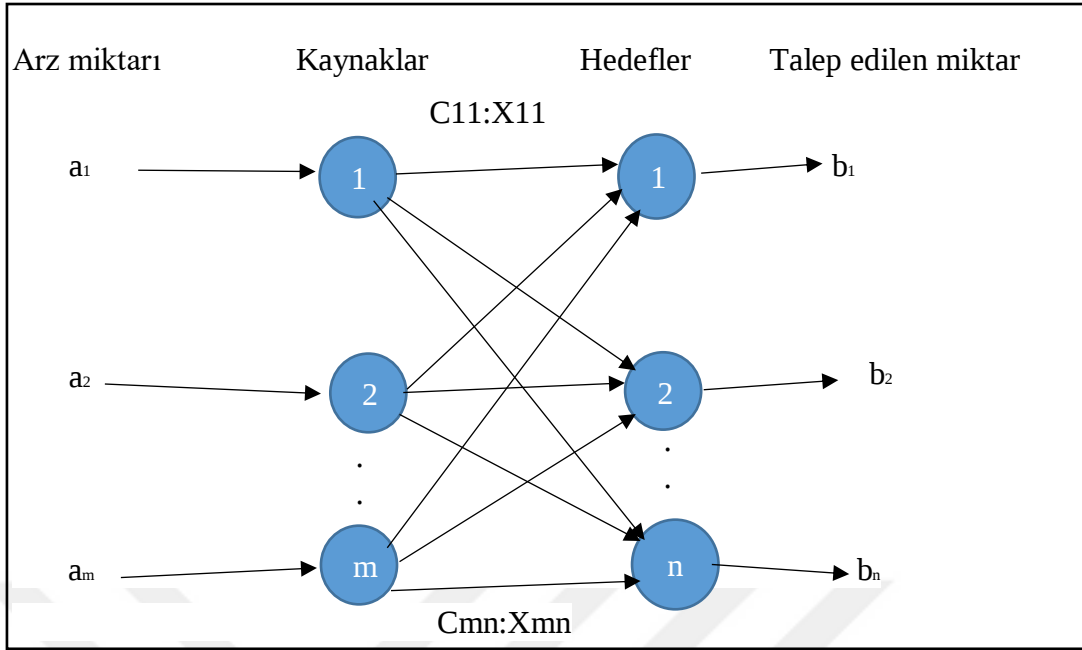
c_{ij} : birim taşıma maliyeti

x_{ij} : taşıma miktarı anlamındadır.

a_i : i kaynağının arz miktarı

b_j : j hedefinin talep ettiği miktar olsun.

Modelin amacı; tüm arz ve talep kısıtlarını sağlayan, ayrıca toplam taşıma maliyetini minimum kılan x_{ij} miktarlarını belirlemektir.



Şekil 2.1. Ulaştırma Modellerin Genel Hali

Yukarıdaki tanımlamalara göre, ulaştırma modeli aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\text{Min. Z: } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2.1)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad \leftarrow \text{Talep kısıtları}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad \leftarrow \text{Arz kısıtları}$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Ulaştırma modelleri dengelenmiş ya da dengelenmemiş biçimde olabilir.

Dengelenmiş bir ulaştırma modelinde,

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.2)$$

Dengelenmemiş ulaştırma problemleri, dummy değişken kullanılarak dengeli hale getirilir ve çözülür.

Eğer problem, simpleks yöntem ile çözülecekse dengelemeye gerek yoktur.

Kısıtlayıcılar, $\leq a_i$ ve $\geq b_j$ alınarak çözüm yapılır.

2.3. Dengeli ve Dengesiz Ulaştırma Modelleri

Temel ulaştırma problemlerinde genel kabul, arz miktarının talep miktarına eşit olduğudur.

2.3.1. Dengeli Ulaştırma Modelleri

Dengeli ulaştırma problemi, toplam arzın toplam talebe eşit olduğu klasik ulaştırma problemidir. Ulaştırma probleminin dengeli durumu, aşağıdaki biçimde ifade edilebilir.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m X_{ij} = \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.3)$$

2.3.2. Dengesiz Ulaştırma Modelleri

Gerçek dünyadaki güncel uygulama problemlerinde, bu dengeli durum her zaman mevcut değildir. Arz, talebe eşit veya daha az olduğunda sorunlar ortaya çıkabilir. Böylesi durumlarda önce problem dengelenmiş hale getirilir. Dengeleme yapmak için de dummy (kukla) üretim veya tüketim merkezleri eklenir.

2.4. Ulaştırma Modelinin Algoritması

Ulaştırma çözüm teknikleri ile ulaştırma problemleri çözülürken aşağıdaki adımlar izlenir:

1. Başlangıç uygun temel çözümü bulunur.
2. Bu çözümün optimal olup olmadığı kontrol edilir.
3. Çözüm Optimum ise optimal çözümü yazılır.
4. Çözüm Optimum değilse çözümü geliştir ve 2. adıma gidilir.

Ulaştırma problemlerini çözerken, öncelikle bir başlangıç çözümü bulunur. Bulunan çözümün geçerli olabilmesi için; i satır (kaynak) ve j sütundan (hedef) oluşan bir ulaştırma probleminde çözüm sonucunda atama yapılan hücrelerin sayısı, (i + j – 1)’e eşit olmalıdır.

2.5. Ulaştırma Modelinde Başlangıç Çözüm Teknikleri

Ulaştırma problemlerinin başlangıç uygun temel çözümünü bulmada kullanılan yöntemler şunlardır:

1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi
2. En Düşük Maliyetler Yöntemi
3. Vogel Yaklaşım (VAM) Yöntemi

Bunlardan başlangıç temel çözümünü en iyi veren yöntem, Vogel Yaklaşım (VAM) Yöntemidir.

2.5.1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi (Northwest Corner Rule)

Bu yöntemde, çözüm prosedürü başlangıç tablosunun kuzeybatı köşesinden başladığı için bu şekilde adlandırılmıştır.

m tane üretim merkezi ve n tane tüketim merkezi olduğunda,

X_{ij} : i. üretim merkezinden, j. tüketim merkezine taşınacak mal miktarı olarak tanımlandığında ulaştırma tablosu aşağıdaki biçimde oluşturulabilir:

Tablo 2.1. Ulaştırma Tablosu

	Tüketim Merkezleri				Arz
	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}	a_1
Üretim Merkezleri	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}	a_2
	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...
	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mn}	a_m
Talep	b_1	b_2	b_n		

Yukarıdaki biçimde bir ulaştırma tablosu düzenlendikten sonra, kuzeybatıda yer alan hücre (kutu) seçilir ve aşağıdaki adımlar izlenir:

Adım 1: Seçilen hücreye mümkün olan en fazla atama yapılır ve bu miktar arz ve talep miktarlarından çıkarılır.

Adım 2: Atama tekrarlamasını önlemek için sıfır arz ya da talebe ulaşan satır ya da sütunu iptal edilir. Satır ile sütun aynı anda sıfıra gelmişse biri seçilir. İptal edilmeyen satır/sütundaki sıfır arzı (talebi) dikkate alınmaz.

Adım 3: Sadece bir tane iptal edilmeyen satır ya da sütun kaldığında durulur. Aksi takdirde; bir önceki işlemde sütun iptal edilmişse sağ kutuya, satır iptal edilmişse bir alt hücreye geçilir ve Adım 1'e gidilir. (Taha, 2007).

2.5.2. En Düşük Maliyetler Yöntemi

Bu yöntem, küçük boyutlu ulaştırma problemlerinde hızlı olma avantajına sahiptir. Üç farklı şekilde uygulanabilir:

1. **Sıra yaklaşımı:** Atama, başlangıç tablosunun ilk satırındaki birim fiyatı en düşük olan hücreden yapılır. Bu işlemler ilk satırdaki koşul sağlanana kadar tekrarlanır. İlk satırın koşulu sağlanırsa ikinci satırda aynı işlem yapılır. İşlem son satırdaki koşul sağlanana kadar devam eder.
2. **Sütun yaklaşımı:** Başlangıç tablosunun ilk sütununa en düşük maliyetle hücreler atayarak başlayın. Birinci sütunun gereksinimleri karşılanana kadar devam eden bu işlemler, ikinci sütunun gereksinimlerinin karşılanması için tekrarlanır. Son sütundaki gereksinimler karşılandığında işlem tamamlanır.
3. **Genel yaklaşım:** Başlangıç tablosundaki tüm birim fiyatlar, satır veya sütun farklarından bağımsız olarak birim fiyatın en düşük olduğu hücreden atanır. Bu eşlemeler tasarlanırken satır ve sütun sınırlarının korunduğu açıktır.

2.5.3. Vogel'in Yaklaşım Yöntemi (VAM)

William R. Vogel tarafından 1958'de önerilen yöntem, VAM kısaltmasından gelen VAM yöntemi olarak bilinir. Bu yöntemin adımları aşağıdaki gibidir (Timor, 2001). Her satır ve sütun için en düşük iki maliyet arasındaki farkı hesaplar. Buna ceza maliyeti (fırsat maliyeti) denir ve optimal rotayı seçmenin maliyetini temsil eder.

1. En yüksek ceza maliyetine (fırsat maliyeti) sahip satır veya sütun belirlenir.
2. En yüksek maliyet satırı veya sütunundaki en düşük maliyet hücresine, talep edilen miktar ve sağlanan miktar dikkate alınarak ceza maliyeti (fırsat maliyeti) yüklenir.
3. Gereksinimleri karşılayan satırlar veya sütunlar tablodan kaldırılır.
4. İndirgenmiş bir matris, karşılık gelen satırların veya sütunların kaldırıldığı yeni bir matristir. Azaltılmış matriste, maliyet farklarını yeniden hesaplanır.
5. 2. adıma dönersek, işlem sadece 1 satır veya 1 sütun kalana kadar tekrarlanır.

Tanımlanan ilk çözümler arasında VAM yöntemi, optimal çözüme en yakın sonucu sağlar.

3. UYGULAMA VE BULGULAR

Ulaştırma modelleri, güncel hayatta yaygın biçimde kullanılmaktadır. Çok sayıda değişken ve kısıtlamaya sahip olabilen bu problemleri hatasız ve kısa sürede çözmek önemlidir. Bilgisayar yazılım programlarının hızlı gelişimi sayesinde çeşitli paket programları ortaya konulmuştur. Bunlardan bazıları Excel, WINQSB, R ve Python'dur.

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu internet sitesindeki bilgilerden derlenen veri seti kullanılarak bir ulaştırma modeli kurulmuştur. Daha sonra bu model Python, R ve Excel programları ile çözülmüş, elde edilen sonuçlar yorumlanarak önerilerde bulunulmuştur.

Kömür; çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip bir madendir.

Kömürlerin uluslararası sınıflandırılmasında; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak sert (taşkömürü) ve kahverengi (alt-bitümlü ve linyit) kömürler olarak iki ayrı sınıfa ayrılmıştır (Türkiye taşkömürü kurumu, 2023).

Enerji hammaddeleri içinde önemli bir yere ve geniş tüketim alanlarına sahip olan kömür elliden fazla ülkede üretilmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde elektrik enerjisi ve çelik üretimindeki önemli konumu sebebiyle kömür, ülkelerin kalkınma planlarında ve enerji planlamalarında önemli bir yer almaktadır.

Demir-çelik sanayisinde, Termik santrallerde, elektrik üretiminde, çimento üretiminde ve konutlarda termal taşkömürü ve linyit kullanılmaktadır. Dünya termal kömür ve linyit üretimi 2019 yılında 6.811 milyon ton iken 2020 yılında 2019 yılına göre %5,4 düşerek 6.443 milyon tona gerilemiştir. 2021 yılında ise 2020 yılına göre %5 artış sağlanarak 6.763 Milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Avustralya ve Endonezya dünyanın en büyük kömür ihracatçılarıdır. Çin, Japonya ve Kore önemli miktarlarda taşkömürü ithal etmektedirler.

Türkiye 2020 yılında, Asya Pasifik bölgesi dışındaki en büyük kömür ithalatçısı ülke konumundadır.

Küresel kömür talebi, İkinci Dünya Savaşından bu yana 2020 yılında, 2019 yılına göre %5 oranında düşmüştür. Bunun nedeni elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan katkılardır.

Kömürün iki önemli kullanım alanı demir-çelik endüstrisi ve termik santrallerdir.

Ülkemizde en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak havzasındadır. 2022 yılında Türkiye taşkömürü rezervleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Zonguldak kömür havzasındaki koklaşabilir taşkömürü rezervleri Kozlu, Üzülmüş ve Karadon bölgelerindedir. Armutçuk bölgesindeki rezervler, yarı-koklaşma özelliğinde olup koklaşabilir kömürlerle harmanlanarak demir-çelik fabrikalarında kullanılabilir. Amasra bölgesi kömürlerinin koklaşma özelliği bulunmamaktadır. Ancak belirli oranlarda metalurjik kömürlerle harmanlandığında koklaşma özelliğini bozmamaktadır (Türkiye taşkömürü kurumu, 2023).

Tablo 3.1. Türkiye’deki taşkömürü rezervleri 2022 (x1000 ton)

Rezerv	Armutçuk	Kozlu	Üzülmüş	Karadon	Amasra		TTK
					A	B	
Hazır	1.907	2.421	328	3.154	330	-	8.141
Görünür	6.719	62.715	132.559	127.643	4.897	395.954	730.489
Muhtemel	14.407	40.539	94.342	159.162	7.690	151.161	467.302
Mümkün	7.883	47.975	74.020	117.034	56.619	2.192	305.724
Toplam	30.917	153.650	301.249	406.993	69.536	549.309	1.511.658

Ülkemizde taşkömürü madenciliği Zonguldak Taşkömürü Havzasında Türkiye Taşkömürü Kurumu tarafından gerçekleştirilmektedir.

Kömür ithalatının ivme kazanmaya başladığı 2010 yılında ülke toplam taşkömürü tüketiminin %10,83’ü yerli kaynaklardan karşılanırken, 2021 yılında 37.425 ton olarak gerçekleşen taşkömürü tüketiminin sadece %3,30’u yerli kaynaklardan (TTK ve havza üretiminden) karşılanmıştır. Ülkemizin 2010-2021 yılları arası üretim, ithalat ve toplam tüketim miktarları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Türkiye Taşkömürü Üretim, Tüketim ve İthalat Dengesi (x1000 ton)

Yıllar	Üretim	İthalat	Toplam Tüketim
2010	2.591	21.333	23.924
2011	2.619	23.679	26.298
2012	2.292	29.195	31.487
2013	1.915	28.200	30.115
2014	1.788	27.015	28.803
2015	1.434	31.494	32.928
2016	1.315	34.880	36.195
2017	1.234	36.632	37.866
2018	1.101	37.287	38.388
2019	1.206	38.300	39.506
2020	1.077	38.723	39.800
2021	1.236	36.189	37.425

Ülkemizde taşkömürü tüketimi sektörler itibari ile Tablo 3.3’te verilmiştir. 2021 yılında Türkiye’de taşkömürü tüketiminde en büyük pay %52,76’lık oranla termik santrallerin olmuştur. Geriye kalan tüketim ise %16,77 oranında kok fabrikaları, %3,34 oranında demir- çelik fabrikaları, %14,37 oranında sanayi (demir-çelik sanayi hariç) ve %12,73 oranında diğer sanayi olarak gerçekleşmiştir (Türkiye taşkömürü kurumu, 2023).

Tablo 3.3. Sektörler İtibariyle Taşkömürü Tüketimi (x1000 ton)

Tüketiciler	2019	2020	2021
Termik Santraller	21.896	23.653	19.746
Kok fabrikaları	6.419	5.554	6.276
Demir-çelik	1.134	1.615	1.249
Sanayi (demir-çelik sanayi hariç)	2.760	4.404	5.377
Diğer	5.874	4.912	4.766
Toplam	38.085	39.800	37.425

Demir-çelik ve enerji sektörüne TTK tarafından yapılan taşkömürü satış miktarları yıllar itibariyle Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.4. 2012-2021 Yılları Sektörler İtibariyle Taşkömürü Satışları

YILLAR	SEKTÖRLER			TOPLAM
	Enerji (ÇATES)	Demir-çelik	Muhtelif	
		(Kardemir-Erdemir)	Teshin	
2012	835.061	416.418	157.191	1.408.670
2013	750.086	431.864	132.428	1.314.378
2014	730.326	455.964	125.236	1.311.526
2015	521.164	316.163	78.604	915.931
2016	461.715	309.486	90.824	862.025
2017	434.954	309.410	76.558	820.922
2018	362.468	238.824	67.902	669.194
2019	397.482	231.022	58.408	686.912
2020	338.817	237.477	120.905	697.199
2021	553.866	227.219	55.710	836.795
Toplam	5.385.939	3.173.847	963.766	9.523.552

Demir-Çelik sektörü detaylı satışları Tablo 4.5’te sunulmuştur.

Tablo 3.5. Erdemir ve Kardemir’e Yapılan Taşkömürü satışları

Yıllar	Kardemir (Ton)	Erdemir (Ton)	Toplam
2010	451.981	46.659	498.640
2011	388.751	40.374	429.126
2012	360.644	55.774	416.418
2013	367.530	64.335	431.864
2014	395.690	60.274	455.964
2015	271.920	44.243	316.162
2016	262.970	46.516	309.486
2017	259.423	49.987	309.410
2018	195.516	43.807	238.824
2019	196.333	34.689	231.022
2020	192.477	45.000	237.480
2021	202.480	24.739	227.219

2000’li yıllardan itibaren Zonguldak kömür havzasında taşkömürü üretiminin

arttırılması, maliyetlerin düşürülmesi amacıyla Türkiye Taşkömürü Kurumunda Yeniden Yapılanma Programı yapılmıştır. Bu maliyetler içerisinde ulaştırma maliyetleri de bulunmaktadır.

Üretilen taşkömürünün talep merkezlerine ulaşımını minimum maliyetle sağlamak amacıyla bir ulaştırma modeli kurulmuştur.

Üretim merkezleri Kozlu, Üzülmaz, Karadon ve Amasra olup, talep merkezleri ise Kardemir, Erdemir ve ÇATES'dir.

Üretim merkezlerin ortalama üretim miktarları, talep merkezlerinin 2021 yılı talepleri ve üretim merkezleri ile tüketim merkezleri arasındaki mesafeler (km) Tablo 3.6'da verilmiştir. Veriler, TTK internet sayfasından elde edilmiştir (Türkiye taşkömürü kurumu, 2023).

Tablo 3.6. Üretim ve Tüketim Merkezleri Arz ve Talepleri ile aralarındaki mesafeler(km)

	Kardemir Demir Çelik Fabrikası	Erdemir Demir Çelik Fabrikası	Çatalağzı Termik Santrali	Arz
Kozlu	107	44,7	21,1	552.900
Üzülmaz	97,6	52,7	16,4	182.466.750
Karadon	109	59	6	232.514.270
Amasra	102	153	80,8	460.750
Talep	202.480	24.739	553.866	

Üretim merkezleri ile talep merkezleri arasındaki taşıma maliyetinin, aralarındaki mesafe ile doğru orantılı olduğu varsayılarak amaç fonksiyonunda maliyet katsayıları olarak mesafeler alınmıştır.

Karar değişkenlerini;

X_{ij} : i. üretim merkezinden j. tüketim merkezine taşınacak mal miktarı

olarak tanımladığımızda, ulaştırma modeli Şekil 3.1'de görüldüğü üzere kurulmuştur.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min Z: } 107X_{11} + 44,7X_{12} + 21,1X_{13} + 97,6X_{21} + 52,7X_{22} + 16,4X_{23} + \\ 109X_{31} + 59X_{32} + 6X_{33} + 102X_{41} + 153X_{42} + 80,8X_{43}$$

Kısıtlayıcılar:

Arz Kısıtları:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} \leq 552.900$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} \leq 182.466.750$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} \leq 232.514.270$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} \leq 460.750$$

Talep Kısıtları:

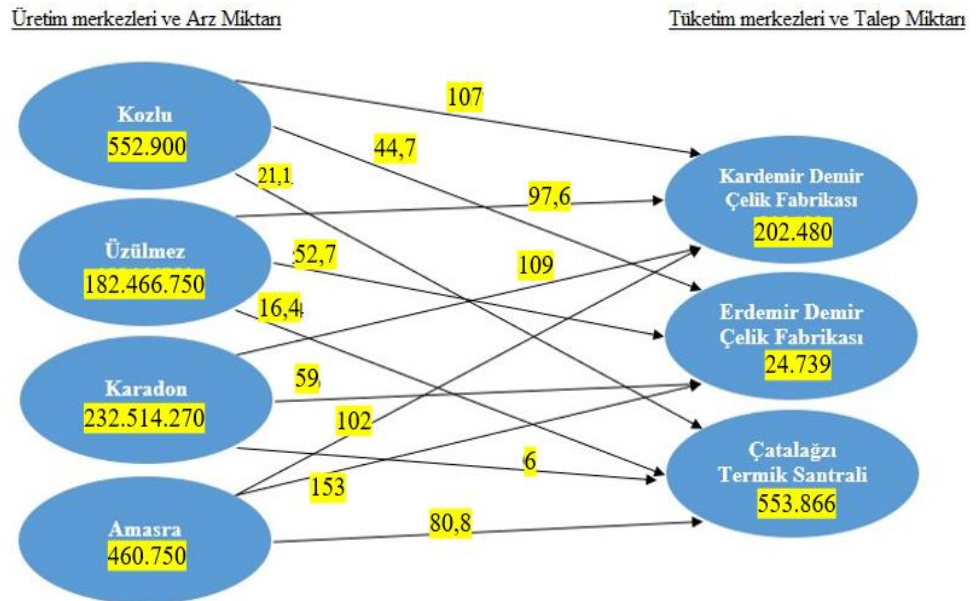
$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} \geq 202.480$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} \geq 24.739$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} \geq 553.866$$

$$X_{ij} \geq 0, i=1,2,3,4, j=1,2,3$$

Kurulan model, Python, R ve Excel ile çözülmüştür.

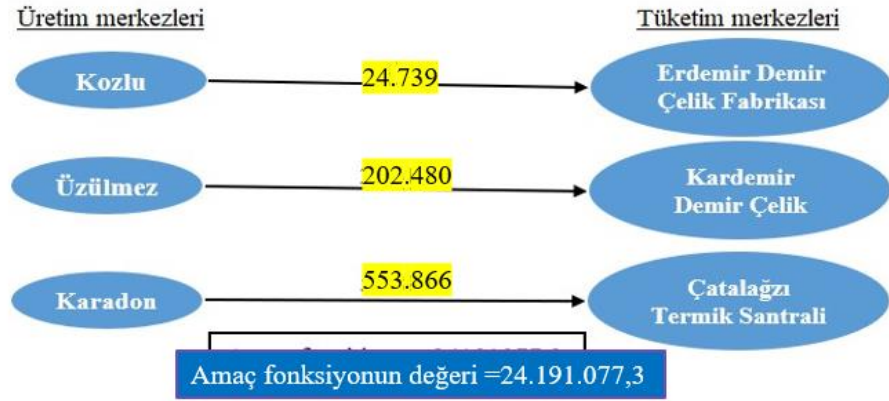


Şekil 3.1. Ulaştırma Modeli Genel Hali

Python ile çözümde kullanılan kodlar Şekil 3.2’de verilmiştir.

```
!pip install pulp
import pulp #modeler function
from pulp import LpProblem, LpVariable, LpStatus,LpMinimize,LpMaximize,GLPK,value
#Date for Linear optimization
M=4    #Supply points
N=3    #Demand points
a=range(1,M+1)
a1= range(M)
b= range(1,N+1)
b1=range(N)
#Index list for decision variables x
xindx = [(a[i],b[j]) for j in b1 for i in a1]
#Creation of the model that will contain the data and solve the LP
model = LpProblem("Transportation Lp LpProblem" , LpMinimize)
#Creation of the Decision variables
X= LpVariable.dicts("x",xindx,0,None)
#The problem's objective function
model+=107.0*X[1,1]+44.7*X[1,2]+21.1*X[1,3]+97.6*X[2,1]+52.7*X[2,2]+16.4*X[2,3]+109.0*
X[3,1]+59.0*X[3,2]+6.0*X[3,3]+102.0*X[4,1]+153.0*X[4,2]+80.8*X[4,3],"Transportation cost"
#supply constraints
model +=X[1,1]+X[1,2]+X[1,3] <= 552900 , "supply pt1"
model +=X[2,1]+X[2,2]+X[2,3] <= 182466750 , "supply pt2"
model +=X[3,1]+X[3,2]+X[3,3] <= 232514270 , "supply pt3"
model +=X[4,1]+X[4,2]+X[4,3] <= 460750 , "supply pt4"
#Demand constraints
model +=X[1,1]+X[2,1]+X[3,1]+X[4,1] >= 202480 , "Demand pt1"
model +=X[1,2]+X[2,2]+X[3,2]+X[4,2] >= 24739 , "Demand pt2"
model +=X[1,3]+X[2,3]+X[3,3]+X[4,3] >= 553866 , "Demand pt3"
#solve the optimization problem using specified pulp solver
#model.solve(GLPK())
model.solve(use_mps=False)
# pulp.GLPK().solve(model)
#print the status of the solution
print("status:",LpStatus[model.status])
#print each of the variables with it's resolved optimum value
for v in model.variables():
    print(v.name, "=",v.varValue)
#print the optimised value of the objective function
print("objective function",value(model.objective))
```

Şekil 3.2. Python ile çözümde kullanılan kodlar



Şekil 3.3. Python Programı Çözümü

Python ile çözüm sonuçları Şekil 3.4’de görüldüğü gibidir.

```

status: Optimal
x_(1,_1) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(1,_2) = 24739.0
objective function 24191077.3
x_(1,_3) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(2,_1) = 202480.0
objective function 24191077.3
x_(2,_2) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(2,_3) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(3,_1) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(3,_2) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(3,_3) = 553866.0
objective function 24191077.3
x_(4,_1) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(4,_2) = 0.0
objective function 24191077.3
x_(4,_3) = 0.0
objective function 24191077.3

```

Şekil 3.4. Python ile çözüm sonuçları

Bu sonuçlara göre; Kozlu üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Üzülmüş üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 553.866 ton kömür gönderilmelidir. Bu durumda tüketim merkezlerinin talepleri tam olarak karşılanmaktadır.

Minimum ulaştırma mesafesi, ama fonksiyonu değeri olan 24.191.077,3 km'dir.

Minimum toplam ulaştırma maliyeti ise ama fonksiyonu değeri olan 24.191.077,3 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplanabilir.

özüm sonuçlarında farklılık olup olmadığı merak edilmiş ve kurulan model, R programı ile de özölmüřtür.

R ile özöümde kullanılan kodlar aşağıda şekil 3.5'de verilmiştir.

```
library(lpSolve)
library(lpSolveAPI)

amacfonk_katsayilar <- c(107,44.7,21.1,97.6,52.7,16.4,109,59,6,102,
                        153,80.8)
n <- length(amacfonk_katsayilar)

arz_kisitlar <- c(552900,
                 182466750,
                 232514270,
                 460750)
talep_kisitlar <- c(202480,
                  24739,
                  553866)

model <- make.lp(nrow = 0, ncol = n)
set.objfn(lpvec = model, obj = amacfonk_katsayilar)
set.type(lpvec = model, columns = 1:n, type = "integer")

add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1), type = "<=", rhs = arz_kisitlar[1], indices = c(1, 2, 3))
add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1), type = "<=", rhs = arz_kisitlar[2], indices = c(4, 5, 6))
add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1), type = "<=", rhs = arz_kisitlar[3], indices = c(7, 8, 9))
add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1), type = "<=", rhs = arz_kisitlar[4], indices = c(10, 11, 12))

add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1,1), type = ">=", rhs = talep_kisitlar[1], indices = c(1, 4, 7, 10))
add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1,1), type = ">=", rhs = talep_kisitlar[2], indices = c(2, 5, 8, 11))
add.constraint(lpvec = model, xt = c(1, 1, 1,1), type = ">=", rhs = talep_kisitlar[3], indices = c(3, 6, 9, 12))

## pozitiflik
for (i in 1:n) {
  add.constraint(lpvec = model,
                xt = 1,
                indices = i,
                type = ">=",
                rhs = 0)
}

lpSolveAPI::solve.lpExtPtr(model)

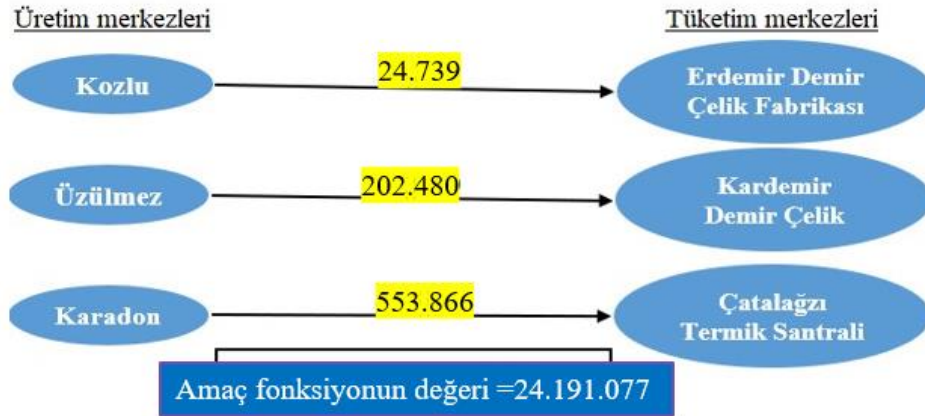
as.matrix(get.variables(model))
get.objective(model) # amac fonksiyonu
```

Şekil 3.5. R ile çözümde kullanılan kodlar

R ile çözüm sonuçları Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de görüldüğü gibidir.

```
[1]  
[1,] 0  
[2,] 24739  
[3,] 0  
[4,] 202480  
[5,] 0  
[6,] 0  
[7,] 0  
[8,] 0  
[9,] 553866  
[10,] 0  
[11,] 0  
[12,] 0  
> get.objective(model) # amac fonksiyonu  
[1] 24191077
```

Şekil 3.6. R ile çözüm sonuçları



Şekil 3.7. R Programı çözümü

Bu sonuçlara göre; Kozlu üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Üzülmüş üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 553.866 ton kömür gönderilmelidir. Böylece, tüketim merkezlerinin talepleri tam olarak karşılanmaktadır.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 24.191.077 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 24.191.077 km’lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.

Python ve R programları ile elde edilen sonuçlar aynıdır.

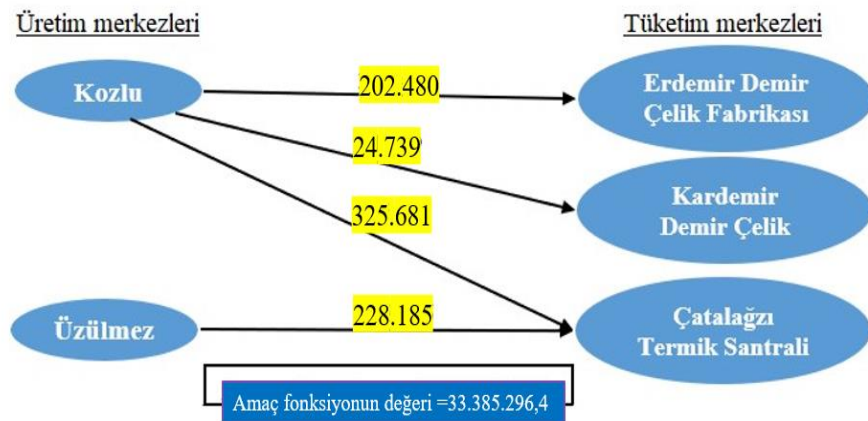
Kurulmuş olan model, ExcelQM ile de çözümlenmiş ve aynı sonuçlar elde edilmiştir. Başlangıç çözüm teknikleri ile elde edilen başlangıç çözümleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.7. Başlangıç çözüm teknikleri ile elde edilen başlangıç çözümleri

Başlangıç Çözüm Yöntemleri	Gönderim Miktarları	Maliyetler
Kuzeybatı Köşe Yöntemi	Kozlu-Kardemir Demir Çelik Fabrikası =202.480 Kozlu-Erdemir Demir Çelik Fabrikası = 24.739 Kozlu-Çatalağzı Termik Santrali = 325.681 Üzülmöz- Çatalağzı Termik Santrali = 228.185	33.385.296,4 pb
Vogel Yaklaşımı	Karadon-Kardemir Demir Çelik Fabrikası =202.480 Karadon -Erdemir Demir Çelik Fabrikası = 24.739 Karadon -Çatalağzı Termik Santrali = 553.866	26.853.117 pb
En Ez Maliyetli Yöntemi	Karadon -Çatalağzı Termik Santrali = 320.335 Amasra-Kardemir Demir Çelik Fabrikası =202.480 Amasra -Erdemir Demir Çelik Fabrikası = 24.739 Amasra -Çatalağzı Termik Santrali = 233.531	45.229.341,8 pb

Bu sonuçlara göre;

1. Kuzeybatı Köşe Yöntemi:



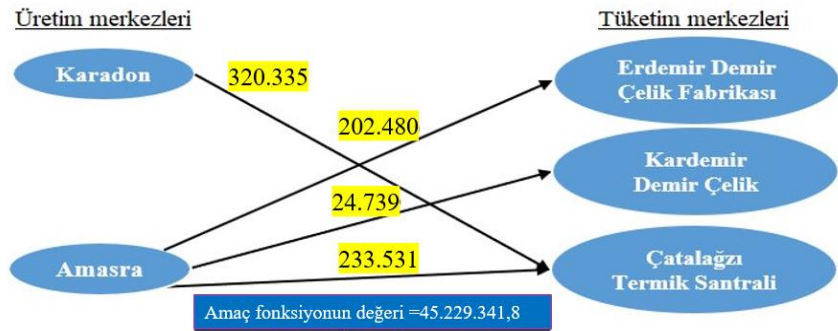
Şekil 3.8. Kuzeybatı Köşe Yöntemi

Kozlu üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton,

kozlu üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, kozlu üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 325.681 ton, Üzülmüş üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 228.185 ton kömür gönderilmelidir.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 33.385.296,4 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 33.385.296,4 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.

2. Vogel Yaklaşımı:

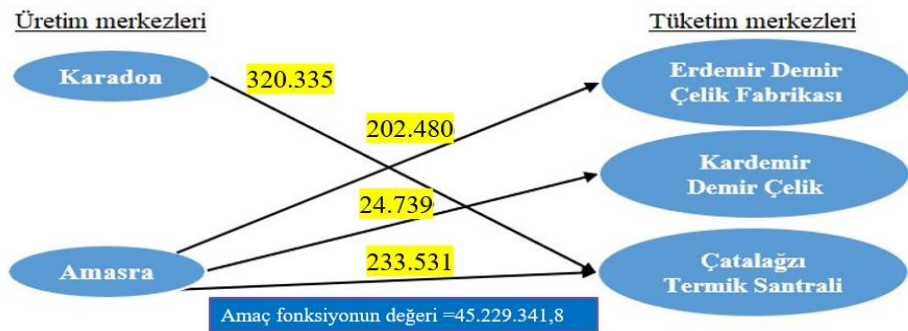


Şekil 3.9. Vogel Yaklaşımı

Karadon üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Karadon üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 553.866 ton kömür gönderilmelidir.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 26.853.117 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 26.853.117 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.

3. En Düşük Maliyetler Yöntemi:



Şekil 3.10. En Düşük Maliyetler Yöntemi

Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 320.335 ton, Amasra üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Amasra üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Amasra üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 233.531 ton kömür gönderilmelidir.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 45.229.341,8 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 45.229.341,8 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.



4. SONUÇ VE ÖNERİ

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu internet sitesindeki bilgilerden derlenen veri seti kullanılarak bir ulaştırma modeli kurulmuştur.

2021 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu (Mayıs 2022) ve Türkiye Taşkömürü Kurumu internet sitesindeki bilgilerden derlenen veri kullanılarak oluşturulan Ulaştırma modeli çeşitli bilgisayar programları ile çözümlenmiştir.

Python Çözüm Sonucuna göre;

- Kozlu üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton,
- Üzülmüş üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton,
- Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 553.866 ton kömür gönderilmelidir.

Bu durumda tüketim merkezlerinin talepleri tam olarak karşılanmaktadır.

Minimum ulaştırma mesafesi 24.191.077,3 km'dir.

Minimum toplam ulaştırma maliyeti ise amaç fonksiyonu değeri olan 24.191.077,3 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplanabilir.

R Çözüm Sonucu göre;

Kozlu üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Üzülmüş üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 553.866 ton kömür gönderilmelidir. Böylece, tüketim merkezlerinin talepleri tam olarak karşılanmaktadır.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 24.191.077,3 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 24.191.077,3 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.

ExcelQM Başlangıç çözüm teknikleri ile elde edilen başlangıç çözümlerine göre;

Kuzeybatı Köşe Yöntemi; Kozlu üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, kozlu üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, kozlu üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 325.681 ton, Üzülmüş üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 228.185 ton taşkömürü

gönderilmelidir.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 33.385.296,4 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 33.385.296,4 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplanabilir.

Vogel Yaklaşımı: Karadon üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Karadon üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 553.866 ton taşkömürü gönderilmelidir.

Minimum ulaştırma mesafesini, amaç fonksiyonu değeri olan 26.853.117 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 26.853.117 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.

En Düşük Maliyetler Yöntemi: Karadon üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 320.335 ton, Amasra üretim merkezinden Kardemir Demir Çelik Fabrikasına 202.480 ton, Amasra üretim merkezinden Erdemir Demir Çelik Fabrikasına 24.739 ton, Amasra üretim merkezinden Çatalağzı Termik Santraline 233.531 ton taşkömürü gönderilmelidir.

Minimum ulaştırma mesafesi, amaç fonksiyonu değeri olan 45.229.341,8 km olmaktadır. Minimum toplam ulaştırma maliyetini, amaç fonksiyonu değeri olan 45.229.341,8 km'lik mesafe ile doğru orantılı olarak hesaplayabiliriz.

Başlangıç çözüm sonuçlarından görüldüğü gibi, en iyi çözümü veren yöntem Vogel yaklaşımı yönetimidir.

Üretim merkezleri ile talep merkezleri arasındaki gerçek taşıma maliyetleri elde edilerek, çözümler yapılabilir

“Üretim merkezlerine yakın olan yerlerde, satış depolarının yer ve sayıları arttırılırsa nasıl bir durum ortaya çıkar? ” sorusuna cevap bulmak için simülasyon çalışması yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abdi Aden, H. (2020). *Cibuti Cumhuriyeti Süt Ürünleri Endüstrisinde Nihai Ürünlerin Nakliyesinin Optimizesi: Bir Uygulama*. Doktora Tezi, Cibuti.
- Ahmed, M. M., Khan, A. R., Uddin, M. S., & Ahmed, F. (2016). *A New Approach To Solve Transportation Problems*. Open Journal Of Optimization, 5 (1). 22-30.
- Arman, K., Organ, A., Yenilmez, S., & Müge, A. K. A. Y. (2021). *Ulaştırma Modeli ile Elektronik Firmasının Dağıtım Ağının Planlanması*. Yeni Fikir Dergisi, 13 (27). 13-22.
- Candan, G. (2019). *Ulaştırma Modelleri ile Maliyet Minimizasyonu ve Ayakkabı Endüstrisinde Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulaması* (Doctoral Dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Ceylaner, E. (2005). *Lojistik Sektöründe Tedarik Zinciri Yönetiminin Ulaştırma Modelleri ile Maliyet Minimizasyonu ve Bir İşletme Uygulaması* (Doctoral Dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Erdoğan, M. Ç., Şen, A., & Yücel, Ö. (2007). *Konfeksiyon Üretiminde Ulaştırma Modeli Yardımıyla Birim Maliyetlerinin Belirlenmesi*. Tekstil ve Konfeksiyon, 17 (2). 132-139.
- Ertuğrul, İ., & Işık, A.T. (2008). *Bir Gıda İşletmesinde Ulaştırma Modeli ile Yeni Bir Dağıtım Planı Geliştirme*. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, (1).267-283.
- Görkey, S. (2009). *Ulaştırma Modelleri ve Bir Uygulama*. Marmara Üniversitesi SBE Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Mohamed Ali, K. (2020). *Bulanık Doğrusal Programlama ile Ulaştırma Probleminin Cibuti Cumhuriyeti Maden Suyu Endüstrisine Uygulaması* (Doctoral Dissertation).
- Mutlu, Ö., Karagül, K., & Şahin, Y. (2022). *Avoid Maximum Cost Method For Determining The Initial Basic Feasible Solution Of The Transportation Problem*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28 (4). 569-576.
- Özcan, M., & Acar, M. F. (2012). *Ulaştırma Algoritması ve Tesis Yeri Belirlenmesinde Bir Örnek Uygulaması*. Gediz Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği Bölümü & Üretim Araştırmaları Derneği.
- Özdemir, A., & Seçme, G. (2009). *Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına Bulanık Ulaştırma Modeli Yaklaşımı*. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (32). 219-237.
- Öztürk, A. (2009). *Yöneylem Araştırması*, Ekin Yayınevi, 12. Baskı, Bursa.
- Paksoy, S. (2018). *Karma Kısıtlı Ulaştırma Problemleri ve Çözüm Yöntemi*. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (33).
- Roy, S. K. (2014). *Multi-Choice Stochastic Transportation Problem Involving Weibull Distribution*. International Journal Of Operational Research, 21 (1). 38-58.
- Sakarya, E. (1996). *Et ve Balık Kurumu Kombinalar Arası Et Taşmasında Ulaştırma Modeli Uygulaması*. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 43 (2). 215-227.
- Sipahioğlu, A. (1990). *Toplam Maliyet-Darboğaz Zaman Tabanlı Ulaştırma Problemleri için Bir Algoritma*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Soydan, N. T. Y., Çilingirtürk, A. M., & Can, T. (2019). *Ulaştırma Modellerinde Can'ın Yaklaşım Metodunda Uygun Ortalama Seçimi İçin Simülasyon*. In International Congress Of Management Economy And Policy, Autumn Proceedings Book

- Süslü, H. E. (2018). *Using Network 2000 Program For Transportation Planning Of Forest Products*. European Journal Of Forest Engineering, 4 (1). 18-25.
- Şen, H. İ. (2015). *Türkiye Geneline Dağıtılacak Olan Araçların Dağıtım Maliyetlerinin Optimizasyonu: Ulaştırma Modeli Uygulaması* (Master's Thesis, Gümüşhane Üniversitesi).
- Şişman, B. (2015). *Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminde Karbon Salınımının Sosyal Maliyetini Dikkate Alan Bir Model Önerisi: Bir Mermer İşletmesi Örneği*. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8 (4). 177-193.
- Taha, H.A. (2007). *Yöneylem Araştırması* (Çev. Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf) Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Tan, M. & Patır, S (2017). *Bingöl İlinde Faaliyet Gösteren Bir Meşrubat Firmasının Ulaştırma Modelleri ile Dağıtım Planı Oluşturması*. Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi, 4 (8). 135-147.
- Tekin, M. (1991). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*, Konya.
- Timor, M. (2001). *Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları*. İstanbul: İstanbul Üni. Basımevi Müdürlüğü.
- Türkiye Taşkömürü kurumu*. (n.d.). Retrieved January 15, 2023, from <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2022/05/2021yilisektor.pdf>
- <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2022/05/2021yilisektor.pdf>

ÖZ GEÇMİŞ

Dalya Duraid Haqi AL-MOMAYEZ, ilkokul, ortaokul ve lise eğitimini Irak'ta tamamladı. 2012 yılında başladığı Al-Mansour Üniversitesi Fen Fakültesi, Bilgisayar Bilimi ve Bilişim Sistemi Bölümü'nden 28.07.2016 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında OMÜ LEE İstatistik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Yaşadığı ülke nedeniyle iyi derecede İngilizce, Arapça ve Türkçe bilmektedir. Temel ilgi alanları ise makine öğrenmesi, Python ve yapay zekadır.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-6799-5765

Yayınlar:

1. Almomayez, Dalya, “Ulaştırma Modelleri: R ve Python ile Çözümler”, 7. Uluslararası "Başkent" Fen, Sosyal ve Sağlık Bilimleri Kongresi, Türkiye, 27-28 Ağustos 2022, S. 276