

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/367162802>

# 4 ICSAR 2022 Transportation full text

Conference Paper · December 2022

---

CITATIONS

0

READS

22

1 author:



Kenan Karagül

Pamukkale University

66 PUBLICATIONS 171 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Vehicle Routing Problem, Travelling Salesman Problem, Transportation Problem, Julia Language [View project](#)

# ICSAR 2022



## **1st International Conference on Scientific and Academic Research**

December 10-13, 2022 : Konya, Turkey

**Proceeding Book**



1st International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2022  
December 10 - 13, 2022 in Konya, Turkey

**Typesetting**

Asst. Prof. Dr. Umut ÖZKAYA

**Cover Design**

Asst. Prof. Dr. Umut ÖZKAYA

**Editors**

Asst. Prof. Dr. Umut ÖZKAYA

Publication date: 19.12.2022

ISBN: 978-605-73046-7-4



## **National Organizing Committee**

Prof. Dr. Murat Yakar, Mersin University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Enes Yiğit, Uludağ University

Assoc. Prof. Dr. Halit Öztekin, Sakarya Applied Science University

Assoc. Prof. Dr. Harun Kemal Öztürk, Pamukkale University

Assoc. Prof. Dr. Merih Palandöken, İzmir Katip Çelebi University

Asst. Prof. Dr. Umut Özkaya, Konya Technical University

## **International Organizing Committee**

Prof. Dr. Josep Guerrero, Aalborg University

Prof. Dr. Carlos A. Coelho, Universidade Nova de Lisboa

Prof. Dr. Mohammad Ashraf Gondal, King Fahd University

Prof. Dr. Weidong Zhu, University of Maryland

Assoc. Prof. Dr. Abdul Ghaffar, Government College University

Assoc. Prof. Dr. Farid Melgani, University of Trento

Assoc. Prof. Dr. Francesco Cottone, University of Perugia

Assoc. Prof. Dr. Rita Ismailova, Kyrgyz Turkish Manas University

Dr. Amina Othmani, University of Monastir -Tunisia

Dr. Arti Jain, Jaypee Institute of Information Technology

Dr. Mariya Ouaisa, Moulay Ismail University

Dr. Merdaci Slimane, University of -Sidi Bel Abbés, Algeria

Dr. Muhammad Sultan, Zakariya University



## **Scientific Committee**

Prof. Dr. Abdurazzag Ali Aburas, University of Kwazulu-Natal

Prof. Dr. Adnan Sözen, Gazi University

Prof. Dr. Amit Soni, Manipal University

Prof. Dr. Anis Koubaa, Prince Sultan University

Prof. Dr. Carlos A. Coelho, Universidade Nova de Lisboa

Prof. Dr. Josep Guerrero, Aalborg University

Prof. Dr. Juan Vasquez, Aalborg University

Prof. Dr. Laszlo T. Koczy, Budapest University of Technology and Economics

Prof. Dr. Mohammad Ashraf Gondal, King Fahd University

Prof. Dr. Murat Yakar, Mersin University, Turkey

Prof. Dr. Muhammad Rashid, University of West Florida

Prof. Dr. Saad Mekhilef, Malaya University

Prof. Dr. Salim Ibrir, King Fahd University

Prof. Dr. Subarna Shakya, Tribhuvan University

Prof. Dr. Suzuki Hisashi, Chuo University

Prof. Dr. Usha Mehta, Institute of Technology, Nirma University

Prof. Dr. Vagif Gasimov, Azerbaijan Technical University

Prof. Dr. Weidong Zhu, University of Maryland

Assoc. Prof. Abdul Ghaffar, Government College University

Assoc. Prof. Ali Hakan Işık, Burdur Mehmet Akif Ersoy University

Assoc. Prof. Amita Nandal, Manipal University

Assoc. Prof. Aslan İnan, Yıldız Teknik University

Assoc. Prof. Atif Iqbal, Qatar University  
Assoc. Prof. Francesco Cottone, University of Perugia  
Assoc. Prof. Farid Melgani, University of Trento  
Assoc. Prof. Halit Öztekin, Sakarya Applied Science University  
Assoc. Prof. Hamdy Ziedan, Assiut University  
Assoc. Prof. Harun Kemal Öztürk, Pamukkale University  
Assoc. Prof. Jiri Pela, Brno University of Technology  
Assoc. Prof. Merih Palandöken, İzmir Katip Çelebi University  
Assoc. Prof. Rita Ismailova, Kyrgyz Turkish Manas University  
Assoc. Prof. Sadia Samar Ali, King Abdul-Aziz University  
Assoc. Prof. Tanmay De, National Institute Of Technology Durgapur  
Assoc. Prof. Zeashan Khan, Air University  
Dr. Ali Almisreb, International University of Sarajevo  
Dr. Amina Othmani, University of Monastir-Tunisia  
Dr. Arti Jain, Jaypee Institute of Information Technology  
Dr. Arun Kumar Verma, Malaviya National Institute of Technology Jaipur  
Dr. Aziz Shah, University of Glaskow  
Dr. Bal Chand Nagar, ECE National Institute of Technology Patna  
Dr. Baoze Wei, Aalborg University  
Dr. Bohumil Brtník, University of Pardubice  
Dr. Diptiranjan Behera, The University of the West Indies at Mona  
Dr. Fayçal BENSAAALI, Qatar University  
Dr. Fugui Qi, Fourth Military Medical University  
Dr. Magdi S. Mahmoud, King Fahd University  
Dr. Mariya Ouaisa, Moulay Ismail University  
Dr. Merdaci Slimane, University of -Sidi Bel Abbés, Algeria  
Dr. Moharram Challenger, Antwerp University

Dr. Muhammad Sultan, Zakariya University

Dr. Lesya Anishchenko, Bauman Moscow State Technical University

Dr. Sadina Gagula Palalić, International University of Sarajevo

Dr. Stefania Tomasiello, University of Tartu

Dr. Syed Omer Gilani, National University of Sciences and Technology (NUST)

Dr. Tarık Namas, International University of Sarajevo

Dr. Uduak A. Umoh, University of Uyo

Dr. Yajuan Guan, Aalborg University



## Topics

### **Engineering**

Aerospace Engineering  
Agricultural Engineering  
Biological Engineering and Sciences  
Biological Systems Engineering  
Biomedical Engineering  
Bioprocess Engineering  
Chemical Engineering  
Civil Engineering  
Computer Engineering  
Electrical Engineering  
Electronic Engineering  
Energy Engineering  
Environmental Engineering  
Food Engineering  
Geotechnical Engineering  
Genetic Engineering  
Industrial Engineering  
Manufacturing Engineering  
Materials Engineering

Mechanical Engineering  
Mining and Geophysical Engineering  
Nanoengineering  
Nuclear Engineering  
Petroleum Engineering  
Power Engineering  
Process Engineering  
Forest Industry Engineering  
Structural Engineering  
Systems and Software Engineering  
Textile Engineering  
Thermal Engineering  
Web Engineering

### **Natural Sciences**

Astronomy and Space Sciences  
Atmospheric Sciences  
Biological Sciences  
Botany  
Bacteriology  
Chemistry

Fisheries and Aquaculture Sciences  
Forestry Sciences  
Genetics  
Geological Sciences  
Materials Science  
Mathematics  
Medical Sciences  
Meteorology  
Microbiology  
Mineralogy  
Palaeoecology  
Pharmacology  
Physical Sciences  
Physics  
Plant Sciences  
Psychology  
Statistics  
Systems Biology



# 1 ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENTIFIC AND ACADEMIC RESEARCH

DECEMBER 10-13, 2022

19.12.2022

10-13 Aralık 2022 tarihlerinde MEET üzerinden çevrimiçi olarak gerçekleştirilen 1st International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2022 konferansı akademik teşvik yönetmeliğinin 9. Maddesine istinaden “Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır.” kriterlerini sağlamaktadır. Toplam 627 adet bildirinin yer aldığı kongre dört gün boyunca çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir.

Türkiye dışından toplam 15 farklı ülkeden katılım sağlanmış olup, 627 adet bildirinin 320 tanesi yabancı katılımcı tarafından sunulmuştur.

*Kongremize ilginiz için teşekkür ederiz.*

*Saygılarımızla,*

Asst. Prof. Dr. Umut Özkaya

*Congress' Coordinato*

## Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemi İçin Yeni Bir Çözüm Yaklaşımı

Kenan Karagül<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Lojistik Bölümü / Pamukkale Üniversitesi, Türkiye

\*([kkaragul@pau.edu.tr](mailto:kkaragul@pau.edu.tr))

**Özet** – Yerel ve ulusal düzeyde artan rekabet, lojistik faaliyetlerinin işletmeler için hayati öneme sahip bir fonksiyon olmasına neden olmuştur. Hizmet veya üretim alanında faaliyet gösteren bütün işletmeler müşterilerine yarı mamul veya bitmiş ürün teslimatı yapmak zorundadır. Taşıma işlemleri ile ortaya çıkan maliyetin büyüklüğü düşünüldüğünde işletmelerin lojistik maliyetlerine odaklanması gerektiği açıkça görülmektedir. Bir taşıma ağında, ürünlerin arz ve talep noktaları arasında minimum maliyetle taşınması konusunun ele alındığı optimizasyon problemi türü taşıma problemidir. Doğrusal programlama ile modellenebilen bu problem genellikle bir başlangıç çözüm ve bu çözümden hareketle en iyi çözümün bulunduğu iki aşamadan oluşan yaklaşımlar ile çözülmektedir. Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemi ise toplam maliyetin taşınan ürün miktarından bağımsız olarak ortaya çıkan bir sabit maliyet ve taşınan miktarla orantılı bir değişken maliyetin toplamı ile ifade edilen bir amaç fonksiyona sahip klasik bir taşıma problemi türüdür. NP-zor sınıfında yer alan bu problemin boyutu büyüdükçe hesaplama süresi de polinom olmayan bir şekilde artar. Bu nedenle özellikle büyük boyutlu problemlerin çözümü için sezgisel yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, Sabit Maliyetli Ulaştırma Probleminin çözümü için iki farklı hesaplama yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımlar ile 9 veri seti için elde edilen çözümlerden daha düşük maliyetli olanı nihai çözüm olarak alınmaktadır. Bu veri setleri için bulunan sonuçlar optimal çözümler ile kıyaslanmış ve en iyi çözümden ortalama %6.45 oranında sapmanın olduğu belirlenmiştir.

*Anahtar Kelimeler – Yöneylem araştırması, Ulaştırma problemi, sabit maliyetli taşıma problemi, sezgisel, optimizasyon*

### I. GİRİŞ

Küresel anlamda rekabetin artması piyasadaki mevcut konumlarını kaybetmek istemeyen ve/veya mevcut konumunu korumak ve hatta bu konumu iyileştirmek isteyen işletmeleri maliyetleri azaltmaya yönelik çalışmalara yöneltmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin yanı sıra özellikle üretim sektöründe yeni aktörlerin piyasa girişi işletmeler açısından rekabet koşullarını günden güne ağırlaştırmaktadır. Bu durum, hammadde, süreç içi envanter, nihai ürün veya ilgili bilgilerin kaynak noktalarından nihai kullanım noktalarına etkin ve düşük maliyetli bir şekilde teslim edilmesi ihtiyacını arttırmıştır.

Lojistiğin unsurları zamana ve sektöre göre değişiklik gösterse de gereksinimlerin ve teknolojinin farklılaşması, sektörden bağımsız olarak lojistik ile ilgili bileşenlerin zaman içinde değişmesine neden olmuştur. Lojistik ile ilgili maliyetler arasında en önemli bileşenlerin başında

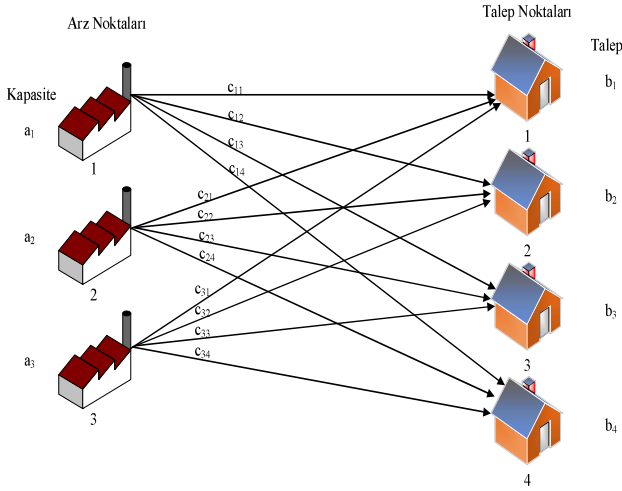
nakliye maliyeti yer alır. Yük taşımacılığı, ham maddeden nihai ürüne toplam lojistik maliyetin üçte biri ile üçte ikisine karşılık gelmektedir [1, 2]. Bu oran düşünüldüğünde maliyet azaltma çalışmaları için ilk odaklanması gereken maliyet kaleminin taşıma maliyeti olduğu açıkça görülmektedir.

Ulaştırma problemi optimizasyon alanında taşıma maliyetlerinin minimizasyonu ile ilgili olan ağ problem türüdür. Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemi (SMUP) ise taşıma problemine sabit maliyetlerin de eklendiği bir türüdür. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde bu problemin özellikle orta ve büyük boyutlu olanları için çözüm yaklaşımı olarak sezgisel ve metasezgisel yöntemlerin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, SMUP'nin çözümü için iki çözüm yaklaşımı kullanılmış ve bu yaklaşımlardan düşük maliyetli çözüm verenin bulmuş olduğu sonuç en iyi çözüm olarak ele alınmıştır. Elde edilen sonuçların optimal çözümden sapmaları değerlendirilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Ulaştırma Problemi

Klasik ulaştırma problemi ilk kez 1941 yılında Hitchcock tarafından formüle edilmiş ve bugüne kadar farklı çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Arz noktaları ( $m$ ) ile talep noktaları ( $n$ ) arasındaki toplam taşıma maliyetinin minimize edilmesi amaçlanan ulaştırma probleminin görsel ifadesi Şekil 1'de sunulmaktadır. Arz noktaları belirli bir kapasiteye ( $a_i$  sahipken, talep noktalarının da karşılanması gereken minimum talepleri ( $b_j$ ) söz konudur. Arz ve talep noktaları arasındaki birim taşıma maliyetleri  $c_{ij}$ , taşınacak miktarlar ise  $x_{ij}$  ile ifade edilir [3].



Şekil 1. Klasik Ulaştırma Problemi

Klasik ulaştırma problemi matematiksel olarak (1-3) denklemleri ile ifade edilmektedir [3,4]

$$\text{Min}z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Ulaştırma probleminin amaç fonksiyonu Denklem (1)'de gösterilmektedir. Problemin amacı arz ve talep noktaları arasında taşınacak ürünlerin toplam taşıma maliyetini minimize etmektir. Denklem (2) arz noktalarının kapasitelerine ilişkin kısıtı ifade etmektedir. Arz noktası  $i$  toplamda  $a_i$  adet kapasiteye sahiptir ve bu düğümden gönderilecek toplam miktar bu değeri geçemez.

Denklem (3) talep kısıtlarına karşılık gelmektedir. Talep noktası  $j$   $b_j$  adetlik minimum talebe sahiptir ve arz noktalarından bu düğüme gönderilecek toplam ürün miktarı en az bu kadar olmalıdır. Ulaştırma problemlerinde toplam arzın toplam talebe eşit olduğu türü dengelenmiş, eşit olmadığı hali ise dengelenmemiş ulaştırma problemi olarak ifade edilir.

### B. Sabit Maliyetli Ulaştırma Problemi (SMUP)

Sabit maliyetli ulaştırma probleminde klasik ulaştırma problemindeki değişken maliyetlerin yanı sıra bir bağlantının kullanılması halinde ortaya çıkan sabit maliyetler de dikkate alınır. Bu nedenle bu problemin amacı sabit ve değişken maliyetlerin toplamını minimize etmektir. " $f_{ij}$ " sabit maliyet ve " $y_{ij}$ " 0 veya 1 değerini alabilen karar değişkeni olmak üzere problemin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir [5].

$$x_{ij} = i. \text{tedarikçiden } j. \text{müşteriyeteye taşınacak miktar}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & x_{ij} > 0 \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}; \forall i, j$$

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij} \cdot x_{ij} + f_{ij} \cdot y_{ij}) \quad (4)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

### C. Çözüm Yöntemleri

Çalışma kapsamında yedi adımdan oluşan bir çözüm prosedürü önerilmektedir. Önerilen çözüm prosedürünün adımları şu şekildedir:

*Adım 1:* İçerisinde arz ve talep bilgilerinin yer aldığı değişken maliyet (C) ve Sabit Maliyet (F) matrisleri oluşturulur.

*Adım 2:* Sabit maliyet matrisi Denklem (7) kullanılarak logaritmik dönüşüme tabi tutulur.

$$Z = \ln(F) \quad (7)$$

*Adım 3:* Sırasıyla Denklem (7) ve Denklem (8) kullanılarak arz ve talep değerlerine bağlı ağırlık matrisleri ( $r_{ij}$  ve  $r_{ji}$ ) üretilir.

$$r_{ji} = \frac{b_j}{a_i} \quad (8)$$

$$r_{ij} = \frac{a_i}{b_j} \quad (9)$$

*Adım 4:* Dönüştürülmüş sabit maliyet matrisi ve arz ve talep ağırlık matrisleri kullanılarak, atamalar için gerekli *A* ve *B* matrisleri üretilir. Önerilen hesaplama yaklaşımında;

$$A = \sqrt{(a.*Z)} + a.*C \quad \text{Talep tabanlı matris}$$

$$B = \sqrt{(a.*Z)} + b.*C \quad \text{Arz tabanlı matris}$$

*Adım 5:* *A* matrisini kullanarak çözümü bulunur.

*Adım 6:* *B* matrisini kullanarak çözümü bulunur.

*Adım 7:* *A* ve *B* matrislerinden elde edilen çözümler karşılaştırılır ve düşük maliyetli olan çözüm kabul edilir.

Adımları açıklanan bu yöntem için Octave programında hazırlanan kodlar Ek-1'de sunulmuştur.

### III. BULGULAR

Önerilen yöntemin çözüm performansını göstermek için farklı boyutlarda 9 adet test problemi kullanılmıştır. Bu problem setlerinde arz noktaları 5 ila 50 arasında değişirken, talep noktaları 10 ila 200 arasında değişiklik göstermektedir. Boyutu 50x200 şeklinde ifade edilen problemde 50 arz ve 200 talep noktası yer almaktadır. Tedarikçi ve müşteri sayıları ile test problemlerinin optimal değerleri Tablo 1'de verilmiştir. [5]

Tablo 1. Test Problemi Kümeleri

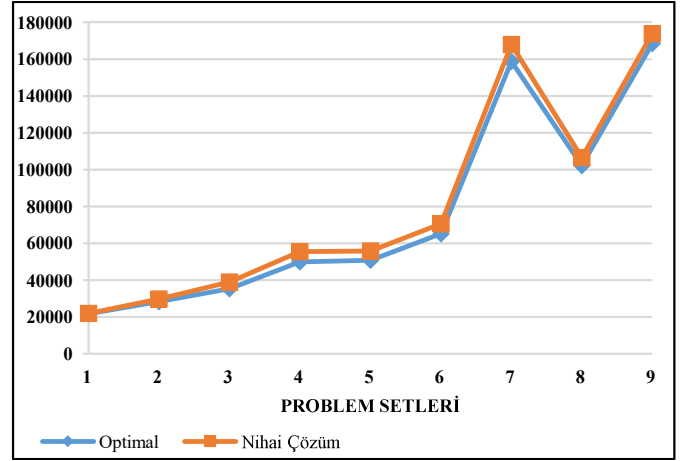
Problem No	Kısaltma	Büyüklik	Optimal Çözüm
1	PR01	5×10	21810
2	PR02	10×10	28401
3	PR03	10×20	35372
4	PR04	15×15	49955
5	PR05	10×30	50830
6	PR06	20×30	65270
7	PR07	50×50	158684
8	PR08	30×100	102207
9	PR09	50×200	168496

İkinci bölümde detayları anlatılan çözüm prosedürü sayısal hesaplamalar için kullanılan açık kaynak bilimsel hesaplama dili olan Octave ile kodlanarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Octave ile hazırlanan programın kodları EK-1'de gösterilmektedir. Hazırlanan kodlar 2.40 GHz işlemcili ve 8 GB RAM'e sahip Linux işletim

sistemli bir bilgisayarda çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Şekil 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Elde edilen sonuçlar

Veri	Optimal		Yöntem A		Yöntem B		Nihai Çözüm	
	Çözüm	Sapma	Çözüm	Sapma	Çözüm	Sapma	Çözüm	Sapma
PR01	21810	0	22546	3.37	21883	0.33	21883	0.33
PR02	28401	0	31644	11.42	29845	5.08	29845	5.08
PR03	35372	0	40332	14.02	38995	10.24	38995	10.24
PR04	49955	0	55528	11.16	55528	11.16	55528	11.16
PR05	50830	0	55797	9.77	55797	9.77	55797	9.77
PR06	65270	0	71701	9.85	70621	8.20	70621	8.20
PR07	158684	0	168025	5.89	167885	5.80	167885	5.80
PR08	102207	0	106641	4.34	106774	4.47	106641	4.34
PR09	168496	0	173897	3.21	173821	3.16	173821	3.16
Ortalama	0.0		8.1		6.5		6.45	
Sapma=(Z-Z*/Z*) x 100								



Şekil 2. Elde edilen çözümler

Tablo 2'de *A* ve *B* matrisleri ile elde edilen sonuçlar sırasıyla Yöntem A ve Yöntem B sütunlarında gösterilmiştir. Önerilen prosedür gereği bu sonuçlardan daha iyi olan nihai çözüm olarak alınmıştır. Buna göre nihai çözümlerin optimal çözümden ortalama sapması %6.45 olarak hesaplanmıştır.

### IV. TARTIŞMA

SMUP'nin çözümü için son yıllarda özellikle sezgisel ve metasezgisel yöntemler tercih edilmektedir. Bunun en önemli sebebi özellikle büyük problem setleri için kabul edilebilir bir sürede çözüm üretmenin zor olduğu NP-Zor sınıfı bir problem olmasıdır. Bu çalışmada da sezgisel olarak oluşturulmuş bir çözüm prosedürü ile problem çözülmeye çalışılmıştır. Problem bazında %0.33

ila %11.16 arasında değişen oranlarda optimal çözümden sapmalar elde edilmişti. Bütün veri seti dikkate alındığında önerilen çözüm prosedürü ortalama %6.45 sapma ile umut vaat eden çözümler elde etmiştir.

## V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sabit maliyetli ulaştırma problemine çözüm bulmak için benzer iki yaklaşımı bünyesinde barındıran bir çözüm prosedürü önerilmektedir. Çözüm prosedürünün ana mantığı Karagül ve Şahin [2] tarafından geliştirilen KSAM yöntemi ile aynıdır. Arz/talep ve talep/arz oranları hesaplanarak oluşturulan iki farklı matris üzerinden atama işlemleri gerçekleştirilmiş ve iki farklı hesaplama sonucunda bulunan çözümler arasından daha düşük maliyetli olan nihai çözüm olarak alınmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda problemin NP-Zor sınıfında yer alan bir problem olması sebebiyle farklı sezgisel ve metasezgisel yöntemler ile çözülebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ballou, R.H., *Business Logistics Management*, 4th ed., New Jersey: Prentice-Hall International, 1999.
- [2] Karagul, K., & Sahin, Y. "A novel approximation method to obtain initial basic feasible solution of transportation problem", *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, vol. 32, issue 3, pp. 211-218, 2020.
- [3] Mutlu, Ö., Karagül, K., & Şahin, Y "Avoid maximum cost method for determining the initial basic feasible solution of the transportation problem", *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, vol. 28, issue 4, pp. 569-576, 2022.
- [4] Dantzig, G.B., Thapa M.N., *Linear Programming 1-Introduction*, 1<sup>st</sup> ed. New York, USA, Springer-Verlag, 1997.
- [5] Yousefi, K., J. Afshari, A., & Hajiaghaci-Keshteli, M. "Heuristic approaches to solve the fixed-charge transportation problem with discount supposition", *Journal of Industrial and Production Engineering*, 35(7), 444-470, 2018.

## EK 1- Önerilen Yöntemlerin Octave Kodları

```
Veri Dosyasını Oku: C ve F matrislerini;
Z=log(CostMatF); %Sabit Maliyet Matrisini dönüştür
s=resources_col; S=s; % Arz miktarlarını s ve S değişkenine
ata
d=demands_row; D=d; % Talep miktarlarını d ve D
değişkenine ata
m=size(s,1); %Arz kaynaklarının boyutunu al
n=size(d,2); %Talep kaynaklarının boyutunu al
```

```
% Ağırlık Matrisinin Hesaplama Adımları
a=zeros(m,n); % Boş matrisi tanımla- Talep tabanlı matris
b=zeros(m,n); % Boş matrisi tanımla- Arz tabanlı matris
for i=1:m
    for j=1:n
        a(i,j)=round(100*(d(j)/s(i)))/100;
    end
end

for i=1:m
    for j=1:n
        b(i,j)=round(100*(s(i)/d(j)))/100;
    end
end

A=sqrt(a.*Z)+a.*CostMatC; %Önerilen Hesaplama
Yaklaşımı
B=sqrt(b.*Z)+b.*CostMatC; %Önerilen Hesaplama
Yaklaşımı

%-----Talep Tabanlı Çözümün Elde Edilmesi
X1=zeros(m,n); % Çözüm Matrisinin boş olarak
oluşturulması
k=0;
while k<3
    [~,I] = min(A(:));
    [I_row, I_col] = ind2sub(size(A),I);

    if d(I_col)>=s(I_row)
        X1(I_row,I_col)=s(I_row);
        Res=d(I_col)-s(I_row);
        s(I_row)=0; A(I_row,:)=Inf;
        d(I_col)=Res;
        if Res==0
            A(:,I_col)=Inf;
        end
    else
        X1(I_row,I_col)=d(I_col);
        Res=s(I_row)-d(I_col);
        s(I_row)=Res;
        d(I_col)=0; A(:,I_col)=Inf;
        if Res==0
            A(I_row,:)=Inf;
        end
    end
end
if any(A(:) < Inf)
    k=0;
else
    k=4;
end
end

%Arz Tabanlı Çözümün Hesaplanması
s=S; d=D;
X2=zeros(m,n); % Çözüm Matrisinin Boş Olarak
Oluşturulması
k=0;
while k<3
    [~,I] = min(B(:));
    [I_row, I_col] = ind2sub(size(B),I);
```

```

if d(I_col)>=s(I_row)
    X2(I_row,I_col)=s(I_row);
    Res=d(I_col)-s(I_row);
    s(I_row)=0; B(I_row,:)=Inf;
    d(I_col)=Res;
else
    X2(I_row,I_col)=d(I_col);
    Res=s(I_row)-d(I_col);
    s(I_row)=Res;
    d(I_col)=0; B(:,I_col)=Inf;
end
if any(B(:) < Inf)
    k=0;
else
    k=4;
end
end
%Çözüm Sonuçlarının atamalar İçin Oluşturulması
TotCostX1=sum(sum(X1.*CostMatC))+sum(sum((X1>.0).*
CostMatF));
TotCostX2=sum(sum(X2.*CostMatC))+sum(sum((X2>.0).*
CostMatF));

% Alternatif İki Çözümde Minimum Maliyetli Çözümün
Seçilmesi ve Sonucun Yazdırılması
if TotCostX1 < TotCostX2
TotalCost=TotCostX1;
Solution=X1;
else
    TotalCost=TotCostX2;
    Solution=X2;
end
if sum(sum(Solution>0))==m+n-1
    disp('Non-Degenerate solution has been founded');
else
    disp('Solution is Degenerate*----*Careful!!!');
    disp([TotCostX1 TotCostX2]);
end
end

```