



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



AFET YÖNETİMİNDE GEÇİCİ BARINMA
ALANLARININ YER SEÇİMİ PROBLEMİ
İÇİN AFRIKA AKBABASI OPTİMİZASYON
ALGORİTMASI TABANLI BİR YAKLAŞIM

Nagihan YİĞİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Nagihan YİĞİT tarafından hazırlanan “Afet Yönetiminde Geçici Barınma Alanlarının Yer Seçimi Problemi İçin Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması Tabanlı Bir Yaklaşım” adlı tez çalışması 30/07/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Murat KARAKOYUN

.....

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin HAKLI

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Betül UZBAŞ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Nagihan YİĞİT

30.07.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AFET YÖNETİMİNDE GEÇİCİ BARINMA ALANLARININ YER SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN AFRİKA AKBABASI OPTİMİZASYON ALGORİTMASI TABANLI BİR YAKLAŞIM

Nagihan YİĞİT

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin HAKLI

2025, 93 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hüseyin HAKLI
Doç. Dr. Murat KARAKOYUN
Dr. Öğr. Üyesi Betül UZBAŞ

Doğal afetlerin yıkıcı etkileri, nüfusun çoğalması, şehirleşmenin artması ve şehirlerdeki yapıların büyümesi ile insan hayatı için tehdit oluşturmaktadır. Doğal afetler sebebiyle her yıl binlerce can kaybı yaşanmaktadır. Araştırmacılar insan hayatı üzerindeki bu tehdidi azaltabilmek ve afetlerin yıkıcı etkisini minimum seviyeye indirebilmek adına afet yönetimi ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmektedir.

Afet Yönetimi operasyonlarının aşamaları (1) azaltma, (2) hazırlık, (3) müdahale ve (4) iyileştirme olarak dört grupta sınıflandırılmıştır. Tüm bu süreçlerdeki yönetim sorunları da kategorilere ayrılmıştır. Bu problemler (1) acil müdahalenin planlanması, (2) toplu tahliye, (3) tesis yeri, (4) barınak yeri problemi olarak kategorileştirilmiştir. Bu problemlerin makine öğrenmesi, kesin hesaplama, sezgisel, meta-sezgisel veya hibrit yöntemler ile çözülmesine dair çalışmalar literatürde yerini almıştır. Bu tez çalışmasında Afet Yönetimi problemlerinden barınak yer seçimi problemi meta-sezgisel yöntemler ile ele alınmıştır.

Barınak yer seçimi probleminin gerçek bir saha üzerinde uygulanması için Kahramanmaraş ilinin on bir ilçesine ait veriler hazırlanarak bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti için on bir ilçeye ait barınma alanları olabilecek noktaları, barınma alanlarının koordinatları, barınma alanlarının metrekare ölçümleri, mahalleleri, mahalle nüfusları, mahallelerin koordinat bilgileri verileri edinilmiştir. Elde edilen on bir adet veri grubu farklı boyutlardan oluşmaktadır.

Problem kapsamı aday barınaklar arasından açılacak barınakların seçilmesi ve nüfusun bu barınaklara yerleştirilmesi süreçlerini içermektedir. Bu amaç ile, aday çözümlerin uygunluk değerinin hesaplanması için kapasite kısıtı altında minimum maliyet ile afetzedeleri minimum mesafeye yerleştirilmesini hedefleyen bir maliyet fonksiyonu tasarlanmıştır. Fonksiyon ilk kısmında aday çözümlerden açılacak barınakların belirlenmesini, ikinci kısmında ise nüfusun bu barınaklara yerleşme verimliliğinin hesaplanması süreçlerini kapsamaktadır.

Çalışmada Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritmasının (African Vulture Optimization Algorithm- AVOA) gerçek dünya problemleri üzerindeki başarısı incelenmiştir. AVOA Afrika akbalarının açlık, işbirlikçi davranış, saldırganlık gibi avlanma sırasındaki davranışlarının modellenmesi ile 2021 yılında literatüre katılmıştır. Esnekliği, çok amaçlı ve kısıt problemleri için uygun olması, keşif-sömürü süreçleri dengesi ile başarısını göstermiştir. Bu çalışma ile sürekli problemler için uygulanabilir olan algoritmanın ayrık uzaydaki başarısı incelenmiştir. Ayrık çözüm uzayına taşınması için 24 adet (S-Şekilli, V-Şekilli, U-Şekilli, T-Şekilli, O-Şekilli, Z-Şekilli) transfer fonksiyonu ile ayrıklaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Transfer fonksiyonlarının performansı beş farklı popülasyon değeri (10, 20, 30, 40, 50) üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar analiz edilerek başarılı olan transfer fonksiyonları ve popülasyon değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Friedman testi ile analiz edilmiş ve aralarında en başarılı olan parametreler belirlenmiştir. Belirlenen parametreler ile AVOA yöntemi ile elde edilen sonuçlar, son yıllarda

önerilen algoritmalarda Harris Şahinleri Optimizasyon Algoritması (Harris Hawks Optimization - HHO), Balçık Küfü Algoritması (Slime Mould Algorithm - SMA) ve Balina Optimizasyon Algoritması (Whale Optimization Algorithm - WOA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları değerlendirildiğinde, AVOA' nın özellikle büyük boyutlu ilçelerde güçlü keşif yeteneği ile diğer algoritmalardan daha başarılı sonuçlara ulaştığı ve barınak yer seçimi problemi için etkili ve sağlam bir araç olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet Yönetimi, Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması, Barınak Yer Seçimi, Meta-Sezgisel Yöntemler, Tesis Yer Seçimi, Transfer Fonksiyonları

ABSTRACT

MS THESIS

AN AFRICAN VULTURE OPTIMIZATION ALGORITHM-BASED APPROACH FOR THE PROBLEM OF LOCATION TEMPORARY SHELTERS IN DISASTER MANAGEMENT

Nagihan YİĞİT

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY**

THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE COMPUTER ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin HAKLI

2025, 93 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin HAKLI

Assoc. Prof. Dr. Murat KARAKOYUN

Asst. Prof. Dr. Betül UZBAŞ

The destructive effects of natural disasters pose a significant threat to human life, especially due to population growth, increased urbanization, and the expansion of urban structures. Thousands of lives are lost each year because of natural disasters. In response to this critical issue, researchers have focused on disaster management studies aimed at reducing these threats and minimizing the devastating impact of such events.

Disaster Management operations are typically categorized into four phases: (1) mitigation, (2) preparedness, (3) response, and (4) recovery. Management challenges encountered throughout these phases have also been classified into specific categories, including: (1) emergency response planning, (2) mass evacuation, (3) facility location, and (4) shelter location problems. The literature includes numerous studies that propose solutions to these problems using methods such as machine learning, exact algorithms, heuristics, metaheuristics, or hybrid approaches. In this thesis, the shelter location selection problem among disaster management problems is addressed using meta-heuristic methods.

To implement the shelter location problem with a real-world scenario, a dataset was prepared using data from eleven districts of the Kahramanmaraş province. The dataset includes potential shelter site locations, coordinates of these locations, shelter area sizes (in square meters), neighborhoods, neighborhood populations, and the geographical coordinates of the neighborhoods. The resulting dataset consists of eleven distinct data groups with varying dimensions.

The scope of the problem includes selecting which shelters to open from a set of candidate locations and assigning the affected population to these shelters. For this purpose, a cost function has been designed to evaluate the fitness of candidate solutions. The function aims to assign disaster victims to shelters at minimal distances and under capacity constraints, while minimizing the overall cost. The first of the function determines which shelters to open from among the candidate locations, while the second evaluates the efficiency of population allocation to the selected shelters.

This study investigates the performance of the African Vulture Optimization Algorithm (AVOA) on a real-world problem. AVOA, introduced in 2021, is inspired by the hunting behaviors of African vultures, such as hunger, cooperation, and aggressiveness. It has demonstrated promising performance due to its flexibility, suitability for multi-objective and constrained problems, and balanced exploration-exploitation capabilities. While AVOA has been primarily applied to continuous problems, this study explores its effectiveness in a discrete solution space. To adapt AVOA to the discrete domain, 24 transfer functions—categorized into S-shaped, V-shaped, U-shaped, T-shaped, O-shaped, and Z-shaped—were

employed to discretize the solution space. The performance of these transfer functions was tested using five different population sizes (10, 20, 30, 40, and 50). The results were analyzed to identify the most effective transfer functions and population sizes. These values were evaluated using the Friedman test, through which the most successful parameters were determined.

The outcomes obtained using the selected parameters for the AVOA method were compared with recent algorithms, namely Harris Hawks Optimization (HHO), Slime Mould Algorithm (SMA), and Whale Optimization Algorithm (WOA). The comparative analysis revealed that AVOA, particularly in districts with large-scale data, outperformed the other algorithms due to its strong exploration capabilities. It was concluded that AVOA is an effective and robust tool for solving the shelter location problem in disaster management contexts.

Keywords: Disaster Management, African Vulture Optimization Algorithm (AVOA), Shelter Location Problem, Metaheuristic Methods, Facility Location Problem, Transfer Function

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yürütülmesinde beni bilgi ve tecrübeleri ile yönlendiren, her konuda yardımcı olan ve anlayış gösteren danışman hocam sayın Doç. Dr. Hüseyin HAKLI' ya;

Tez savunma jürimde bulunan ve değerli yorumlarıyla katkı sağlayan sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Betül UZBAŞ ve Doç. Dr. Murat KARAKOYUN' a;

Her zaman en büyük destekçim olan annem Sabriye YİĞİT ve babam Selahattin YİĞİT' e teşekkürlerimi sunarım.

Nagihan YİĞİT
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Veri Setinin Oluşturulması	18
3.1.1. İlçeler için aday barınak noktalarının belirlenmesi.....	19
3.1.2. Barınak konum bilgilerinin toplanması	20
3.1.3. Barınma alanlarının alan hesaplaması	21
3.1.4. Barınma alanları kapasite hesabı	23
3.1.5. İlçelerin mahallelerinin tespiti	24
3.1.6. Nüfus verilerinin toplanması	25
3.1.7. Mesafe matrisi.....	27
3.1.8. Kapsam matrisi	28
3.2. Transfer Fonksiyonları.....	30
3.3. Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması	33
4. AVOA YÖNTEMİNİN BARINAK YER SEÇİMİ PROBLEMİNE UYGULANMASI.....	44
4.1. Maliyet Fonksiyonu	44
4.2. Kapsam Fonksiyonu	46
4.2. Uygunluk Hesabı	47
5. DENEYSEL SONUÇLAR	48
5.1. Veri Setinin Gruplanması ve Durdurma Kriterlerinin Belirlenmesi.....	48
5.2. Transfer Fonksiyonu Seçimi ve Parametre Analizi	49
5.3. Algoritma Sonuçları.....	59
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
6.1. Sonuçlar	64

6.2. Öneriler	65
7. KAYNAKLAR	67
EKLER	71

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Elbistan İlçesi Toplanma Alanları	19
Çizelge 3.2 Elbistan İlçesi Toplanma Alanları Konum Bilgileri.....	21
Çizelge 3.3 Elbistan İlçesi Toplanma Noktaları Alanları Bilgileri.....	22
Çizelge 5. 1 Veri Grupları Boyut Sınıfı Tablosu.....	48
Çizelge 5. 2 Veri Grupları FEs Değerleri	49
Çizelge 5. 3 Veri Grupları İçin İterasyon Sayısı.....	49
Çizelge 5. 4 Onikişubat İlçesi S-V-U Şekilli TF Sonuçları	50
Çizelge 5. 5 Onikişubat İlçesi T-O-Z Şekilli TF Sonuçları	51
Çizelge 5. 6 Popülasyon 10 Değeri Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması.....	52
Çizelge 5. 7 Popülasyon 20 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması.....	53
Çizelge 5. 8 Popülasyon 30 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması.....	54
Çizelge 5. 9 Popülasyon 40 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması.....	55
Çizelge 5. 10 Popülasyon 50 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması.....	56
Çizelge 5. 11 Popülasyon Değerleri için En Başarılı İlk Beş Transfer Fonksiyonu.....	58
Çizelge 5. 12 Transfer Fonksiyonu Analiz Sonuçları.....	58
Çizelge 5. 13 İlçe Verileri için Algoritma Sonuçları	59
Çizelge EK-1.1. NP=10 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları.....	71
Çizelge EK-1.2. NP=10 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları.....	72
Çizelge EK-1.3. NP=20 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları	73
Çizelge EK-1.4. NP=20 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları.....	74
Çizelge EK-1.5. NP=30 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları	75
Çizelge EK-1.6. NP=30 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları.....	76
Çizelge EK-1.7. NP=40 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları	77
Çizelge EK-1.8. NP=40 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları.....	78
Çizelge EK-1.9. NP=50 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları	79
Çizelge EK-1.10. NP=50 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları....	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Bütünleşik Afet Yönetimi Sistemi.....	2
Şekil 3.1. Veri Seri Oluşturma Akış Diyagramı.....	18
Şekil 3.2. Elbistan İlçesi Barınma Alanlarının Harita Üzerinden Tespit Edilmesi.....	19
Şekil 3.3. Elbistan İlçesi Barınma Noktaları Koordinat Bilgileri.....	20
Şekil 3.4. Elbistan Barınma Noktaları Alan Hesabı	22
Şekil 3.5. Elbistan Mahalle Koordinatları	25
Şekil 3.6. TÜİK Nüfus Verileri	26
Şekil 3.7. Elbistan Orhangazi Mahallesi Kapsamındaki Barınma Alanları.....	30
Şekil 3.8. Transfer Fonksiyonları Grafikleri.....	32
Şekil 3.9. Ruppell Akbabası, Beyaz Sırtlı Akbaba ve Lappet Yüzlü Akbaba (Abdollahzadeh vd., 2021).....	34
Şekil 3.10. AVOA Akış Diyagramı	41
Şekil 3.11. İkili AVOA Akış Diyagramı	43
Şekil 5.1. AVOA, HHO, SMA, WO Algoritmalarının Yakınsama Grafikleri.....	62

KISALTMALAR

ABC	: Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Artificial Bee Colony Algorithm)
ACO	: Karınca Kolonisi Optimizasyon Algoritması (Ant Colony Optimization)
AVOA	: Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması (African Vulture Optimization Algorithm)
AFAD	: Afet ve Acil Durum Müdürlükleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
AK	: Arazi Kullanımı
AL	: Model için Altyapı
AR-MOEA+SA	: Destekli Çok Amaçlı Evrimsel Algoritma
BA	: Arılar Algoritması (Bees Algorithm)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CDA	: Birleşik Dağıtım-Atama Modeli (Combined Distribution-Assignment Model)
CVI	: Kovaryant Entegrasyonunun (Covariate Integration)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ER	: Erişilebilirlik
FA	: Ateş Böceği Algoritması (Firefly Algorithm)
FEs	: Function Evaluation(s)
GA	: Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)
GIS	: Coğrafi Bilgi Sisteminin (Geographic Information Systems)
G2SFCA	: Gauss İki Adımlı Kayan Alan Yöntemi
KA	: Kapasite
MHA	: Çok Başlangıçlı Karma Sezgisel Algoritması(Multistart Heuristic Algorithm)
OA	: Dıştan Yaklaşım (Outer Approximation) Algoritması
PF	: Pareto Front
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
SA	: Benzetimli Tavlama (Simulated Annealing)
SDR	: Senaryo Bazlı Dağıtım Sağlam Modeli (Scenario-wise Distributionally Robust)
SOCP	: İkinci Mertebe Konik Programlama (Second-Order Cone Programming)
SPEA2	: Strength Pareto Evolutionary Algorithm-2
TH	: Tehlikeler
TO	: Topografya
TOPSİS	: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
UFLP	: Kapasitesiz Yer Seçimi Problemi (Uncapacitated Facility Location Problem)
WO	: Balina Optimizasyonu (Whale Optimization)

1. GİRİŞ

Afet, çeşitli sebeplerin neden olduğu, insanların ve diğer canlıların hayatının ve etkinliklerinin durmasına veya kesintiye uğramasına sebep olan, maddi ve manevi hasar oluşturan, aniden meydana gelen olağanüstü durumlardır. Afetler insan kaynaklı, doğa kaynaklı veya teknoloji kaynaklı gerçekleşebilmektedir. Afetler, doğal afetler ve doğal olmayan afetler olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal afetler, doğa olayları sonucu meydana gelen afetlere denir. Doğal afetlere deprem, sel, tsunami, heyelan, kuraklık, kıtlık gibi afetler örnek olarak verilebilir (AFAD, 2025).

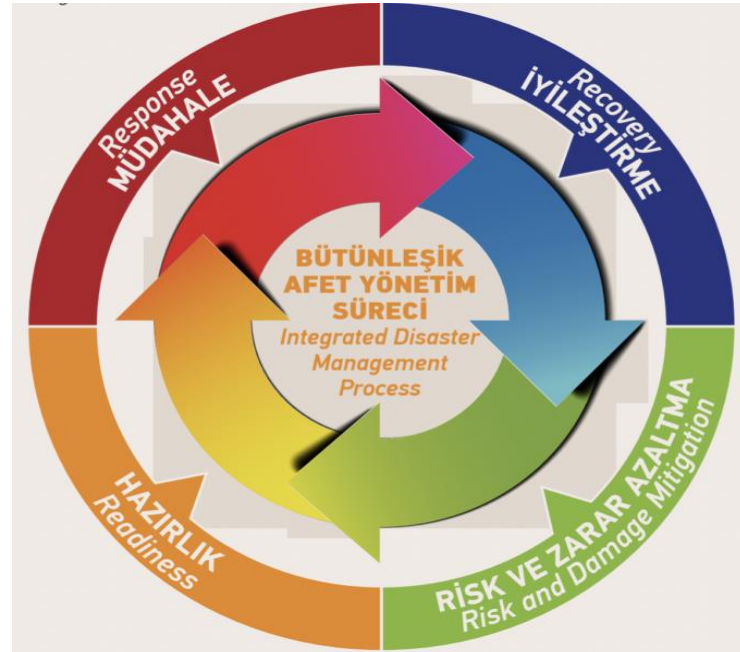
Dünyamızda sıklıkla görülen doğal afetlerin yıkıcı etkileri nüfusun artması, şehirlerin ve yapıların büyümesi ve afetlerin öngörülemezliği ile insan hayatı için daha tehlikeli hale gelmiştir. İstatistiklere göre ortalama her yıl 40.000 ile 50.000 aralığında kişi doğal afetler sebebiyle hayatını kaybetmektedir (Ritchie vd., 2022). İklim değişikliğinin etkisiyle doğal afet sayısı artmaktadır. 2000-2019 yıllarındaki doğal afet sayısının 1980-1999 yıllarındakinin 1.8 katına yakın olduğunu görülmektedir (Benli vd., 2018). Türkiye’de iklim tipleri, arazi yapısı gibi doğal etkilerle önde gelen afet ülkeleri arasındadır. 2017 AFAD verilerine göre 1900 yılından beri ülkemizde 210 tanesi 6,0’ın üzerinde büyük deprem olan 31.124 adet afet kayıtlara geçmiştir. Ayrıca yine AFAD verilerine göre 2020 yılında 905 adet, 2022 yılında 22.982 adet, 2023 yılında 5.233 adet doğal afet kayıtları mevcuttur (AFAD, 2021; AFAD, 2023; AFAD, 2024).

Son yıllarda doğal afetlerin hem sayısında hem de yıkıcı etkilerinde gözlemlenen artış, afet yönetimi konusunun uzmanlar tarafından daha fazla araştırılmasına ve bu alandaki çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Yaşanan afetlerin bilançosu göz önüne alındığında ülkemizde afet yönetimi için hazırlıkların yetersiz olduğu görülebilmektedir. Özellikle 2023 yılında yaşanan 6 Şubat depremi sonrasında, hem arama-kurtarma çalışmaları için ulaşım ve hayati ihtiyaçların ulaştırılması için uygun rotanın belirlenmesi konusunda, hem de barınma alanlarının belirlenmesi ve nüfusun yerleştirilmesi konusunda karşılaşılan durum, bu alanlardaki problemlerin çözümü ve iyileştirilmesi ihtiyacını göz önüne sermiştir.

Doğal afetlerin yıkıcı etkilerinin azaltılması ve bu afetlerden etkilenen canlıların hayatta kalma olasılığının artırılarak kurtarma ve yardım faaliyetlerinin düzenlenebilmesi

amacıyla yönetilen çalışmalara Afet Yönetimi denilmektedir. Afet Yönetimi çalışmaları ile hem yıkıcı etkilerin öngörülmesi ve gerekli ön hazırlıkların yapılması, hem de afet sonrası operasyonların planlanması ile etkili kurtarma ve yardım çalışmalarının yapılabilmesi hedeflenmektedir.

Afet yönetimi, afet öncesi çalışmalar ve afet sonrası çalışmalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Afet öncesi çalışmalarda, insan ve malzeme kaynaklarının durumunun doğru bir şekilde izlenmesi analiz edilmesi, sevk edilmesi, taşınması, kurtarılması veya yardım ihtiyaçlarının karşılanması gibi işlemler yer almaktadır. Afet sonrası çalışmalarda ise barınaklar, tahliye operasyonları, yiyecek, su, ilaç, koruyucu malzemelerin sağlanması gibi işlemler yer almaktadır (Benli vd., 2018). Afet Yönetimi operasyon aşamaları; (1) azaltma, (2) hazırlık, (3) müdahale ve (4) iyileştirme olarak dört grupta sınıflandırılmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 2014). Azaltma aşaması ile afetlerin zararlı etkilerinin önlenmesi süreci, hazırlık aşaması ile kurtarma operasyonları için hazırlık planlama süreci, müdahale aşaması ile afetten hemen sonra gerçekleştirilecek adımların süreci, iyileştirme aşaması ile enkaz kaldırma, yeniden yapılanma gibi süreçlerin planlanmasını kapsamıştır (Göroğlu, 2020). Şekil 1.1’de bütünlük afet yönetim sistemi verilmiş ve afet yönetimi operasyonlarının dört temel aşaması gösterilmiştir (Benli vd., 2018).



Şekil 1. 1 Bütünlük Afet Yönetimi Sistemi

Afet yönetim sistemindeki problemler tek amaçlı veya çok amaçlı olarak ele alınabilmekte ve amaç fonksiyonuna göre maksimizasyon veya minimizasyon problemi olabilmektedir. Örneğin ulaşım maliyetleri, tahliye mesafesi, operasyon süreleri, risk, olumsuz etkiler, toplam sığınak sayısı gibi değerler minimize edilmek istenirken; nüfus kapsamı, kurtarma etkinliği, güvenlik, beklenen talep kapsamı gibi değerler maksimize edilmek istenmektedir. Tüm bu amaçlara göre ele alınan yönetim sorunları kategorilere ayrılmıştır. Bu problemler (1) acil müdahalenin planlanması, (2) toplu tahliye, (3) tesis yeri, (4) barınak yeri olarak kategorileştirilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Afetler problemlerinden acil müdahalenin planlanması, toplum işleyişini bozan, başa çıkması zor durumlarda kayıp ve zararı en aza indirmek için etkilenen topluluklara en doğru şekilde müdahale edebilmek amacıyla uzmanlar yardımıyla planlama yapılmasıdır. Bu müdahale planları afet öncesi ve afet sonrası olarak gruplandırılarak uygulanmaktadır.

Toplu tahliye, afet bölgesinde felaketten etkilenen afetzedelerin güvenli bölgelere ulaştırılması işlemini konu almaktadır. Tahliye süresince tahliye edilenlerinin davranışları ve trafik kontrolü oldukça önemlidir. Bu süreçte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CSB) ile veri toplamak, güzergâh belirlemek, analiz elde etmek önemli bir çerçevedir. Tahliye süreci bölge nüfusu, yol durumu, güzergâh mesafesi gibi birçok etmene sahiptir. Tahliye işlemi iki sınıfa ayrılmaktadır; uzun mesafe yönlendirme ve kısa mesafe yönlendirme. Uzun mesafe yönlendirme bölgeden toplu tahliye işlemi kapsarken, kısa mesafe tahliye işlemi kurtarıcıların yardım teslimi, yaralıların sağlık noktasına ulaştırılması gibi süreçleri barındırır. Tahliye problemlerinde en kısa sürede, en düşük maliyet ile maksimum tahliye seviyesine ulaşmak hedeflenmektedir.

Problemlerden üçüncü kategori olan tesisler, olası afet durumunda ilaç, su, giyim, gıda gibi insani ihtiyaçların kullanıma sunulması adına hazırlıklı olunması için depolama gerçekleştiren birimlerdir. Bu birimler öncelikli ihtiyaçları karşılama bakımından hayati önem arz etmektedir. Tesis yeri problemi hasarlı yol ağı, çeşitli malzemeler için yüksek talep olması durumu, çoklu tedarik ve talep alanı, kaynak kıtlığı, ulaşımında kapasite yetersizliği gibi karmaşık zorlukları içeren bir problemdir. Bu kriterler doğrultusunda ihtiyaç karşılama için en verimli hizmeti vermek amacıyla tesis birimlerinin konumlandırılması sorununa çözüm aranmaktadır.

Barınak yeri problemi ise tahliye edilen afetzedelerin barınma ihtiyacını sağlamak için en uygun konumların belirlenmesi problemidir. Acil durum barınakları hizmet süresine göre üç grupta kategorize edilmiştir. Bunlar, 10 günden daha kısa süreli hizmet veren barınaklar, 10 ile 30 gün arası kısa süreli hizmet veren barınaklar ve 30 günden daha fazla olacak şekilde uzun süreli hizmet veren barınaklar olarak ayrılır. Problem üç adımdan oluşmaktadır; (i) en uygun barınak yerlerinin seçilmesi, (ii) barınaklara en uygun yolların bulunması, (iii) afetzede nüfusun barınaklara tahsis edilmesi (Benli vd., 2018). Barınak yerinin seçim kriterleri aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır.

- Lokasyon: Acil tıp merkezi ile konumu, tesis yeri ile mesafesi, mülkiyet durumu gibi etkiler dikkate alınır.
- Çevresel Etki: Bölge anatomisi, arazi tipi, hava ve su kalitesi dikkate alınır.
- Dağılım: Erişilebilirlik, ulaşım süresi dikkate alınır.
- Güvenlik: İnsan, yapı durumu, askeri malzemeler, eşyalar, hayvanlar dikkate alınır.
- Kentsel Altyapı: Elektrik, sıhhi sistemler önem arz eder.
- Mahremiyet: Aileler, farklı cinsiyetler, farklı yaş grupları arasındaki mahremiyete dikkat edilir.

Bu tez çalışmasında da özellikle ülkemizde fazlaca yaşanan deprem felaketleri başta olmak üzere, afet durumlarında barınma ihtiyacının karşılanması için hizmet verilmesi adına barınak konumun belirlenmesini hedefleyen Afet Yönetimi problemlerinden barınak yer seçimi problemi ele alınmıştır. Barınak yer seçimi problemi de tıpkı tesis yeri problemleri gibi NP-Zor sınıfına ait P-Medyan problemlerinden biridir.

Gerçek dünya problemlerinde, problemi etkileyen etmen sayısının fazlalığından ve dinamik olmalarından kaynaklı problem karmaşıklığı artmakta, çözümleri zorlaşmaktadır. Kesin hesaplama, makine öğrenmesi gibi metotlar problem karmaşıklığı arttığında yetersiz kalmakta ve iyi sonuçlara ulaşamamaktadır. Yaklaşık algoritmalar olarak isimlendirilen sezgisel ve meta-sezgisel yöntemler ise karmaşık problemlerde çoğunlukla iyi sonuçlara ulaşmaktadır (U. Zhong vd., 2022). Sezgisel algoritmalar yerel tuzığa yakalanma sorunu sebebiyle zorlu problemlerin çözümü için daha az ilgi görmüştür. Stokastik doğaları, tek ve çok amaçlı problemlere uyarlanabilirlikleri ve yerel ile global arama mekanizmalarını dengeli biçimde birleştirme yetenekleri sayesinde

meta-sezgisel yöntemler, karmaşık optimizasyon problemlerinin çözümünde etkili ve yaygın bir araç olarak kabul görmektedir. Bu yöntemler gerçek dünya problemlerinde makul sürede kabul edilebilir çözüme ulaşmayı sağlamaktadır. Algoritmaların başarılarının yetersiz olması halinde ise hibrit yöntemlerin uygulanması ya da algoritmadaki güncellemeler ile iyileştirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Sezgisel ve meta-sezgisel yöntemlerin eksikliklerinin giderilmesi ihtiyacı hibrit yöntemlere olan ilgiyi artırmıştır (Hoyos vd., 2015).

Son zamanlarda özellikle meta-sezgisel optimizasyon yöntemleri, basit anlaşılabilir ve uygulanabilir olmaları, farklı disiplinlerdeki birçok problem için kullanılabilirliği, yerel optimumları atlayabilmeleri gibi avantajlarıyla daha popüler hale gelmektedir. Son yıllarda önerilen birçok meta-sezgisel optimizasyon algoritması bulunmaktadır. Önerilen bu algoritmalar stratejik yaklaşımlarında ve ilham aldıkları metotlarda birbirlerinden farklı olsalar da genel hedefleri meta-sezgisel yöntemlerin temel iki süreci olan keşif ve sömürü aşamalarını dengelemektir. Algoritmalar keşif aşamasında çözüm uzayındaki iyi çözümleri tespit ederken, sömürü aşamasında doğruluğu artırmaya odaklanarak en iyi sonuca dayalı yeni çözümler üretmeye yoğunlaşır. Bu aşamalarda hedef çözüme doğru yakınsarken yerel tuzaklara düşmekten kaçınacak mekanizmalar sonuç kalitesini etkilemektedir (Abdollahzadeh vd., 2021). Karınca Kolonisi Optimizasyon Algoritması (Ant Colony Optimization - ACO), Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Artificial Bee Colony-ABC), Ateş Böceği Algoritması (Firefly Algorithm - FA), Köpekbalığı Kokusu Optimizasyon Algoritması (Shark Smell Optimization – SSO), Balina Optimizasyon Algoritması (Whale Optimization Algorithm - WOA), Sosyal Örümcek Algoritması (Social Spider Optimization – SSO), Krill Sürüsü Optimizasyon Algoritması (Krill Herd Optimization – KH), Gri Kurt Optimizasyon Algoritması (Gray Wolf Optimizer - GWO) , Aslan Optimizasyon Algoritması (Lion Optimization Algorithm – LOA), Su Döngüsü Optimizasyon Algoritması (Water Cycle Algorithm – WCA) literatürdeki meta-sezgisel algoritmalarından bazılarıdır.

Bu tez çalışmasında ele alınan problemin çözümü için meta-sezgisel algoritmalarından, Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması (African Vulture Optimization Algorithm-AVOA) ile uygulama gerçekleştirilmiştir. AVOA, keşif ve sömürü süreçleri arasındaki güçlü dengeyi koruma yeteneği ve yerel minimumlara takılma riskinin düşük olması sayesinde, karmaşık problemlerin çözümünde başarılı

sonuçlar elde ettiğini kanıtlamıştır (Abdollahzadeh vd., 2021). Çok amaçlı ve kısıt problemleri için uygulanabilirlerdir. AVOA' nın yeni bir algoritma olmasından dolayı gerçek dünya problemlerindeki kullanımı henüz yaygın olmasa da yüksek performansı kullanımının artmasına sebep olmaktadır. Araştırmada AVOA' nın ikili uzaydaki başarısı incelenmiş ve diğer meta-sezgisel algoritmalar ile kıyaslanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan veri seti, Kahramanmaraş ilinde yer alan on bir ilçeye ait veriler ile hazırlanmış olup, literatüre bir katkı sunmaktadır. Problem kapasite kısıtı altında barınak sayısı ve tahliye mesafesinin minimum seviyeye ulaşması hedeflenirken, maksimum düzeyde nüfusun ihtiyaının karşılanması hedeflenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda yeni bir maliyet fonksiyonu geliştirilmiştir.

Bu tez çalışması 6 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde tez konusu ve problem tanımı sunulmuştur. İkinci bölümde literatürdeki barınak yer problemi ile ilgili yapılan araştırmalara yer verilmiştir. nc bölümde hazırlanan veri seti, kullanılan fonksiyon ve algoritmadan bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde geliştirilen uygunluk fonksiyonu açıklanmış, beşinci bölümde uygulama adımları ve parametre analizleri sunulmuş ve son olarak altıncı bölümde, sonuçlar ve öneriler kısmına yer verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Afet Yönetimi problemlerinin makine öğrenmesi, kesin hesaplama, sezgisel, meta-sezgisel veya hibrit yöntemler ile çözülmesi çalışmaları literatürde yerini almıştır. Dinamik ve stokastik unsurları sebebiyle gerçek dünya problemleri karmaşık problemlerdir (Hoyos vd., 2015). Bu sebeple sezgisel ve meta-sezgisel yöntemler ile elde edilen çözümlerin daha makul sürede kabul edilebilir değerlere ulaştığı mevcut çalışmalarda sunulmuştur. Bu kapsamda literatür incelemesi gerçekleştirilmiştir.

Kongsomsaksakul ve arkadaşları, doğal afet sonrasında barınak yerleşim problemini bir lider ve takipçi arasında geçen Stackelberg oyunu formunda incelemiştir (Kongsomsaksakul vd., 2005). Model barınak sayısı ve konumlarını belirlerken tahliye güzergâhlarını bireylerin seçtiği varsayılmıştır. Problemi iki seviyeli model olarak sunmuşlardır. Birinci düzeyde toplam tahliye süresini minimum seviyeye indirmeyi hedefleyen bir yerleşim modeli sunarken, ikinci düzeyde tahliye nüfusunun barınak ve güzergâh seçimi için çözüm sunan birleşik dağıtım-atama (CDA) modeli sunulmuştur. Utah' taki Logan şehri verileri kullanılarak Genetik Algoritma (Genetic Algorithm - GA) ile bir model oluşturulmuştur. Model sonuçları barınak konumu ve kapasite kısıtlarının tahliye planı üzerindeki etkisini sunmuştur. Yüksek kapasiteli barınak seçiminin az sayıda barınak ve düşük tahliye süresini sağladığı gözlemlenmiştir.

Uno ve arkadaşları, optimal acil durum tesisi yerleşimi için iki hedefi olan çok amaçlı bir programlama modeli önermişlerdir (Uno vd., 2007). Çalışmanın amaçlarından biri acil durum tesislerinden hastanelere olan maksimum mesafeyi en aza indirmek, diğeri ise acil durum tesislerinin hızlı bir şekilde yanıt verebileceği kaza sıklığını en üst düzeye çıkarmaktır. En uygun çözüme ulaşmak için Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization - PSO) ile etkileşimli bir bulanık tatmin yöntemi uygulamışlardır.

Uluslararası bir havaalanındaki itfaiye istasyonlarının optimal sayısını ve yerlerini belirlemek amacıyla, Tzeng ve Chen, toplam kurulum maliyetini en düşük seviyeye indirmeyi ve itfaiye istasyonlarından herhangi bir yere olan en uzun mesafeyi en aza indirmeyi amaçlayan bir bulanık çok amaçlı model önermişlerdir (Tzeng ve Chen, 1999). Hedefler tek bir birleşik minimum-maksimum hedefe dönüştürülmüş ve sorunu etkili bir şekilde çözmek için bir GA kullanılmıştır. Yang ve arkadaşları, modeli, belirli bir

bölgedeki farklı risk kategorileri ile engellerin çerçevesinde hedefler ve kısıtlamalarında dikkate alınacağı şekilde genişletmişlerdir. Kısıtlamaları uygunluk fonksiyonuna yerleştirerek GA uyarlamışlardır (Yang vd., 2007).

Tıbbi malzemelerin tesis konumları göz önüne alan Jia ve arkadaşları, talep belirsizliğinin ve tıbbi tedarik yetersizliğinin, her talep noktasına farklı kalite seviyelerinde bulunan çok sayıda tesisten hizmet sağlayarak ele alındığı bir maksimal kapsama problemi modeli önermişlerdir. Problem çözümü için üç farklı sezgisel yöntem geliştirmişlerdir. Bunlardan birincisi GA ile geliştirilmiş uygulama, ikincisi bulma-tahsis sezgisel yöntemi olarak isimlendirilmiş bir yöntem ve üçüncüsü Lagrangean Gevşeme yöntemidir. Deneysel sonuçlar, GA' nın küçük problemler için uygun olduğunu ancak büyük problemler üzerinde erken yakınsaması nedeniyle daha düşük kaliteli çözümler ürettiğini göstermişlerdir (Jia vd., 2007) .

Çalışkan, çalışmasında Kapasitesiz Yer Seçimi Problemi (Uncapacitated Facility Location Problem – UFLP) için ACO algoritmasına dayalı UFLP_ACO sezgisel algoritma önerisinde bulunmuştur (Çalışkan, 2008). Maliyet hesaplaması için Resende ve Werneck (2006) tarafından kullanılan “Net Maliyet Değişim” hesaplaması yöntemi uygulanmıştır. Algoritmanın performansı 7 farklı test problemi kullanılarak sonuçları çözüm hızı ve kalitesi bakımından üç adet sezgisel algoritma ile karşılaştırılmıştır. Bunlar GA, PSO ve Çok Başlangıçlı Karma Sezgisel (Multistart Heuristic Algorithm-MHA) algoritmalarıdır. Analizlerin incelenmesi sonucunda önerilen sezgisel algoritmanın diğer algoritmalar kadar hızlı ve etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Han ve Zhang, acil durum tesisi yeri sorununu NP problemi olan tamsayı programlama sorularına dönüştürerek modelledikleri genişletilmiş bir çalışma sunmuşlardır. Her bir kromozomun, her bir hedefin acil durum tesisinin seri numarasından oluştuğu ve popülasyon çeşitliliğinin, değişebilir bir mutasyon kullanılarak korunduğu bir GA önermişlerdir (Han ve Zhang, 2009). Deneysel çalışmalar, GA' nın sorunu diğer basit buluşsal yöntemlerden çok daha verimli bir şekilde ele aldığını göstermiştir.

Ng ve arkadaşları, afet yönetiminde acil tahliye planlaması problemini Güney Dekota, Sioux Falls’ ta varsayımsal tahliye senaryosu verileri ile ele almışlardır (Ng vd.,

2010) Acil tahliye planlama modelleri, insanların işbirlikçi davranması ve işbirlikçi olmayan bencil davranışlar ortaya koyması durumları olmak üzere iki varsayım üzere çalışmaktadır. Bu makalede iki varsayımı dengeleyen melez bir varsayım sunulmuştur. Bu varsayımda barınak atamalarını sistem optimal şekilde gerçekleştirirken tahliyeler yol seçiminde özgürdürler. Çalışmada Benzetimli Tavlama (Simulated Annealing- SA) algoritması ile modelleme gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar tahliye stratejilerinin geleneksel sistem optimal senaryolardan farklı olabileceğini sunmuştur. Daha kısa tahliye sürelerinin mümkün olabileceği gösterilmiştir.

Tian ve arkadaşları, malzeme dağıtımını ve araç rotasını problemlerini bütünleştiren çok amaçlı bir acil durum ulaşım modelini değerlendirmişlerdir (Tian vd., 2011). Her parçacığın ayrık-sürekli bir vektör olarak kodlandığı ve ayrık değişkenlerin ve sürekli değişkenlerin sırasıyla kendi hız/konum güncelleme formülleri kullanılarak değiştirildiği bir PSO algoritması tasarlamışlardır. Ancak, büyük boyutlu örnekler için algoritmanın yerel optimumlara yakalanması problemi görülmüştür.

Hu ve arkadaşları, makalelerinde afet yönetimi problemlerinden barınak tahsisi problemi üzerine araştırmalar sunmuşlardır (Hu vd., 2012). Problem çözümü için yeni bir PSO algoritması sunulmuştur. Sunulan ayrık PSO algoritmasının arama yeteneğini geliştirmek ve yerel minimumlardan kaçınmasını sağlamak için SA algoritması ile entegre edilmiştir. Geliştirilen algoritma sonuçları Çin' in Guangzhou şehrinin Zhuguang bölgesi üzerinde uygulanarak gözlemlenmiştir. Gözlemlenen sonuçlarda geliştirilen modelin başarılı olduğu sunulmuştur.

Kırıkçı, tez çalışmasında İstanbul ilinde afet sonrası barınma için geçici barınma alanı seçimi ve tahliye yollarının planlanması problemini ele almıştır (Kırıkçı, 2012). Çalışmada tahliye süresini minimum seviyeye ulaştırmak amacıyla iki adet matematiksel model önerisinde bulunulmuştur. Birinci model önceden tanımlanan olası tahliye güzergâhlarını alan mesafe kısıtlı tahliye modelidir. İkinci model ise, ağ verilerini kullanarak çözüme bağlı güzergâh oluşturan ayrıt bazlı modeldir. Modeller yol ve barınak kapasitelerine uygun olacak şekilde her talep noktası için bir barınak ataması yapan çözümler üretmişlerdir. Araştırmalarında barınak kapasitesi, barınak sayısı ve yol kapasitelerinin etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar incelenerek açılacak barınakların belirlenmesine, nüfusların bu barınaklara yerleştirilmesine ve hangi tahliye yollarının

kullanılacağına barınak kapasitesi, barınak sayısı ve yol kapasitesi parametrelerinin etkileri sunulmuştur.

Arnaout, bilinmeyen sayıda tesis içeren Öklid konum tahsisi problemi üzerine çalışma gerçekleştirmiştir (Arnaout, 2013). Maliyeti en düşük seviyeye indirilmesi amaçlanan problem üç aşamalı ACO algoritması ile sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar GA sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ACO algoritmasının daha hızlı hesaplama ile daha başarılı sonuçlara ulaştığını göstermiştir. Algoritma başarılı belirli sayıda tesis içeren problem verileri ile de test edilmiş ve başarılı sonuçlara ulaştığı gözlemlenmiştir.

Sarıkaya, tez çalışmasında geleneksel tedarik zincir ağı tasarımı probleminin birden fazla amacını gerçekleştirmek için çok ürünlü, çok aşamalı ve çok dönemli olarak planlama modeli sunmuştur (Sarıkaya, 2014). Çalışmada SA tabanlı sezgisel yöntem yazılımı geliştirilmiştir. Model karışık tam sayılı doğrusal olmayan programlama olarak tasarlanmıştır. Maliyetin en aza indirilmesini hedefleyen iki farklı amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Karar vericilerin hedef değerlerini modele dâhil etmek için bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Model GAMS/DICOPT optimizasyon programı ile çözülmüştür. Yazılımdan elde edilen sonuçlar ile GAMS/DICOPT optimizasyon programı sonuçları karşılaştırılmıştır. Sunulan sonuçlarda bulanık modelleme ve çözüm yaklaşımlarının problemin daha gerçekçi çözümlenmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Chai, Fang ve arkadaşları, bir otoyol trafiği acil durum tesis yeri problemini incelemişlerdir (Chai vd., 2011). Kromozomları sunmak için n-boyutlu 0-1 tamsayı vektörü kullanan ve güvenilir olmayan kromozomları düzelterek iyileştirmek için buluşsal bir operatör kullanan sezgisel bir GA önermişlerdir. Yöntem, Çin'in Nanjing karayolu ağından kaynaklanan sorunlara başarıyla uygulanmıştır.

Kilci vd., çalışmalarında geçici barınma alanı tahsisi problemini için karma tam sayılı doğrusal programlamaya dayanan bir model sunmuşlardır (Kilci vd., 2015). Model ile açılan barınak alanları ve buraya atanacak nüfus toplulukları belirlenir. Geliştirilen model İstanbul ili Kartal ilçesi verileri ile test edilmiş, 2011 Van depremi verileri ile vaka incelemesi gerçekleştirilmiştir. Türk Kızılay'ı tarafından uygulanan çözüm ile

karşılaştırılması sonucunda kullanım oranı ve seyahat mesafesi bakımından geliştirilen modelin daha iyi sonuçlandığı sunulmuştur. Aynı zamanda model parametreleri üzerinde de duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Milani, tez çalışmasında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemleri ile geçici barınma alanlarının belirlenmesi üzerine incelemeler gerçekleştirmiştir (Hosseini Milani, 2015). Model için Altyapı (AL), Erişilebilirlik (ER), Tehlikeler (TH), Topografya (TO), Kapasite (KA), Arazi Kullanımı (AK) kriterleri kullanılmış ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile ağırlıkların hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Her kriter için ağırlık değişimleri kullanılarak duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen değerler üzerinden barınak yerlerinin seçimi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda yol gösterici olabilecek nitelikte olduğu sunulmuştur.

Saeidian ve arkadaşları, çalışmalarında afet yönetiminde yardım desteği sağlamak için yardım merkezlerinin kurulacağı optimum noktaların tespit edilmesi ve parsellerin bu noktalara tahsis edilmesi problemini Tahran şehrinin verileri üzerinde ele almışlardır (Saeidian vd., 2016). Aday parseller Coğrafi Bilgi Sisteminin (Geographical Information Systems - GIS) mekânsal analiz yetenekleri aracılığıyla seçilmiştir. Sonrasında GA ve Arılar Algoritması (Bees Algorithm-BA), 900 adet parsel içeren simüle edilmiş veri kümesi üzerinde merkez noktalarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde optimum çözüme ulaşmada BA' sının GA' dan daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

Hazırcı, çalışmasında Burdur ve Isparta illerinde gerçekleşecek olası bir afet sonrası geçici barınma alanlarının belirlenmesi ve nüfusun bu alanlara yerleştirilmesi üzerine incelemeler sunmuştur (Hazırcı, 2017). İki aşama ile çalışma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak uygun olan alanları belirlemek adına AHS yöntemi kullanılmış ve uygun olan kriterler belirlenmiştir. Aday olan alanların sıralaması AHS ve TOPSİS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra barınakların tahsis edilmesi probleminin çözümü alan öncelik değerinin kullanıldığı p-medyan problemi modeli ve GAMS paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda Burdur ili için dokuz barınaktan altısı, Isparta ili için altı barınaktan dördünün açıldığı çözüm uygun aday çözüm olarak sunulmuştur.

Şahin, tez çalışmasında İstanbul ili için afet sonrası geçici barınma alanlarının yerlerinin belirlenmesi ile ilgili incelemeler gerçekleştirmiştir (Şahin, 2017). ÇKKV tekniklerinden birden fazla problem etmeni arasında en uygun alternatifi seçmek için yararlanmıştır. Çalışmada Bulanık TOPSIS ve Bulanık Vikor yöntemi uygulanmıştır. En uygun yerlerin seçilmesi üzerine çalışılmıştır.

Kaya, tez çalışmasında İstanbul ili Üsküdar ilçesi için afet sonrası kurulacak yardım istasyonlarına tesis yer seçimi konusunu ele almıştır (Kaya, 2018). Bu amaçla iki aşamalı matematiksel optimizasyon modeli sunmuştur. Problem küme kapsama problemi olarak ele alınmıştır. İlk aşamada toplam ağırlıklı mesafe minimizasyonu, ikinci aşamada ise tesis sayısı minimizasyonu amaçlanmıştır. İlk olarak tesis sayısı belirlenip daha sonra tesislerin konumu belirlenmiştir.

Temiz, tez çalışmasında afet lojistiği problemlerinden acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılacak konumlarda depolanması için kurulacak lojistik depo yer seçimi problemi üzerine çalışmıştır (Temiz, 2018). Problemi iki aşamaya ayırarak ele almıştır. İlk olarak minimum sayıda alternatif lokasyonu belirleyen küme kapsama modeli, ikinci olarak ise mesafe minimizasyonu amaçlı p-medyan problemi olarak modellemiştir. Ayrıca deprem şiddetinin afetzede ihtiyaç talebine olan etkisini tespit etmek adına kapasite kısıtlı karma tam sayılı programlama modeli ortaya koymuştur. Çalışma alanı olarak İstanbul ili Maltepe ilçesi verileri kullanılmıştır.

Shankar ve Baviskar, çalışmalarında mevcut optimizasyon algoritmalarının zayıf yönlerinin iyileştirilmesini amaçlamışlardır (Shankar ve Baviskar, 2018). Çok amaçlı optimizasyon, birden fazla amacı olan problemlerin çözümü için önemli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda algoritmalar çözüm uzayında Pareto Front (PF) olarak isimlendirilen bir optimal çözüm uzayı kümesi oluşturur. Algoritmaların PF boyunca çözüm noktalarını düzgün bir şekilde dağıtması başarısını artırmak için geliştirilmesi gereken bir noktadır. Bu çalışmada SPEA2'nin (Strength Pareto Evolutionary Algorithm-2) iyileştirilmesi için iki yeni yaklaşım sunmuşlardır. Bunlardan ilki amaç fonksiyonlarının minimum noktalarına dayalı arama yönlendirmeyi amaçlayan bir stratejidir. İkincisi ise, PF' nin sınır noktalarının karar değişkenlerini başlangıç popülasyonuna ekleyerek arama yönlendirmeyi amaçlayan bir strateji belirlemiştir. Geliştirilen yöntemler farklı kısıtlı ve

kısıtsız çok amaçlı test problemleri verileri ile test edilmiştir. Sonuçlar mevcut algoritmalarından daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Xu ve arkadaşları, çalışmalarında deprem afet yönetimi problemlerinden barınak yer seçimi ve atama problemi üzerine Çin'in Pekin şehrinin Chaoyang bölgesi verileri kullanılarak incelemeler gerçekleştirmişlerdir (Xu vd., 2018). Problemin çözümü için dört hedef içeren çok amaçlı matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu modeli değiştirilmiş PSO ile birleştirmişlerdir. Model sonucunda aday barınaklardan açılacak olan barınakların belirlenmesi ve nüfusun bu barınaklara yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Saeidian ve arkadaşları, deprem sonrası geçici barınma alanlarının yer seçimi problemini ele almışlardır (Saeidian vd., 2018). Çalışma verileri olarak Tahran 1. bölgesi kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi, kümeleme metodu ve CBS kullanılarak koşulları sağlayan alanlar seçilmiştir. Daha sonrasında uygun alanların seçilmesi ve nüfusa bu alanların tahsis edilmesi için meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları ile model oluşturulmuştur. PSO ve ACO algoritmaları kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre PSO algoritması daha hızlı yakınsama, yüksek tutarlılık ve daha iyi sonuçlar ile ACO algoritmasından daha başarılı olmuştur.

Sümer, tez çalışmasında P-medyan tesis yer seçimi problemini meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları aracılığıyla çözümü üzerine çalışma sunmuştur (Tüzün Sümer, 2019). Çeşitli boyutlardaki veriler üzerinde GA başarısı incelenmiştir. Sonuçlar GA'nın optimum seviyeye yakın değerlere ulaştığını göstermiştir.

Ma ve arkadaşları, araştırmalarında deprem sonrası geçici barınma alanlarının belirlenmesi ve tahsis edilmesi probleminin çözümü için değiştirilen dinamik çok amaçlı bir PSO modeli sunmuşlardır (Ma vd., 2019). Araştırma verisi olarak Çin'in Pekin şehrine ait veriler kullanılmıştır. Sonuçlarda daha kısa mesafede barınak tahsisi gerçekleşirken, barınak sayısında ve maliyetinde artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Geng ve Hou, bildirimlerinde afet sonrası sığınaklar için yer seçimi ve yardım malzemelerinin ulaştırılması sürecine karar verilmesi problemi için bulanık çok kriterli grup karar verme yöntemi ile bir model sunmuşlardır (Geng ve Hou, 2020). Model AHP

ve TOPSIS yöntemleri ile aday barınakların ağırlıklarını belirlemiş, daha sonra çok amaçlı optimizasyon modeli ile barınak yerleşimi ve yardım malzemelerinin dağılımı gerçekleştirmiştir. Sonuçlarda yer seçimi ve yardım ulaştırılması problemlerinin çözümünde karar kalitesinin iyileştiği sunulmuştur.

Ayudhya, çalışmasında sel felaketi durumunda yardım ulaştırma maliyetini minimum seviyeye indirmek amacıyla barınaklar için konum tahsisi problemi üzerine araştırma gerçekleştirmiştir (Na Ayudhya, 2020). Problem çözümü için seyahat maliyetini azaltacak matematiksel model hedeflenerek P-medyan modeli ile çalışılmıştır. Çalışma sırasında iki kabul üzerinde durulmuştur. Birincisi her ilçe için bir barınak atanmış, ikinci olarak ise her ilçeye atanan barınak sayısı nüfus değeriyle orantılı belirlenmiştir. Çalışma için Tayland'ın E-san bölgesi verileri kullanılmıştır. Açılacak barınak sayısı 5 ile 10 arasında araştırılmıştır.

Xiang ve arkadaşları, araştırmalarında yol ağı belirsizliği altındaki barınak yer tahsisi problemini evrimsel algoritmalar ile ele almışlardır (Xiang vd., 2020). Çalışmalarında kümelemeye dayalı, vekil model Destekli Çok Amaçlı Evrimsel Algoritma (AR-MOEA+SA) modeli sunmuşlardır. Vekil model kullanarak tahliye mesafesi yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda eğitim verilerinin kalitesini artırmak adına popülasyon başlatma stratejisi önermişlerdir. Yapılan testler sonucunda geliştirilen algoritmanın hem sonuç başarısı hem hesap verimliliği bakımından başarılı sonuçlara ulaştığı gösterilmiştir.

Ashkezari ve Yazdi, araştırmalarında İran'ın Yazd şehrinde olası bir afet durumunda yardım merkezlerinin konumunun belirlenmesi ve yardımların en kısa sürede ulaştırılmasını sağlamak amacıyla çalışma sunmuşlardır (Zarepor Ashkezari ve Mosalman Yazdi, 2021). Problem çözümü için parçacık tabanlı Balina Optimizasyon Algoritması (Whale Optimization Algorithm - WOA) kullanılmıştır. Çalışmada daha başarılı sonuçlara ulaşmak amacıyla yeni bir başlangıç popülasyonu oluşturma yöntemi tanıtılmıştır. Algoritmanın daha hızlı yakınsaması ve daha başarılı değerlere ulaşması sağlanmıştır. Test işlemleri sonucunda algoritmanın güvenilir olduğu anlaşılmıştır.

Ömürgönülşen ve Menten, afet sonrası geçici barınma alanlarının belirlenmesi problemini Ankara ili üzerinde ele almışlardır (Ömürgönülşen ve Menten, 2021).

Çalışmalarını ÇKKV metotlarından biri olan Bulanık TOPSIS tekniği ile gerçekleştirmişlerdir. Aday beş adet lokasyon on adet kritere göre değerlendirilmiş ve sıralama işlemi gerçekleştirilmiştir. En uygun geçici barınma alanı Etimesgut ilçesi olarak belirlenmiştir.

Zhong ve arkadaşları, çalışmalarında barınak yer tahsisi problemini iki aşamalı optimizasyon modeli ile ele almışlardır (U. Zhong vd., 2022). Çalışma vakası olarak Çin'in Jiangsu Eyaleti Xinyi şehri verileri kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu kriterleri olarak yapım maliyeti ve tahliye süreleri kabul edilmiştir. İlk olarak statik ağ analizi metoduna dayalı, yerçekimi modeline dayanan dairesel tahliye tahsis kuralı sunulmuş ve GA kullanılarak en düşük en düşük maliyetli çözümler belirlenmiştir. Daha sonra tahliye süresi optimizasyon modelinin amacı olarak kabul edilmiştir. Tahliye simülasyonu üzerinde en iyi çözüm belirlenmiştir.

Zhong ve arkadaşları, çalışmalarında Çin'in Nanjing kenti Xin Jiekou bölgesi verileri üzerinde barınak tahsisi probleminin çözüm verimliliğini artırmak için bölgenin mobil sinyal verilerini kullanarak gece ve gündüz nüfus bilgisi ile tahliye talebini belirlemişlerdir (G. Zhong vd., 2022).İki aşamalı optimizasyon modeli sunulmuştur. Birinci aşamada geliştirilmiş set kaplama modeli (enhanced set-covering model) ile en az sayıda barınağın yerleştirildiği çözümler elde edilmiştir. İkinci aşama ise nüfusun mekânsal heterojenliği, yaş yapısı ve tahliye yolu seçimini dikkate alan bir sosyal güç modeli kullanılmış ve en kısa tahliye süresine sağlayacak barınak yerleşim planı sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde tahliye süresinin %76,5 oranında azalmış, barınak verimliliğinin artmış ve tahliye yolları yoğunluğunun azalmış olduğu sunulmuştur.

Wang ve Xu, çalışmalarında afet sonrası acil barınma noktalarının ve bu noktalara transfer yollarının seçimi problemini transfer yollarının güvenilirliğini ve güvenlik durumunu kriter seçerek ele almışlardır (Y. Wang ve Xu, 2023). Güzergâh değişikliği olasılığını da baz alarak güzergâh planlaması gerçekleştirmişlerdir. Afetzedelerin mesafeye bağlı güvenilirlik duygusunu tanımlamak için beklenti teorisinin değer fonksiyonu referans alınmıştır. Mesafenin düşük olması güvenilirlik duygusunun yüksek olduğunu yansıtmaktadır. Problem çözümü için iki aşamalı Simüle Edilmiş Tavlama Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritması önerilmiştir. PSO algoritması SA Algoritması içine yerleştirilmiştir. Bu uygulama algoritmanın hızlı yakınsama ve güçlü küresel arama

özelliğine katkı sağlamıştır. Algoritma hesaplama süresinde tasarruf sağlamış ve verimliliği artmıştır.

Zhang ve arkadaşları, makalelerinde afet sonrası belirsiz yaralı sayısı ve afetin felaket şiddeti arasındaki korelasyon ilişkisini tespit etmek adına Senaryo Bazlı Dağıtım Sağlam (Scenario-wise Distributionally Robust-SDR) modeli sunmuşlardır (M. Zhang vd., 2023). Model iki aşamalıdır. Barınak konumu ve kapasite kararları anında verilirken, yaralı taşımaya yönelik kararlar, yaralı sayısı, kovaryant bilgileri ortaya çıktıktan sonra alınmaktadır. Çözüm ikinci mertebe konik programlama (Second-Order Cone Programming-SOCP) formuna yaklaştırılmış ve büyük ölçekli problemlerde Dıştan Yaklaşım (Outer Approximation-OA) algoritması ile çözülmüştür. Sonuçlar kovaryant entegrasyonunun (Covariate Integration-CVI) maliyet bakımından tasarruf sağladığı ve verimliliği artırdığını göstermiştir. OA algoritmasının hesaplama üstünlüğü ve verimliliği de sunulmuştur.

Zhong ve arkadaşları, çalışmalarında barınak yerlerinin eşitliğini maksimum seviyeye ulaştırmak, genel tahliye süresini minimum seviyeye ulaştırmak ve açılan barınak sayısını en az seviyede tutmak gibi birden fazla amacı olan bir optimizasyon modeli sunmuşlardır (G. Zhong vd., 2023). Çin'in Nanjing şehrindeki Xin Jiekou bölgesi verileri ile çalıştırılan model üç aşamadan oluşmaktadır. GA ile minimum barınak sayısına ulaşılmasının ardından uygun çözümler tümevarım yöntemiyle değerlendirildikten sonra erişilebilirlik ve maliyet değerleri açısından makul olan en iyi çözüm seçilmiştir. Model sonuçları incelendiğinden klasik modellere kıyasla iyileştirme sunmuştur.

Zhang ve arkadaşları, araştırmalarında afet barınaklarının mekânsal erişilebilirliği ve yer optimizasyonu problemini Gauss İki Adımlı Kayan Alan Yöntemi (G2SFCA), K-Means kümeleme ve PSO yöntemleri ile ele almışlardır (Z. Zhang vd., 2023). Çalışmalarında Çin'in Sichuan eyaletinin Deyang şehri verilerini kullanmışlardır. Çalışmalarında mevcut barınak miktarı yeterli mi, barınakların erişilebilirlik düzeyi ne durumda ve gelecekte barınak planlaması nasıl olmalı şeklinde üç temel konu üzerinde araştırma gerçekleştirmişlerdir. Erişilebilirlik analizini G2SFCA yöntemi ile analiz ederken, yeni barınak yer analizi için PSO algoritması kullanılmıştır.

Abanoz ve Vural, çalışmalarında Doğu Karadeniz Bölgesinde Afet ve Acil Durum (AFAD) Müdürlükleri tarafından belirlenmiş olan geçici barınma noktalarının değerlendirilmesi üzerinde incelemeler yapmışlardır (Abanoz ve Vural, 2023). Çalışma alanı olarak bölgenin Artvin, Rize, Trabzon, Bayburt, Gümüşhane, Giresun, Ordu illerinin verileri kullanılmıştır. Bu bölgelerdeki geçici barınma alanlarının eksiklik yeterlilik durumları değerlendirilmiştir.

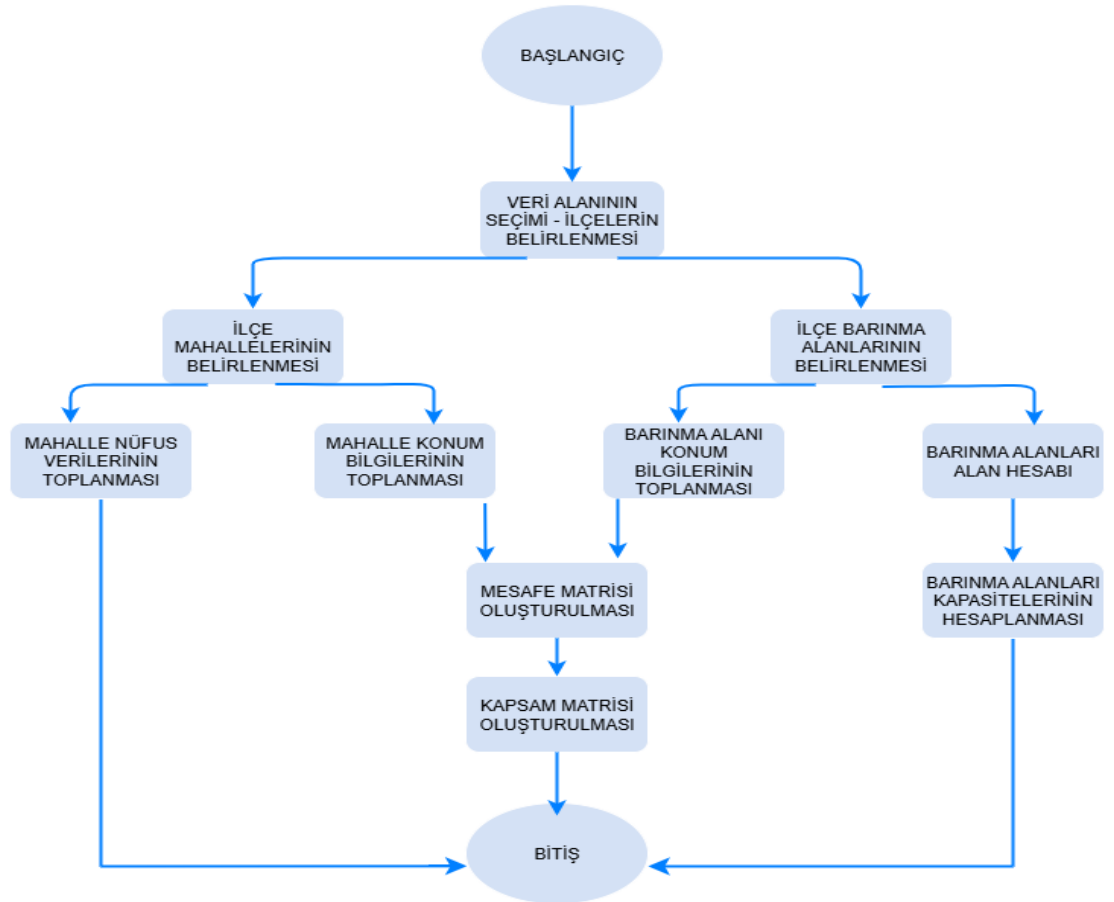
Literatür araştırmaları sonucunda bulanık mantık, matematiksel modeller, meta-sezgisel algoritmalar ve hibrit yöntemlerin kullanımı incelenmiştir. Meta-sezgisel uygulamaların problem çözümü için daha kolay uygulanabilirliği ve kabul edilebilir çözümlere ulaşıldığı görülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın bu bölümünde oluşturulan veri seti, kullanılan transfer fonksiyonları ve AVOA yöntemi açıklanmıştır.

3.1. Veri Setinin Oluşturulması

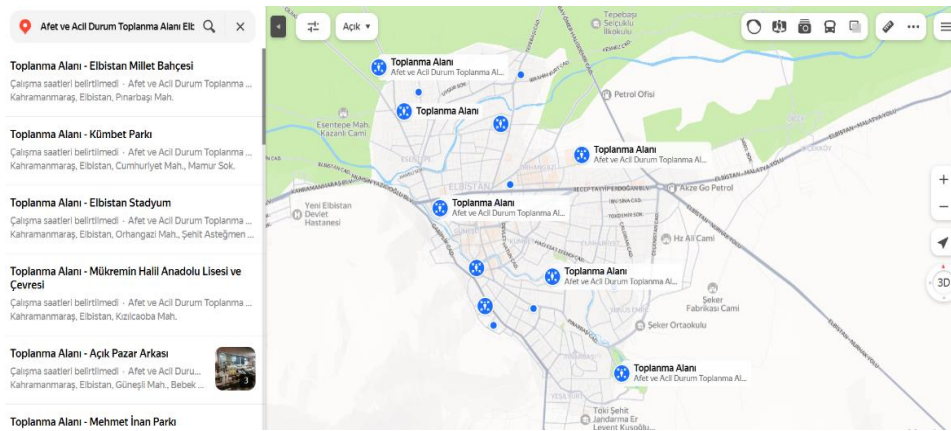
Tez çalışmasında kullanılmak üzere Kahramanmaraş iline ait veriler toplanarak veri seti oluşturulmuştur. Onikişubat, Dulkadiroğlu, Andırın, Göksün, Afşin, Elbistan, Çağlayancerit, Ekinözü, Nurhak, Pazarcık ve Türkoğlu olmak üzere on bir ilçenin verileri ile farklı boyutlarda on bir adet veri grubu oluşturulmuştur. Bu veri seti için ilçelerin barınma alanları olabilecek noktaları, barınma alanlarının koordinatları, barınma alanlarının metrekare ölçümleri, mahalleleri, mahalle nüfusları, mahallelerin koordinatları verileri farklı kaynaklar üzerinden edinilmiştir. Şekil 3.1’de veri seti oluşturulma sürecinin akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.1. Veri Seri Oluşturma Akış Diyagramı

3.1.1. İlçeler için aday barınma noktalarının belirlenmesi

Yandex Haritalar üzerinde AFAD tarafından açıklanan barınma alanları bilgilerine ulaşılmıştır. Aday barınma sayısını artırarak çeşitliliği sağlamak adına harita üzerinde manuel olarak barınma alanı olabilecek noktalar tespit edilmiştir. Bu aşamada parklar, boş araziler, futbol sahaları, okul bahçeleri, millet bahçeleri gibi kullanılabilir alanlar AFAD kriterleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Şekil 3.2’ de barınma alanlarının harita üzerinde belirlenmesine ilişkin Elbistan ili örneği verilmiştir. Çizelge 3.1’de Elbistan ili için barınma alanlarının verileri sunulmuştur.



Şekil 3.2. Elbistan İlçesi Barınma Alanlarının Harita Üzerinden Tespit Edilmesi

Çizelge 3.1. Elbistan İlçesi Toplanma Alanları

Barınma Alanları	
1.	Açık Pazar Arkası
2.	Şehit Er Mehmet İnan Park
3.	Esentepe Parkı
4.	Çilingir Çayırı
5.	Elbistan Millet Bahçesi
6.	Fatih Cami Parkı
7.	Bahçelievler Mahalle Muhtarlığı Parkı
8.	Kızılcaoba Parkı
9.	Kümbet Parkı
10.	Tepebaşı Parkı-Mahalle Muhtarlığı
11.	Hacı Bektaş Veli Parkı
12.	Elbistan Stadyum
13.	Orhangazi Parkı
14.	Saraybosna Parkı
15.	Pınarbaşı Mesire Alanı
16.	Yunus Emre Mahalle Parkı
17.	Mükremin Halil Anadolu Lisesi ve Çevresi

18. Fatih İlkokulu
19. Tepebaşı İlkokulu
20. Elbistan Gençlik Meclisi ve Spor Sahası
21. Elbistan Ortaokulu
22. Elbistan Pınarbaşı Seyir Tepesi
23. Musiad Konteyner Kent
24. Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent-1
25. Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent-2
26. Tepebaşı Selçuklu İlk Orta Okulu
27. Toki Darusselam Camii
28. Ceyhan Parkı
29. Elbistan Adliyesi Çevresi
30. Elbistan Hayvan Pazarı

3.1.2. Barınak konum bilgilerinin toplanması

Barınakların konum bilgileri, afetzedeler ile barınak noktaları arasındaki mesafenin hesaplanması için kullanılmaktadır. Hesaplama işlemi Öklid iki nokta arası doğrusal uzaklık formülü ile hesaplanmaktadır. Google Haritalar üzerinde aday barınak noktalarının koordinat bilgilerine ulaşılmıştır. Şekil 3.3'te barınma alanlarının konum bilgilerinin toplanmasına ilişkin Elbistan ili üzerinde örnek sunulmuş, Çizelge 3.2'de ise barınma alanlarının konum bilgileri örneği verilmiştir.



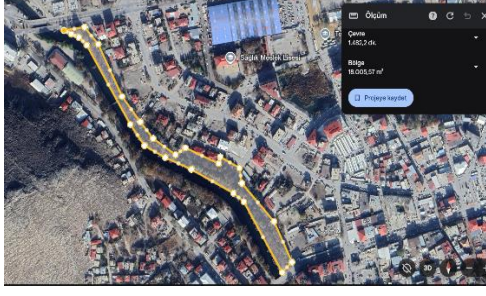
Şekil 3.3. Elbistan İlçesi Barınma Noktaları Koordinat Bilgileri

Çizelge 3.2. Elbistan İlçesi Toplanma Alanları Konum Bilgileri

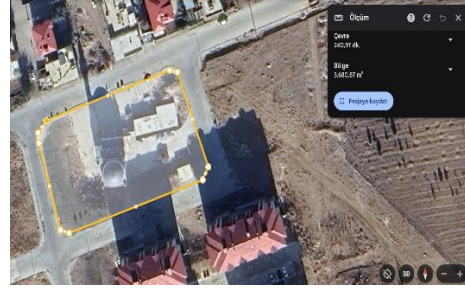
	Barınma Alanları	Koordinat X	Koordinat Y
1.	Açık Pazar Arkası	38,205276	37,185773
2.	Şehit Er Mehmet İnan Park	38,196292	37,190528
3.	Esentepe Parkı	38,215662	37,180044
4.	Çilingir Çayırı	38,223093	37,173297
5.	Elbistan Millet Bahçesi	38,195611	37,196937
6.	Fatih Cami Parkı	38,205149	37,194643
7.	Bahçelievler Mahalle Muhtarlığı Parkı	38,219670	37,180383
8.	Kızılcaoba Parkı	38,190901	37,193083
9.	Kümbet Parkı	38,195755	37,214268
10.	Tepebaşı Parkı-Mahalle Muhtarlığı	38,222036	37,198577
11.	Hacı Bektaş Veli Parkı	38,203998	37,214745
12.	Elbistan Stadyum	38,211922	37,209458
13.	Orhangazi Parkı	38,207722	37,196225
14.	Saraybosna Parkı	38,191446	37,200547
15.	Pınarbaşı Mesire Alanı	38,182811	37,217562
16.	Yunus Emre Mahalle Parkı	38,194193	37,215156
17.	Mükremin Halil Anadolu Lisesi ve Çevresi	38,191790	37,192206
18.	Fatih İlkokulu	38,204067	37,194965
19.	Tepebaşı İlkokulu	38,221476	37,198250
20.	Elbistan Gençlik Meclisi ve Spor Sahası	38,191196	37,191116
21.	Elbistan Ortaokulu	38,196019	37,190690
22.	Elbistan Pınarbaşı Seyir Tepesi	38,185749	37,213489
23.	Musiad Konteyner Kent	38,188615	37,222324
24.	Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent- 1	38,198251	37,224785
25.	Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent- 2	38,197289	37,223905
26.	Tepebaşı Selçuklu İlk Orta Okulu	38,228810	37,212287
27.	Toki Darusselam Camii	38,201229	37,152220
28.	Ceyhan Parkı	38,202445	37,184729
29.	Elbistan Adliyesi Çevresi	38,187732	37,219713
30.	Elbistan Hayvan Pazarı	38,219498	37,202738

3.1.3. Barınma alanlarının alan hesaplaması

Barınak alanlarının kapasitelerinin hesaplanması için yüzölçümlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu ölçüm işlemi için Google Earth kullanılmıştır. Harita üzerinde belirlenen noktaların çevre noktaları manuel olarak işaretlenmesi ile alan hesabı gerçekleştirilmiştir. Alan hesabı ile ilgili örnek çalışmalar Şekil 3.4' te verilmiştir. Çizelge 3.3'de Elbistan ilinin barınma alanları alan bilgileri örneği sunulmuştur.



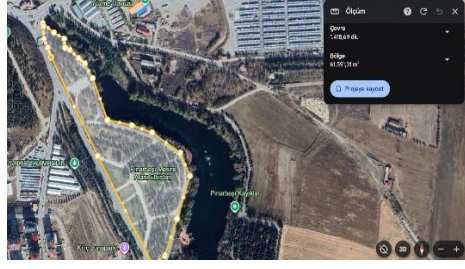
(a) Ceyhan Parkı



(b) Toki Darusselam Cami



(c) Tepebaşı İlkokulu



(d) Pınarbaşı Mesire Alanı

Şekil 3.4. Elbistan Barınma Noktaları Alan Hesabı

Çizelge 3.3. Elbistan İlçesi Toplanma Noktaları Alanları Bilgileri

Barınma Alanları	Koordinat X	Koordinat Y	Alan (m ²)
1. Açık Pazar Arkası	38,205276	37,185773	4.500
2. Şehit Er Mehmet İnan Park	38,196292	37,190528	10.000
3. Esentepe Parkı	38,215662	37,180044	2.000
4. Çilingir Çayırı	38,223093	37,173297	36.000
5. Elbistan Millet Bahçesi	38,195611	37,196937	46.000
6. Fatih Cami Parkı	38,205149	37,194643	1.100
7. Bahçelievler Mahalle Muhtarlığı Parkı	38,219670	37,180383	2.900
8. Kızılcaoba Parkı	38,190901	37,193083	2.500
9. Kümbet Parkı	38,195755	37,214268	5.500
10. Tepebaşı Parkı-Mahalle Muhtarlığı	38,222036	37,198577	3.000
11. Hacı Bektaş Veli Parkı	38,203998	37,214745	2.500
12. Elbistan Stadyum	38,211922	37,209458	55.000
13. Orhangazi Parkı	38,207722	37,196225	1.500
14. Saraybosna Parkı	38,191446	37,200547	9.000
15. Pınarbaşı Mesire Alanı	38,182811	37,217562	60.000
16. Yunus Emre Mahalle Parkı	38,194193	37,215156	7.000
17. Mükremin Halil Anadolu Lisesi ve Çevresi	38,191790	37,192206	11.000
18. Fatih İlkokulu	38,204067	37,194965	6.000
19. Tepebaşı İlkokulu	38,221476	37,198250	7.000
20. Elbistan Gençlik Meclisi ve Spor Sahası	38,191196	37,191116	11.000
21. Elbistan Ortaokulu	38,196019	37,190690	5.000
22. Elbistan Pınarbaşı Seyir Tepesi	38,185749	37,213489	24.000
23. Musiad Konteyner Kent	38,188615	37,222324	165.000
24. Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent-1	38,198251	37,224785	10.000
25. Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent-2	38,197289	37,223905	14.000

26.	Tepebaşı Selçuklu İlk Orta Okulu	38,228810	37,212287	5.000
27.	Toki Darusselam Camii	38,201229	37,152220	3.680
28.	Ceyhan Parkı	38,202445	37,184729	18.000
29.	Elbistan Adliyesi Çevresi	38,187732	37,219713	13.350
30.	Elbistan Hayvan Pazarı	38,219498	37,202738	46.500

3.1.4. Barınma alanları kapasite hesabı

AFAD' ın belirlediği kriterlere göre barınma alanlarında kişi başı 3,5 – 4,5 m² aralığında alan ayrılması gerekmektedir. Bu verilere göre aday barınma noktaları alan verileri kişi başı düşen metrekare değerine bölünerek barınma alanlarının kapasitelerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.4'te Elbistan ilçesine ait barınma alanlarının kapasiteleri çizelgesi verilmiştir.

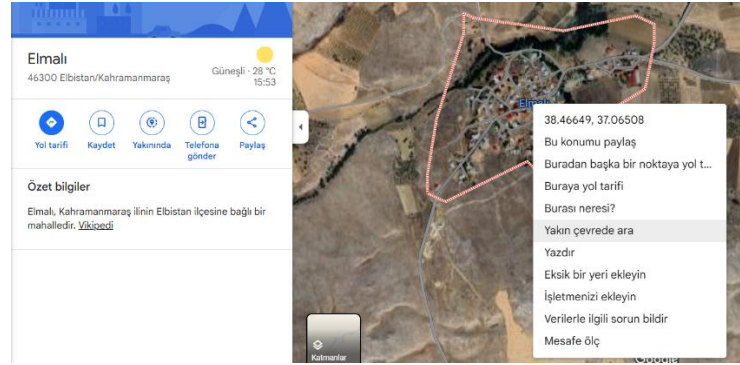
Çizelge 3.4. Elbistan İlçesi Toplanma Noktaları Kapasite Bilgileri

Barınma Alanları		Koordinat X	Koordinat Y	Alan (m ²)	Kapasite (kişi)
1.	Açık Pazar Arkası	38,205276	37,185773	4.500	1.000
2.	Şehit Er Mehmet İnan Park	38,196292	37,190528	10.000	2.222
3.	Esentepe Parkı	38,215662	37,180044	2.000	444
4.	Çilingir Çayırı	38,223093	37,173297	36.000	8.000
5.	Elbistan Millet Bahçesi	38,195611	37,196937	46.000	10.222
6.	Fatih Cami Parkı	38,205149	37,194643	1.100	244
7.	Bahçelievler Mahalle Muhtarlığı Parkı	38,219670	37,180383	2.900	644
8.	Kızılcaoba Parkı	38,190901	37,193083	2.500	556
9.	Kümbet Parkı	38,195755	37,214268	5.500	1.222
10.	Tepebaşı Parkı-Mahalle Muhtarlığı	38,222036	37,198577	3.000	667
11.	Hacı Bektaş Veli Parkı	38,203998	37,214745	2.500	556
12.	Elbistan Stadyum	38,211922	37,209458	55.000	12.222
13.	Orhangazi Parkı	38,207722	37,196225	1.500	333
14.	Saraybosna Parkı	38,191446	37,200547	9.000	2.000
15.	Pınarbaşı Mesire Alanı	38,182811	37,217562	60.000	13.333
16.	Yunus Emre Mahalle Parkı	38,194193	37,215156	7.000	1.556
17.	Mükremin Halil Anadolu Lisesi ve Çevresi	38,191790	37,192206	11.000	2.444
18.	Fatih İlkokulu	38,204067	37,194965	6.000	1.333
19.	Tepebaşı İlkokulu	38,221476	37,198250	7.000	1.556
20.	Elbistan Gençlik Meclisi ve Spor Sahası	38,191196	37,191116	11.000	2.444
21.	Elbistan Ortaokulu	38,196019	37,190690	5.000	1.111
22.	Elbistan Pınarbaşı Seyir Tepesi	38,185749	37,213489	24.000	5.333
23.	Musiad Konteyner Kent	38,188615	37,222324	165.000	36.667
24.	Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent- 1	38,198251	37,224785	10.000	2.222
25.	Hazret Ali Camii Yakını Çadır Kent- 2	38,197289	37,223905	14.000	3.111

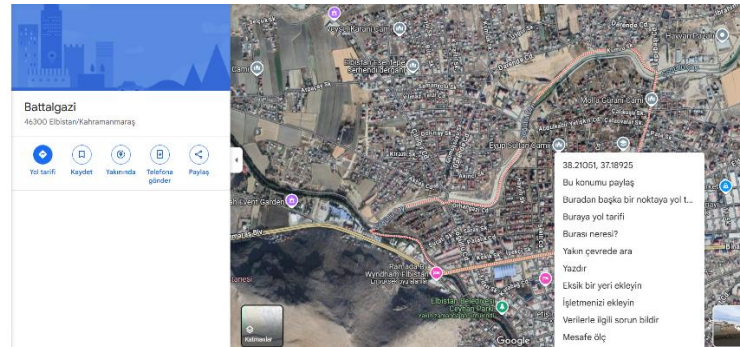
26.	Tepebaşı Selçuklu İlk Orta Okulu	38,228810	37,212287	5.000	1.111
27.	Toki Darusselam Camii	38,201229	37,152220	3.680	818
28.	Ceyhan Parkı	38,202445	37,184729	18.000	4.000
29.	Elbistan Adliyesi Çevresi	38,187732	37,219713	13.350	2.967
30.	Elbistan Hayvan Pazarı	38,219498	37,202738	46.500	10.333

3.1.5. İlçelerin mahallelerinin tespiti

Çalışmada, afetzede nüfusun barınaklara yerleştirilmesi aşamasında, nüfus mahalle bazında gruplar olarak kabul edilmiştir. Mahalle gruplarının toplu olarak barınaklara yerleştirildiği var sayılmıştır. Afetzede nüfuslarının konum bilgisi olarak mahallelerin koordinat bilgileri kabul edilmiştir. Bu sebeple mahallelerin koordinat bilgileri tespit edilmiştir. Şekil 3.5'te mahallelerin koordinat bilgilerine ulaşılması ile ilgili örnek çalışmalar gösterilmiştir.



(a)Elmalı Mahallesi



(b)Battalgazi Mahallesi

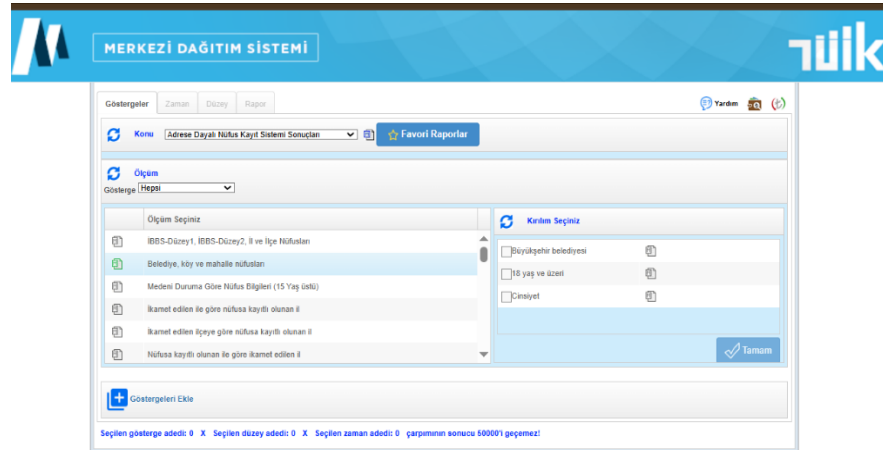


(c)Esentepe Mahallesi

Şekil 3.5. Elbistan Mahalle Koordinatları

3.1.6. Nüfus verilerinin toplanması

Uygulamada afetzedeler mahalleler halinde grup olarak kabul edilerek barınaklara yerleştirildiği kabul edilmiştir. Bu sebeple her ilçenin mahallelerine ait nüfus verileri edinilmiştir. TÜİK' in Biruni merkezi dağıtım sistemi üzerinden 2022 yılına ait kayıtlar temin edilmiştir. Kayıtlara erişim işlemi aşamaları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



(a) Biruni Veri Dağıtım Sistemi Gösterge Seçimi

Seçilen gösterge adedi: 1 X Seçilen düzey adedi: 0 X Seçilen zaman adedi: 0 çarpımının sonucu 50000'i geçemez!

(b) Biruni Veri Dağıtım Sistemi Yıl Seçimi

Seçilen gösterge adedi: 1 X Seçilen düzey adedi: 0 X Seçilen zaman adedi: 1 çarpımının sonucu 50000'i geçemez!

(c) Biruni Veri Dağıtım Sistemi İl ve İlçe Seçimi

Rapora ilişkin farklı değişkenleri satır ve sütunlar arasında yer değiştirebilirsiniz.

Satır	Sütun
Yıl	Ölçüm
Düzyer	Kıtlım
	Ay
	Dönem

Gözetile

Satır	Sütunlar
	Bülgelerin, Köy Ve Mahalle Nüfus Ölçüm bazında
2022_Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Afşinbey Mah.)-62610	7.102
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Ağaçgar Mah.)-160107	125
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Akıncılar Mah.)-160007	284
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Alıncılar Mah.)-160109	1.209
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Ağaçtan Mah.)-62611	3.412
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Ağaç Mah.)-160111	1.143
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Akıncılar Mah.)-160101	1.871
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Anzorey Mah.)-160141	284
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Arıng Mah.)-160089	4.382
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Armutalan Mah.)-160165	150
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Bakırçay Mah.)-160091	945
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Bağcı Mah.)-160113	536
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Beyaz Mah.)-160191	194
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Beyaz Mah.)-160192	4.010
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Binboğa Mah.)-160115	231
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Büyük Mah.)-160167	197
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Büyüksevin Mah.)-160117	242
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Çağlayan Mah.)-160103	721
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Çağlayan Mah.)-160119	227
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Çobanbey Mah.)-160093	2.056
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Çobanbey Mah.)-160095	949
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Çömüç Mah.)-160169	258
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Çukurçın Mah.)-160121	189
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Döndüce Mah.)-160113	4.095
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Döndüce Mah.)-160123	230
Kahramanmaraş(Afşin/Afşin Bel./Dokuzay Mah.)-160171	182

(c) Biruni Veri Dağıtım Sistemi Veri Raporu

Şekil 3.6. TÜİK Nüfus Verileri

3.1.7. Mesafe matrisi

Afetzedelerin barınak ile olan mesafesinin kısa olması ulaşım kolaylığı için önemlidir. Maliyet fonksiyonu modellemesi esnasında uygunluk değerinin hesaplanması için afetzede nüfusun aday barınaklara olan mesafesi göz önüne alınmıştır. Bu amaçla mahalle merkez koordinatları ve aday barınak alanlarının koordinatları kullanılarak nüfus ile barınakların arasındaki ortalama mesafe değeri hesaplanmıştır. Ortalama mesafe hesaplama işlemi Denklem 3.1 de verilen Öklid iki nokta arası uzaklık fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplama sonuçları her ilçeye ait mahallelerin ve barınma alanlarının arasındaki mesafelerin tablo haline getirildiği bir matriste tutulmuştur. Elde edilen mesafe matrisi örneği Çizelge 3.5'te Elbistan'ın 14 adet mahallesi için sunulmuştur.

$$X = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.5. Elbistan İlçesi 14 Mahallesi için Mesafe Matrisi

Bar. Alan	Mah. 1	Mah. 2	Mah. 3	Mah. 4	Mah. 5	Mah. 6	Mah. 7	Mah. 8	Mah. 9	Mah. 10	Mah. 11	Mah. 12	Mah. 13	Mah. 14
1	27017,67	36206,19	6565,912	36446,61	7913,54	27691,56	18037,70	6076,35	14865,53	40730,36	29264,07	280517,10	14253,74	21831,66
2	16965,45	26339,22	14895,79	29438,38	3431,41	18865,36	14314,61	7026,83	24020,88	47594,95	28445,81	274728,20	16457,29	19582,07
3	38803,83	47908,22	9899,07	46238,34	19598,94	38885,94	27073,81	16891,38	7968,88	34634,19	34414,08	287740,90	19484,66	29233,29
4	48416,41	57911,13	19625,49	55930,45	29584,76	48913,34	36749,78	26928,18	10658,94	29829,73	42444,99	295695,60	25996,13	38370,96
5	15598,68	21772,66	17476,28	23003,39	6908,13	12962,47	9359,26	9375,97	29468,61	53889,46	23829,96	268283,10	22895,06	14808,53
6	25087,26	31179,52	8316,023	28342,65	6441,84	21321,02	9374,38	3669,91	23075,77	49517,48	20770,68	271711,80	22068,67	12974,23
7	42387,19	50973,92	12036,07	48157,15	22828,88	41591,48	28998,04	19829,67	10506,64	35613,75	34739,95	288101,60	23421,96	30502,59
8	11094,51	20784,31	20633,34	26542,20	8906,43	14733,56	15426,97	12450,79	29624,70	51960,54	29876,06	271675,20	19980,87	20864,50
9	24440,99	19101,61	29707,90	6685,40	23274,02	10107,40	12521,35	23968,33	44746,34	70562,56	16220,00	251068,10	40199,81	12134,83
10	42070,36	45793,62	14660,69	36884,14	23551,28	35019,08	20419,33	20073,16	27547,42	53914,61	18632,77	270689,40	34941,66	18493,33
11	30690,26	27210,31	26873,68	13190,73	23829,56	17362,18	11331,46	23255,00	42834,74	69604,54	7991,73	251647,80	41233,55	7395,38
12	34762,45	34504,45	20650,77	22594,19	21911,00	23807,38	11347,99	19940,01	36709,77	63855,06	4802,29	258117,50	38343,83	6311,89
13	27654,04	32845,81	8131,31	28327,37	9462,19	22585,27	9155,60	6503,58	23944,03	50803,20	18529,69	270512,90	24546,89	11517,47
14	12431,61	16325,20	22876,09	19067,24	12334,92	7736,52	11196,78	14871,79	34837,42	58665,83	24687,77	264287,30	27055,30	16073,16
15	22212,89	10198,15	40318,41	9159,35	31170,62	11352,25	23946,93	33119,74	53724,18	77657,07	29350,33	2466668,80	45762,00	25139,76
16	24184,96	17898,43	31287,10	5087,53	24449,43	9677,77	14116,60	25329,02	46166,48	71798,54	17804,56	250015,80	41168,40	13928,27
17	12172,25	22028,68	19594,08	27406,05	7891,01	15775,26	15419,70	11482,60	28376,24	50800,07	29896,71	272625,90	18879,75	20873,20
18	23996,37	30070,78	9329,22	27558,64	5742,07	20269,17	8780,87	3557,84	23741,49	49996,82	20852,66	271246,00	22003,13	12762,02
19	41489,05	45323,97	14025,64	36615,35	22918,18	34564,82	19961,03	19434,15	27049,08	53491,41	18616,90	270898,20	34313,38	18172,51
20	11958,67	22497,47	20025,60	28501,15	8437,44	16721,41	16626,71	12061,18	28087,08	50046,12	31103,24	273660,20	18022,60	22080,16
21	16657,04	26030,72	15186,08	29237,12	3666,35	18602,66	14283,99	7277,44	24324,55	47838,45	28462,94	274538,80	16634,75	19577,26
22	18844,85	9505,84	35362,81	8565,00	26157,58	6407,20	19246,64	28102,46	48706,67	72788,03	26237,33	250927,60	41003,07	20986,37
23	28132,88	17475,12	40340,74	4136,19	32903,83	14765,12	23190,75	34120,50	55003,59	80208,42	24712,70	242345,80	48975,20	22701,85
24	34450,71	26192,62	38184,20	8317,39	33494,44	19943,72	21602,98	33656,47	53935,03	80368,35	17295,20	240922,50	50706,86	18810,40
25	33197,51	24894,33	37698,07	7017,36	32670,05	18702,60	20944,64	32946,92	53351,89	79673,59	17569,99	241676,00	49814,33	18438,49
26	51537,41	51499,24	29402,56	37788,74	35931,48	40893,54	27976,60	32943,57	42787,05	68767,94	16950,22	258785,80	49637,56	23394,15
27	48188,42	61480,48	37909,00	68057,04	39131,64	56860,22	51341,80	39334,01	23397,20	12648,84	62963,78	313343,10	22255,67	55571,90
28	24834,05	34793,41	9565,82	36489,22	7165,66	26920,03	18824,21	6820,78	15604,76	40277,96	31030,64	281188,70	11901,26	23125,19
29	25377,10	14937,56	38726,30	4007,27	30786,45	12156,63	21712,39	32197,82	53068,03	77985,03	24484,71	244873,70	46575,69	21830,51
30	40076,72	42525,40	16257,12	32486,14	22914,87	31677,92	17285,18	19753,80	30803,61	57623,72	13760,52	266109,20	36358,19	14448,20

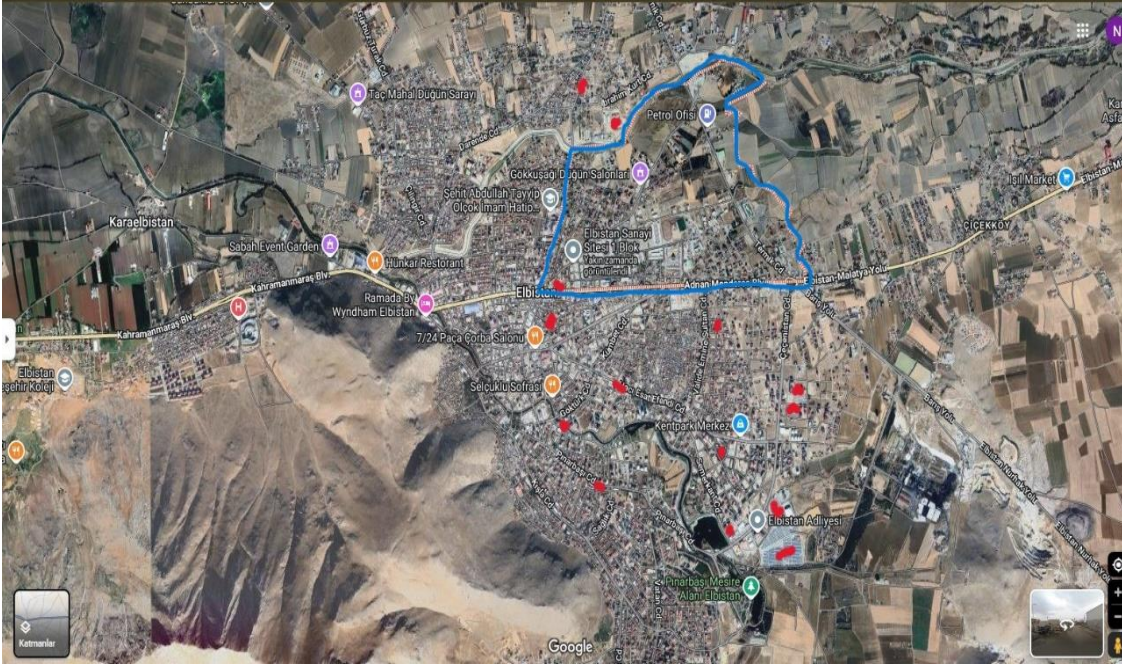
3.1.8. Kapsam matrisi

Kapsam matrisi uygunluk değeri hesabında kullanılması adına hazırlanmıştır. Matrisi oluşturulma amacı mahallelerin açılan barınaklara yerleştirilmesi işlemi minimum mesafede gerçekleştirebilmektir. Matris oluşturulurken, her mahallenin tüm barınaklara olan mesafesinin ortalama değeri hesaplanmıştır. Daha sonra bu ortalama değerden daha kısa mesafede olan barınak merkezlerinin o mahallenin kapsamına girdiği kabul edilmiştir. Ortalamadan daha uzak mesafedeki barınaklar ise kapsam dışında

sayılmıştır. Oluşturulan kapsam matrisi örneği Çizelge 3.6'da Elbistan'ın 14 mahallesine ait veriler için sunulmuştur. Şekil 3.7'de Elbistan ilçesi Orhangazi mahallesi için kapsam alanındaki barınak konumları kırmızı renk noktalar ile gösterilmiştir. Uygunluk değeri hesaplanırken kapsam alanındaki bir barınağa yerleştirilen mahalle için yerleşme mesafesi kabul edilirken, kapsam dışında bir barınağa yerleşen mahallede uzak mesafe değeri ceza puanı olarak uygulanmıştır. Böylece mahallelerin uygun olan en kısa mesafeye yerleştirildiği çözümlere yönelim hedeflenmiştir.

Çizelge 3.6. Elbistan İlçesi 14 Mahallesi için Kapsam Matrisi

Bar. Alan	Mah. 1	Mah. 2	Mah. 3	Mah. 4	Mah. 5	Mah. 6	Mah. 7	Mah. 8	Mah. 9	Mah. 10	Mah. 11	Mah. 12	Mah. 13	Mah. 14
1.	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
2.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
3.	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
4.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
6.	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
7.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
8.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
9.	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
10.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
11.	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
12.	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1
13.	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
14.	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
15.	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
16.	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
17.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
18.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
19.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
20.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
21.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
22.	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
23.	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
24.	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
25.	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
26.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
27.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
28.	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
29.	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
30.	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1



Şekil 3.7. Elbistan Orhangazi Mahallesi Kapsamındaki Barınma Alanları

3.2. Transfer Fonksiyonları

Doğadan ilham alarak geliştirilmiş optimizasyon algoritmalarının çoğunluğu sürekli arama uzayındaki problemlere uygun olarak sunulmuştur. Sürekli arama uzayına uygun algoritmalar ayrık uzay problemlerine uygulanabilir hale getirilebilmek için iki farklı yöntem ile ayrıştırılabilmektedir. Bu yöntemlerden ilki arama uzayı çözümlerini ikili vektör ile temsil etmek ve uygun operatörler ile algoritma boyunca ikili kalmasını sağlamak için algoritma üzerinde modifiye işlemlerinin gerçekleştirilmesi iledir. Bu yöntem ile dönüşüm işlemlerinden kurtulurken algoritmayı bozma riskiyle de karşılaşılabilir. Diğer yöntem ise transfer fonksiyonlarından yararlanılarak algoritmanın sürekli uzaydan ayrık uzaya transferini gerçekleştirmektir. Bu işlemde değerler amaç fonksiyonuna gitmeden önce transfer fonksiyonu ile ikili uzaya taşınarak ikili dönüşümü sağlanır. Algoritmaya müdahale etmeden kolaylıkla dönüşüm gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasında transfer fonksiyonlarından, S-Şekilli, V-Şekilli, T-Şekilli, Z-Şekilli, O-Şekilli, U-Şekilli olan farklı dönüşümlere sahip fonksiyonlardan toplam 24 adet fonksiyon kullanılarak AVOA ikili uzaya taşınmıştır.

Algoritmaların başarılı sonuçlara ulaşabilmesi için uygun olan transfer fonksiyonunun belirlenmesi önemlidir. Çünkü bu dönüşümler arama uzayı üzerinde

hareketi etkilemektedir. İlk transfer fonksiyonu olan sigmoid fonksiyonu (S-Şekli) PSO algoritmasının ikili uzaya taşınması için Denklem 3.2 'deki gibi önerilmiştir (Seyedali Mirjalili ve Lewis, 2013).

$$Tf(v_i^k(t)) = \frac{1}{1 + e^{-v_i^k(t)}} \quad (3.2)$$

Burada $v_i^k(t)$ i . bireyin k . boyutundaki sürekli değeri ifade eder. Bu denklem ile hesaplanan olasılık değeri daha sonra Denklem 3.3 ile pozisyon güncellemesi gerçekleştirir (Seyedali Mirjalili ve Lewis, 2013).

$$x_i^k(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } rand \geq Tf(v_i^k(t)) \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.3)$$

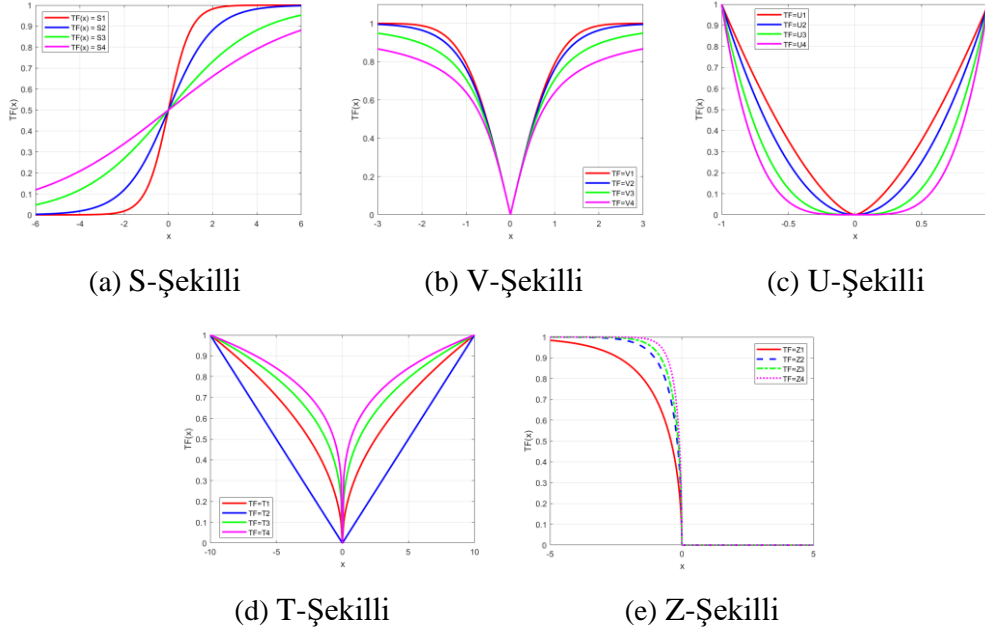
Burada $rand$ $[0,1]$ aralığında rastgele değerdir.

Çizelge 3.1' de transfer fonksiyonlarının denklem ifadelerine yer verilmiş, Şekil 3.8'de bu fonksiyonların grafikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Transfer Fonksiyonları Denklem İfadeleri

İsim	İfade	İsim	İfade
S1	$Tf_1(x) = \frac{1}{1 + e^{-2x}}$	V1	$Tf_5(x) = \left erf\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2}x\right) \right $
S2	$Tf_2(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	V2	$Tf_6(x) = \tanh(x) $
S3	$Tf_3(x) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x}{2}}}$	V3	$Tf_7(x) = \left \frac{x}{\sqrt{1 + x^2}} \right $
S4	$Tf_4(x) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x}{3}}}$	V4	$Tf_8(x) = \left \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{\pi}{2}x\right) \right $
U1	$Tf_9(x) = x^{1.5} , \alpha = 1, \beta = 1.5$	T1	$Tf_{13}(x) = \frac{\sqrt{ x }}{\sqrt{ ub }}$
U2	$Tf_{10}(x) = x^2 , \alpha = 1, \beta = 2$	T2	$Tf_{14}(x) = \frac{ x }{ ub }$
U3	$Tf_{11}(x) = x^3 , \alpha = 1, \beta = 3$	T3	$Tf_{15}(x) = \frac{\sqrt[3]{ x }}{\sqrt[3]{ ub }}$
U4	$Tf_{12}(x) = x^4 , \alpha = 1, \beta = 4$	T4	$Tf_{16}(x) = \frac{\sqrt[4]{ x }}{\sqrt[4]{ ub }}$

O1	$Tf_{17}(x) = \sin(2\pi(x - a) \times b \times \cos(2\pi(x - a) \times c)) + d$ a, d = 0 b, c = 1	Z1	$Tf_{21}(x) = \sqrt{1 - 2^x}$
O2	$Tf_{18}(x) = \llbracket x \text{ mod } 2 \rrbracket$	Z2	$Tf_{22}(x) = \sqrt{1 - 5^x}$
O3	$Tf_{19}(x) = \frac{(x - A_{min})}{A_{max} - A_{min}}, A_{min} \leq x \leq A_{max}$	Z3	$Tf_{23}(x) = \sqrt{1 - 8^x}$
O4	$Tf_{20}(x) = x$	Z4	$Tf_{24}(x) = \sqrt{1 - 20^x}$



Şekil 3.8. Transfer Fonksiyonları Grafikleri

Çizelge 3.7’de verilmiş olan denklemler ile olasılıkları hesaplanan değerler farklı denklemler aracılığı ile ikili hale dönüştürülür.

S-Şekilli, V-Şekilli (Seyedali Mirjalili ve Lewis, 2013), U-Şekilli (Seyedezhahra Mirjalili vd., 2020), Z-Şekilli (Guo vd., 2020) ve O3 (L. Wang vd., 2008) fonksiyonları çizelgedeki denklemler ile hesaplanan olasılık hesaplarının ardından Denklem 3.3. ile konum güncellemelerini gerçekleştirirler.

T-Şekilli (Taper Şekilli) transfer fonksiyonu ise olasılık hesabının ardından aşağıda verilen Denklem 3.4 ile konum güncellemesini gerçekleştirir (He vd., 2022).

$$x_i^k(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } 0.5 \geq Tf(v_i^k(t)) \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.4)$$

Diğer bir transfer fonksiyonu grubu olan O-Şekilli transfer fonksiyonları farklı çalışmalarla önerilmiştir. O1 transfer fonksiyonu açılı modülasyon fonksiyonu (Pampará ve Engelbrecht, 2011), O2 transfer fonksiyonu en yakın tam sayı fonksiyonu (Costa vd., 2014), O3 transfer fonksiyonu doğrusal normalizasyon fonksiyonu (L. Wang vd., 2008) ve O4 transfer fonksiyonu düzeltilmiş doğrusal birim yönetimi (Zhu vd., 2017) olarak çalışmalarda sunulmuştur. Bu fonksiyonlardan O1 ve O4 için hesaplama sonuçları Denklem 3.5 ile ikili değer dönüşümü gerçekleştirilmektedir.

$$x_i^k(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } 0 \geq Tf(v_i^k(t)) \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.5)$$

O2 ile gerçekleştirilen hesaplamalar ise Denklem 3.6 ile ikili uzaya taşınmaktadır.

$$x_i^k(t+1) = Tf(v_i^k(t)) \quad (3.6)$$

3.3. Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması

Meta-sezgisel algoritmalar bilgisayar bilimlerinde problemleri çözmek adına doğayı ve insanı taklit ederek modellenen büyük ölçekli problemlerde en iyiye yakın çözüm vermede başarılı algoritmalarlardır. Bu algoritmaların en güçlü yönlerinden biri, doğadaki üstün özellikleri ve doğal seleksiyon yoluyla evrimleşen biyolojik sistemleri başarıyla taklit etmelerinden kaynaklanmaktadır. Doğadaki biyolojik ve fiziksel olayların modellenmesiyle geliştirilen meta-sezgisel algoritmalar evrim tabanlı, fizik tabanlı ve sürü tabanlı olarak gruplandırılmaktadır. Evrim tabanlı algoritmalar doğal evrim yasalarını temel alarak geliştirilen, fizik tabanlı algoritmalar evrendeki fizik kurallarından esinlenerek geliştirilen ve sürü tabanlı algoritmalar, doğadaki hayvanların avlanma, eş seçme gibi sosyal davranışlarının taklit edilerek modellenmesiyle geliştirilen algoritmalarlardır.

Afrika Akbabası Optimizasyon algoritması, 2021 yılında toplu yaşam süren ve yiyecek bulmak için grup halinde hareket eden akbabaların davranışlarının incelenmesi ve matematiksel olarak modellenmesi ile geliştirilmiş sürü tabanlı algoritmadır (Abdollahzadeh vd., 2021).

Akbabalar Amerika, Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarında yaşarlar. Kel ve düzenli tüyleri olmayan, diğer kuşların aksine yuva yapmayan canlılardır. Sağlıklı hayvanlara nadiren saldırırlar, genellikle leşlerle, hasta veya yaralı olan hayvanlarla beslenirler. Bu sebeple ekzosistemde önemli yer tutarlar. Afrika'da yaşayan akbabalar farklı fiziksel özelliklere sahip olmaları sebebiyle üç gruba ayrılırlar. Birincisi Lappet Yüzlü Akbaba, fiziksel daha yetenekli olan ve yiyecek bulma ihtimali en yüksek olan türdür. İkinci tür, birinci türe nazaran daha zayıf fiziksel özelliklere sahip olan Beyaz Sırtlı Akbaba *Gyps Africanus*' dur. Sonuncu tür ise diğer iki gruptan fiziksel olarak daha zayıf olan Kapşonlu Akbaba *Necrosyrtes Monachus* türüdür (Abdollahzadeh vd., 2021).



Şekil 3.9. Rüppell Akbabası, Beyaz Sırtlı Akbaba ve Lappet Yüzlü Akbaba (Abdollahzadeh vd., 2021)

Akbabalar doğal ortamlarında yiyecek bulmak için çok uzun mesafelerde uçuş gerçekleştirirler. Yiyecek arayan akbabalar, fiziksel olarak güçlü olan yiyecek bulma yeteneği gelişmiş akbaba türünden bir akbaba bulmayı hedefler. Yiyecek kaynağı bulunduğu akbabalar arasında çatışma gerçekleşmesi mümkündür. Zayıf olan akbabalar güçlü olan akbabaları kovalayarak yorarlar ve yiyeceklerini alırlar. Aç kalmaları daha saldırgan davranmalarına sebep olur. Afrika'daki akbaba türleri arasındaki bu besin arayışı ve beslenme süreçlerinden ilham alınarak Afrika Akbabası Optimizasyon Algoritması modellenmiştir. Modelleme çerçevesi aşağıdaki gibi sunulmuştur (Abdollahzadeh vd., 2021).

- Çözüm ortamında N adet akbaba olabilir. Popülasyon sayısı probleme göre belirlenir.

- Doğal yaşamlarında akbabalar yiyecek arayan ve onları takip eden akbabalar olarak iki gruba ayrılır. Algoritma modellemesinde de en iyi akbabaları belirlemek için başlangıç popülasyonunun uygunluk değeri hesaplandıktan sonra en iyi iki aday çözüm belirlenir. Diğer çözümler en iyi iki akbabaya göre hareket eder ve çözüm uzayı değişir.

- Bu modellemede akbabaların yiyecek aramak için grup halinde yaşama davranışı modellenmiştir.

- Akbabaların yiyecek arama davranışı ve yeme eğilimleri açlık tuzağından kaçılmasını sağlar. Bu da en kötü çözümden uzaklaşmayı iyi çözüme doğru yaklaşmayı sağlar. AVOA' da belirlenen en iyi iki akbabaya yaklaşmayı sağlar.

Birinci Aşama: En İyi Akbabanın Belirlenmesi

Başlangıç popülasyonunun oluşturulmasının ardından, aday çözümlerin uygunluk değeri hesaplanır. Daha sonra en iyi iki çözüm belirlenir. Diğer aday çözümler seçilen iyi çözümlere doğru hareket eder.

$$R(i) = \begin{cases} BestVulture_1 & \text{if } p_i = L_1 \\ BestVulture_2 & \text{if } p_i = L_2 \end{cases} \quad (3.7)$$

Denklem 3.7 ile diğer akbabaların hareketi hesaplanır L_1 ve L_2 0 ile 1 arasında değişen ve toplamları 1 olan önceden belirlenmiş parametrelerdir. Hangi en iyi çözümün seçileceği Denklem 3.8 kullanılarak rulet çarkı yöntemi ile belirlenir.

$$p_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (3.8)$$

Tanımlanan parametrelerden α parametresi 1 değerine yakınsa ve β parametresi 0 değerine yakınsa algoritmada artan yoğunluğa sebep olur ve sömürü artar. Eğer parametrelerden α parametresi 0 değerine yakınsa ve β parametresi 1 değerine yakınsa algoritmada çeşitliliğe sebep olur, keşif artar.

İkinci Aşama: Akbabaların Açlıktan Ölmesi

Akbabalar genellikle yiyecek arama davranışı gösterirler. Tok olduklarında enerjileri yüksek olmasından dolayı daha uzun mesafelerde yiyecek aralar. Ancak aç olduklarında daha düşük enerjileri olur ve saldırgan davranışlar sergilerler. Uzun mesafe kat edemezler. Güçlü akbabaların yanında yiyecek ararlar. Bu davranışları Denklem 3.9 ve Denklem 3.10 ile matematiksel olarak modellenmiştir. Modelde akbabaların açlık ve tokluk oranları modelin sömürü aşamasını mı keşif aşamasını mı uygulayacağını belirleyen bir eşik değeri olarak kullanılmaktadır.

$$t = h \times \left(\sin^w \left(\frac{\pi}{2} \times \frac{iteration_i}{maxiteration} \right) + \cos \left(\frac{\pi}{2} \times \frac{iteration_i}{maxiteration} \right) - 1 \right) \quad (3.9)$$

$$F = (2 \times rand_i + 1) \times z \times \left(1 - \frac{iteration_i}{maxiteration} \right) + t \quad (3.10)$$

Denklem 3.9 ve Denklem 3.10 'daki F değeri akbabaların açlık durumunu ifade eder. $rand_i$ değeri 0 ile 1 arasında, h değeri -2 ile 2 arasında rastgele bir sayı değerleridir. z değeri ise 0 değerinin altına düştüğünde akbabanın aç olduğunu 0 değerinin üzerine çıktığında tok olduğunu ifade eder.

Denklem 3.9 erken yakınsama problemini önlemeye yönelik bir denklemdir. Yerel optimumlardan kaçmayı sağlar. w parametresi uygulama öncesi tanımlanan sabit bir parametredir. w değeri arttıkça algoritmanın keşif sürecine girme ihtimali daha yüksek olur, değer azaldıkça keşif süreci ihtimali azalır.

Denklem 3.10 da hesaplanan F değeri 1' den fazla ise akbabalar yiyecek arama davranışı gösterir, algoritma keşif sürecine girer. F değeri 1' den küçük olur ise akbabalar belli bir alanda yiyecek aramaya yoğunlaşır, algoritma sömürü sürecine girer.

Üçüncü Aşama: Keşif Aşaması

Akbabalar için yiyecek bulmak zor bir süreçtir. Uzun mesafeler kat etmeleri gerekmektedir. Bu yiyecek bulma zorluğuna karşın akbabaların görsel yeteneği oldukça güçlüdür. AVOA' da akbabalar keşif aşaması için iki farklı strateji ile davranış

gösterebilmektedir. Bu iki strateji arasında seçim yapılması için $P1$ parametresi kullanılmaktadır. $P1$ parametresi arama işlemi öncesinde 0 ile 1 arasında değere sahip olacak şekilde belirlenir. Keşif sürecinde rastgele bir değer üretilir ve $P1$ ile üretilen rastgele değer kıyaslanır. Eğer rastgele değer $P1$ den büyük veya eşit bir değer ise Denklem 3.12 kullanılarak keşif süresi gerçekleştirilir. Eğer rastgele değer $P1$ değerinden küçük bir değer ise Denklem 3.14 kullanılarak keşif süreci gerçekleştirilir. Bu hesaplamalar doğrultusunda arama işlemi gerçekleştirilir.

$$P(i + 1) = \begin{cases} \text{Denklem(3.12) if } P_1 \geq rand_{P1} \\ \text{Denklem(3.14) if } P_1 < rand_{P1} \end{cases} \quad (3.11)$$

$$P(i + 1) = R(i) - D(i) \times F \quad (3.12)$$

$$D(i) = |X \times R(i) - P(i)| \quad (3.13)$$

Denklem 3.12 akbaların en iyi iki bireyden birinin çevresinde rastgele arama yapmasını sağlar. $P(i + 1)$ akbabanın mevcut pozisyonunun vektörüdür. $R(i)$ değeri seçilen en iyi akbabalardan biri, $P(i)$ mevcut akbaba konum vektörüdür. Burada F değeri mevcut akbabanın doygunluk oranını ifade eder. Denklem 3.13 yeni konumun hesaplanmasını sağlayan denklemdir. Burada X akbaların rastgele hareketini temsil eden rastgele bir sayıdır. Her iterasyonda değişerek çeşitliliği artırır.

$$P(i + 1) = R(i) - F + rand_2 \times ((ub - lb) \times rand_3 + lb) \quad (3.14)$$

Denklem 3.14 de lb ve ub değerleri alt ve üst sınırı ifade eder. F akbaba doygunluk oranını ve $R(i)$ en iyi akbabalardan birini, $rand_2$ ise 0 ile 1 aralığında rastgele bir değeri ifade eder. Denklem 3.14 ile rastgele çözümler üretilir. Burada $rand_3$ değeri rastgeleliği artırmak için kullanılır.

Dördüncü Aşama: Sömürü Aşaması

Eğer F değeri 1'den küçük ise algoritma sömürü sürecine girer. Bu algoritmanın akbaların komşularına yoğunlaşarak arama yapması anlamına gelir. İki farklı aşama

üzerine strateji kurulmuştur. Bu stratejilerden ilki kuşatma ve spiral uçuş davranışlarını simüle ederken, ikinci strateji birleşik saldırı ve Levy uçuşu destekli saldırı metotlarını modeller (Seyedali Mirjalili ve Lewis, 2016). Bu durum yine F değerine bağlı olarak belirlenir. Algoritma, eğer F değeri 0.5 ile 1 aralığında ise kuşatma ve spiral uçuş adımını, eğer 0.5' den küçük ise birleşik saldırı ve Levy uçuşu adımını uygular.

Sömürü adımında stratejilerin seçimi P_2 parametresinin belirlediği olasılığa göre gerçekleşir. Üretilen rastgele değer eğer P_2 değerinden büyük veya eşit olma durumunda kuşatma stratejisi gerçekleşir. Rastgele değer P_2 değerinden küçük olması halinde ise dönen uçuş stratejisi durumu gerçekleşir. Bu durum Denklem 3.15 'de ifade edilmiştir.

$$P(i + 1) = \begin{cases} \text{Denklem(3.16) if } P_2 \geq \text{rand}_{P_2} \\ \text{Denklem(3.19) if } P_2 < \text{rand}_{P_2} \end{cases} \quad (3.15)$$

Yiyecek Rekabeti ve Spiral Uçuş Modeli

F değeri 0.5 'ten büyük olması akbaların doygunluğunun yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum enerjilerinin yüksek olduğunu ifade eder. Yiyecek kaynağı bulunduğu akbalar besinlerini paylaşmak istemezler, bu durumda rekabet ortamı oluşturur ve çatışmalar gerçekleşebilir. Zayıf akbalar doygun olan enerjisi yüksek akbaları yorarak besine ulaşmaya çalışır. Bu durum Denklem 3.16 ve Denklem 3.17 'de modellenmiştir.

$$P(i + 1) = D(i) \times (F + \text{rand}_4) - d(t) \quad (3.16)$$

$$d(t) = R(i) - P(i) \quad (3.17)$$

$D(i)$ değeri Denklem 3.13 ile, F doygunluk değeri Denklem 3.10 hesaplanır. rand_4 0 ile 1 arası rastgele değerdir, rastgeleliği artırır. $R(i)$ değeri ise seçilen en iyi akbalardan biri, $P(i)$ mevcut akbaba konum vektörüdür.

Akbalar besin kaynağı bulduklarında kaynak üzerinde dönerek uçuş hareketi gerçekleştirirler. Bu hareketi matematiksel olarak ifade edebilmek için Spiral Model

kullanılmıştır. Bu hareket seçilen en iyi iki akbabanın etrafında gerçekleşmektedir. Bu hareket Denklem 3.18 ve Denklem 3.19 ile modellenmiştir.

$$\begin{aligned} S_1 &= R(i) \times \left(\frac{rand_5 + P(i)}{2\pi} \right) \times \cos(P(i)) \\ S_2 &= R(i) \times \left(\frac{rand_6 + P(i)}{2\pi} \right) \times \sin(P(i)) \end{aligned} \quad (3.18)$$

$$P(i + 1) = R(i) - (S_1 + S_2) \quad (3.19)$$

$R(i)$ değeri seçilen en iyi akbabalardan birinin konum vektörüdür. $rand_5$ ve $rand_6$ 0 ile 1 arası rastgele sayılardır. Denklem 3.18'den elde edilen değerler Denklem 3.19 'da kullanılarak akbabaların konum güncelleme işlemi gerçekleştirilir.

Kuşatma Savaşı

Sömürü sürecinin ikinci aşamasıdır. Doğal yaşamlarında güçlü akbabaların besin kaynağı üzerindeki hareketleri diğer akbabaların besin kaynağına yönelmesine sebep olmaktadır. Bu aşamada besin için akbabalar arasında mücadele gerçekleşir. $|F|$ değeri 0.5 değerinden küçük olduğunda algoritma kuşatma adımına geçer.

Kuşatma savaşı aşaması iki farklı yöntem üzerinden gerçekleşir. Hangi stratejinin kullanılacağı rastgele $rand_{P_3}$ sayı değerinin P_3 parametresi ile kıyaslanması sonucu belirlenir. Denklem 3.20 bu durumu açıklamaktadır.

$$P(i + 1) = \begin{cases} \text{Denklem 3.22 if } P_3 \geq rand_{P_3} \\ \text{Denklem 3.23 if } P_3 < rand_{P_3} \end{cases} \quad (3.20)$$

Eğer rastgele üretilen değer P_3 parametresinden küçük ise kuşatma savaşı evresi, eğer P_3 parametresinden büyük veya eşit ise besin kaynağı üzerinde akbaba toplanması evresi gerçekleşmektedir.

Akbabaların besin kaynağı üzerinde birikmesi hareketi Denklem 3.21 ve Denklem 3.22 ile modellenmiştir.

$$\begin{aligned}
A_1 &= BestVulture_1(i) - \frac{BestVulture_1(i) \times P(i)}{BestVulture_1(i) - P(i)^2} \times F \\
A_2 &= BestVulture_2(i) - \frac{BestVulture_2(i) \times P(i)}{BestVulture_2(i) - P(i)^2} \times F
\end{aligned} \tag{3.21}$$

$BestVulture_1(i)$, $BestVulture_2(i)$ seçilen en iyi akbaların konum vektörünü, F akbaların doygunluk oranlarını ve $P(i)$ mevcut akbabanın konum vektörünü ifade etmektedir.

$$P(i + 1) = \frac{A_1 + A_2}{2} \tag{3.22}$$

Denklem 3.22 'de, Denklem 3.21 'den elde edilen değerler kullanılarak bir sonraki iterasyon için yeni konum değeri hesaplanır.

Besin kaynağında toplanan akbalar arasında rekabet başlamaktadır. Akbalar birbirini yorarak besine ulaşma savaşına girer. $|F|$ değeri 0.5' in altına düştüğünde seçilen en iyi iki akbaba açlık değeri artmaya ve güçsüzleşmeye başlarlar. Diğer akbalar güçlü akbabalara karşı saldırgan davranışlarla yorarak besine ulaşmayı hedefler. Bu davranışları Denklem 3.23 ile modellenmiştir

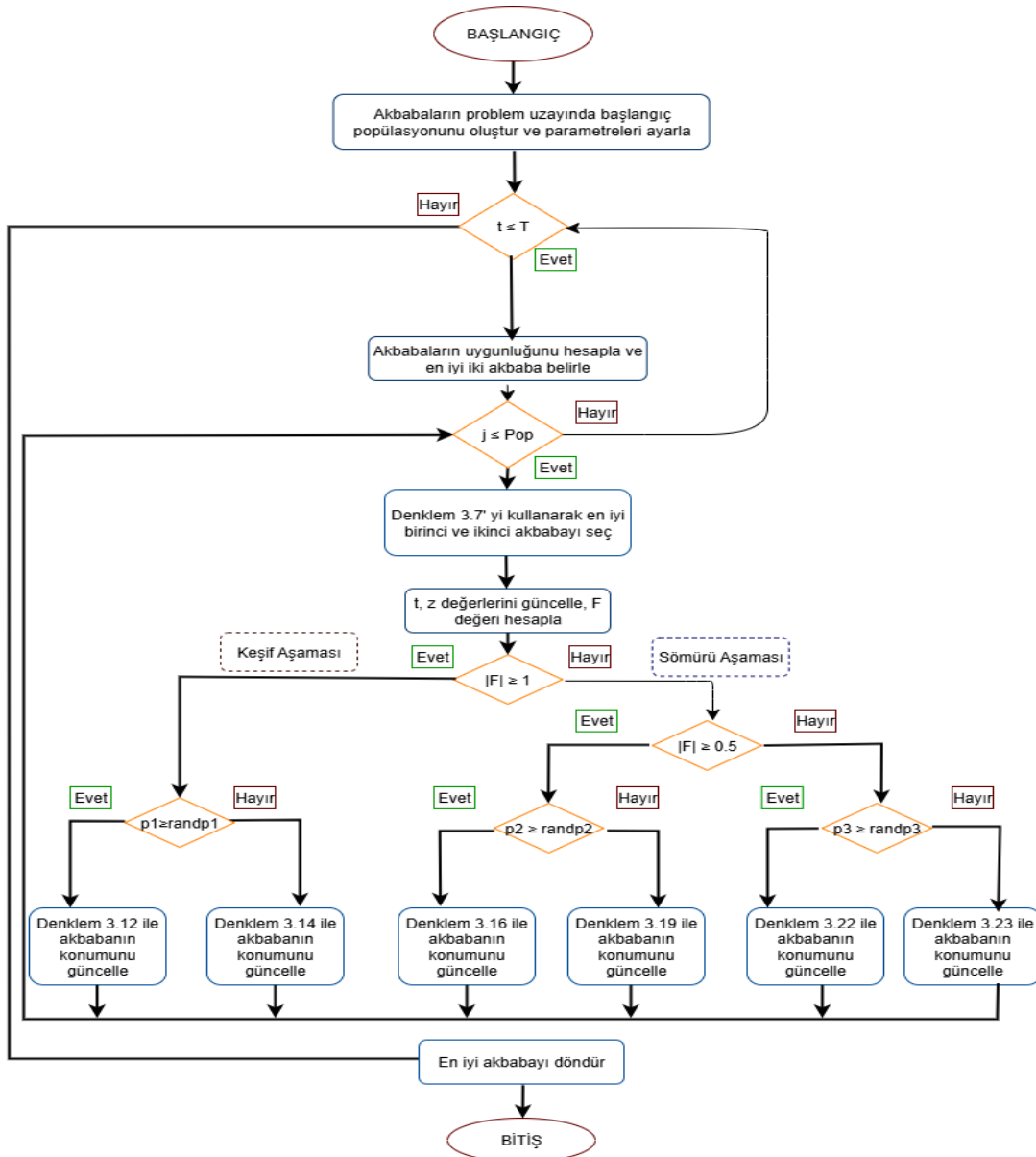
$$P(i + 1) = R(i) - |d(t)| \times F \times Levy(d) \tag{3.23}$$

Bu adımda yeni konum güncellemeleri en iyi akbabalara göre gerçekleştirilmiştir. $|d(t)|$ mevcut akbabanın en iyi akbabalara olan mesafesini ifade etmektedir. Levy uçuşu (LF) etkinliği artırmak için kullanılmıştır. Levy uçuşu algoritmanın uzun mesafelerde sıçrama yapmasını sağlar. Bu sayede algoritma yerel minimuma takılma sorunundan kaçınır. LF değeri Denklem 3.24 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$LF(x) = 0.01 \times \frac{u \times \sigma}{|v|^{\frac{1}{\beta}}}, \sigma = \left(\frac{\tau(1 + \beta) \times \sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)}{\tau(1 + \beta 2) \times \beta \times 2^{\left(\frac{\beta-1}{2}\right)}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \tag{3.24}$$

u ve v , 0 ile 1 arası rastgele sayı değerlerini, β sabit ve 1,5 olarak varsayılan bir değeri temsil etmektedir.

Şekil 3.10'da AVOA akış diyagramı sunulmuştur.

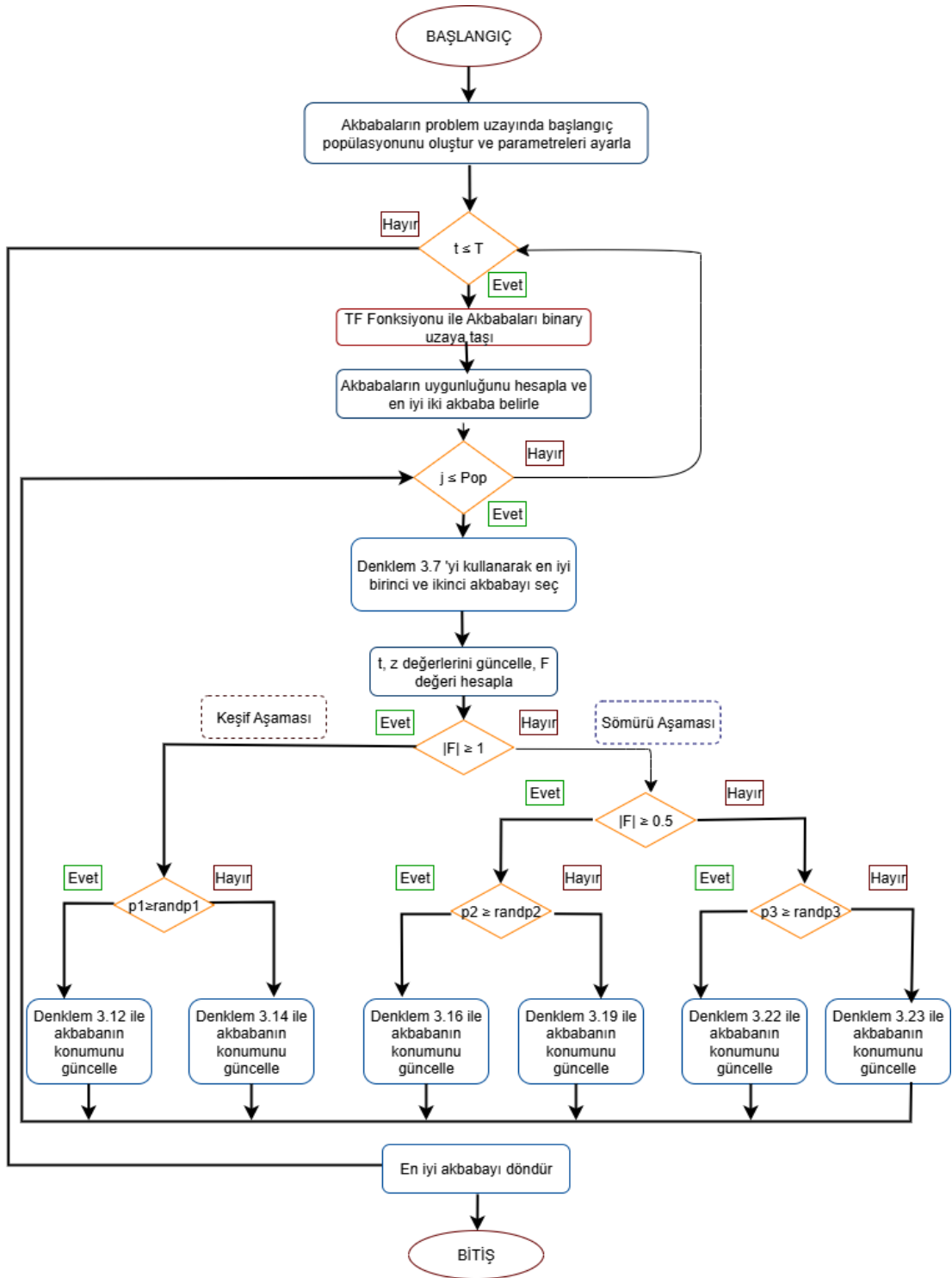


Şekil 3.10. AVOA Akış Diyagramı

Son yıllarda önerilmiş olan AVOA yöntemi başarılı performansına rağmen tesis yer seçimi problemlerine kısıtlı sayıda uygulanmıştır. Li ve Liu, 2024 yılında sunmuş oldukları çalışmalarında elektrikli araçların şarj istasyonu kurulum noktalarının dengeli dağılması ve güzergâh yönetiminin uyum bir şekilde planlanması için AVOA üzerinde bir model sunmuşlardır (Shanbin Li ve Liu, 2024). Seyahat mesafesi ve bekleme süresi problemlerinin çözümü için topolojik bir planlama modeli geliştirmişlerdir. Model hedefi şarj istasyonları arasında yük dengesini sağlarken seyahat mesafesi ve bekleme süresini en az seviyeye indirmektir. Verimlilik artışı ve yakınsama sorununun çözülmesi amacıyla Levy Uçuşu ve Kaos teorisi yöntemleri ile birleştirilmiş LCAVOA (Levy uçuşu ve Kaos

teorisine Dayalı Afrika Akbaba Optimizasyon Algoritması) geliştirilmiştir. Levy uçuş teorisi algoritma arama stratejisini iyileştirirken, Kaos teorisi yöntemi başlangıç popülasyonunun çeşitliliğini artırmıştır. Aynı zamanda arama alanında alt ve üst sınırdaki birey yığılmasını engellemek adına sınır düzeltme aşamasında Geri Tepme teorisi ile güncelleme gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde algoritmanın değerlendirme kriterleri için verimli sonuçlara ulaştığı ve hızlı yakınsadığı görülmüştür. Bu tesis yeri problemi haricinde AVOA başarısının incelendiği bir barınak yer seçimi problemi çalışmasına ulaşılmamıştır. Mevcut araştırmaların incelemelerinde problemin farklı algoritmalar ile çözümü görülmüştür. Bu tez çalışmasında da barınak yer seçimi problemi çözümü için AVOA ile uygulama gerçekleştirilerek literatüre katkı sağlanmıştır.

AVOA, çözüm uzayında sürekli değişkenler üzerinde çalışması sebebiyle ayrık veya ikili (binary) problemler için doğrudan kullanıma uygun değildir. Sürekli olan algoritmaların ayrık problemde kullanılabilmesi için iki farklı yaklaşım mevcuttur. Bu yöntemlerden ilki arama uzayı çözümlerini ikili vektör ile temsil etmek ve uygun operatörler ile algoritma boyunca ikili kalmasını sağlamak için algoritma üzerinde değişim işlemlerinin gerçekleştirilmesiyledir. Bu yöntem ile dönüşüm işlemlerinden kurtulurken algoritmayı bozma riskiyle de karşılaşılabilir. Diğer yöntem ise transfer fonksiyonlarından yararlanılarak algoritmanın sürekli uzaydan ayrık uzaya transferini gerçekleştirmektir. Bu işlemde değerler amaç fonksiyonuna gitmeden önce transfer fonksiyonu ile ikili uzaya taşınarak ikili dönüşümü sağlanır. Algoritmaya müdahale etmeden kolaylıkla dönüşüm gerçekleştirilir. Bu çalışmada da transfer fonksiyonları kullanılarak AVOA ikili uzaya taşınmıştır. Şekil 3.11’de ikili AVOA akış diyagramı verilmiştir. Transfer fonksiyonlarından S-Şekilli, V-Şekilli, T-Şekilli, U-Şekilli, Z-Şekilli, O-Şekilli transfer fonksiyonları olmak üzere 24 adet fonksiyon kullanılmıştır (Ervural ve Hakli, 2023).



Şekil 3.11. İkili AVOA Akış Diyagramı

4. AVOA YÖNTEMİNİN BARINAK YER SEÇİMİ PROBLEMİNE UYGULANMASI

Bu çalışmada olası bir afet sonrası barınma ihtiyacının karşılanması için geçici barınma alanlarının belirlenmesi problemi AVOA yöntemi ile uygulanmıştır. Problemin amacı nüfus ihtiyacını karşılayacak en az sayıda barınağın açılması ve nüfusun en kısa mesafedeki barınağa yerleştirilmesini kapsamaktadır. Barınak verileri kapasite kısıtı içermektedir. Çalışmada, açılacak barınak sayısının en aza indirilmesi hedeflenmiş ve bu sayede toplam maliyetin düşürülmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, sınırlı sayıda barınak açılmasıyla birlikte, tesis yeri seçimi probleminin bir parçası olan gıda, ilaç gibi temel ihtiyaçların afetzedelere ulaştırılmasına yönelik güzergâh belirleme ve ulaşım maliyeti gibi lojistik sorunların çözümüne de katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Optimizasyon algoritmalarının problemlerin çözümünde uygulanması için aday çözümleri değerlendirebilecek uygunluk fonksiyonlarına ihtiyaç vardır. Bu amaç ve kısıtlar doğrultusunda iki seviyeli maliyet fonksiyonu oluşturulmuştur. İlk seviyede açılacak barınaklar belirlenirken, ikinci seviyede nüfusun en kısa mesafedeki barınağa yerleştirilmesi verimliliği tespit edilmektedir.

Uygulamada kullanılan AVOA, sürekli problemler için uygulanabilir olmasından dolayı transfer fonksiyonları ile ayrıklaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar üzerinden başarılı olan transfer fonksiyonu ve en verimli popülasyon değeri belirlenmiştir. Belirlenen değerler üzerinden dört farklı algoritmadan sonuçlar elde edilmiş ve başarıları değerlendirilmiştir.

4.1. Maliyet Fonksiyonu

Maliyet fonksiyonları çözümlerin en verimli olanının seçilmesi ve algoritmaların en ideal çözüme yönelerek çalışması için problemin amaçları doğrultusunda hazırlanan hesaplama fonksiyonlarıdır.

Algoritma geçici barınma alanlarının kapasiteleri kısıtı altında geliştirilmiştir. Her aday çözümde açılan barınakların kapasiteleri toplamı hesaplanmış ve afetzede nüfusu karşılama durumu kontrol edilmiştir. Eğer karşılamıyor ise aday çözümde yeni barınaklar

açık hale getirilerek nüfusu karşılaması sağlanmıştır. Algoritma 4.1’de bu uygulama ile ilgili sahte kod verilmiştir.

Algoritma 4.1. Aday Çözümlerin Kapasite Kontrolü için Sahte Kod

```

nufus_barinak = Barinakların nüfus kapasiteleri veri matrisi
indis_acilan_barinak = aday çözümde açılan barınakların indisleri

```

```

kapasite = sum(nufus_barinak(indis_acilan_barinak));

if kapasite < nufus_etkilenen

    while kapasite < nufus_etkilenen
        ...
        rand_sifir = indis_sifirlar randi([1 sifirlar_lenght]);

        kromozom(rand_sifir) = 1;
        indis_barinak = find(kromozom == 1);

        kapasite = sum(nufus_barinak(indis_barinak));
    end
end

```

Maliyet fonksiyonu, en kısa mesafede ve en yüksek seviyede nüfusun ihtiyacının karşılanması amacı ile tasarlanmıştır. Bu amaçla Denklem 4.1 ile kapsam alanında barınağa yerleşmemiş nüfus değeri oranı, Denklem 4.2 ile yerleşilen mesafe değerinin oranı hesaplanmıştır.

$$yerleşemeyen_nüfus_oranı = \frac{afetzedede_nüfus - yerleşen_nüfus}{afetzedede_nüfus} \quad (4.1)$$

$$mesafe_oranı = \frac{sum(yerleşen_mahalle_mesafesi)}{mahalle_sayisi} \quad (4.2)$$

Aynı zamanda açılan barınak sayısının en az seviyede tutulması ile maliyetinde düşürülmesi hedeflenmiştir. Açılan barınakların kapasitelerinin ihtiyacın ne kadar fazlasında olduğu kontrolü ile de fazla maliyetten kaçınılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Denklem 4.3 ile açılan barınakların fazla kapasiteye sahip olmalarını önlerken, Denklem 4.4 ile açılan barınak sayısının da en az seviyede olması ile maliyetin düşürülmesi sağlanmıştır.

$$n\u00fcs_fark\u00f1_oranu = \frac{a\u00e7\u00f1lan_bar\u00f1nak_kapasitesi - afetzedede_n\u00fcs}{a\u00e7\u00f1lan_bar\u00f1nak_kapasitesi} \quad (4.3)$$

$$bar\u00f1nak_sayisi_oran\u00f1 = \frac{a\u00e7\u00f1lan_bar\u00f1nak_sayisi}{toplaml_bar\u00f1nak_sayisi} \quad (4.4)$$

4.2. Kapsam Fonksiyonu

Kapsam fonksiyonu maliyet fonksiyonunun ikinci adımı olarak geliştirilmiştir. Fonksiyonun amac\u00f1, a\u00e7\u00f1lan bar\u00f1nakların kapasite kısıtına g\u00f6re afetzedede n\u00fcsun en kısa mesafeye yerleştirilmesi durumunun kontrol edilmesi ve yerleşilen mesafelerin hesaplanmasıdır. Afetzedede mahalle eğer kapsamı d\u00f1şında a\u00e7\u00f1lmış olan bir bar\u00f1nağa yerleşiyor ise ceza puan\u00f1 olarak mesafe değeri y\u00fckseltilir. \u013lgili işlemlere ait sahte koda Algoritma 4.2'de yer verilmiştir.

Algoritma 4.2. Aday \u00c7\u00f6z\u00fcm Mahallelerin Bar\u00f1naklara Yerleşmesi Durumu Kontrol\u00fc i\u00e7in Sahte Kod

```

Mesafe_matrisi = mahallelerin bar\u00f1naklara olan mesafeleri matrisi

```

```

for i=1:mahalle_sayisi
  for j=1:bar\u00f1nak_sayisi

    if mahalle_afetzedede_n\u00fcs < bar\u00f1nak_n\u00fcs(j)

      bar\u00f1nak_n\u00fcs(j) = bar\u00f1nak_n\u00fcs(j) - mahalle_afetzedede_n\u00fcs
      yerleşme_durumu(i,1)=1;
      yerleşme_mesafesi = mesafe_matrisi(j,i) / max(mesafe_matrisi(:, i));

    end
  end
end

```

Eğer bir mahalle t\u00fcm durumların sonunda hala yerleşememiş ise maksimum mesafe ile ceza puan\u00f1 verilir. Mesafe değeri 0 ile 1 aralığına olduğu i\u00e7in en y\u00fcksek ceza puan\u00f1 1 değeridir.

4.2. Uygunluk Hesabı

Bu tez çalışmasında problemin belirlenen kısıt ve hedefleri doğrultusunda değerlendirilme yapılması adına aday çözümler için uygunluk hesabı gerçekleştirilmiştir. Aday çözümün uygunluk değerinin hesaplanması algoritmanın amaç ve kısıtları çerçevesinde çözüme ulaşması ve çözümün kalitesinin değerlendirilmesi adına önem taşımaktadır. Tasarlanan algoritma ilk aşama olan maliyet fonksiyonu kısmında problem hedeflerinin kontrolü sağlanırken ikinci aşama olan kapsam fonksiyonunda problem kısıtı kontrolü sağlanmıştır.

Kapsam fonksiyonu ve maliyet fonksiyonu ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler doğrultusunda aday çözümün uygunluk değeri hesaplanmıştır. Denklem 4.5 ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

$$obj_i = barinnak_sayisi_oranı + nüfus_farkı_oranı + mesafe_oranı \quad (4.5)$$

$$+ yerleşemeyen_nüfus_oranı$$

5. DENEYSEL SONUÇLAR

5.1. Veri Setinin Gruplanması ve Durdurma Kriterlerinin Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında kullanılan veri seti, Kahramanmaraş iline ait on bir ilçeyi kapsayan ve farklı boyutlara sahip toplam on bir problemden oluşmaktadır. Veri setlerindeki boyut çeşitliliği, algoritmaların her bir problem için farklı sayıda iterasyonla çalışmasını gerekli kılmış, böylece elde edilen sonuçların sağlıklı bir şekilde kıyaslanabilmesi mümkün olmuştur. Bu tutarlılığı sağlamak amacıyla, veri setleri problem boyutuna göre küçük, orta ve büyük ölçekli olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Söz konusu gruplandırma işlemi, problem boyutunu belirleyen temel etmenler olan ilçelere ait mahalle sayısı ve aday barınak sayısı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Problemlerin boyutlarına göre sınıflandırılması Çizelge 5.1’de sunulmaktadır.

Çizelge 5.1. Veri Grupları Boyut Sınıfı Tablosu

İlçe	Nüfus	Mahalle Sayısı	Barınak Sayısı	Boyut Sınıfı
Onikişubat	407.703	137	116	B
Dulkadiroğlu	302.097	103	110	B
Türkoğlu	79.978	44	36	O
Elbistan	131.200	93	30	O
Göksün	58.591	73	28	O
Pazarcık	75.060	84	28	O
Çağlayancerit	42.011	19	28	O
Afşin	92.978	66	21	K
Andırın	31.933	57	18	K
Ekinözü	22.712	21	12	K
Nurhak	17.200	16	17	K

Veri setlerindeki bu boyut farklılığı algoritmanın makul çözüme yakınsana sürecinin paralel olarak etkilemektedir. Bu sebeple algoritmanın veri grupları için farklı iterasyonda çalışma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu durumun çözümü amacıyla üç farklı grup için üç farklı maksimum çevrim sayısı (Function Evaluations - FEs) değeri belirlenmiştir. Bu değer üzerinden veri gruplarının iterasyon değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 5.2’de her boyut büyüklüğü için belirlenen FEs değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.2. Veri Grupları için *FES* Değerleri

Boyut	FES
Büyük	100.000
Orta	30.000
Küçük	15.000

FES değerleri belirlenirken gruplar arasındaki boyut artış oranları göz önüne alınmıştır. Ayrıca algoritmanın veri grupları üzerinde test sürecinde iyileşme aşaması gözlemlenmiş ve iyileşme durağanlıklarına göre değerler seçilmiştir. Denklem 5.1'de *FES* değeri üzerinden iterasyon sayısının belirlenmesi denklemi verilmiştir. Burada *NP* popülasyon sayısını ifade etmektedir.

$$FES = NP \times iterasyon \quad (5.1)$$

Beş farklı popülasyon değeri üzerinde testler gerçekleştirilmiş ve en uygun değer belirlenmesi hedeflenmiştir. Çizelge 5.3'te üç boyut grubu için popülasyon değerlerine göre iterasyon değerleri hesaplanmış ve çizelge halinde sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Veri Grupları İçin İterasyon Sayısı

NP	İterasyon Sayısı		
	FES: 15.000	FES: 30.000	FES: 100.000
10	1.500	3.000	10.000
20	750	1.500	5.000
30	500	1.000	3.330
40	375	750	2.500
50	300	600	2.000

5.2. Transfer Fonksiyonu Seçimi ve Parametre Analizi

Transfer fonksiyonlarının farklı denklemler ve parametrelerle çalışması, algoritmaların değişken sonuçlar üretmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, probleme uygun transfer fonksiyonunun seçilmesi, algoritmaların başarısını etkileyen kritik parametrelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, AVOA algoritması için en başarılı sonuçları veren transfer fonksiyonunu belirlemek amacıyla bir test aşaması gerçekleştirilmiştir. İnceleme sürecinde, AVOA algoritması yirmi dört farklı transfer fonksiyonu ile çalıştırılmış ve her biri için 30 farklı çalıştırma sonucunda elde edilen

veriler değerlendirilmiştir. Her çalıştırma sonucunda elde edilen en iyi çözümlerin ortalaması ve standart sapmaları hesaplanarak, her popülasyon değeri için en başarılı transfer fonksiyonları belirlenmiştir. Onikişubat ilçesi için 10,20,30,40,50 popülasyon değeriyle testler gerçekleştirilmiştir. Bu testlerden 30 popülasyon değeri için elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'te sunulmuştur. Popülasyon 10, 20, 30, 40 ve 50 için elde edilen tüm sonuçlar ise Ek-1'de verilmiştir. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5 30 çalıştırmanın ortalama değerleri, standart sapma değeri, en küçük ve en büyük uygunluk değerlerini göstermektedir.

Çizelge 5.4. Onikişubat İlçesi S-V-U Şekli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4
1	1,3799	1,3944	1,4339	1,4330	1,3668	1,3017	1,3933	1,3319	1,4019	1,3572	1,4645	1,4526
2	1,3207	1,2946	1,4376	1,3775	1,3233	1,3334	1,3556	1,3809	1,3191	1,4349	1,4442	1,4661
3	1,3532	1,3739	1,3897	1,4218	1,4541	1,4045	1,3610	1,3238	1,4169	1,3731	1,4737	1,4423
4	1,3928	1,3257	1,4281	1,3212	1,3697	1,3131	1,4446	1,3289	1,4214	1,3532	1,4670	1,4567
5	1,3498	1,3367	1,3416	1,4610	1,3339	1,3488	1,3013	1,3156	1,4321	1,3730	1,4462	1,4650
6	1,3632	1,3045	1,3719	1,4206	1,3843	1,2983	1,2928	1,3828	1,4237	1,3313	1,4683	1,4520
7	1,3089	1,4460	1,3675	1,4389	1,3300	1,2938	1,4485	1,3916	1,3922	1,3886	1,4686	1,4344
8	1,4542	1,4564	1,3401	1,3699	1,4357	1,4529	1,3254	1,3741	1,4561	1,3119	1,4591	1,4451
9	1,3598	1,3069	1,3588	1,3342	1,3816	1,3893	1,3072	1,4440	1,3755	1,3336	1,4702	1,4582
10	1,3070	1,4531	1,4074	1,3364	1,4396	1,3279	1,3467	1,3494	1,3198	1,4094	1,4585	1,4789
11	1,4333	1,3810	1,3772	1,3399	1,3045	1,3589	1,4284	1,3512	1,3756	1,3083	1,4398	1,4374
12	1,3162	1,3937	1,4439	1,4072	1,4550	1,3308	1,4354	1,3819	1,4114	1,3782	1,4670	1,4618
13	1,3072	1,3298	1,4570	1,3299	1,3527	1,3380	1,3319	1,4118	1,3225	1,3625	1,4469	1,4588
14	1,4084	1,3575	1,4197	1,2941	1,4467	1,3704	1,3117	1,3526	1,4202	1,3554	1,4516	1,4632
15	1,4396	1,3616	1,4382	1,3615	1,3965	1,3196	1,4398	1,4131	1,3838	1,4085	1,4654	1,4608
16	1,3715	1,3755	1,3391	1,3744	1,3221	1,3030	1,2981	1,3073	1,3941	1,3204	1,4440	1,4493
17	1,4144	1,4482	1,3391	1,4536	1,3019	1,2945	1,4325	1,3524	1,3043	1,3651	1,4537	1,4384
18	1,3604	1,3033	1,3233	1,4620	1,3200	1,3500	1,3734	1,4138	1,4200	1,3021	1,4493	1,4246
19	1,3743	1,4294	1,2876	1,4535	1,4554	1,3161	1,4276	1,3564	1,3482	1,3759	1,4479	1,4673
20	1,4431	1,3394	1,4629	1,3503	1,4436	1,4263	1,4516	1,3759	1,3549	1,3448	1,4570	1,4531
21	1,3116	1,3680	1,3856	1,4628	1,4690	1,2901	1,4502	1,3565	1,3625	1,4171	1,4752	1,4571
22	1,3329	1,3367	1,3429	1,3822	1,3641	1,3508	1,3429	1,3988	1,4536	1,4310	1,4787	1,4695
23	1,3269	1,2857	1,4350	1,4195	1,3472	1,3586	1,3117	1,3464	1,3118	1,4272	1,4689	1,4642
24	1,3151	1,3892	1,4509	1,3709	1,4160	1,3378	1,3060	1,4360	1,4299	1,3386	1,4641	1,4774
25	1,3690	1,4693	1,3055	1,3563	1,4661	1,3993	1,4441	1,3777	1,3948	1,4089	1,4435	1,4548
26	1,4792	1,3911	1,3677	1,3004	1,3040	1,3656	1,4443	1,3514	1,3686	1,3464	1,4704	1,4626
27	1,4708	1,3833	1,3512	1,2959	1,4581	1,4119	1,3632	1,4398	1,3630	1,3017	1,4307	1,4591
28	1,3058	1,3947	1,4259	1,3813	1,3047	1,3686	1,3980	1,2989	1,3809	1,4104	1,4654	1,4372
29	1,3071	1,3906	1,4233	1,3936	1,4594	1,3583	1,3036	1,3129	1,4034	1,3301	1,4659	1,4565
30	1,3799	1,2814	1,3377	1,3681	1,3809	1,4018	1,4118	1,4179	1,3709	1,3844	1,4559	1,4016
Ort.	1,3706	1,3700	1,3863	1,3824	1,3862	1,3505	1,3761	1,3692	1,3844	1,3661	1,4587	1,4535
Std. Sapma	0,0552	0,0536	0,0493	0,0516	0,0588	0,0427	0,0580	0,0404	0,0415	0,0398	0,0120	0,0159
Min.	1,3057	1,2814	1,2875	1,2941	1,3018	1,2901	1,2927	1,2988	1,3042	1,3017	1,4306	1,4015
Maks.	1,4792	1,4692	1,4629	1,4628	1,4690	1,4528	1,4516	1,4440	1,4561	1,4349	1,4787	1,4789

Çizelge 5.5. Onikişubat İlçesi T-O-Z Şekli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
1	1,4733	1,4467	1,4139	1,4552	1,4270	1,3571	1,3548	1,3832	1,4418	1,3793	1,4667	1,4500
2	1,4267	1,4489	1,4527	1,4560	1,4390	1,3208	1,3417	1,3071	1,3855	1,4514	1,4658	1,4725
3	1,4068	1,4634	1,4431	1,4679	1,4640	1,4533	1,3759	1,4374	1,4599	1,3390	1,4812	1,4406
4	1,4630	1,4483	1,4417	1,4256	1,4729	1,3408	1,3844	1,3922	1,4634	1,4495	1,4646	1,4450
5	1,4627	1,4456	1,4350	1,4573	1,3450	1,3455	1,3367	1,4444	1,4556	1,4290	1,4629	1,4476
6	1,4569	1,4713	1,4613	1,4326	1,4421	1,3513	1,4145	1,4312	1,3922	1,3925	1,4626	1,4604
7	1,4472	1,4408	1,3699	1,4389	1,4513	1,4690	1,3743	1,3585	1,3212	1,4599	1,4591	1,4498
8	1,4596	1,4424	1,4510	1,4508	1,3758	1,3960	1,3045	1,3032	1,3067	1,4789	1,4623	1,4597
9	1,4836	1,3550	1,4136	1,3893	1,4169	1,3787	1,3769	1,3778	1,4665	1,4650	1,4533	1,4438
10	1,4517	1,4680	1,4421	1,4313	1,3269	1,4437	1,4309	1,4001	1,3900	1,3201	1,4474	1,4556
11	1,4544	1,4758	1,4613	1,4178	1,4617	1,4496	1,4013	1,4162	1,4652	1,4240	1,4540	1,4329
12	1,4410	1,4323	1,4662	1,3068	1,3862	1,4642	1,3771	1,3577	1,3339	1,3413	1,4495	1,4598
13	1,4716	1,4228	1,4262	1,3951	1,4119	1,4711	1,3194	1,3267	1,4099	1,4264	1,4605	1,4684
14	1,4618	1,4566	1,4343	1,4056	1,4404	1,4997	1,3113	1,3756	1,3664	1,3083	1,4460	1,4603
15	1,4670	1,4708	1,4714	1,4591	1,4439	1,3229	1,3203	1,3588	1,3832	1,4657	1,4433	1,4657
16	1,4342	1,4689	1,3986	1,4546	1,3950	1,3789	1,4219	1,4168	1,3908	1,4427	1,4397	1,4492
17	1,4560	1,4647	1,3578	1,4384	1,4348	1,4308	1,4241	1,3877	1,3135	1,2927	1,4796	1,4433
18	1,4701	1,4574	1,4664	1,4515	1,4203	1,3529	1,3962	1,3498	1,3644	1,4386	1,4630	1,4423
19	1,4528	1,4616	1,4541	1,4445	1,4333	1,4068	1,4354	1,4592	1,4340	1,4136	1,4530	1,4452
20	1,4512	1,4406	1,4652	1,4190	1,3270	1,4158	1,3480	1,4578	1,4536	1,4398	1,4569	1,4714
21	1,4485	1,4450	1,4067	1,3948	1,4184	1,4240	1,3362	1,3635	1,4402	1,4667	1,4681	1,4751
22	1,4768	1,4504	1,3649	1,3958	1,4330	1,3829	1,3444	1,4172	1,3731	1,4381	1,4292	1,4591
23	1,4453	1,4635	1,4493	1,4741	1,4092	1,4107	1,4045	1,3754	1,3792	1,4578	1,4435	1,4566
24	1,4658	1,4402	1,4545	1,4534	1,4580	1,3241	1,4617	1,3987	1,4299	1,4270	1,4683	1,4809
25	1,4591	1,4122	1,4611	1,4637	1,4619	1,3724	1,4305	1,4097	1,4461	1,4376	1,4542	1,4283
26	1,4474	1,4663	1,4565	1,4312	1,4494	1,4378	1,4377	1,4154	1,4616	1,4405	1,4614	1,4742
27	1,4404	1,4160	1,4139	1,3834	1,4328	1,4074	1,3214	1,4380	1,4234	1,4784	1,4709	1,4216
28	1,4294	1,4646	1,4392	1,4710	1,4439	1,4468	1,3847	1,4654	1,4205	1,4430	1,4321	1,4549
29	1,3651	1,4702	1,4588	1,3504	1,3564	1,3499	1,4762	1,4116	1,3031	1,4055	1,4699	1,4572
30	1,4557	1,4230	1,4304	1,4772	1,4550	1,4049	1,3604	1,4152	1,3628	1,4062	1,4668	1,4510
Ort.	1,4508	1,4478	1,4354	1,4297	1,4211	1,4003	1,3802	1,3950	1,4013	1,4186	1,4579	1,4541
Std. Sapma	0,0227	0,02460	0,0308	0,0387	0,0401	0,0498	0,0467	0,0424	0,0513	0,0509	0,0125	0,0140
Min.	1,3651	1,3550	1,3577	1,3067	1,3268	1,3207	1,3044	1,3032	1,3031	1,2927	1,4292	1,4215
Maks.	1,4835	1,4758	1,4713	1,4771	1,4729	1,4997	1,4761	1,4653	1,4664	1,4788	1,4811	1,4808

Daha sonrasında on bir ilçe için ortalama değerleri üzerinden sıralama işlemi gerçekleştirilmiş ve her transfer fonksiyonu için 30 çalışma zamanı sonuçlarına ait bir başarı sırası değerine ulaşılmıştır. Çizelge 5.6'da 10 popülasyon için, Çizelge 5.7'de 20 popülasyon için, Çizelge 5.8'de 30 popülasyon için, Çizelge 5.9'da 40 popülasyon için, Çizelge 5.10'da 50 popülasyon için on bir ilçenin transfer fonksiyonları başarı sıralaması sunulmuştur. Transfer fonksiyonlarının genel başarı değerlendirmesi için her transfer fonksiyonunun on bir ilçedeki başarı sıralamalarının ortalaması alınmıştır. Bu işlem her popülasyon değeri için tekrarlanmıştır.

Çizelge 5. 6. Popülasyon 10 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması

İlçe	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
Onkişubat	3	10	8	7	2	1	6	4	9	12	21	22	20	19	16	18	15	13	5	11	14	17	24	23
Dulkadiroğlu	4	9	18	15	12	17	5	7	13	14	19	20	21	22	10	16	8	11	6	1	2	3	24	23
Türkoğlu	3	10	11	14	4	1	8	12	5	13	24	22	19	23	18	15	6	9	2	7	16	17	20	21
Elbistan	9	13	18	20	16	21	6	3	14	1	17	23	11	19	10	15	5	8	4	12	7	2	24	22
Göksün	10	21	9	7	1	16	14	5	11	19	18	22	17	20	12	15	3	4	13	6	8	2	24	23
Pazarek	18	23	24	7	21	11	8	4	9	1	22	17	16	12	3	14	20	6	5	10	15	2	19	13
Çağlayancerit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afşin	2	1	1	3	5	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Andırın	18	10	11	21	22	15	10	20	7	2	3	5	14	13	9	9	19	12	8	4	16	17	1	6
Ekinözü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nurhak	3	8	1	21	15	2	13	19	17	9	23	11	14	18	5	10	6	12	24	20	4	22	16	7
Ort.	6,55	9,73	9,36	10,64	9,09	8,09	6,64	7,09	8,00	6,73	13,64	13,18	12,27	13,55	7,82	10,45	7,73	7,09	6,36	7,00	7,73	7,73	14,09	12,82
Sıra	2	13	12	15	11	10	3	6	9	4	20	18	16	19	8	14	7	6	1	5	7	7	21	17

Çizelge 5. 7. Popülasyon 20 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması

İlçe	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
Onikişubat	1	8	7	6	2	4	9	3	12	15	19	20	21	24	17	18	14	13	11	5	10	16	22	23
Dulka-diroğlu	5	16	18	14	11	8	9	6	15	17	22	21	20	19	10	13	4	3	1	2	7	12	23	24
Türkoğlu	4	14	7	12	3	1	16	5	8	13	21	23	20	19	17	11	10	15	9	2	6	18	24	22
Elbistan	17	20	12	19	14	13	4	3	8	11	24	9	6	21	7	1	18	15	2	10	5	23	22	16
Göksün	8	16	17	18	6	12	10	4	14	7	22	20	21	23	11	5	15	2	1	3	9	13	24	19
Pazarlık	12	20	17	22	16	11	4	13	8	2	15	21	7	18	9	5	14	6	1	19	3	10	23	24
Çağlayancerit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afşin	1	4	1	1	2	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	6	2	2	3	1	1	1	1
Andırın	20	17	24	22	21	11	4	8	18	6	12	14	1	2	15	13	10	23	19	5	16	7	9	3
Ekinzözü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nurhak	22	16	18	5	2	10	7	21	9	1	14	20	4	17	24	3	13	15	6	23	12	8	19	11
Ort.	8,36	12,09	11,18	11,00	7,18	7,00	6,09	6,00	8,64	6,82	13,82	13,73	9,36	13,27	10,27	6,73	9,64	8,73	4,91	6,73	6,45	10,00	15,36	13,18
Sıra	9	18	17	16	8	7	3	2	10	6	22	21	12	20	15	5	13	11	1	5	4	14	23	19

Çizelge 5. 8. Popülasyon 30 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması

İlçe	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
Onikişubat	5	4	11	8	10	1	6	3	9	2	24	21	20	19	18	17	16	13	7	12	14	15	23	22
Dulkadiroğlu	15	16	18	14	5	10	13	9	11	12	21	22	20	19	17	8	4	6	3	2	1	7	24	23
Türkoğlu	10	11	15	12	7	3	2	8	1	9	19	21	20	22	16	17	13	14	4	6	5	18	24	23
Elbistan	16	21	19	15	9	14	3	8	10	4	22	24	18	17	5	13	12	2	6	11	1	7	23	20
Göksün	10	11	17	14	6	18	2	5	4	3	23	22	20	21	15	16	9	12	7	13	8	1	24	19
Pazarelek	20	10	19	24	17	8	1	4	13	7	18	21	14	11	5	16	2	3	9	12	6	15	22	23
Çağlayancerit	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afşin	2	1	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1
Andırın	16	19	10	20	9	18	17	1	6	11	3	5	8	21	13	4	2	14	12	5	2	7	15	3
Ekinözü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nurhak	4	17	18	16	9	21	20	10	6	1	22	5	15	14	2	3	8	23	24	11	12	19	13	7
Ort.	9,09	10,27	11,82	11,64	6,91	8,82	6,09	4,64	5,82	4,73	14,09	13,09	12,55	13,36	8,64	8,82	6,27	8,27	6,82	6,82	4,82	8,36	15,55	13,00
Sıra	13	14	16	15	8	12	5	1	4	2	21	19	17	20	11	12	6	9	7	7	3	10	22	18

Çizelge 5. 9. Popülasyon 40 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması

İlçe	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
Onikişubat	2	4	7	11	1	5	6	8	9	13	19	20	21	22	18	16	17	12	10	3	14	15	24	23
Dulkadiroğlu	10	15	16	18	8	9	1	11	13	12	23	19	21	20	17	14	7	5	4	2	3	6	24	22
Turkoğlu	11	15	9	10	6	1	2	4	12	8	22	19	20	24	14	17	16	13	5	3	7	18	23	21
Elbistan	12	13	22	17	14	10	5	11	1	3	19	18	24	23	16	7	4	2	9	8	6	15	20	21
Göksün	8	13	9	14	7	5	15	4	11	10	21	20	22	19	12	6	2	17	1	3	18	16	23	24
Pazarlık	19	17	23	22	14	16	3	10	6	5	20	18	15	13	9	11	4	1	7	2	8	12	21	24
Çağayancerit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afşin	5	8	1	1	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	4	7	2	6	2	1	1	1
Andırın	21	8	13	17	22	23	1	16	14	4	3	7	5	10	20	15	11	19	2	24	6	12	18	9
Ekinözü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nurhak	7	22	23	4	21	3	12	2	1	10	6	5	14	11	9	19	24	20	17	18	15	16	8	13
Ort.	8,82	10,64	11,36	10,55	8,82	7,00	4,45	6,27	6,36	6,27	12,36	11,73	13,18	13,18	10,73	9,82	8,27	8,91	5,36	6,45	7,36	10,27	14,91	14,55
Sıra	9	14	16	13	9	6	1	3	4	3	18	17	19	19	15	11	8	10	2	5	7	12	21	20

Çizelge 5. 10. Popülasyon 50 Değeri için Transfer Fonksiyonları Başarı Sıralaması

İlçe	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
Onikişubat	1	7	12	8	4	2	6	3	5	14	22	21	20	19	18	17	16	13	9	11	10	15	23	24
Dulkadiroğlu	8	13	17	18	10	15	7	5	6	16	19	22	20	21	14	9	12	4	2	3	1	11	23	24
Türkoğlu	3	13	17	11	10	5	1	9	2	7	19	21	20	22	14	16	12	8	4	6	15	18	24	23
Elbistan	16	23	21	6	13	12	3	14	4	8	19	18	24	17	5	10	7	11	1	2	15	9	22	20
Gökşin	11	18	16	13	6	3	17	7	5	4	23	22	19	21	12	10	1	15	8	14	9	2	24	20
Pazarlık	10	21	22	24	17	6	9	12	8	1	20	15	19	14	18	3	4	11	2	5	7	13	23	16
Çağlayancerit	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afşin	5	1	2	1	3	4	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	4	6	1	1	1	1	1
Andırın	13	11	20	15	6	19	16	4	10	17	5	8	11	11	9	12	15	7	18	14	2	1	3	1
Ekinözü	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nurhak	20	5	12	17	9	8	2	1	11	23	10	22	15	7	4	21	3	18	16	24	14	19	6	13
Ort.	8,27	10,36	12,82	10,55	7,27	6,91	5,82	5,27	4,91	8,55	12,73	13,82	13,73	12,27	8,82	9,18	6,64	8,45	6,18	7,45	6,91	8,27	13,73	13,09
Sıra	9	14	18	15	7	6	3	2	1	11	17	21	20	16	12	13	5	10	4	8	6	9	20	19

Popülasyon değeri 10 için elde edilen sonuçlar incelendiğinde, O grubu fonksiyonlarından O3 ile S grubu fonksiyonlarından S1'in kendi grupları içerisinde yüksek başarı gösterdiği görülmüştür. V grubu fonksiyonları arasında ise V3 ve V4, V1 ve V2'ye kıyasla daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. Genel olarak O grubu fonksiyonlarının başarılı çıktılar ürettiği gözlemlenmiştir.

Popülasyon değeri 20 olduğunda, V grubu fonksiyonlarının ortalama başarı düzeylerinde artış kaydedilmiştir. Buna karşın, S1 fonksiyonunun performansında düşüş gözlemlenmiştir. Ayrıca, Z1 ve T4 fonksiyonlarının, kendi grupları içerisinde diğer fonksiyonlara kıyasla daha yüksek başarı gösterdiği tespit edilmiştir.

Popülasyon değeri 30'a çıkarıldığında, birey sayısındaki artışın S grubu fonksiyonlarının başarısını olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. V3 ve V4 fonksiyonlarının başarı düzeylerinde istikrar sürerken, U grubu fonksiyonlarından U1 ve U2'nin performansında artış gözlemlenmiştir.

Popülasyon değeri 40'a ulaştığında ise, V grubu ile U1 ve U2 fonksiyonlarının yüksek başarı sergilediği, O3 ve O4 fonksiyonlarının başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Öte yandan, T grubu ile Z3 ve Z4 fonksiyonları düşük başarı düzeyinde kalmıştır.

Popülasyon değeri 50 olduğunda, artan popülasyon büyüklüğüyle birlikte V grubu fonksiyonları ile U1 ve O3 fonksiyonlarının başarı düzeylerinin arttığı görülmüştür. Öte yandan, S grubu fonksiyonlarının artan popülasyondan olumsuz etkilendiği ve daha düşük verimle çalıştığı gözlemlenmiştir. Z grubu içerisinde, Z1 ve Z2 fonksiyonları Z3 ve Z4'e kıyasla daha iyi sonuçlar üretirken, T grubunun genel ortalama başarısı düşük kalmıştır.

Sonuçların elde edilmesinin ardından, farklı popülasyon değerlerinde yüksek başarı gösteren transfer fonksiyonları detaylı olarak incelenmiştir. Çizelge 5.11'de, her bir popülasyon değeri için en başarılı beş transfer fonksiyonu ile bu fonksiyonlara ait sıralama değerlerinin ortalamaları sunulmuştur. Bu analiz, transfer fonksiyonlarının popülasyon büyüklüğüne bağlı olarak gösterdiği performans değişimlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Çizelge 5. 11. Popülasyon Değerleri için En Başarılı İlk Beş Transfer Fonksiyonu

NP	Transfer Fonksiyonu				
10	O3	S1	V3	U2	O4
Ort.	6,36	6,55	6,64	6,73	7,00
20	O3	V4	V3	Z1	T4
Ort.	4,91	6,00	6,09	6,45	6,73
30	V4	U2	Z1	U1	V3
Ort.	4,64	4,73	4,82	5,82	6,09
40	V3	O3	V4	U2	U1
Ort.	4,45	5,36	6,27	6,27	6,36
50	U1	V4	V3	O3	O1
Ort.	4,91	5,27	5,82	6,18	6,64

Bu adımlar sonucunda her popülasyon grubu için en başarılı olan transfer fonksiyonu değeri belirlenmiştir. Daha sonra tüm bu değerler arasında en başarılı olan parametreleri sabitlemek adına on bir ilçe için Friedman testi ile analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz işlemi için her ilçenin popülasyon değerlerinde başarılı sonuç veren transfer fonksiyonundan elde edilen değerler kullanılmıştır. Friedman testi ortalama sıralama değerleri olan meanranks değeri Çizelge 5.12’ de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Transfer Fonksiyonu Analiz Sonuçları

İLÇE	NP: 10 TF: O3	NP: 20 TF: O3	NP: 30 TF: V4	NP: 40 TF: V3	NP: 50 TF: U1
Onikişubat	1,3802	1,3955	1,3692	1,3799	1,3802
Dulkadiroğlu	1,0487	1,0370	1,0510	1,0308	1,0487
Türkoğlu	1,1465	1,1518	1,1528	1,1439	1,1465
Elbistan	1,2721	1,2716	1,2727	1,2711	1,2721
Göksün	1,1243	1,1146	1,1187	1,1234	1,1243
Pazarcık	1,2318	1,2309	1,2314	1,2313	1,2318
Çağlayancerit	0,4423	0,4423	0,4423	0,4423	0,4423
Afşin	1,1678	1,1680	1,1678	1,1680	1,1678
Andırın	1,4386	1,4400	1,4366	1,4377	1,4386
Ekinözü	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115
Nurhak	1,1177	1,1159	1,1161	1,1160	1,1177
Ort. Sıra	3,4545	2,9091	3,2273	2,3636	3,4545

Bu analiz işlemleri on bir ilçenin sonuçları incelenmiştir. En başarılı değerler üzerinden yapılan incelemeler sonucunda en düşük ortalama sıralama değerine sahip olan parametreler popülasyon değeri 40 ve transfer fonksiyonu ise V3 transfer fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

5.3. Algoritma Sonuçları

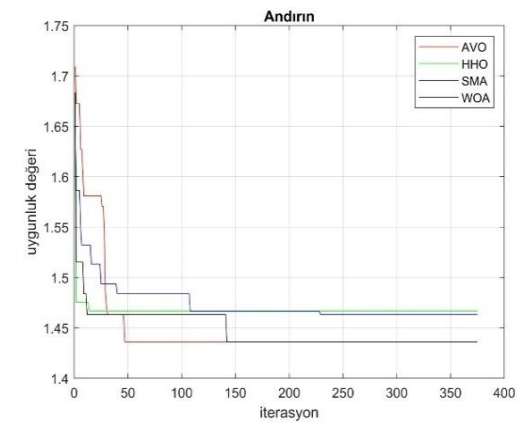
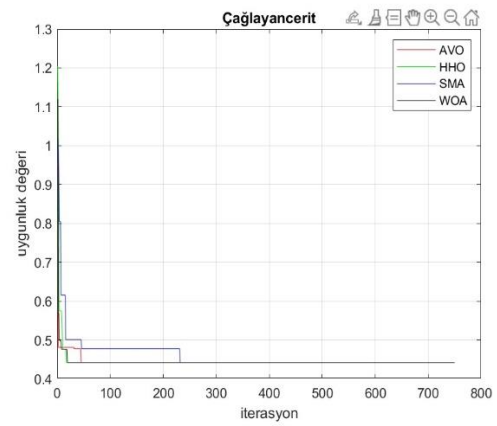
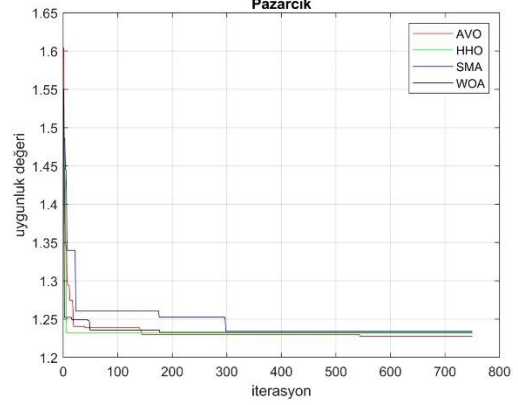
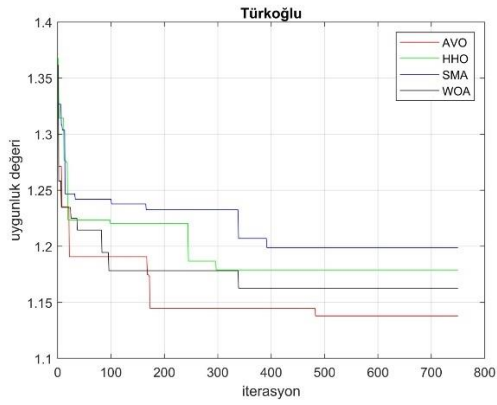
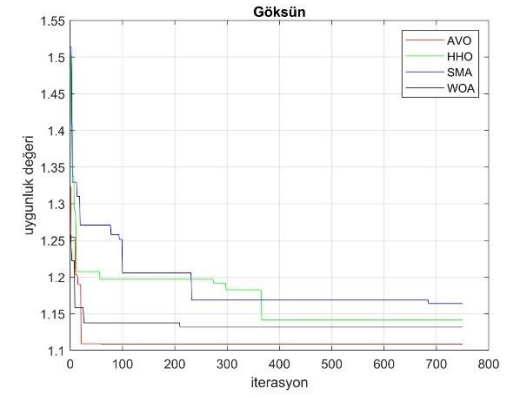
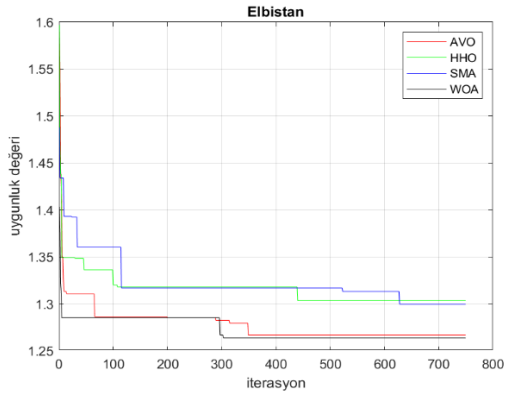
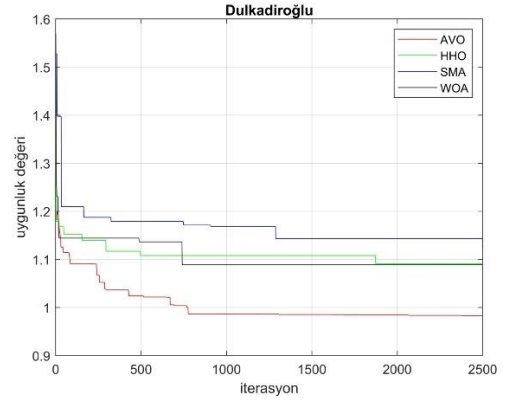
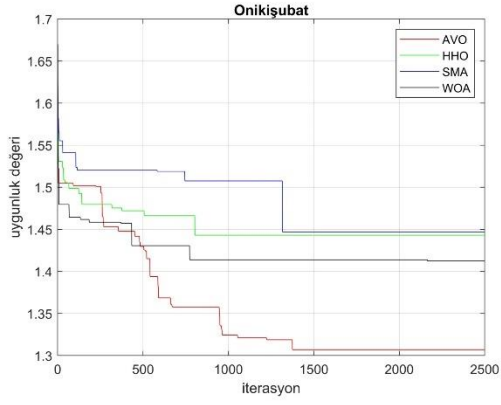
Belirlenen iterasyon değerleri, popülasyon değeri (NP = 40) ve transfer fonksiyonu (TF = V3) kullanılarak, AVOA başarımının kıyaslanabilmesi için problem verileri üzerinde üç farklı algortmada uygulanmıştır. Tüm algortmalar aynı koşullarda çalıştırılırken, kullanılan diğer algortmalara ait parametreler değiştirilmemiş algortma parametre değerleri korunmuştur.

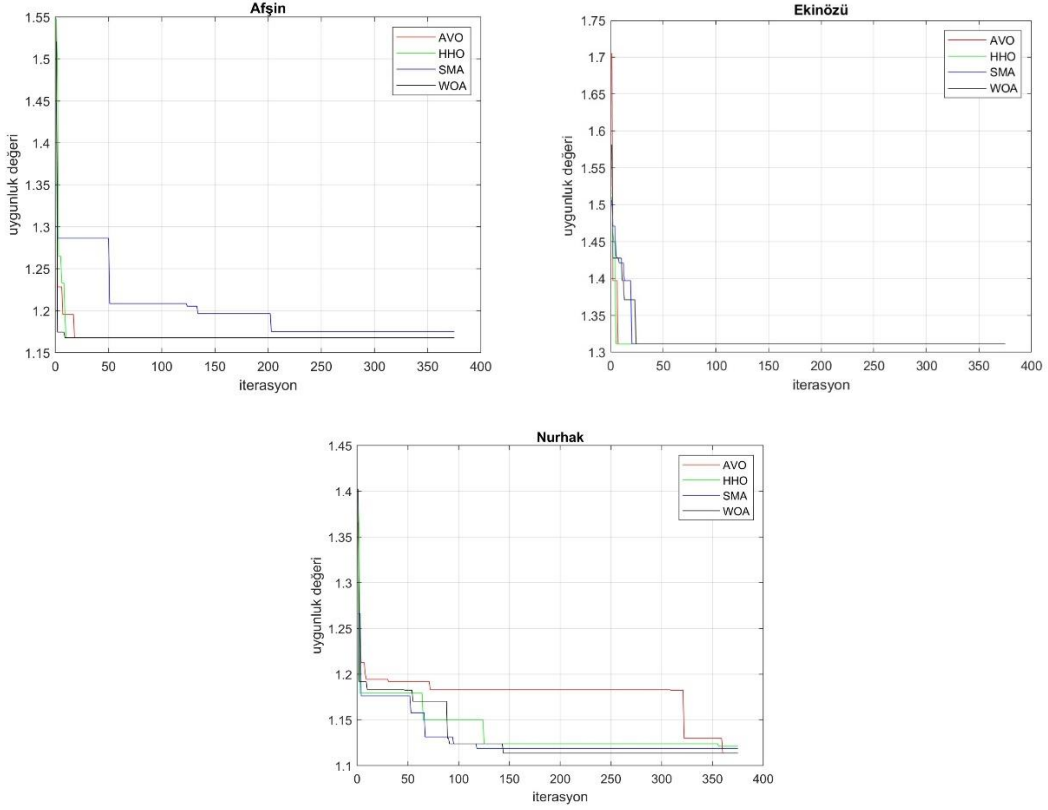
HHO, WOA ve SMA olmak üzere üç farklı algortmanın sonuçları incelenmiştir. HHO Algortması (Heidari vd., 2019) harris şahinlerinin av kuşatma ve saldırı stratejilerinin modellenmesi, SMA (Shimin Li vd., 2020) slime küfünün besin arama ve besin yoğunluğuna göre yönelme hareketlerinin modellenmesi, WOA (Seyedali Mirjalili ve Lewis, 2016) ise balinaların avlanma davranışlarının modellenmesi ile geliştirilmiş algortmalardır. Çizelge 5.13' de on bir farklı boyuttaki problem veri setleri için algortmaların başarıları sunulmuştur. Sonuçlar AVOA' nın diğer algortmalardan daha iyi sonuçlara ulaştığını göstermiştir.

Çizelge 5.13. İlçe Verileri için Algortma Sonuçları

İLÇELER	Sonuçlar	AVOA	HHO	SMA	WOA
Onikişubat	En İyi	1,2972	1,3495	1,4458	1,3583
	Ort.	1,3799	1,4412	1,4864	1,4201
	En Kötü	1,4695	1,4772	1,5102	1,4768
	Std. Sapma	0,0554	0,0283	0,0162	0,0306
Dulkadiroğlu	En İyi	0,9620	1,0079	1,0931	1,0048
	Ort.	1,0308	1,0887	1,1333	1,0845
	En Kötü	1,1105	1,1148	1,1773	1,1263
	Std. Sapma	0,0386	0,0225	0,0174	0,0312
Elbistan	En İyi	1,2637	1,2637	1,2637	1,2637
	Ort.	1,2711	1,2853	1,3217	1,2880
	En Kötü	1,3015	1,3139	1,3749	1,3196
	Std. Sapma	0,0116	0,0164	0,0275	0,0170

Göksün	En İyi	1,1084	1,1084	1,1091	1,1084
	Ort.	1,1234	1,1364	1,1478	1,1283
	En Kötü	1,1874	1,1723	1,2007	1,2288
	Std. Sapma	0,0213	0,0191	0,0257	0,0253
Türkoğlu	En İyi	1,1056	1,1181	1,1355	1,1219
	Ort.	1,1439	1,1819	1,1931	1,1633
	En Kötü	1,1955	1,2284	1,2318	1,1988
	Std. Sapma	0,0248	0,0201	0,0244	0,0216
Pazarcık	En İyi	1,2276	1,2276	1,2342	1,2276
	Ort.	1,2313	1,2346	1,2569	1,2363
	En Kötü	1,2387	1,2429	1,2942	1,2611
	Std. Sapma	0,0032	0,0040	0,0172	0,0088
Çağlayancerit	En İyi	0,4423	0,4423	0,4423	0,4423
	Ort.	0,4423	0,4423	0,4434	0,4423
	En Kötü	0,4423	0,4423	0,4764	0,4423
	Std. Sapma	0,0000	0,0000	0,0062	0,0000
Andırın	En İyi	1,4362	1,4362	1,4362	1,4362
	Ort.	1,4377	1,4369	1,4389	1,4373
	En Kötü	1,4472	1,4472	1,4634	1,4472
	Std. Sapma	0,0038	0,0028	0,0062	0,0033
Afşin	En İyi	1,1678	1,1678	1,1678	1,1678
	Ort.	1,1680	1,1678	1,1680	1,1685
	En Kötü	1,1744	1,1678	1,1751	1,1752
	Std. Sapma	0,0012	0,0000	0,0013	0,0022
Ekinözü	En İyi	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115
	Ort.	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115
	En Kötü	1,3115	1,3115	1,3115	1,3115
	Std. Sapma	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Nurhak	En İyi	1,1137	1,1137	1,1137	1,1137
	Ort.	1,1160	1,1174	1,1172	1,1211
	En Kötü	1,1300	1,1271	1,1716	1,1831
	Std. Sapma	0,0039	0,0035	0,0106	0,0180





Şekil 5.1. AVOA, HHO, SMA, WO Algoritmalarının Yakınsama Grafikleri

Yakınsama grafikleri incelendiğinde, HHO, SMA ve WO algoritmalarının yakınsama hızlarının yüksek olduğu, orta ve küçük boyutlu problemlerde AVOA'ya yakın başarı gösterdiği görülmüşken, büyük boyutlu problemler için AVOA'nın sömürü ve keşif süreci dengesindeki başarısı ile daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmektedir.

SMA yerel minimumlardan kaçınma yeteneği çok yüksek ve hızlı yakınsama özelliğine sahip bir algoritmadır (Shimin Li vd., 2020). Ancak bu hızlı yakınsama özelliği, algoritmanın erken yakınsama eğilimini artırmakta ve bu durum, söz konusu problemde diğer algoritmalara kıyasla daha düşük performans sergilemesine neden olmaktadır.

WO algoritması, gelişmiş bir sömürü yeteneğine sahip olmasına rağmen, yerel minimumlara takılma riski taşımaktadır. HHO algoritması ise hem yerel minimumlardan kaçınma açısından oldukça başarılıdır hem de yüksek bir yakınsama hızına sahiptir; ancak, erken yakınsama problemi bu algoritma için de geçerlidir. Problem özelinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, büyük boyutlu problemler için WO algoritmasının, HHO

algoritmasına kıyasla daha başarılı sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Bunun aksine, küçük boyutlu veri kümelerinde HHO algoritması daha üstün performans sergilemiştir. Bu sonuçlar, HHO algoritmasının hızlı yakınsama özelliğinin küçük problem boyutlarında avantaj sağlarken, büyük boyutlu problemler söz konusu olduğunda erken yakınsamaya neden olarak performansı olumsuz etkilediğini göstermektedir. WO algoritması ise güçlü sömürü mekanizması sayesinde büyük veri boyutlarında iyi sonuçlara ulaşmakta, ancak küçük veri kümelerinde performans açısından yetersiz kalmaktadır. Orta boyutlu veri gruplarında her iki algoritma da benzer düzeyde başarı göstermiştir; bazı durumlarda WO algoritması üstünlük sağlarken, bazı durumlarda HHO algoritması daha iyi sonuçlar vermiştir.

AVOA ise yerel minimumlardan kaçınma konusunda gösterdiği yüksek başarı ve dengeli keşif-sömürü stratejisi sayesinde, diğer algoritmalara kıyasla daha üstün sonuçlar elde etmiştir. Gerçekleştirilen uygulama sonuçları, AVOA algoritmasının ilgili problemdeki başarısını açıkça ortaya koymaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, afet yönetimi problemlerinden biri olan barınak yer seçimi problemi, Kahramanmaraş iline ait veri seti kullanılarak ele alınmış ve bu problem üzerinde AVOA' nın performansı incelenmiştir. AVOA, sürekli çözüm uzayında çalışan bir algoritma olduğundan, bu çalışmada ikili çözüm uzayında çalışabilmesi amacıyla 24 farklı transfer fonksiyonu (TF) kullanılarak ikili forma adapte edilmiştir. Kullanılan transfer fonksiyonları, S-şekilli, V-şekilli, T-şekilli, U-şekilli, Z-şekilli ve O-şekilli olmak üzere altı farklı gruba ait fonksiyonlardan oluşmaktadır.

Algoritmanın başarımını etkileyen parametrelerin belirlenmesi amacıyla çeşitli testler gerçekleştirilmiş, uygun popülasyon büyüklüğü ve transfer fonksiyonu kombinasyonları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, V3 transfer fonksiyonu, diğer 23 transfer fonksiyonuna kıyasla en yüksek başarıyı göstermiştir. V3 fonksiyonu ile en iyi sonuçların elde edildiği popülasyon değeri ise 40 olarak belirlenmiştir.

Genel değerlendirme sonucunda, V-şekilli transfer fonksiyonlarının diğer transfer fonksiyonu gruplarına kıyasla daha başarılı sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Özellikle V3 ve V4 fonksiyonları, aynı grup içerisindeki V1 ve V2 fonksiyonlarına oranla daha üstün performans sergilemiştir. O-şekilli transfer fonksiyonları arasında O3 fonksiyonu öne çıkarken, Z-şekilli fonksiyonlar içinde Z1 fonksiyonu yüksek başarı düzeyiyle dikkat çekmiştir. S-şekilli transfer fonksiyonları açısından değerlendirildiğinde, S1 fonksiyonunun kendi grubunda en yüksek başarıyı elde ettiği belirlenmiştir. U-şekilli transfer fonksiyonları kapsamında yapılan analizde ise U1 ve U2 fonksiyonları, U3 ve U4 fonksiyonlarına kıyasla daha iyi sonuçlar vermiştir. Öte yandan, T-şekilli transfer fonksiyonlarının ortalama başarı düzeyleri, diğer fonksiyon gruplarına kıyasla düşük kalmış ve genel olarak tatmin edici sonuçlar üretememiştir.

Belirlenen parametreler doğrultusunda AVOA, HHO, SMA ve WOA algoritmaları kullanılarak deneysel sonuçlar elde edilmiş ve bu algoritmaların performansları detaylı şekilde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, test edilen optimizasyon algoritmalarının başarılarının problem boyutu ve yapısal özelliklerine bağlı

olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. SMA algoritması, yerel minimumlardan kaçınma yeteneği ve yüksek yakınsama hızı gibi avantajlara sahip olsa da, erken yakınsama eğilimi nedeniyle ilgili problem kapsamında diğer algoritmalara kıyasla daha düşük performans sergilemiştir. WO algoritması, güçlü sömürü kapasitesi sayesinde özellikle büyük boyutlu problemler üzerinde başarılı sonuçlar üretmiş; ancak yerel minimumlara takılma riski nedeniyle küçük veri kümelerinde yetersiz kalmıştır. HHO algoritması ise, yerel minimumlardan kaçınma konusundaki başarısı ve yüksek yakınsama hızı ile küçük boyutlu veri kümelerinde üstün performans gösterirken, büyük boyutlu problemlerde erken yakınsama sorunu nedeniyle performans kaybı yaşamıştır. Orta boyutlu veri kümeleri açısından değerlendirildiğinde, WO ve HHO algoritmalarının birbirine yakın başarı düzeyleri sergilediği, ancak algoritmaların üstünlüklerinin problem koşullarına göre değiştii gözlemlenmiştir. Tüm bu değerlendirmeler ışığında, AVOA algoritması, yerel minimumlardan kaçınmadaki etkinliği ve keşif-sömürü dengesini sağlama konusundaki başarısı sayesinde, çalışmada ele alınan problem için en istikrarlı ve yüksek performanslı çözüm yaklaşımı olarak öne çıkmıştır.

6.2. Öneriler

Bu araştırma kapsamında ulaşılan bulgular ve yapılan incelemeler doğrultusunda, ileride gerçekleştirilecek hem akademik hem de uygulamalı araştırmalara katkı sağlayabilecek bazı öneriler sunulmuştur. Öncelikle oluşturulan veri setinin daha kapsamlı hale getirilmesi faydalı olacaktır. Bu çalışmada barınaklara yerleştirilecek olan nüfus yelpazesi mahalle grupları esas alınarak kümelere ayrılmış ve mahallelerin konumları ile barınaklara olan mesafesi üzerinden hesaplama gerçekleştirilmiştir. Nüfus grubunun barınaklara olan mesafesi uygunluk hesabı için önemli bir değişkendir. Bu etmenin hassasiyet ölçeğinin artırılması adına nüfus kümelerinin mahalle grupları yerine sokak derecesinde gruplandırılması hesaplamaların doğruluğunu artıracaktır. Ayrıca barınma alanlarının sağlık kurumlarına yakınlığı hem afetzedelerin ulaşımı için hem de ihtiyaçların afetzedelere ve sağlık kurumlarına ulaştırılması için yol ağı belirlenmesinde katkı sağlayacaktır. Bu amaçla veri setine, problem çözümünün iyileştirilmesi adına sağlık kuruluşlarının konumları dahil edilebilir ve uygunluk hesabı için geliştirilen fonksiyonda kullanılabilir.

Çalışmada tek bir ile ait veri seti kullanılmıştır. AVOA başarısını daha geniş çerçevede ele almak adına farklı illere ait veriler üzerinde uygulama gerçekleştirilebilir.

Bu araştırmada AVOA ikili uzaya taşınması TF yöntemi ile uygulanmıştır. Daha başarılı sonuçlara ulaşmak adına ikili uzaya dönüşüm işlemi için TF yöntemi yerine farklı yöntemler uygulanabilir. Bu araştırmalar ile hem AVOA' nın gerçek dünya problemleri çözümündeki başarısı incelenecek hem de barınak yer seçimi problemi çözümü iyileştirilecektir.

7. KAYNAKLAR

- Abanoz, F. B., Vural, N. 2023. "Doğu Karadeniz Bölümü Geçici Barınma Alanlarının İrdelenmesi". *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(2), 202-215.
- Abdollahzadeh, B., Gharehchopogh, F. S., Mirjalili, S. 2021. "African vultures optimization algorithm: A new nature-inspired metaheuristic algorithm for global optimization problems". *Computers and Industrial Engineering*, 158.
- AFAD. 2021. "2020 Yılı Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri".
- AFAD. t.y. "Afet Türleri". Geliş tarihi 03 Temmuz 2025, gönderen <https://www.afad.gov.tr/afet-turleri#>
- Arnaut, J. P. 2013. "Ant colony optimization algorithm for the Euclidean location-allocation problem with unknown number of facilities". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(1), 45-54.
- Benli, H., Bacanlı, M., Gündoğdu, Ş. T., Yaman, M., Esin, M., Gökçe, O., ... Zorbozan, D. 2018. "Türkiye’de afet yönetimi ve doğa kaynaklı afet istatistikleri". AFAD, Ankara.
- Chai, G., Fang, C., Gao, X., Zhao, Q. 2011. "A cost-based study on highway traffic emergency rescue sites location using heuristic genetic algorithm". *J. Comput. Inf. Syst*, 7(2), 507-514.
- Costa, M. F. P., Rocha, A. M. A. C., Francisco, R. B., Fernandes, E. M. G. P. 2014. "Heuristic-based firefly algorithm for bound constrained nonlinear binary optimization". *Advances in Operations Research*, 2014.
- Çalışkan, E. 2008. "Kapasitesiz Tesis Yeri Seçimi Problemi İçin Karınca Kolonisi En İyi İyilemesi Algoritmasına Dayalı Sezgisel Bir Yaklaşım". Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Ervural, B., Hakli, H. 2023. "A binary reptile search algorithm based on transfer functions with a new stochastic repair method for 0–1 knapsack problems". *Computers and Industrial Engineering*, 178.
- Geng, S., Hou, H. 2020. "Shelter location and material distribution model based on fuzzy multi-criteria group decision making". *İçinde Proceedings - 2020 16th Dahe Fortune China Forum and Chinese High-Educational Management Annual Academic Conference, DFHMC 2020* (ss. 240-243). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Göroğlu, M. 2020. "Acil Durum Ve Afet Planlaması".
- Guo, S., Fang, J., Li, Y. C., Yang, F., Chen, Z. Q. 2020. "Huayu Tongluo herbs alleviate renal inflammation by inhibiting macrophage infiltration and activation via TAK1/JNK pathway in diabetic nephropathy rats". *Tianran Chanwu Yanjiu yu Kaifa*, 32(12), 2020-2025.
- Han, C. F., Zhang, C. 2009. "Genetic algorithm for solving problems in emergency management". *İçinde 5th International Conference on Natural Computation, ICNC 2009* (C. 4, ss. 259-264).
- Hazırcı, M. 2017. "Afet Sonrası Kullanılacak Geçici İskân Alanlarının Seçimi: Burdur-Isparta Örneği". Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.
- He, Y., Zhang, F., Mirjalili, S., Zhang, T. 2022. "Novel binary differential evolution algorithm based on Taper-shaped transfer functions for binary optimization problems". *Swarm and Evolutionary Computation*, 69.
- Heidari, A. A., Mirjalili, S., Faris, H., Aljarah, I., Mafarja, M., Chen, H. 2019. "Harris hawks optimization: Algorithm and applications". *Future Generation Computer Systems*, 97, 849-872.
- Hosseini Milani, S. 2015. "Sensitivity analysis for the optimum shelter location model". İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Hoyos, M. C., Morales, R. S., Akhavan-Tabatabaei, R. 2015, Nisan 1. "OR models with stochastic components in disaster operations management: A literature survey". Computers and Industrial Engineering. Elsevier Ltd.
- Hu, F., Xu, W., Li, X. 2012. "A modified particle swarm optimization algorithm for optimal allocation of earthquake emergency shelters". International Journal of Geographical Information Science, 26(9), 1643-1666.
- Jia, H., Ordóñez, F., Dessouky, M. M. 2007. "Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies". Computers and Industrial Engineering, 52(2), 257-276.
- Kalkınma Bakanlığı, T. C. 2014. "Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Afet Yönetiminde Etkinlik Özel İhtisas Komisyonu Raporu 2023". Ankara, Kalkınma Bakanlığı Yayınları.
- Kaya, S. 2018. "Afetlerde geçici tesis yeri seçimi: Üsküdar ilçesi için bir uygulama". İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Kırıkçı, C. 2012. "Determination Of Shelter Locations And Evacuation Routes For A Possible Earthquake In The City Of Istanbul". Bilkent Üniversitesi.
- Kilci, F., Kara, B. Y., Bozkaya, B. 2015. "Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey". European Journal of Operational Research, 243(1), 323-332.
- Kongsomsaksakul, S., Yang, C., Chen, A. 2005. "Shelter location-allocation model for flood evacuation planning". Journal of the eastern Asia society for transportation studies, 6, 4237-4252.
- Li, Shanbin, Liu, Q. 2024. "Levy Flight and Chaos Theory-Based African Vulture Optimization Algorithm for Electric Vehicle Charging Scheduling". İçinde 2024 43rd Chinese Control Conference (CCC) (ss. 2015-2021). IEEE.
- Li, Shimin, Chen, H., Wang, M., Heidari, A. A., Mirjalili, S. 2020. "Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization". Future Generation Computer Systems, 111, 300-323.
- Ma, Y., Xu, W., Qin, L., Zhao, X., Du, J. 2019. "Emergency shelters location-allocation problem concerning uncertainty and limited resources: a multi-objective optimization with a case study in the Central area of Beijing, China". Geomatics, Natural Hazards and Risk, 10(1), 1242-1266.
- Mirjalili, Seyedali, Lewis, A. 2013. "S-shaped versus V-shaped transfer functions for binary Particle Swarm Optimization". Swarm and Evolutionary Computation, 9, 1-14.
- Mirjalili, Seyedali, Lewis, A. 2016. "The Whale Optimization Algorithm". Advances in Engineering Software, 95, 51-67.
- Mirjalili, Seyedehzahra, Zhang, H., Mirjalili, S., Chalup, S., Noman, N. 2020. "A Novel U-Shaped Transfer Function for Binary Particle Swarm Optimisation". İçinde Advances in Intelligent Systems and Computing (C. 1138, ss. 241-259). Springer.
- Na Ayudhya, W. S. 2020. "Flood shelters location using p-median model". İçinde IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (C. 2020-December, ss. 11-15). IEEE Computer Society.
- Ng, M., Park, J., Waller, S. T. 2010. "A Hybrid Bilevel Model for the Optimal Shelter Assignment in Emergency Evacuations". Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 25(8), 547-556.
- Ömürgönülşen, M., Menten, C. 2021. "Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Ankara İli İçin Olası Afet Sonrası Geçici Barınma Alanlarının Seçimi". Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 7(1), 159-175.

- Pampará, G., Engelbrecht, A. P. 2011. "Binary artificial bee colony optimization". İçinde *2011 IEEE Symposium on Swarm Intelligence* (ss. 1-8).
- Ritchie, H., Rosado, P., Roser, M. 2022. "Natural Disasters".
- Saeidian, B., Mesgari, M. S., Ghodousi, M. 2016. "Evaluation and comparison of Genetic Algorithm and Bees Algorithm for location-allocation of earthquake relief centers". *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15, 94-107.
- Saeidian, B., Mesgari, M. S., Pradhan, B., Ghodousi, M. 2018. "Optimized location-allocation of earthquake relief centers using PSO and ACO, complemented by GIS, clustering, and TOPSIS". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8).
- Sarıkaya, H. A. 2014. "*Bütünleşik tedarik zinciri ağında tesis yeri seçimi problemi için bulanık çok amaçlı programlama modeline sezgisel bir yaklaşım: Tavlama benzetimi algoritması*". Kara Harp Okulu, Ankara.
- Shankar, K., Baviskar, A. S. 2018. "Improved hybrid Strength Pareto Evolutionary Algorithms for multi-objective optimization". *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, 11(1), 20-46.
- Şahin, S. 2017. "*Çok kriterli karar verme yöntemleri ile bulanık ortamda afet yönetimi sisteminde geçici barınma alanları yer seçimi*". İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Temiz, H. 2018. "*Afet yönetiminde lojistik depo seçimi ve bir uygulama*". İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Tian, J., Ma, W. Z., Wang, Y. L., Wang, K. L. 2011. "Emergency supplies distributing and vehicle routes programming based on particle swarm optimization". *Systems Engineering-Theory & Practice*, 31(5), 898-906.
- Tüzün Sümer, Ü. 2019. "*Meta Sezgisel Yaklaşımlar İle P- Medyan Tesis Yeri Seçimi*". İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Tzeng, G. H., Chen, Y. W. 1999. "The optimal location of airport fire stations: A fuzzy multi-objective programming and revised genetic algorithm approach". *Transportation Planning and Technology*, 23(1), 37-55.
- Uno, T., Kato, K., Katagiri, H. 2007. "An application of interactive fuzzy satisficing approach with particle swarm optimization for multiobjective emergency facility location problem with a-distance". İçinde *2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Multi-Criteria Decision-Making* (ss. 368-373). IEEE.
- Wang, L., Wang, X., Fu, J., Zhen, L. 2008. "A Novel Probability Binary Particle Swarm Optimization Algorithm and its Application.". *J. Softw.*, 3(9), 28-35.
- Wang, Y., Xu, Z. 2023. "An Emergency Shelter Location Model Based on the Sense of Security and the Reliability Level". *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 32(1), 100-127.
- Xiang, X., Tian, Y., Xiao, J., Zhang, X. 2020. "A Clustering-Based Surrogate-Assisted Multiobjective Evolutionary Algorithm for Shelter Location Problem under Uncertainty of Road Networks". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(12), 7544-7555.
- Xu, W., Zhao, X., Ma, Y., Li, Y., Qin, L., Wang, Y., Du, J. 2018. "A multi-objective optimization based method for evaluating earthquake shelter location-allocation". *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9(1), 662-677.
- Yang, L., Jones, B. F., Yang, S. H. 2007. "A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms". *European Journal of Operational Research*, 181(2), 903-915.
- Zarepor Ashkezari, A., Mosalman Yazdi, H. 2021. "Location allocation of earthquake relief centers in yazd city based on whale optimization algorithm". *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, 34(5), 1184-1194.

- Zhang, M., Zhang, Y., Jiao, Z., Wang, J. 2023. "Improving relief operations via optimizing shelter location with uncertain covariates". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 176.
- Zhang, Z., Hu, Y., Lu, W., Cao, W., Gao, X. 2023. "Spatial accessibility analysis and location optimization of emergency shelters in Deyang". *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1).
- Zhong, G., Lu, Y., Chen, W., Zhai, G. 2023. "Multi-objective optimization approach of shelter location with maximum equity: an empirical study in Xin Jiekou district of Nanjing, China". *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1).
- Zhong, G., Zhai, G., Chen, W. 2022. "Optimization on Spatial Distribution of Shelter through Dynamic Evacuation Simulation of High Density Urban Area-Xinjiekou Case". *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(11), 4760-4776.
- Zhong, U., Zhai, G., Chen, W. 2022. "Optimization of Shelter Location Based on a Combined Static/Dynamic Two-Stage Optimization Methodology: A Case Study in the Central Urban Area of Xinyi City, China". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(4).
- Zhu, H., He, Y., Wang, X., Tsang, E. C. C. 2017. "Discrete differential evolutions for the discounted {0-1} knapsack problem". *International Journal of Bio-Inspired Computation*, 10(4), 219-238.

EKLER**EK-1. Onikişubat İlçesi Farklı Popülasyon Değerleri İçin 30 Çalışma Zamanı Sonuçları****Çizelge EK-1.1. NP=10 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları**

Çalıştırma	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4
1	1.3473	1.2915	1.3120	1.3885	1.3228	1.4384	1.4258	1.3710	1.3303	1.3835	1.4519	1.4641
2	1.3728	1.3103	1.4776	1.4760	1.3668	1.3502	1.4437	1.2953	1.3665	1.4453	1.4418	1.4644
3	1.3371	1.4540	1.3329	1.3749	1.3713	1.2861	1.3609	1.3359	1.3586	1.4781	1.4515	1.4661
4	1.3407	1.3411	1.4605	1.3284	1.3195	1.3098	1.3191	1.3427	1.4657	1.4334	1.4536	1.4633
5	1.4670	1.4137	1.3673	1.3074	1.3913	1.3022	1.4053	1.3420	1.3932	1.3502	1.4639	1.4359
6	1.3432	1.3648	1.3782	1.3488	1.4378	1.3034	1.2892	1.3807	1.4640	1.4153	1.4128	1.4448
7	1.4188	1.4572	1.3365	1.3087	1.2911	1.4698	1.3323	1.4366	1.3806	1.4466	1.4369	1.4509
8	1.4541	1.3624	1.3318	1.3270	1.3695	1.2938	1.3393	1.3509	1.4372	1.4629	1.4732	1.4528
9	1.3109	1.3326	1.4688	1.4347	1.4238	1.3298	1.2852	1.3825	1.4731	1.4077	1.4306	1.4580
10	1.3190	1.4089	1.3193	1.4676	1.4466	1.4213	1.3196	1.4236	1.3487	1.3116	1.4654	1.4574
11	1.3543	1.4116	1.4084	1.4038	1.4582	1.3768	1.3458	1.4284	1.4470	1.4464	1.4699	1.4614
12	1.3176	1.3927	1.4520	1.4297	1.3136	1.3903	1.3261	1.4050	1.3986	1.3580	1.4516	1.4463
13	1.3238	1.4652	1.3658	1.3597	1.3316	1.3068	1.3858	1.4012	1.3884	1.3735	1.4506	1.4763
14	1.3890	1.4676	1.4387	1.4422	1.3212	1.2990	1.4395	1.3729	1.3151	1.3541	1.4252	1.4612
15	1.3836	1.4379	1.4639	1.3527	1.4033	1.3192	1.3705	1.3384	1.3120	1.4304	1.4465	1.4604
16	1.4404	1.4112	1.3722	1.3654	1.4623	1.3106	1.4434	1.3246	1.3598	1.4253	1.4892	1.4722
17	1.4310	1.4441	1.4589	1.4114	1.3449	1.3371	1.3597	1.3124	1.3986	1.4160	1.4512	1.4527
18	1.3566	1.3582	1.4272	1.3886	1.2975	1.4297	1.3965	1.4380	1.4107	1.3165	1.4660	1.4667
19	1.4054	1.3376	1.3133	1.3800	1.3411	1.3334	1.4287	1.4400	1.3356	1.3790	1.4491	1.4331
20	1.3468	1.3720	1.3436	1.3035	1.2911	1.3147	1.4454	1.2856	1.3959	1.4317	1.4411	1.4595
21	1.3668	1.3517	1.3254	1.3686	1.3780	1.4553	1.4524	1.3932	1.4457	1.4011	1.4545	1.4159
22	1.3411	1.4670	1.4368	1.3951	1.3024	1.3325	1.4505	1.3154	1.3217	1.3782	1.4536	1.4274
23	1.2978	1.3694	1.3421	1.3563	1.3204	1.3341	1.3446	1.3525	1.4067	1.4107	1.4505	1.4654
24	1.3872	1.3757	1.4436	1.3596	1.3013	1.3614	1.3427	1.3223	1.3600	1.4056	1.4464	1.4464
25	1.4150	1.3995	1.4185	1.3658	1.3356	1.2955	1.4493	1.4521	1.4522	1.4143	1.4332	1.4609
26	1.3473	1.4308	1.3332	1.4457	1.3653	1.3535	1.3676	1.3782	1.4087	1.3329	1.4466	1.4311
27	1.3528	1.4478	1.4647	1.3757	1.3821	1.4438	1.4354	1.3327	1.4491	1.4218	1.4702	1.4481
28	1.3384	1.3854	1.3858	1.4547	1.3374	1.3633	1.3859	1.3944	1.3880	1.4472	1.4414	1.4303
29	1.4201	1.4454	1.3039	1.4100	1.3655	1.3462	1.3831	1.4578	1.4441	1.4241	1.4687	1.4433
30	1.3597	1.3627	1.3305	1.4213	1.3221	1.3886	1.3625	1.3478	1.3557	1.4087	1.4578	1.4387
Ort.	1.3695	1.3957	1.3871	1.3851	1.3572	1.3532	1.3812	1.3718	1.3937	1.4037	1.4515	1.4518
Std. Sapma	0.0444	0.0493	0.0585	0.0474	0.0505	0.0536	0.0512	0.0484	0.0481	0.0421	0.0156	0.0147
Min.	1.2978	1.2915	1.3039	1.3035	1.2911	1.2861	1.2852	1.2856	1.3120	1.3116	1.4128	1.4159
Maks.	1.4670	1.4676	1.4776	1.4760	1.4623	1.4698	1.4524	1.4578	1.4731	1.4781	1.4892	1.4763

Çizelge EK-1.2. NP=10 Değeri için T-O-Z Şekli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
1	1.4093	1.4514	1.3815	1.4437	1.3837	1.4081	1.3542	1.3683	1.4487	1.3816	1.4708	1.4293
2	1.4631	1.4709	1.4402	1.4420	1.4179	1.3944	1.3510	1.4494	1.4436	1.4317	1.4563	1.4447
3	1.4538	1.4765	1.3998	1.4556	1.4581	1.2969	1.3464	1.4213	1.4525	1.3474	1.4419	1.4680
4	1.4552	1.4403	1.4099	1.4138	1.3855	1.4011	1.4124	1.3509	1.4680	1.4453	1.4633	1.4698
5	1.4618	1.4442	1.4536	1.4017	1.3457	1.4212	1.2854	1.4437	1.4094	1.4275	1.4559	1.4540
6	1.4588	1.4240	1.4162	1.4168	1.4664	1.4252	1.4151	1.3257	1.4637	1.4337	1.4535	1.4758
7	1.4512	1.4201	1.4176	1.4774	1.4640	1.4344	1.3871	1.3910	1.4403	1.4576	1.4677	1.4428
8	1.4461	1.4593	1.4427	1.4561	1.4164	1.4209	1.4796	1.3481	1.4532	1.4364	1.4481	1.4150
9	1.4252	1.4612	1.4688	1.4368	1.3659	1.3456	1.3260	1.3783	1.4035	1.4256	1.4615	1.4648
10	1.4199	1.4444	1.3888	1.4607	1.4062	1.3943	1.3055	1.3819	1.3008	1.4621	1.4561	1.4586
11	1.3974	1.4349	1.4349	1.4637	1.4755	1.4687	1.3976	1.4422	1.4570	1.4626	1.4433	1.4511
12	1.4634	1.4303	1.3616	1.4453	1.3586	1.4511	1.3687	1.4405	1.4005	1.3541	1.4727	1.4385
13	1.4661	1.4388	1.4633	1.4290	1.4258	1.4424	1.3820	1.3408	1.4759	1.4501	1.4628	1.4246
14	1.4680	1.4509	1.4088	1.4558	1.4246	1.4088	1.3472	1.4558	1.3404	1.4528	1.4562	1.4576
15	1.4521	1.4277	1.4225	1.4590	1.4118	1.4557	1.4097	1.4023	1.4074	1.4486	1.4463	1.4756
16	1.3989	1.4637	1.4100	1.4370	1.4423	1.4298	1.3984	1.3855	1.4491	1.4286	1.4458	1.4598
17	1.4595	1.4440	1.3555	1.3666	1.4690	1.4283	1.4149	1.3717	1.3726	1.4546	1.4580	1.4814
18	1.4712	1.4469	1.4480	1.4711	1.4200	1.3990	1.4708	1.4009	1.4386	1.4762	1.4523	1.4646
19	1.4606	1.4571	1.4524	1.4720	1.3910	1.4181	1.3215	1.3859	1.4135	1.4379	1.4655	1.4454
20	1.4300	1.4073	1.3578	1.4686	1.4602	1.4219	1.2798	1.3350	1.3715	1.4686	1.4518	1.4540
21	1.4498	1.4277	1.3835	1.3988	1.4541	1.3898	1.3882	1.4713	1.4461	1.4178	1.4627	1.4329
22	1.4553	1.4514	1.4428	1.4040	1.4736	1.4276	1.4209	1.3168	1.4441	1.3372	1.4619	1.4702
23	1.4536	1.4226	1.4716	1.4200	1.4199	1.3604	1.4599	1.4805	1.4077	1.4551	1.4454	1.4267
24	1.4576	1.4304	1.4757	1.4357	1.3665	1.4249	1.2963	1.4734	1.4081	1.4526	1.4646	1.4643
25	1.4501	1.4148	1.4329	1.3994	1.4540	1.4248	1.3121	1.4397	1.3340	1.4158	1.4392	1.4658
26	1.4461	1.4442	1.4641	1.3883	1.3807	1.4647	1.4128	1.4562	1.3645	1.3092	1.4460	1.4620
27	1.4508	1.4599	1.4300	1.3456	1.3220	1.3768	1.4314	1.4206	1.3919	1.3990	1.4563	1.4644
28	1.4547	1.4523	1.4493	1.3427	1.3422	1.3939	1.3846	1.3364	1.3143	1.4660	1.4603	1.4546
29	1.4379	1.4488	1.4556	1.4500	1.4638	1.3492	1.3734	1.3695	1.3626	1.4326	1.4536	1.4699
30	1.4705	1.4580	1.4457	1.4379	1.4276	1.3747	1.4745	1.4242	1.4730	1.4622	1.4520	1.4546
Ort.	1.4479	1.4435	1.4262	1.4298	1.4164	1.4084	1.3802	1.4003	1.4119	1.4277	1.4557	1.4547
Std.	0.0198	0.0168	0.0345	0.0361	0.0439	0.0375	0.0558	0.0482	0.0484	0.0421	0.0087	0.0167
Sapma												
Min.	1.3974	1.4073	1.3555	1.3427	1.3220	1.2969	1.2798	1.3168	1.3008	1.3092	1.4392	1.4150
Maks.	1.4712	1.4765	1.4757	1.4774	1.4755	1.4687	1.4796	1.4805	1.4759	1.4762	1.4727	1.4814

Çizelge EK-1.3. NP=20 Değeri için S-V-U Şekli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4
1	1.3638	1.3582	1.3851	1.4346	1.3374	1.3589	1.3202	1.4603	1.4170	1.4234	1.4529	1.4710
2	1.3366	1.4638	1.3831	1.4098	1.3248	1.3348	1.4293	1.3502	1.3478	1.4580	1.4521	1.4429
3	1.3164	1.4483	1.3896	1.4148	1.3038	1.4403	1.4491	1.2792	1.3440	1.3937	1.4626	1.4235
4	1.3127	1.4294	1.4162	1.3335	1.4024	1.3437	1.3775	1.3528	1.3073	1.3372	1.4601	1.4639
5	1.3590	1.3150	1.4295	1.3959	1.3748	1.4232	1.4151	1.2980	1.4390	1.4605	1.4567	1.4495
6	1.3670	1.3231	1.4594	1.4296	1.4564	1.3110	1.3259	1.4613	1.3348	1.3422	1.4618	1.4558
7	1.3317	1.4773	1.3679	1.3031	1.3057	1.3169	1.4697	1.3912	1.3692	1.3995	1.4572	1.4329
8	1.3374	1.3638	1.3067	1.4486	1.3282	1.3106	1.3401	1.3817	1.3623	1.4268	1.4636	1.4549
9	1.4172	1.3211	1.3965	1.4104	1.3059	1.3279	1.4353	1.3018	1.3664	1.4063	1.4777	1.4480
10	1.3266	1.4576	1.3799	1.3353	1.3598	1.3406	1.3169	1.3259	1.3939	1.3412	1.4513	1.4683
11	1.3785	1.4358	1.4205	1.3499	1.4489	1.3569	1.3283	1.3062	1.4344	1.3668	1.4705	1.4747
12	1.3466	1.3422	1.3332	1.3378	1.3517	1.3649	1.4678	1.2932	1.4434	1.4681	1.4316	1.4552
13	1.3363	1.3905	1.3699	1.3459	1.4308	1.3810	1.3739	1.4504	1.4375	1.3343	1.4565	1.4506
14	1.3986	1.4002	1.4271	1.3843	1.3943	1.4418	1.3866	1.2954	1.4443	1.4436	1.4563	1.4543
15	1.3037	1.4257	1.4444	1.4498	1.3974	1.2882	1.3649	1.4055	1.3480	1.4185	1.4621	1.4634
16	1.4669	1.3438	1.4379	1.2985	1.3216	1.4420	1.4351	1.4599	1.4315	1.4238	1.4491	1.4403
17	1.3045	1.4233	1.4377	1.4345	1.2933	1.4434	1.3343	1.3103	1.4443	1.4592	1.4247	1.4441
18	1.3146	1.3777	1.3672	1.3234	1.3299	1.3953	1.4105	1.3901	1.3575	1.3534	1.4530	1.4660
19	1.4321	1.3851	1.3307	1.3509	1.3602	1.3396	1.3861	1.4261	1.4652	1.3682	1.4339	1.4744
20	1.3361	1.4563	1.3246	1.4401	1.3665	1.3309	1.3033	1.3447	1.3470	1.4181	1.4418	1.4247
21	1.3474	1.4560	1.3655	1.3238	1.2979	1.3198	1.4363	1.3094	1.4534	1.3764	1.4333	1.4415
22	1.3380	1.3586	1.3668	1.4156	1.3326	1.4192	1.3956	1.4504	1.3835	1.4502	1.4201	1.4693
23	1.2886	1.3741	1.3459	1.4184	1.3542	1.3303	1.4720	1.3226	1.4336	1.3956	1.4200	1.4544
24	1.4542	1.3997	1.3588	1.3379	1.4557	1.3996	1.4370	1.4337	1.4011	1.4591	1.4002	1.4160
25	1.2928	1.4328	1.3966	1.3760	1.3022	1.3539	1.3249	1.4087	1.3776	1.4219	1.4504	1.4775
26	1.3514	1.3502	1.3845	1.4744	1.3176	1.3599	1.4432	1.4396	1.4282	1.3707	1.4713	1.4650
27	1.3573	1.3796	1.4410	1.4601	1.3355	1.4446	1.4621	1.4423	1.4238	1.4643	1.4625	1.4457
28	1.4042	1.3830	1.4104	1.3732	1.4082	1.3776	1.3832	1.2938	1.4028	1.3846	1.4447	1.3840
29	1.3560	1.3587	1.4183	1.4235	1.4051	1.4592	1.3380	1.3790	1.4704	1.4540	1.4690	1.4525
30	1.3259	1.3574	1.4811	1.4582	1.3255	1.4722	1.4411	1.4590	1.3259	1.3810	1.4387	1.4555
Ort.	1.3534	1.3929	1.3925	1.3897	1.3576	1.3743	1.3934	1.3741	1.3978	1.4067	1.4495	1.4507
Std.	0.0453	0.0469	0.0426	0.0518	0.0493	0.0523	0.0536	0.0638	0.0460	0.0428	0.0177	0.0199
Sapma												
Min.	1.2886	1.3150	1.3067	1.2985	1.2933	1.2882	1.3033	1.2792	1.3073	1.3343	1.4002	1.3840
Maks.	1.4669	1.4773	1.4811	1.4744	1.4564	1.4722	1.4720	1.4613	1.4704	1.4681	1.4777	1.4775

Çizelge EK-1.5. NP=30 Değeri için S-V-U Şekli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4
1	1.3799	1.3944	1.4339	1.4330	1.3668	1.3017	1.3933	1.3319	1.4019	1.3572	1.4645	1.4526
2	1.3207	1.2946	1.4376	1.3775	1.3233	1.3334	1.3556	1.3809	1.3191	1.4349	1.4442	1.4661
3	1.3532	1.3739	1.3897	1.4218	1.4541	1.4045	1.3610	1.3238	1.4169	1.3731	1.4737	1.4423
4	1.3928	1.3257	1.4281	1.3212	1.3697	1.3131	1.4446	1.3289	1.4214	1.3532	1.4670	1.4567
5	1.3498	1.3367	1.3416	1.4610	1.3339	1.3488	1.3013	1.3156	1.4321	1.3730	1.4462	1.4650
6	1.3632	1.3045	1.3719	1.4206	1.3843	1.2983	1.2928	1.3828	1.4237	1.3313	1.4683	1.4520
7	1.3089	1.4460	1.3675	1.4389	1.3300	1.2938	1.4485	1.3916	1.3922	1.3886	1.4686	1.4344
8	1.4542	1.4564	1.3401	1.3699	1.4357	1.4529	1.3254	1.3741	1.4561	1.3119	1.4591	1.4451
9	1.3598	1.3069	1.3588	1.3342	1.3816	1.3893	1.3072	1.4440	1.3755	1.3336	1.4702	1.4582
10	1.3070	1.4531	1.4074	1.3364	1.4396	1.3279	1.3467	1.3494	1.3198	1.4094	1.4585	1.4789
11	1.4333	1.3810	1.3772	1.3399	1.3045	1.3589	1.4284	1.3512	1.3756	1.3083	1.4398	1.4374
12	1.3162	1.3937	1.4439	1.4072	1.4550	1.3308	1.4354	1.3819	1.4114	1.3782	1.4670	1.4618
13	1.3072	1.3298	1.4570	1.3299	1.3527	1.3380	1.3319	1.4118	1.3225	1.3625	1.4469	1.4588
14	1.4084	1.3575	1.4197	1.2941	1.4467	1.3704	1.3117	1.3526	1.4202	1.3554	1.4516	1.4632
15	1.4396	1.3616	1.4382	1.3615	1.3965	1.3196	1.4398	1.4131	1.3838	1.4085	1.4654	1.4608
16	1.3715	1.3755	1.3391	1.3744	1.3221	1.3030	1.2981	1.3073	1.3941	1.3204	1.4440	1.4493
17	1.4144	1.4482	1.3391	1.4536	1.3019	1.2945	1.4325	1.3524	1.3043	1.3651	1.4537	1.4384
18	1.3604	1.3033	1.3233	1.4620	1.3200	1.3500	1.3734	1.4138	1.4200	1.3021	1.4493	1.4246
19	1.3743	1.4294	1.2876	1.4535	1.4554	1.3161	1.4276	1.3564	1.3482	1.3759	1.4479	1.4673
20	1.4431	1.3394	1.4629	1.3503	1.4436	1.4263	1.4516	1.3759	1.3549	1.3448	1.4570	1.4531
21	1.3116	1.3680	1.3856	1.4628	1.4690	1.2901	1.4502	1.3565	1.3625	1.4171	1.4752	1.4571
22	1.3329	1.3367	1.3429	1.3822	1.3641	1.3508	1.3429	1.3988	1.4536	1.4310	1.4787	1.4695
23	1.3269	1.2857	1.4350	1.4195	1.3472	1.3586	1.3117	1.3464	1.3118	1.4272	1.4689	1.4642
24	1.3151	1.3892	1.4509	1.3709	1.4160	1.3378	1.3060	1.4360	1.4299	1.3386	1.4641	1.4774
25	1.3690	1.4693	1.3055	1.3563	1.4661	1.3993	1.4441	1.3777	1.3948	1.4089	1.4435	1.4548
26	1.4792	1.3911	1.3677	1.3004	1.3040	1.3656	1.4443	1.3514	1.3686	1.3464	1.4704	1.4626
27	1.4708	1.3833	1.3512	1.2959	1.4581	1.4119	1.3632	1.4398	1.3630	1.3017	1.4307	1.4591
28	1.3058	1.3947	1.4259	1.3813	1.3047	1.3686	1.3980	1.2989	1.3809	1.4104	1.4654	1.4372
29	1.3071	1.3906	1.4233	1.3936	1.4594	1.3583	1.3036	1.3129	1.4034	1.3301	1.4659	1.4565
30	1.3799	1.2814	1.3377	1.3681	1.3809	1.4018	1.4118	1.4179	1.3709	1.3844	1.4559	1.4016
Ort.	1.3706	1.3700	1.3863	1.3824	1.3862	1.3505	1.3761	1.3692	1.3844	1.3661	1.4587	1.4535
Std. Sapma	0.0552	0.0536	0.0493	0.0516	0.0588	0.0427	0.0580	0.0404	0.0415	0.0398	0.0120	0.0159
Min.	1.3057	1.2814	1.2875	1.2941	1.3018	1.2901	1.2927	1.2988	1.3042	1.3017	1.4306	1.4015
Maks.	1.4792	1.4692	1.4629	1.4628	1.4690	1.4528	1.4516	1.4440	1.4561	1.4349	1.4787	1.4789

Çizelge EK-1.6. NP=30 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
1	1,4733	1,4467	1,4139	1,4552	1,4270	1,3571	1,3548	1,3832	1,4418	1,3793	1,4667	1,4500
2	1,4267	1,4489	1,4527	1,4560	1,4390	1,3208	1,3417	1,3071	1,3855	1,4514	1,4658	1,4725
3	1,4068	1,4634	1,4431	1,4679	1,4640	1,4533	1,3759	1,4374	1,4599	1,3390	1,4812	1,4406
4	1,4630	1,4483	1,4417	1,4256	1,4729	1,3408	1,3844	1,3922	1,4634	1,4495	1,4646	1,4450
5	1,4627	1,4456	1,4350	1,4573	1,3450	1,3455	1,3367	1,4444	1,4556	1,4290	1,4629	1,4476
6	1,4569	1,4713	1,4613	1,4326	1,4421	1,3513	1,4145	1,4312	1,3922	1,3925	1,4626	1,4604
7	1,4472	1,4408	1,3699	1,4389	1,4513	1,4690	1,3743	1,3585	1,3212	1,4599	1,4591	1,4498
8	1,4596	1,4424	1,4510	1,4508	1,3758	1,3960	1,3045	1,3032	1,3067	1,4789	1,4623	1,4597
9	1,4836	1,3550	1,4136	1,3893	1,4169	1,3787	1,3769	1,3778	1,4665	1,4650	1,4533	1,4438
10	1,4517	1,4680	1,4421	1,4313	1,3269	1,4437	1,4309	1,4001	1,3900	1,3201	1,4474	1,4556
11	1,4544	1,4758	1,4613	1,4178	1,4617	1,4496	1,4013	1,4162	1,4652	1,4240	1,4540	1,4329
12	1,4410	1,4323	1,4662	1,3068	1,3862	1,4642	1,3771	1,3577	1,3339	1,3413	1,4495	1,4598
13	1,4716	1,4228	1,4262	1,3951	1,4119	1,4711	1,3194	1,3267	1,4099	1,4264	1,4605	1,4684
14	1,4618	1,4566	1,4343	1,4056	1,4404	1,4997	1,3113	1,3756	1,3664	1,3083	1,4460	1,4603
15	1,4670	1,4708	1,4714	1,4591	1,4439	1,3229	1,3203	1,3588	1,3832	1,4657	1,4433	1,4657
16	1,4342	1,4689	1,3986	1,4546	1,3950	1,3789	1,4219	1,4168	1,3908	1,4427	1,4397	1,4492
17	1,4560	1,4647	1,3578	1,4384	1,4348	1,4308	1,4241	1,3877	1,3135	1,2927	1,4796	1,4433
18	1,4701	1,4574	1,4664	1,4515	1,4203	1,3529	1,3962	1,3498	1,3644	1,4386	1,4630	1,4423
19	1,4528	1,4616	1,4541	1,4445	1,4333	1,4068	1,4354	1,4592	1,4340	1,4136	1,4530	1,4452
20	1,4512	1,4406	1,4652	1,4190	1,3270	1,4158	1,3480	1,4578	1,4536	1,4398	1,4569	1,4714
21	1,4485	1,4450	1,4067	1,3948	1,4184	1,4240	1,3362	1,3635	1,4402	1,4667	1,4681	1,4751
22	1,4768	1,4504	1,3649	1,3958	1,4330	1,3829	1,3444	1,4172	1,3731	1,4381	1,4292	1,4591
23	1,4453	1,4635	1,4493	1,4741	1,4092	1,4107	1,4045	1,3754	1,3792	1,4578	1,4435	1,4566
24	1,4658	1,4402	1,4545	1,4534	1,4580	1,3241	1,4617	1,3987	1,4299	1,4270	1,4683	1,4809
25	1,4591	1,4122	1,4611	1,4637	1,4619	1,3724	1,4305	1,4097	1,4461	1,4376	1,4542	1,4283
26	1,4474	1,4663	1,4565	1,4312	1,4494	1,4378	1,4377	1,4154	1,4616	1,4405	1,4614	1,4742
27	1,4404	1,4160	1,4139	1,3834	1,4328	1,4074	1,3214	1,4380	1,4234	1,4784	1,4709	1,4216
28	1,4294	1,4646	1,4392	1,4710	1,4439	1,4468	1,3847	1,4654	1,4205	1,4430	1,4321	1,4549
29	1,3651	1,4702	1,4588	1,3504	1,3564	1,3499	1,4762	1,4116	1,3031	1,4055	1,4699	1,4572
30	1,4557	1,4230	1,4304	1,4772	1,4550	1,4049	1,3604	1,4152	1,3628	1,4062	1,4668	1,4510
Ort.	1,4508	1,4478	1,4354	1,4297	1,4211	1,4003	1,3802	1,3950	1,4013	1,4186	1,4579	1,4541
Std. Sapma	0,0227	0,0246	0,0308	0,0387	0,0401	0,0498	0,0467	0,0424	0,0513	0,0509	0,0125	0,0140
Min.	1,3651	1,3550	1,3577	1,3067	1,3268	1,3207	1,3044	1,3032	1,3031	1,2927	1,4292	1,4215
Maks.	1,4835	1,4758	1,4713	1,4771	1,4729	1,4997	1,4761	1,4653	1,4664	1,4788	1,4811	1,4808

Çizelge EK-1.7. NP=40 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4
1	1.4223	1.4054	1.4627	1.4253	1.3152	1.4505	1.3070	1.4009	1.4170	1.3298	1.4484	1.4678
2	1.3720	1.3530	1.3312	1.3366	1.3408	1.4703	1.4470	1.4142	1.3753	1.3619	1.4468	1.4729
3	1.3385	1.3724	1.4564	1.3431	1.4119	1.3907	1.3936	1.3145	1.3848	1.3039	1.4270	1.4526
4	1.3487	1.3297	1.3641	1.3484	1.4024	1.4887	1.3665	1.4163	1.3318	1.4067	1.4294	1.4199
5	1.2924	1.2965	1.3301	1.3863	1.3056	1.3868	1.3795	1.4318	1.4495	1.4754	1.4476	1.4655
6	1.3438	1.3901	1.3452	1.2903	1.3046	1.3210	1.3525	1.3482	1.4135	1.3649	1.4525	1.4662
7	1.4550	1.3169	1.3786	1.4375	1.4290	1.4780	1.3837	1.3826	1.3860	1.3659	1.4476	1.4530
8	1.3748	1.4570	1.4421	1.3334	1.2986	1.3427	1.3883	1.4399	1.2945	1.4368	1.4495	1.4534
9	1.4294	1.3833	1.4707	1.3903	1.3017	1.3247	1.3898	1.3695	1.3977	1.3892	1.4571	1.4454
10	1.3055	1.3458	1.3277	1.3216	1.3331	1.3786	1.3358	1.3315	1.3723	1.4140	1.4620	1.4691
11	1.3422	1.3786	1.3540	1.4300	1.4432	1.3363	1.4695	1.3995	1.4030	1.3824	1.4295	1.4233
12	1.4346	1.3885	1.3935	1.3882	1.3136	1.3353	1.3087	1.4715	1.3603	1.4322	1.4540	1.3689
13	1.3710	1.4108	1.4219	1.3320	1.3479	1.2998	1.4451	1.3433	1.3967	1.3815	1.4579	1.4724
14	1.4024	1.3282	1.3350	1.4437	1.3166	1.3251	1.2982	1.4237	1.3674	1.4113	1.4022	1.4358
15	1.3560	1.3548	1.4101	1.4572	1.3161	1.4721	1.3007	1.3384	1.4025	1.4098	1.4506	1.4382
16	1.3599	1.3892	1.4182	1.4463	1.3926	1.3060	1.3223	1.3343	1.3805	1.3331	1.4805	1.4687
17	1.4026	1.3074	1.3282	1.3683	1.4337	1.3075	1.3916	1.3620	1.3432	1.3489	1.4435	1.4702
18	1.3826	1.3271	1.4196	1.4002	1.3127	1.3494	1.4229	1.3358	1.3765	1.4118	1.4674	1.4510
19	1.4002	1.4350	1.3479	1.3124	1.3561	1.4658	1.4313	1.3697	1.3483	1.4313	1.4545	1.4345
20	1.3595	1.4393	1.4600	1.4752	1.4448	1.3205	1.4540	1.4518	1.4028	1.3569	1.4078	1.4131
21	1.3960	1.4759	1.3274	1.4468	1.3674	1.4121	1.4131	1.4429	1.4000	1.4175	1.4530	1.4435
22	1.3498	1.3658	1.4358	1.4860	1.3321	1.3132	1.3082	1.4000	1.3848	1.4529	1.4467	1.4430
23	1.3302	1.3924	1.3714	1.4067	1.3853	1.3244	1.4403	1.4351	1.4226	1.3985	1.4356	1.4767
24	1.3703	1.3142	1.3373	1.3128	1.4003	1.3433	1.3980	1.3304	1.3842	1.3953	1.4538	1.4325
25	1.3310	1.3798	1.3325	1.3762	1.4489	1.3905	1.4614	1.3566	1.3149	1.4463	1.4582	1.4405
26	1.2948	1.3498	1.3277	1.4610	1.3218	1.3798	1.3436	1.3510	1.3828	1.3690	1.4414	1.4641
27	1.4627	1.4560	1.3587	1.4119	1.3512	1.3168	1.2972	1.3234	1.4563	1.4530	1.4822	1.4534
28	1.2937	1.3123	1.3505	1.4568	1.3692	1.4288	1.3876	1.3791	1.4746	1.4669	1.4552	1.4742
29	1.3415	1.3829	1.3496	1.3555	1.4312	1.4546	1.4388	1.3607	1.4499	1.3676	1.4675	1.4679
30	1.4242	1.4332	1.4092	1.3686	1.4563	1.4426	1.3208	1.4454	1.3450	1.3875	1.4619	1.4538
Ort.	1.3696	1.3757	1.3799	1.3916	1.3661	1.3785	1.3799	1.3835	1.3873	1.3967	1.4490	1.4497
Std. Sapma	0.0464	0.0486	0.0486	0.0551	0.0526	0.0624	0.0554	0.0451	0.0407	0.0423	0.0175	0.0231
Min.	1.2924	1.2965	1.3274	1.2903	1.2986	1.2998	1.2972	1.3145	1.2945	1.3039	1.4022	1.3689
Maks.	1.4627	1.4759	1.4707	1.4860	1.4563	1.4887	1.4695	1.4715	1.4746	1.4754	1.4822	1.4767

Çizelge EK-1.8. NP=40 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
1	1.4489	1.4806	1.4350	1.3457	1.4588	1.3264	1.3132	1.3795	1.3233	1.3911	1.4670	1.4551
2	1.4433	1.4488	1.4249	1.4580	1.4679	1.4076	1.4137	1.3611	1.3893	1.3147	1.4228	1.4520
3	1.4589	1.4606	1.4346	1.4407	1.4586	1.4183	1.3185	1.3587	1.3967	1.4627	1.4436	1.4295
4	1.4666	1.4522	1.4125	1.3724	1.3550	1.4065	1.3607	1.3724	1.4374	1.3574	1.4750	1.4474
5	1.4504	1.4761	1.4406	1.3899	1.3629	1.3866	1.3121	1.4017	1.3251	1.3301	1.4601	1.4607
6	1.4574	1.4643	1.4288	1.4190	1.4045	1.4090	1.4008	1.4566	1.3172	1.3935	1.4575	1.4681
7	1.4358	1.4698	1.4644	1.4542	1.4029	1.4083	1.3871	1.4458	1.4380	1.3696	1.4468	1.4228
8	1.4562	1.4614	1.4265	1.3435	1.3995	1.4412	1.4664	1.3267	1.3608	1.3606	1.4708	1.4484
9	1.4409	1.4519	1.3757	1.4085	1.4203	1.3250	1.2908	1.3533	1.4787	1.4087	1.4484	1.4624
10	1.4786	1.4448	1.4518	1.4181	1.4672	1.3748	1.4066	1.3902	1.3330	1.4600	1.4604	1.4017
11	1.4757	1.4715	1.4101	1.4327	1.4670	1.4027	1.4022	1.3548	1.4582	1.4355	1.4685	1.4713
12	1.4214	1.4589	1.4579	1.4112	1.4457	1.4313	1.3092	1.3071	1.4224	1.4436	1.4677	1.4436
13	1.4601	1.4617	1.4118	1.4135	1.4048	1.4257	1.3391	1.3027	1.3625	1.4437	1.4542	1.4566
14	1.4546	1.3621	1.3486	1.3894	1.3519	1.4524	1.4263	1.3160	1.3329	1.4645	1.4666	1.4660
15	1.4459	1.4513	1.4283	1.3938	1.4581	1.4287	1.4531	1.2897	1.4687	1.4140	1.4595	1.4431
16	1.3999	1.4747	1.4740	1.4601	1.4545	1.3507	1.4172	1.4093	1.3381	1.4285	1.4525	1.4603
17	1.4707	1.4297	1.4251	1.4399	1.3747	1.4575	1.3886	1.3371	1.4558	1.4360	1.4633	1.4445
18	1.4437	1.4723	1.4545	1.4535	1.4103	1.4609	1.4474	1.4081	1.3144	1.3043	1.4314	1.4561
19	1.4779	1.4536	1.3937	1.4657	1.3460	1.3193	1.3794	1.3824	1.4423	1.3772	1.4683	1.4647
20	1.4636	1.4190	1.4021	1.4219	1.4400	1.3219	1.4612	1.4121	1.3674	1.4271	1.4501	1.4644
21	1.4607	1.4665	1.4224	1.4619	1.4380	1.3544	1.3770	1.3954	1.4640	1.3821	1.4659	1.4551
22	1.4695	1.4502	1.3802	1.3746	1.3769	1.3347	1.4294	1.3777	1.4223	1.4707	1.4622	1.4256
23	1.4502	1.4524	1.4500	1.3971	1.4324	1.3190	1.3298	1.4017	1.4432	1.4515	1.4637	1.4755
24	1.4508	1.4688	1.4566	1.3612	1.4677	1.3756	1.4008	1.3797	1.4596	1.3097	1.4625	1.4516
25	1.4535	1.4661	1.4239	1.3663	1.3523	1.4182	1.4449	1.3580	1.4528	1.4563	1.4573	1.4780
26	1.4477	1.4389	1.4520	1.4544	1.4057	1.4348	1.4197	1.3332	1.2806	1.3888	1.4525	1.4780
27	1.4420	1.4285	1.3658	1.4118	1.4210	1.3705	1.4363	1.3824	1.4606	1.4545	1.4579	1.4862
28	1.4431	1.4442	1.4210	1.4299	1.3772	1.4347	1.3388	1.3683	1.4598	1.4528	1.4454	1.4458
29	1.4578	1.4703	1.4768	1.4504	1.4276	1.4199	1.4292	1.4199	1.4276	1.4677	1.4436	1.4691
30	1.4587	1.4633	1.4513	1.4503	1.4651	1.4173	1.3347	1.3412	1.4090	1.4317	1.4266	1.4473
Ort.	1.4528	1.4538	1.4267	1.4163	1.4171	1.3945	1.3878	1.3708	1.4014	1.4096	1.4557	1.4544
Std. Sapma	0.0163	0.0228	0.0314	0.0364	0.0404	0.0448	0.0515	0.0407	0.0588	0.0506	0.0129	0.0181
Min.	1.3999	1.3621	1.3486	1.3435	1.3460	1.3190	1.2908	1.2897	1.2806	1.3043	1.4228	1.4017
Maks.	1.4786	1.4806	1.4768	1.4657	1.4679	1.4609	1.4664	1.4566	1.4787	1.4707	1.4750	1.4862

Çizelge EK-1.9. NP=50 Değeri için S-V-U Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	U1	U2	U3	U4
1	1.3142	1.3225	1.4692	1.4320	1.4435	1.3715	1.4364	1.3929	1.3742	1.4617	1.4681	1.4574
2	1.2934	1.3256	1.3144	1.4308	1.3667	1.4748	1.3851	1.4336	1.3653	1.4327	1.4532	1.4427
3	1.4490	1.4692	1.3644	1.3936	1.3852	1.4484	1.3562	1.3930	1.4179	1.4581	1.4608	1.4681
4	1.3306	1.3163	1.3169	1.3577	1.3225	1.4631	1.3510	1.3610	1.3620	1.4473	1.4821	1.4538
5	1.3862	1.3347	1.4579	1.4587	1.4006	1.4448	1.3831	1.3170	1.3740	1.3236	1.4755	1.4350
6	1.4056	1.4580	1.3889	1.2876	1.4391	1.3569	1.3955	1.3331	1.4579	1.4336	1.4322	1.4573
7	1.3138	1.3778	1.3655	1.4406	1.3893	1.4280	1.3117	1.3732	1.3680	1.4377	1.4490	1.4391
8	1.4693	1.3970	1.4463	1.3682	1.3967	1.3309	1.3393	1.3383	1.4399	1.4502	1.4693	1.4338
9	1.3189	1.4283	1.3881	1.3941	1.3977	1.3493	1.4059	1.3779	1.3433	1.4015	1.4372	1.4507
10	1.3178	1.3250	1.4046	1.3596	1.3741	1.3857	1.4368	1.3801	1.3588	1.3640	1.4508	1.4494
11	1.3029	1.3657	1.4426	1.3250	1.3155	1.3938	1.3174	1.3072	1.3952	1.4529	1.4462	1.4618
12	1.3802	1.4327	1.4581	1.3904	1.3451	1.3363	1.4188	1.3190	1.3914	1.3419	1.4493	1.4712
13	1.3458	1.4169	1.4275	1.3872	1.3031	1.3207	1.4476	1.3825	1.4080	1.3372	1.4470	1.4530
14	1.3144	1.3874	1.3998	1.4458	1.4514	1.3770	1.4629	1.4077	1.3541	1.4609	1.4265	1.4542
15	1.4364	1.3113	1.3992	1.3409	1.3048	1.3080	1.3254	1.4572	1.3584	1.4127	1.4391	1.4408
16	1.4488	1.3585	1.3421	1.4063	1.3423	1.3648	1.4491	1.3384	1.3234	1.3790	1.4527	1.4420
17	1.4591	1.3779	1.4470	1.3133	1.3356	1.3778	1.3459	1.4647	1.4411	1.4520	1.4560	1.4350
18	1.3531	1.4057	1.3438	1.3431	1.4401	1.3406	1.2882	1.3285	1.3575	1.3439	1.4408	1.4709
19	1.3746	1.3901	1.4674	1.4685	1.3430	1.3133	1.3888	1.3712	1.3525	1.4696	1.4395	1.4597
20	1.3097	1.4449	1.3371	1.3853	1.2999	1.4046	1.3597	1.3807	1.3431	1.4567	1.4716	1.4337
21	1.3067	1.4163	1.4610	1.3616	1.3486	1.3197	1.3548	1.3266	1.3587	1.3769	1.4123	1.4661
22	1.3652	1.4400	1.3031	1.3580	1.3448	1.3610	1.4379	1.3161	1.3973	1.3945	1.4532	1.4673
23	1.3533	1.4342	1.4077	1.3956	1.3249	1.3080	1.3444	1.3431	1.3506	1.3396	1.4731	1.4513
24	1.3691	1.4003	1.4399	1.3329	1.3812	1.4131	1.3813	1.4004	1.3482	1.4058	1.4690	1.4554
25	1.4536	1.3391	1.3822	1.4502	1.3137	1.3283	1.4534	1.3955	1.3153	1.4550	1.4527	1.4514
26	1.4009	1.3605	1.4636	1.4473	1.3086	1.3052	1.4511	1.4184	1.4043	1.3700	1.4668	1.4472
27	1.3284	1.3215	1.3332	1.3050	1.4108	1.3047	1.3270	1.3992	1.3131	1.4537	1.4318	1.4540
28	1.3956	1.4624	1.3495	1.3367	1.3903	1.3305	1.2983	1.4422	1.4087	1.4025	1.4624	1.4453
29	1.3109	1.3867	1.3283	1.4371	1.4491	1.4459	1.4261	1.2833	1.4194	1.3649	1.4662	1.4677
30	1.3214	1.3206	1.4736	1.4100	1.4731	1.3672	1.3203	1.3178	1.4077	1.4213	1.4618	1.4594
Ort.	1.3643	1.3842	1.3974	1.3854	1.3714	1.3691	1.3800	1.3700	1.3770	1.4100	1.4532	1.4525
Std.	0.0548	0.0492	0.0548	0.0499	0.0512	0.0513	0.0527	0.0469	0.0372	0.0458	0.0162	0.0114
Sapma												
Min.	1.2934	1.3113	1.3031	1.2876	1.2999	1.3047	1.2882	1.2833	1.3131	1.3236	1.4123	1.4337
Maks.	1.4693	1.4692	1.4736	1.4685	1.4731	1.4748	1.4629	1.4647	1.4579	1.4696	1.4821	1.4712

Çizelge EK-1.10. NP=50 Değeri için T-O-Z Şekilli Transfer Fonksiyonu Sonuçları

Çalıştırma	T1	T2	T3	T4	O1	O2	O3	O4	Z1	Z2	Z3	Z4
1	1.4513	1.4507	1.3280	1.4599	1.4033	1.4100	1.4394	1.4260	1.3370	1.4443	1.4431	1.4592
2	1.4627	1.4255	1.4716	1.3796	1.4585	1.4268	1.2872	1.3690	1.3381	1.4545	1.4626	1.4703
3	1.4805	1.4612	1.4656	1.4297	1.3938	1.3388	1.3218	1.3563	1.4287	1.4504	1.4523	1.4635
4	1.4386	1.4500	1.4141	1.4347	1.3386	1.4601	1.4134	1.3235	1.4481	1.4377	1.3947	1.4348
5	1.4303	1.4494	1.4531	1.3736	1.4426	1.4453	1.4461	1.4693	1.3836	1.4153	1.4555	1.4737
6	1.4601	1.4240	1.3829	1.3418	1.4114	1.3758	1.4353	1.4199	1.3352	1.4385	1.4693	1.4548
7	1.4449	1.4632	1.4478	1.4289	1.3590	1.4093	1.3130	1.4195	1.3976	1.4348	1.4566	1.4711
8	1.4689	1.4245	1.4616	1.4600	1.4106	1.4228	1.3549	1.4351	1.4676	1.3775	1.4747	1.4652
9	1.4744	1.4653	1.4224	1.4595	1.4606	1.4618	1.3332	1.3842	1.4459	1.4391	1.4469	1.4493
10	1.4483	1.4731	1.4325	1.3761	1.3450	1.3675	1.3736	1.4566	1.3629	1.4038	1.4710	1.4187
11	1.4587	1.4145	1.4230	1.4455	1.4097	1.3689	1.2941	1.3562	1.3832	1.2820	1.4433	1.4713
12	1.4683	1.4428	1.4666	1.4063	1.4601	1.3922	1.3017	1.3591	1.4359	1.4316	1.4425	1.4730
13	1.4683	1.4420	1.4036	1.4186	1.3834	1.3228	1.4342	1.4190	1.3777	1.3569	1.4727	1.4579
14	1.4575	1.4462	1.3993	1.4067	1.4296	1.3798	1.4094	1.2843	1.4602	1.3646	1.4414	1.4501
15	1.4287	1.4612	1.4603	1.4607	1.4221	1.4202	1.3155	1.4417	1.3001	1.3095	1.4608	1.4635
16	1.4455	1.4496	1.4578	1.4570	1.4195	1.4255	1.3495	1.4457	1.4735	1.4498	1.4666	1.4476
17	1.4784	1.4682	1.4334	1.4713	1.3689	1.3939	1.4321	1.3292	1.4490	1.4609	1.4681	1.4614
18	1.4576	1.4720	1.4017	1.4330	1.4529	1.3698	1.3685	1.3773	1.3944	1.3393	1.4529	1.4539
19	1.4484	1.4550	1.4644	1.4303	1.4677	1.4036	1.3752	1.3291	1.3133	1.4136	1.4463	1.4476
20	1.4624	1.4619	1.4322	1.4570	1.4366	1.4361	1.3898	1.3821	1.2721	1.3844	1.4321	1.4723
21	1.4396	1.4542	1.4623	1.3751	1.4541	1.4160	1.4096	1.3554	1.4452	1.4631	1.4731	1.4567
22	1.4548	1.4615	1.3586	1.4111	1.4533	1.4469	1.3328	1.3974	1.3601	1.3307	1.4586	1.4829
23	1.4787	1.4491	1.3934	1.4391	1.4712	1.3878	1.4790	1.3268	1.4636	1.4538	1.4517	1.4216
24	1.3931	1.4691	1.4481	1.4604	1.4601	1.4591	1.4372	1.4661	1.2874	1.4726	1.4586	1.4413
25	1.4560	1.4695	1.4650	1.4656	1.4576	1.3547	1.3406	1.3960	1.4607	1.4100	1.4499	1.4614
26	1.4333	1.4417	1.4619	1.4712	1.4331	1.4376	1.4186	1.4491	1.4645	1.4675	1.4689	1.4467
27	1.4673	1.4275	1.4177	1.4671	1.3870	1.3871	1.4762	1.4239	1.3598	1.4197	1.4835	1.4737
28	1.4388	1.4744	1.4585	1.4643	1.4508	1.4171	1.4508	1.3585	1.3667	1.4271	1.4495	1.4419
29	1.4404	1.4224	1.4551	1.4182	1.3438	1.4156	1.4193	1.3129	1.3574	1.3581	1.4768	1.4634
30	1.4168	1.4613	1.4563	1.4347	1.4419	1.3663	1.4766	1.4627	1.2960	1.4465	1.4476	1.4559
Ort.	1.4517	1.4510	1.4333	1.4312	1.4209	1.4040	1.3876	1.3911	1.3888	1.4113	1.4557	1.4568
Std.	0.0195	0.0170	0.0355	0.0346	0.0400	0.0362	0.0586	0.0516	0.0618	0.0503	0.0171	0.0151
Sapma												
Min.	1.3931	1.4145	1.3280	1.3418	1.3386	1.3228	1.2872	1.2843	1.2721	1.2820	1.3947	1.4187
Maks.	1.4805	1.4744	1.4716	1.4713	1.4712	1.4618	1.4790	1.4693	1.4735	1.4726	1.4835	1.4829