**T.C.**
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ARAÇ ROTALAMA MODELİ İLE ÇOK BOYUTLU GÖZLEMLERİN GRUPLANDIRILMASI: KİŞİLİK ENVANTERİNE GÖRE YURT ODALARINA ÖĞRENCİ ATAMA UYGULAMASI

**SUAVİ FATİH BALCI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN**
**YRD. DOÇ. DR. TUFAN DEMİREL**

**İSTANBUL, 2017**

**T.C.**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ARAÇ ROTALAMA MODELİ İLE ÇOK BOYUTLU GÖZLEMLERİN GRUPLANDIRILMASI: KİŞİLİK ENVANTERİNE GÖRE YURT ODALARINA ÖĞRENCİ ATAMA UYGULAMASI

Suavi Fatih BALCI tarafından hazırlanan tez çalışması 20.12.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Semih ÖNÜT

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Cafer Erhan BOZDAĞ

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

# ÖNSÖZ

Çalışmamızda klasik araç rotalama problemi modeli modifiye edilerek, kümeleme amaçlı kullanılabilir bir hale getirilmiştir. Bu sonuca ulaşmamızı sağlayan en büyük etken, günümüzde ülkemizdeki öğrenci yurtlarında, öğrencilerin kaldıkları odalara rassal olarak atanmaları ya da bu işlemin yöneticiler tarafından belirlenen az sayıda kriterle, göz kararı olarak yapılıyor olmasıdır. Bu süreci nasıl düzeltebiliriz ya da daha iyi hale getirebiliriz sorusuna cevap ararken, birçok yöntem araştırdık ve denedik. Bu süreç, izleyeceğimiz yöntemi adım adım şekillendirmiştir ve geliştirdiğimiz modelin oluşmasını sağlamıştır.

Öğrenci yurtlarında, öğrencilerin odalara rassal olarak atanması durumunun dikkatimizi çekmesini ve durumu düzeltmek için çözüm önerisi sunmak adına yola çıkmamızı tetikleyen duruma da değinmek istiyorum. Bu fikrin ortaya çıkması aşamasında öğrenci yurdunda kalan, öğrenci yurdunda kaldığı süreçte karşılaştığı sorunları benimle paylaşan ve fikrin ortaya çıkmasını sağlayan, ayrıca verilerin toplanması sürecinde de çok emeği bulunan, nişanlım Ecem CEYLAN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Öğrenci yurt müdürleri ile fikir alışverişinde bulunmamı sağlayan, görüşmeler ayarlayan, uzmanlık alanımız dışı olan psikoteknik verilerin toplanması aşamasında görüşlerini almak üzere uzman kişilerle bağlantı kurmamı sağlayan annem Ayşe Banu GÜNGENCİ'ye ve bu süreçte hiçbir desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Geliştirdiğimiz matematik modelin tam sayılı programla yapan bir yazılıma uyarlanması sürecinde desteklerini esirgemeyen, her türlü tecrübesini benimle paylaşan, hem hocam hem arkadaşım Arş. Gör. Burak TOPÇU'ya teşekkürü borç bilirim.

Geliştirdiğimiz yöntemin evrilmesinin her aşamasında katkısı bulunan, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana yöneylem araştırması içerikli tüm dersleri öğreten ve sevdiren, tezimi hazırlamamda yardımcı olan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL'e her türlü desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Ekim, 2017

Suavi Fatih BALCI

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ..... vii

KISALTMA LİSTESİ ..... viii

ŞEKİL LİSTESİ ..... ix

ÇİZELGE LİSTESİ ..... x

ÖZET ..... xi

ABSTRACT ..... xiii

BÖLÜM 1

GİRİŞ ..... 1

1.1 Literatür Özeti ..... 1
1.2 Tezin Amacı ..... 2
1.3 Hipotez ..... 4

BÖLÜM 2

VERİLERİN TOPLANMASI ve KAVRAMSAL ÇERÇEVE ..... 7

2.1 Kişilik Kuramı ..... 7
2.2 Benzer Kişilikler ve Arkadaşlık Kuramı ..... 8
2.3 Beş Faktör Kişilik Modeli (Büyük Beş Faktör Kuramı) ..... 8
2.4 Beş Faktör Kişilik Envanteri ..... 11
2.5 Beş Faktör Modeli Kullanılmış Olan Bazı Çalışmalar ..... 13

BÖLÜM 3

UZAKLIK FONKSİYONLARI (ÖLÇÜTLERİ) ..... 28

3.1 Veri Matrisi ..... 28
3.2 Uzaklık Matrisi ..... 29
3.3 Literatürde Sıkça Karşılaşılan Uzaklık Fonksiyonları Çeşitleri ..... 33
3.3.1 Öklid Uzaklık Fonksiyonu ..... 33
3.3.2 Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonu ..... 34

3.3.3 Minkowski Uzaklık Fonksiyonu .....35
3.3.4 Block Uzaklık Fonksiyonu .....37
3.3.5 Chebychev Uzaklık Fonksiyonu .....37
3.3.6 Pearson Yakınlık Fonksiyonu .....38
3.3.7 Cosine Yakınlık Fonksiyonu .....39
3.3.8 Ki-Kare (Chi-Square) Uzaklık Fonksiyonu .....39
3.3.9 Fi-Kare (Phi-Square) Uzaklık Fonksiyonu: .....41

BÖLÜM 4

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ MODELİ ile ÇOK BOYUTLU GÖZLEMLERİN GRUPLANDIRILMASI .....42

4.1 Kümeleme Amaçlı Kullanılan Araç Rotalama Modelinin Altyapısını Oluşturan Modellerin İncelenmesi .....42
4.1.1 Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problem) .....42
4.1.2 Gezgin Satıcı Problemi Modeli .....43
4.1.3 Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem) .....46
4.1.4 Klasik Araç Rotalama Problemi Modeli .....49
4.2 Çok Boyutlu Gözlemlerin Gruplandırılması Amacıyla Kullanılan Tarafımızca Geliştirilmiş Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Modeli (Alternatif Kümeleme Analizi Modeli) .....52
4.3 Geliştirilen Modelin Test Edilmesi .....66
4.3.1 Örneklem Boyutunun Belirlenmesi .....67
4.3.2 Veri Matrisinin Oluşturulması .....68
4.3.3 Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....69
4.3.4 Tüm Alternatiflerin Değerlendirilmesi Yöntemi ile Kümeleme .....70
4.3.5 Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Problemi Modeli Yardımı ile Kümeleme İşleminin Gerçekleştirilmesi .....80
4.3.6 İki Farklı Yöntem ile Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması ve Model Testinin Sonucu .....81
4.4 Farklı Uzaklık Fonksiyonlarının Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Modeline Etkisi .....84
4.4.1 Farklı Uzaklık Fonksiyonlarının Temel Özelliklerinin Karşılaştırılması ve Geliştirdiğimiz Model ile Etkileşimi .....85
4.4.2 Veri Matrisinin Oluşturulması .....87
4.4.3 Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması .....88
4.4.3.1 Öklid Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....88
4.4.3.2 Karesel Öklid Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....88
4.4.3.3 Minkowski (3.Dereceden) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....89
4.4.3.4 Minkowski (4.Dereceden) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....90
4.4.3.5 Block Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....90
4.4.3.6 Chebychev Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....91
4.4.3.7 Pearson Yakınlık Matrisinin Oluşturulması .....92
4.4.3.8 Cosine Yakınlık Matrisinin Oluşturulması .....92
4.4.3.9 Ki-Kare (Chi-Square) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....93
4.4.3.10 Fi-Kare (Phi-Square) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması .....94

4.4.4 Aynı Örneklemden Elde Edilen Farklı Uzaklık Matrislerinin Geliştirdiğimiz Model ile Çözümü ve Sonuçların Karşılaştırılması .....94

BÖLÜM 5

GELİŞTİRİLEN MODELİN UYGULANMASI: BİRBİRLERİNE BENZER KİŞİLİK ENVANTERLERİNE SAHİP YURT ÖĞRENCİLERİNİN AYNI ODALARA ATANMASI .....98

5.1 Verilerin Toplanması ve Veri Matrisinin Oluşturulması .....100
5.2 Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması .....108
5.2.1 n≤24 için nxn Boyutlu Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması .....108
5.2.2 n>24 için nxn Boyutlu Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması .....113
5.3 Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Problemi Modeli Yardımı ile Kümeleme İşleminin Gerçekleştirilmesi .....113
5.4 Anakütlemizin Aşama Aşama Büyütülerek Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Problemi Modeli ile Kümelenmesinde Ulaşılan Sonuçların İncelenmesi .....115
5.4.1 n≤24 için n Gözlemin Kümelenmesi İşleminin Sonuçların Karşılaştırılması .....116
5.4.2 n>24 için n Gözlemin Kümelenmesi İşleminin Sonuçların Karşılaştırılması .....119

BÖLÜM 6

SONUÇ ve ÖNERİLER .....122

KAYNAKLAR .....125

EK-A

VERİLERİN TOPLANMASINDA KULLANILAN BEŞ FAKTÖR MODELİ BOYUTLARI VE BAZI EK KRİTERLERDEN OLUŞAN ANKET .....129

EK-B

GELİŞTİRİLEN MODELİN TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAPABİLEN GAMS YAZILIMINA UYARLANDIĞI KOD ÖRNEĞİ.....134

ÖZGEÇMİŞ .....137

## SİMGE LİSTESİ

| | |
|---|---|
| $c_{ij}$ | i düğüm noktası ile j düğüm noktası arasındaki maliyet/mesafe |
| $q_j$ | j. düğüm noktasının talep miktarı |
| $x_{ijk}$ | i düğüm noktasından j düğüm noktasına k aracı ile gidilmesi |
| $y_{ijk}$ | i düğüm noktası ile j düğüm noktasının rota içi birbirine köşegen olması |
| / | Fark |
| ∀ | Her |
| ∈ | Elemanıdır |
| ∧ | Ve |
| ⊂ | Altkümesidir |
| A | N kümesinin bir altkümesi |
| E(Z) | Z'nin beklenen değeri |
| m | Araç/altküme/oda sayısı |
| M | Araç/grup/oda kümesi |
| Maks(Z) | Z'nin alabileceği en büyük |
| Min(Z) | Z'nin alabileceği en küçük değer |
| N | Düğüm noktası/gözlem/öğrenci kümesi |
| n | Düğüm noktası/gözlem/öğrenci sayısı |
| p | Kriter sayısı |
| Q | Araç/altküme/oda kapasitesi |
| S(A) | A kümesinin eleman sayısı |
| X | Çok boyutlu gözlemlerin bulunduğu matris |
| Z | Toplam maliyet/mesafe |
| λ | Minkowski ölçütü |

## KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---|---|
| ANOVA | Analysis of Variance |
| ARP | Araç Rotalama Problemi |
| BEM | Beş Etmen Modeli |
| BFF | Big Five Factor |
| BFM | Beş Faktör Modeli |
| FFM | Five Factor Model |
| GSP | Gezgin Satıcı Problemi |
| IPIP-NEO | International Personality Item Pool - Neuroticism, Extraversion, Openness |
| KAI | Kirton Adaption-Innovation Inventory |
| KR | Kriter |
| MANOVA | Multivariate Analysis of Variance |
| MLQ | Multi-Factor Leadership Questionnaire |
| NEO-FFI | Neuroticism, Extraversion, Openness - Five Factor Inventory |
| NEO-FFI-R | Neuroticism, Extraversion, Openness - Five Factor Inventory - Revised |
| NEO-PI | Neuroticism, Extraversion, Openness - Personality Inventory |
| NEO-PI-R | Neuroticism, Extraversion, Openness - Personality Inventory - Revised |
| OCEAN | Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, Neuroticism |
| Ö | Öğrenci |
| PMÇKK | Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı |
| RAM | Random Access Memory |
| SN | Suni Nesne |
| TAD | Tüm Alternatiflerin Değerlendirilmesi |
| TSP | Travelling Salesman Problem |
| UF | Uzaklık Fonksiyonu |
| VRP | Vehicle Routing Problem |

# ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1 Çalışmamızın ana hatlarını gösteren iş akış şeması .....6
Şekil 2. 1 Beş Faktör Modeli alt boyutları ile matematik performansı ilişkisi.....22
Şekil 3. 1 Minkowski derecesinin farklı değerleri için uzaklıklar .....36
Şekil 4. 1 Gezgin Satıcı Problemi çıktısının yapısı .....43
Şekil 4. 2 Çıktılarında alttur oluşmuş ve oluşmamış GSP örneği .....45
Şekil 4. 3 Araç Rotalama Problemi çıktısının yapısı .....48
Şekil 4. 4 Araç Rotalama Problemi çeşitlerine kategorik yaklaşım .....48
Şekil 4. 5 Geliştirdiğimiz modelin uygulanmasında kritik aşamalar .....52
Şekil 4. 6 Kümeleme amaçlı modifiye edilmiş ARP modelinin çıktı yapısı .....53
Şekil 4. 7 Q=5 olması durumunda modelimizin çıktı yapısı .....57
Şekil 4. 8 Kümeleme amaçlı yardımcı değişkenlerimizin aldığı değerler için örnek .....57
Şekil 4. 9 Kümeleme amaçlı geliştirdiğimiz yardımcı değişkenin yapısı .....60
Şekil 4. 10 Geliştirdiğimiz modelin 2 düğüm noktalı alttur oluşturması durumu .....62
Şekil 4. 11 Geliştirilen modelde Q'nun farklı değerleri için alttur oluşumu .....63
Şekil 4. 12 Geliştirilen modelde Q'nun farklı değerleri için alttur oluşmama durumu ...63
Şekil 4. 13 Geliştirdiğimiz modelin testi için iş akışı şeması.....66
Şekil 4. 14 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesi ile ulaşılan kümeleme .....80
Şekil 4. 15 Geliştirdiğimiz modeli kullanarak GAMS yardımıyla ulaştığımız kümeleme..80
Şekil 4. 16 Farklı yöntemler ile elde edilen kümeleme sonuçlarının karşılaştırılması.....81
Şekil 4. 17 Farklı uzaklık fonksiyonlarının modelimize etkisi testinin iş akış şeması.....84
Şekil 4. 18 Kriterler arası etkileşimi dikkate almayan uzaklık fonksiyonu çıktıları.....95
Şekil 4. 19 Kriterler arası etkileşimi dikkate alan uzaklık fonksiyonu çıktıları .....95
Şekil 5. 1 Uygulamamızın ana hatlarını gösteren iş akış şeması .....99
Şekil 5. 2 Geliştirilen modelin kullanılması ile optimum kümelenme (24 gözlem).....114
Şekil 5. 3 Modelin GAMS ile çözümünde gözlem sayısı ve süre ilişkisi .....117
Şekil 5. 4 Modelin GAMS ile çözümünde gözlem sayısı ve gerekli RAM ilişkisi .....118
Şekil 5. 5 Gözlem büyüklüğü ve beklenen değere göre iyileştirme oranı ilişkisi .....118
Şekil 5. 6 Büyük gözlemlerde ulaşılan sezgisel çözümlerde iyileşme oranında yığılma 120

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Beş Faktör Kişilik Modeli boyutları ve alt boyutları ..... 12
Çizelge 2. 2 Beş Faktör Kişilik Modeli kullanılmış bazı çalışmalar ..... 24
Çizelge 3. 1 Minkowski derecesinin diğer uzaklık fonksiyonları ile ilişkisi ..... 36
Çizelge 3. 2 Ki-Kare uzaklığı hesaplamasında yardımcı değişkenler ..... 41
Çizelge 4. 1 Kümeleme yaklaşımı sağlayan kısıt denklemi (4.15) yapısı ..... 61
Çizelge 4. 2 Suni değişken ekleme durumu için temsili veri matrisi ..... 65
Çizelge 4. 3 Örneklem boyutu ile değerlendirilmesi gereken durum sayısı ilişkisi ..... 68
Çizelge 4. 4 Veri Matrisi - Örneklem(2) ..... 69
Çizelge 4. 5 Öklid Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(2) için uzaklık matrisi ..... 70
Çizelge 4. 6 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde mümkün kombinasyonlar ..... 72
Çizelge 4. 7 Mümkün tüm kombinasyonlara uzaklık değerlerinin yerleştirilmesi ..... 76
Çizelge 4. 8 Tekrarlanan test için ulaşılan tüm sonuçlar ..... 82
Çizelge 4. 9 Tekrarlanan test için ulaşılan sonuçların incelenmesi ..... 83
Çizelge 4. 10 Bazı uzaklık fonksiyonlarının temel özellikleri ve modelimiz ile etkileşimi 85
Çizelge 4. 11 Veri Matrisi - Örneklem(1) ..... 87
Çizelge 4. 12 Öklid Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(1) ..... 88
Çizelge 4. 13 Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örn.(1) Uzaklık Matrisi(2) ..... 89
Çizelge 4. 14 Minkowski (3.Der.) Uzaklık Fonk. çıktısı - Örn.(1) Uzaklık Matrisi(3) ..... 89
Çizelge 4. 15 Minkowski (4.Der.) Uzaklık Fonk. çıktısı - Örn.(1) Uzaklık Matrisi(4) ..... 90
Çizelge 4. 16 Block Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(5) ..... 91
Çizelge 4. 17 Chebychev Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(6) .. 91
Çizelge 4. 18 Pearson Yakınlık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(7) ..... 92
Çizelge 4. 19 Cosine Yakınlık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(8) ..... 93
Çizelge 4. 20 Ki-Kare Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(9) ..... 93
Çizelge 4. 21 Fi-Kare Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(10) ..... 94
Çizelge 4. 22 Aynı örneklemden alınan farklı uzaklık fonk. çıktılarının kümelenmesi ... 96
Çizelge 5. 1 Beş Faktör Modeli boyutlarını içeren anketin skalası ..... 101
Çizelge 5. 2 Beş Faktör Modeli boyutlarını içeren anketin soru dağılımı ..... 101
Çizelge 5. 3 Anketteki ek kriterlerin soru dağılımı ..... 102
Çizelge 5. 4 Veri Matrisi (120 gözlem ve 13 kriter) ..... 103
Çizelge 5. 5 Veri matrisi (24 gözlem ve 13 kriter) ..... 109
Çizelge 5. 6 Ki-Kare uzaklık matrisi (24 gözlem) ..... 111
Çizelge 5. 7 Büyütülen matrislerin modelimiz ile kümelenmesi (optimum sonuçlar) ..116
Çizelge 5. 8 Büyütülen matrislerin modelimiz ile kümelenmesi (sezgisel sonuçlar) .... 119

# ÖZET

## ARAÇ ROTALAMA MODELİ İLE ÇOK BOYUTLU GÖZLEMLERİN GRUPLANDIRILMASI: KİŞİLİK ENVANTERİNE GÖRE YURT ODALARINA ÖĞRENCİ ATAMA UYGULAMASI

Suavi Fatih BALCI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL

Çalışmamızda, çok boyutlu gözlemlerin gruplandırılması amacıyla araç rotalama problemi modeli modifiye edilerek kesin çözümlü kümeleme yapabilir bir hale getirilmiştir. Klasik araç rotalama problemi modeli, düğüm noktası tanımı devre dışı bırakıldığında, sezgisel olarak kümeleme işlemi gerçekleştirmektedir. Araç rotalama modelini kesin çözüm üreten bir hale getirmek amacıyla, rota içi köşegen uzunlukları için değişken tanımladık ve modele entegre ettik.

Geliştirdiğimiz modelin çıktılarının, kümeleme analizi çıktılarından en önemli farkı, oluşacak altkümelerin eleman sayılarının kullanıcı tarafından belirlenebilmesidir.

Geliştirdiğimiz modelin test edilmesi için, modelimizi tam sayılı doğrusal programlama yapan bir yazılım yardımıyla çözdük. Ayrıca aynı verileri, kesin çözüm veren tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile çözdük ve sonuçları karşılaştırdık. Tekrarlayan testlerde iki farklı yöntemin çıktılarında birebir uyum yakalanmıştır ve testlerimiz başarı ile sonuçlanmıştır.

Farklı uzaklık fonksiyonu çıktılarının, modelimize etkisini test ettik. Aynı veri matrisi kullanılarak farklı uzaklık fonksiyonlarından elde edilen uzaklık matrisleri modelimiz ile birlikte çözüldü ve sonuçlar karşılaştırıldı. Kriterler arası etkileşimi dikkate almayan uzaklık fonksiyonları kendi içinde aynı sonuçları verdi, benzer şekilde kriterler arası etkileşimi dikkate alan uzaklık fonksiyonları kendi içinde aynı sonuçları verdi.

Geliştirdiğimiz modelin uygulanması amacıyla, Beş Faktör Modeli alt boyutları ve bazı ek kriterlerden oluşan anketimiz ile öğrenci yurdunda kalan öğrencilerden veri matrisi elde edildi. Veri matrisleri uzaklık fonksiyonları yardımıyla uzaklık matrislerine dönüştürüldü. Uzaklık matrisleri geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modeli ile birlikte çözüldü. Böylece benzer kişilik envanterlerine sahip öğrenciler aynı odalara atanacak şekilde kümelendi.

**Anahtar Kelimeler:** Araç rotalama, kümeleme, gruplandırma, uzaklık fonksiyonları, beş faktör modeli, kümeleme amaçlı araç rotalama modeli, alternatif kümeleme analizi, çok boyutlu gözlemlerin gruplandırılması

## ABSTRACT

# GROUPING OF MULTI-DIMENSIONAL OBSERVATIONS WITH THE VEHICLE ROTATION MODEL: APPLICATION OF ASSIGNING THE STUDENTS TO DORM ROOMS BY PERSONAL INVENTORY

Suavi Fatih BALCI

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Tufan DEMİREL

In our study, the vehicle routing problem model has been modified to cluster the multi-dimensional observations as optimum solution. The classical vehicle routing problem model can perform intuitive clustering when start point definition is disabled. Vehicle routing in order to become a model of producing definitive solution, we define a diagonal length variable for the closed-end routes and we integrated the model.

The most important difference of the output of the model we have developed from the outputs of the clustering analysis is that the user can determine the element numbers of the subclasses to be generated.

In order to test the model we developed, we solved our model by using software that performs integer linear programming. We also compared the results with the same data, the method of evaluating all the alternatives giving the definitive solution, and the results. In repetitive tests, one-to-one correspondence has been achieved between the outputs of two different methods and our tests have been successful.

We tested the modeling effect of different distance function outputs. Using the same data matrices, the distance matrices obtained from different distance functions were solved together with our model and the results were compared. The distance functions which do not take into account the inter-criteria interactions gave the same results in

themselves, similarly the distance functions taking into account the inter-criteria interactions gave the same results in themselves.

In order to apply the model we developed, we obtained a data matrix from the students who stayed in the student's residence with our five-factor model subscale and some additional criteria. Data matrices were transformed into distance matrices with the aid of distance functions. The distance matrices have been solved together with the modified vehicle routing model we have developed. Thus, students with similar personality inventory were clustered in the same room.

**Keywords:** Vehicle routing, clustering, grouping, distance functions, five factor model, vehicle rouiting for clustering purpose, alternative clustering analysis, grouping of multi-dimensional observations

# BÖLÜM 1

# GİRİŞ

## 1.1 Literatür Özeti

"Birbirine benzer kişilik envanterlerine sahip olan yurt öğrencilerini aynı odalara nasıl optimum bir şekilde dağıtırız?" sorusu ve bu sorunun çözümünü bulmaya çalışırken geliştirdiğimiz yöntemler, tezimizin temellerini atmamıza ve ana hattının oluşmasına sebep olmuştur. Bu sorunun cevabını aramak, öncelikle çok boyutlu gözlemlerin gruplandırılması dolayısıyla kümeleme analizi (cluster analysis) yöntemini denememize sebep olmuştur. Fakat klasik kümeleme analizi yöntemi, oluşacak olan altkümelerin eleman sayılarına müdahale edebilmemize olanak sunmadığı için, olayımız ile tam uyumlu çözümler üretmekte yetersiz kalmıştır. Bu sebeple oluşacak olan altkümelerin eleman sayılarının tarafımızca belirlenebildiği, kümeleme analizi benzeri bir yöntemi araştırmaya ya da geliştirmeye karar verdik. Kümeleme analizi ile ilgili araştırmalarımızdan direk olarak sonuç alamamış olsak da, üreteceğimiz çözümün ilk aşamasını dolaylı olarak keşfetmiş olduk. Kümeleme analizinin, çok boyutlu gözlemlere uygulanması durumunda, olmazsa olmaz aşamasının uzaklık fonksiyonları (uzaklık ölçütleri) ile çok boyutlu gözlemlerden oluşan veri matrisinin, uzaklıklar (karşılaştırma) matrisine dönüştürülmesi olduğunu gördük. Biz de öğrencilerden toplayacağımız çok boyutlu verilerin öncelikle uzaklık fonksiyonları kullanarak, tüm öğrencileri ikili olarak karşılaştırabileceğimiz uzaklık matrisi verilerine dönüştürülmesi gerektiğine karar verdik.

Çalışmamızın temelini oluşturan ilk sorumuzdan sonra "Öğrencilerden alınan çok boyutlu gözlem verilerini, uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak sunduktan sonra oluşacak olan uzaklık matrisi çıktılarını, hangi yönteme girdi olarak sunarsak, birbiri ile benzer kişilik envanterlerine sahip olan öğrencileri aynı odalara atarız?" sorusunun çözümünü

araştırmaya başladık. Sonrasında ise klasik araç rotalama problemi modeline girdi olarak sunulan, düğüm noktaları arası uzaklıklar matrisi ile çok boyutlu gözlemleri uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak soktuğumuzda elde ettiğimiz uzaklıklar matrisi arasındaki benzerlik dikkatimizi çekti. Bu benzerlik dikkatimizi çektikten sonra ise, öğrencilerin (gözlemlerin) düğüm noktalarına, araç kapasitelerinin oda kapasitelerine benzetilebileceğini de fark ettik. Klasik araç rotalama problemi modelinde oluşan kapalı uçlu rotaların aslında kendi içinde bir kümeleme mantığı barındırdığını fark ettik hatta bazı literatür çalışmalarında bu durumdan bahsedildiğini de gördük. Oluşacak olan her bir kapalı uçlu rotanın (döngünün), bizim oluşturmak istediğimiz bir altküme/grup olabileceğini fark ettik dolayısı ile her bir kapalı uçlu rota, öğrencilerin atanacağı bir odayı temsil edebilirdi. Öncelikle çözümünü aradığımız durumun, depo tanımının kümeleme mantığı ile uyuşmamasından dolayı gezgin satıcı problemi modeline benzediğini fakat çok araçlı duruma daha çok benzemesi bakımından araç rotalama problemi modeline de daha çok benzediğini fakat fark ettik.

### 1.2 Tezin Amacı

Bu tezin amacı çok boyutlu gözlemleri, oluşacak olan altkümelerin eleman sayılarının kullanıcı tarafından belirlenebileceği bir şekilde kümeleyebilen bir yöntem ortaya koymaktır ve bu yöntemi araç rotalama modelini modifiye ederek gerçekleştirmektir. Bu sebeple araç rotalama modelinden depo tanımını ve kısıtlarını çıkararak, modeli modifiye ettik. Geliştirdiğimiz modeli, tam sayılı doğrusal programlama yazılımı yardımı (GAMS 24.5.4/CPLEX) ile ve tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile ayrı ayrı çözüp, sonuçları karşılaştırıp, modelimizi test etmeye karar verdik.

Gerçekleştirdiğimiz model testlerinin çoğunda tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile ulaştığımız optimum sonuçlarla, modelimizin ürettiği sonuçların aynı olduğunu fakat bazı durumlarda farklı olduğunu gördük. Bundan dolayı, modelimizin bu haliyle sezgisel çözüm ürettiğine karar verdik. Sonrasında ise modelimizde başka modifikasyonlar daha yaparak, modeli kesin çözüm üretir bir hale getirmeye çalıştık. Bunu sağlamak adına, oluşan kapalı uçlu rotalardaki düğüm noktalarının, birbirlerine olan köşegen (çapraz) uzaklıklarını dikkate alan değişken türettik. Bu değişkeni amaç fonksiyonuna, kısıt denklemlerine entegre ettik hatta bu değişkene özgü kısıt

denklemleri olması ihtiyacını karşıladık. Çalışmamızda yaptığımız gibi, araç rotalama problemi modelinin, kümeleme amacıyla kullanılması durumunda işe yarayan, yeni ve pratik bir alttur önleme kısıtı da geliştirdik. Modelimizi son haliyle tekrar test ettik. Yaptığımız testlerde, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile ulaştığımız optimum sonuçlarla, modelimizin ürettiği sonuçların artık tamamının aynı olduğunu gördük.

Modelimizin başarılı bir şekilde çalıştığını gözlemledikten sonra ise, geriye dönüp, verilerin toplanmasında kullanılacak yöntemi geliştirmeye ve ayrıca hangi uzaklık fonksiyonun kullanılması gerektiği konusunda araştırmalar yaptık. Çalışmamızın, çok boyutlu gözlemlerin modifiye edilmiş araç rotalama modeli kullanarak kümelenmesi aşamasını tamamlamış olsak da, benzer kişilik envanterlerine sahip öğrencilerin aynı odalara atanması gerektiğinde, insan ve psikoloji faktörü de devreye girdiği için çalışmamız çok disiplinli bir çalışma haline gelmektedir. Kendi alanımız dışı olmasına rağmen psikoloji bilim dalında yapılmış, özellikle öğrenciler ile ilgili çalışmaları araştırdık. Ayrıca öğrenci yurdu müdürleri ile ve yurt öğrencileri ile görüştük. Bu doğrultuda kullanım izni yayınlanmış olan 5 Faktör Kişilik Envanteri türü bir psikolojik ölçekte bulunan kriterler ve duruma özgü olan araştırmalarımız sonucu ulaştığımız bazı ek kriterlerden oluşan anketimizi, İstanbul ve Kırklareli şehirlerinde bulunan 2 farklı yarı özel öğrenci yurdunda kalan 120 kız öğrenciye çevrimiçi olarak uyguladık. Veri tablomuz oluştuktan sonra ise, uzaklık fonksiyonu kullanmamız gerektiğini belirlemiştik fakat hangi uzaklık fonksiyonu kullanmamız gerektiği konusunda araştırmalarımızı yoğunlaştırdık. Hangi uzaklık fonksiyonu kullanmamız gerektiği konusunda bir test yapmaya karar verdik.

Veri matrisimizi, uzaklık matrislerine dönüştürürken kullanacağımız uzaklık fonksiyonlarını seçerken SPSS 23.0 istatistik yazılımında bulunan uzaklık fonksiyonlarını referans aldık. Oluşturduğumuz bir örneklem veri matrisini, 10 farklı uzaklık fonksiyonuna girdi olarak sunduk, çıktılarında oluşan 10 farklı uzaklık matrisini ise sırayla modelimiz ile birlikte çözdük ve sonuçları karşılaştırdık. Kriterler arası etkileşimi dikkate alan tüm uzaklık fonksiyonlarında kendi içinde aynı, kriterler arası etkileşimi dikkate almayan tüm uzaklık fonksiyonlarında da kendi içinde aynı sonuçlara ulaştık. Bu kısımda geliştirdiğimiz yöntemin, kullanılacak olan uzaklık fonksiyonundan bağımsız olabildiğini,

geliştirdiğimiz yaklaşımın işlevsel olduğunu keşfetmiş olduk. İnsan faktörü söz konusu olduğunda, veri toplamada kullanılan ölçekler ne kadar çok geliştirilirse, geliştirdiğimiz yöntemin o kadar gerçekçi sonuçlar üreteceğini gördük. Çünkü veri toplama aşamasından sonraki aşamalar için, geliştirdiğimiz yöntem ve model, optimum sonuçlar üretmektedir. Diğer yandan, geliştirdiğimiz yöntem her türlü çok boyutlu gözlemin, altkümelerinin eleman sayılarının tarafımızca belirlenebildiği bir şekilde kümelenmesini sağlayabileceği için, insan faktörü bulunduğu durumların dışında da, daha net ve somut verilerin alındığı alanlarda da kullanılabilir ve teoride kesin çözüm üretmesinin yanında, pratikte de gerçekçi, işlevsel çözümler sunabilir.

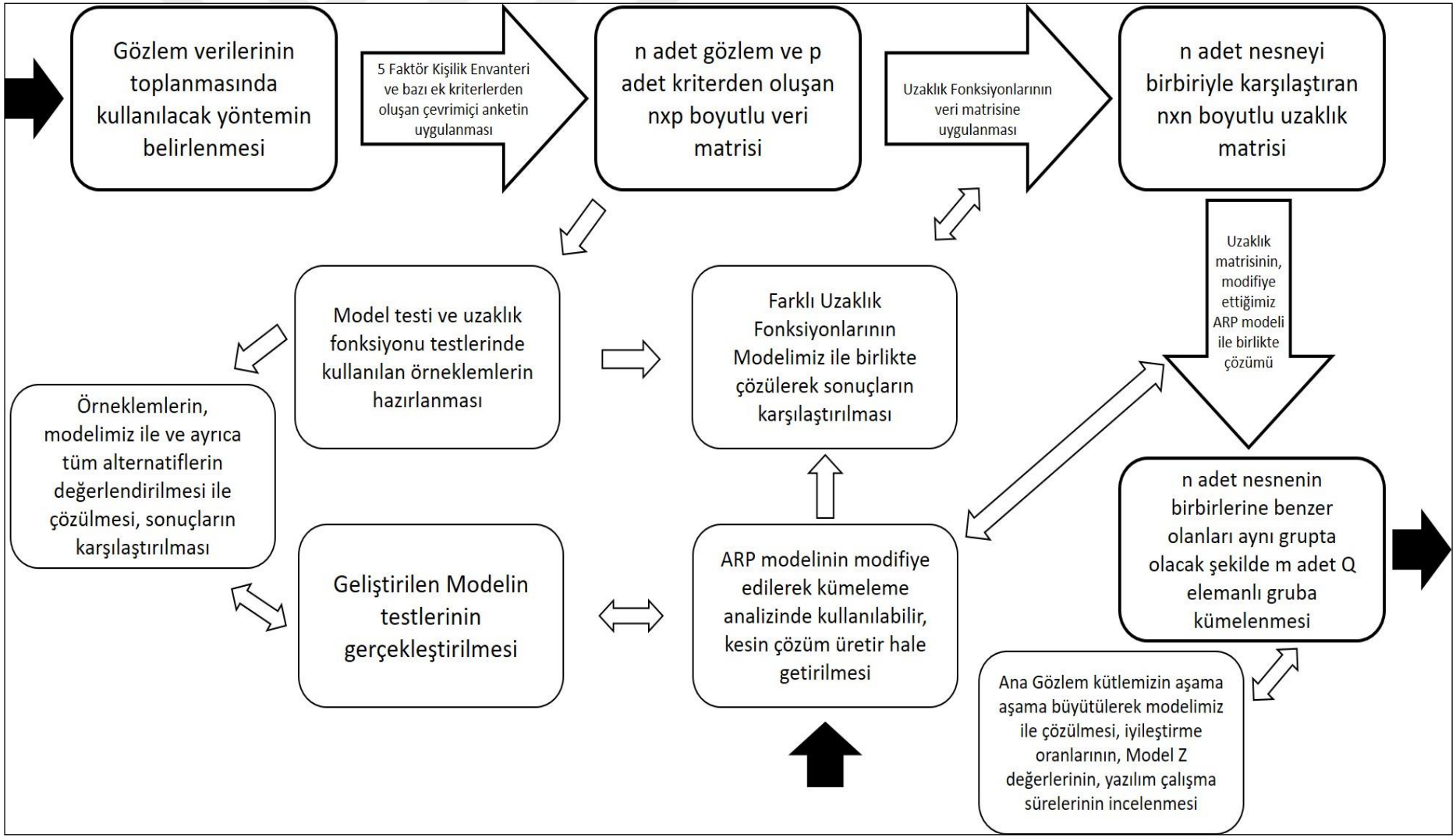
### 1.3 Hipotez

Geliştirdiğimiz çok boyutlu gözlemleri kümeleme yöntemini kullanarak, birbirlerine benzer kişilik envanterlerini sahip öğrencilerin, birbirleri ile daha uyumlu olacağı varsayımından yola çıkarak, 120 öğrenciden oluşan ana kütlemizi aşama aşama büyüterek, geliştirdiğimiz model ile birlikte, bir tam sayılı doğrusal programlama kullanan yazılım (GAMS 24.5.4/CPLEX) yardımıyla çözdük. Her aşama için yazılımın çözüm sürelerini inceledik. Ana kütle büyüdükçe, yazılımın çözüm üretme süresinin üssel olarak arttığını saptadık. Modelimizin optimum sonuç üretmesinin yanı sıra, yazılım yardımı ile çözüldüğünde, 24 gözlemden oluşan veri için optimum sonuca 2 saat 8 dakikalık sürede ulaşmıştır. 28 kişilik gözlemde ise yazılım 12 saat 30 dakika boyunca çalışarak, optimizasyon yarıda kesilmiş, model Z değeri optimum sonuca maksimum %4,4 uzakta olacak şekilde ulaşmıştır. Ayrıca, yine aynı 28 kişilik gözlemden oluşan veri, modelimizi kullanarak yazılım yardımıyla tekrar çözülmüş, bu sefer yazılımın gerçekleştirdiği iterasyonlar 64 saat 30 dakika boyunca beklenmiş ve optimizasyon yarıda kesilmiştir. Bu denemede ise model Z değeri optimum sonuca maksimum %4,0 uzakta olacak şekilde ulaşmıştır. Bahsettiğimiz, optimum sonuca maksimum uzaklık bilgisi, yazılımın kendi içinde kullandığı gizli bir algoritma yardımı ile hesaplanmaktadır. Benzer şekilde ana kütlemiz aşama aşama büyütülerek, modelimiz ve yazılım yardımıyla çözülmüş, iyileştirme oranları, yazılım çalışma süreleri, model Z değerleri, optimum sonuca ulaşıp, ulaşamama ya da optimum sonuca maksimum uzaklık gibi veriler incelenmiştir. İyileştirme oranları, rassal dağılımda oluşacak beklenen Z değeri ile

yazılımımız yardımı ile ulaştığımız model Z değerleri arasındaki değişimlere göre hesaplanmıştır. 24 boyutlu gözlemde yani optimum sonuca ulaştığımız durumda %47,81 iyileşme oranı saptanmıştır. Ayrıca 120 kişilik gözlemde, yazılımın 21 saat 40 dakika çalışması sonucunda optimizasyon yarıda kesilerek, beklenen değere göre %59,31 iyileşme oranı yakalanmıştır. Ana kütle boyutu arttıkça, potansiyel iyileşme oranlarının da arttığı tespit edilmiştir. Bu duruma, gözlem sayısı arttıkça, gözlem çeşitliliği ve eşleşme alternatifleri artmasının sebep olduğu yorumlanmıştır. Ulaşılan tüm sonuçlara çalışmamızın içinde daha detaylı olarak değineceğiz. Ayrıca geliştirdiğimiz modelin yazılım ile çalıştırılması esnasında, yazılama ait bir kodla (sürümüne özgü), yazılımın çalıştırıldığı bilgisayara ait olan 8 adet işlemci çekirdeğinin 8'inin de yazılıma atanarak, yani bilgisayarımızın tam kapasite ile çalıştırılmasına rağmen 64 saatleri bulan yazılım çalışma sürelerine ulaşıldığına değinmekte fayda var. Günümüz teknolojisi ile yazılım çalışma süresi bu değerlere çıkmış olsa da gelecekte çok daha kısa sürede optimum sonuçlara ulaşılacaktır.

Birbiri ile uyumlu öğrencilerin aynı odalara atanması açısından yaklaşımımız araştırıldığında, bazı ülkelerde bulunan bazı öğrenci yurtlarında benzer çalışmaların yapıldığını tespit ettik. Fakat tespit ettiğimiz optimum dağılıma ulaşan benzer tasarımlar, 2 kişilik yurt odaları için uygulanmaktadır. 2'den daha fazla kişilik odalar için bu tasarımın bilimsel alt yapısı daha karmaşık bir yaklaşım gerektirmektedir. Geliştirdiğimiz model, farklı oda kapasiteleri için de optimum sonuçlar vermektedir.

Yaptığımız çalışma çok disiplinli ve çok aşamalı olduğu için, çalışmamızda izlediğimiz yolu daha iyi aktarabilmek adına, çalışmamızın ana hatlarını ve bazı önemli detayları barındıran iş akışı şemamız Şekil 1.1'de gösterilmiştir.




Şekil 1. 1 Çalışmamızın ana hatlarını gösteren iş akış şeması

# BÖLÜM 2

## VERİLERİN TOPLANMASI ve KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Çalışmamızın ortaya koyduğu model ve yöntemler silsilesi, çok boyutlu gözlemlerin kümelenmesini amaçlamaktadır. Fakat uygulama kısmımızda seçtiğimiz gözlemler, üniversite öğrencilerinden oluştuğu için, alanımız dışı olmasına rağmen, insan faktörü ve dolayısıyla ölçülmesi gereken psikolojik kişilik unsurları devreye girmiştir. Dolayısıyla çalışmamız çok disiplinli ve çok aşamalı bir hale gelmiştir. Çalışmamızın ortaya koyduğu, alanımızla da ilgili olan esas unsur araç rotalama modelinin modifiye edilerek, kümeleme analizinde kullanılabilir bir hale getirmek olsa da bu sonuca, "Birbiriyle uyumlu üniversite öğrencilerini aynı odalara nasıl atarız?" sorusunun cevabını ararken ulaşmış olduk. Bu sebeple verilerin toplanmasında, insan faktörünü dikkate alan, kişilik özelliklerini sayısal veriler ile ifade edebilen bir yöntem araştırmaya başladık.

### 2.1 Kişilik Kuramı

Kişiliği ve kişilik dinamiklerini tanımlamaya çalışan birçok kuram mevcuttur. Her kuram kendi bakış açısı ile kendi dinamiklerini ortaya koymaktadır. Kişilik, insanı kendine has yapan, onu diğer kişilerden ayıran, farklı kılan özelliklerin tümüdür [1].

Kişilik araştırmalarında iki farklı temel yaklaşım vardır. Bunlar kategorik ve boyutsal yaklaşımlardır. Kategorik yaklaşım kişiliğe birbirinden farklı sınıflardan oluşan ayırmalar ile yaklaşırken, boyutsal yaklaşım kişiliğin belli boyutlardan oluşan bir yapı olduğunu öne sürerek bu boyutlar temelinde kişiliği anlama ve tanımlamayı amaçlamıştır [2].

Çalışmamızda kullanacağımız gözlem verilenin, uzaklık fonksiyonlarına girilerek uzaklık matrislerinin oluşturulması gerektiğinden yani verilerimizin çok boyutlu gözlemlerden

oluşması gerektiğinden, bu sebeple kişilik ölçeklerinden, kategorik olanları değil, boyutsal olanları araştırmaya karar verdik.

## 2.2 Benzer Kişilikler ve Arkadaşlık Kuramı

Bu başlık altında anlatmaya çalıştığımız durum, birbirleri ile uyumlu karakterlerin, birbirleri ile benzer kişilik envanterine sahip kişilerden seçilebileceğini öne sürmektir, yapılmış çalışmalara değinmektir.

Arkadaşlık sıklıkla gönüllü, sosyal-duygusal ihtiyaçları karşılayan, karşılıklı yardım ve sevgi içeren, informal kişisel ilişki biçimi olarak yer almaktadır [3]. Buna karşın birçok arkadaşlık formal yani resmi ortamlarda başlamaktadır. Bu nedenle yurt ortamı hem formal (yöneticilerle öğrenciler arasındaki ilişki boyutunda ve tanımadıkları, arkadaş olmadıkları öğrenciler boyutunda) hem de informal (tanıdıkları, yakın ilişki düzeyi yaşadıkları arkadaşları) ortam olarak arkadaşlıkların başlamasına ve yaşamın ilerleyen evrelerinde de devam etmesine yol açmaktadır. Bu nedenle yurt arkadaşlığının ayrı bir önemi ve işlevi olduğu düşünülmektedir [4]. Demirbilek (2012) yaptığı çalışmasında öğrencilerin aynı yaş, aynı cinsiyet, aynı üniversite, aynı sınıfta olanlar gibi kendilerine benzeyenlerle arkadaş olmayı tercih etmekte olduklarına değinmiştir. Buradan yola çıkarak bu tezin amacı olan, öğrenci yurtlarında birbirleri ile benzer kişilik envanterlerine sahip öğrencilerin aynı odaya atanması işleminin aslında birbirleri ile daha iyi anlaşabilecek, daha iyi arkadaşlıklar kurabilecek olan öğrencilerin aynı odalara atanması işlemi olduğu yaklaşımını desteklemektedir.

## 2.3 Beş Faktör Kişilik Modeli (Büyük Beş Faktör Kuramı)

Daha önce de bahsettiğimiz gibi, uygulamasını yapacağımız örnek uzayın üniversite öğrencilerinden oluşmasından dolayı kişilik ölçeklerine yöneldik. Ölçümlerimizin uzaklık fonksiyonlarına girdi sağlaması gerektiğinden yani çok boyutlu olması gereğinden dolayı ise, kişilik ölçeklerinden boyutsal olanları araştırmaya başladık ve yaptığımız araştırmalar sonucunda Beş Faktör Kişilik Modeli yaklaşıma sahip bir ölçek kullanmaya karar verdik. Boyutsal veriler üretmesi şartıyla, farklı kişilik ölçekleri kullanımı ortaya koyduğumuz çalışmanın bütünlüğünü bozmayacaktır. Fakat kişiliklerin boyutsal olarak ölçülmesi açısından bilinen en köklü ve en yaygın ölçek yaklaşımı Beş Faktör Kişilik Modeli

barındıran yaklaşımlar olduğundan, verilerimizin toplanmasında kullanılacak olan yöntemi bu doğrultuda seçtik.

Verilerin toplanmasında kullanılan psikolojik ölçekler her zaman geliştirilmeye açık olduğundan, bu ölçekler ne kadar geliştirilir ve duruma uygun bir hale getirilebilirse, sonraki aşamalarında ortaya koyduğumu model o kadar gerçekçi ve işlevsel sonuçlar üretecektir. Çalışmamızda ortaya koyduğumuz model optimum sonuçlar üretiyor olsa da, modele girdi sağlayacak gözlem verileri, özellikle insan faktörü barındıran verilerden seçildiğinde, verilerin toplanması aşaması her zaman gelişime açık olacaktır. Verilerin toplanması aşaması ne kadar daha geliştirilirse, modelimizin ürettiği optimum sonuçlar pratikte o kadar gerçekçi ve işlevsel olacaktır.

Beş Etmen Modeli (BEM), Büyük Beş Faktör (BBF) ve Beş Faktör Modeli (BFM) olarak da adlandırılır. Ayrıca literatürde, beş bileşenin İngilizce'deki karşılıklarının ilk harfleri ile oluşturulan OCEAN (Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, Neuroticism) olarak, bunun yanı sıra FFM (Five Factor Model), BFF (Big Five Factor) ve BFM (Big Five Model) olarak da geçmektedir. Modelin yaklaşık 85 yıllık bir evrim süreci olduğu için çok çeşitli versiyonları ve dolayısıyla da çok çeşitli isimlendirilmeleri mevcuttur. Tüm bu karmaşık izlenime rağmen modelin ana kavramları, ana teması, temel yaklaşımı oturmuştur ve tüm çalışmalarda, tüm versiyonlarında çok büyük benzerlik sergilemektedir.

Beş Faktör Modelini, uzun bir geçmişi olan yeni bir bakış açısı olarak görmek mümkündür. Önceki bakış açılarından farklı olarak kişilik, teoriye değil bilimsel gözleme dayanmakta ve kişilik beş temel boyutta ele alınmaktadır [5]. Ayrıca beş faktör kişilik modeli, insan kişiliklerini kategorilere ayırmaktansa çeşitli kişilik boyutlarında seviyelendirmektedir.

Kişiliğin açıklanmasında, boyutsal modellerin en önemli iki temsilcisi, Cloninger'in "Psikobiyolojik Kişilik Modeli" ile Costa ve McCrae'nin "Beş Faktör Kişilik Kuramı"dır [6].

Beş faktör kişilik kuramının temel varsayımı, insanlar arasındaki farklılıkların tüm dünya dillerinde kelimeler ile ifade edilebileceği ayrıca bu ifade edilen kelimelerin kodlanmasıyla insanın kişilik yapısını özetleyen bir sınıflandırmanın yapılabileceğidir.

Beş Faktör Modeli yaklaşık 85 yıllık bir bilgi birikimi, gelişim süreci, bilimsel evrim sonucunda günümüzdeki halini almıştır. Modelin ana boyutları aynı kalmış olsa da bu boyutların alt boyutları, tarihte yapılmış birçok bilimsel araştırmanın sonucunda sürekli gelişim göstermiştir. Beş Faktör Modeli insanı, karakteri, kişiliği en genel anlamda, en kapsamlı bir şekilde inceleyebilen, açıklayabilen bir metottur. Yapılmış birçok bilimsel araştırmanın sonucunda, Beş Faktör Modeli boyutları ile farklı birçok karakteristik niteleyici boyutlar arasında, dikkate değer ilişkilerin bulunabiliyor olması bunun en büyük göstergesidir.

1981'de Honolulu'da bir sempozyumda, dört önde gelen araştırmacı, Lewis Goldberg, Naomi Takemoto-Chock, Andrew Comrey ve John M. Digman, o günün kişilik testlerini inceledi. Bu araştırmacılar, en fazla güven veren testlerin, Norman'ın 1963'te keşfetmiş olduğu beş genel etmenin altkümelerini ölçtüğü sonucuna vardılar. Bu olay, beş etmen modelinin kişilik araştırmacıları arasında büyük ölçüde kabul görmesiyle ve aynı zamanda NEO PI-R beş etmen kişilik envanterinin Costa ve McCrae tarafından 1985'te yayımlanmasıyla sonuçlandı [7].

Beş etmen modelinin getirdiği en önemli gelişmelerden biri, daha önce varolan dağınık ve düzensiz alana, ortak bir sınıflandırma getirmesi olmuştur. Beş etmen modelini diğerlerinden ayıran özellik, bu modelin belirli bir psikoloğun kuramına değil, dile, insanların birbirlerini anlamak için kullandıkları doğal araca dayalı olmasıydı [7].

Büyük beş faktörün etmenleri, birbirleri ile alakalı daha özel niteliklerin bütünleşmesi ile oluşmaktadır.

Büyük beş faktörün bileşenleri şunlardır;

- Deneyime Açıklık (Openness): Meraklı, yaratıcı, hayal gücü kuvvetli
- Sorumluluk (Conscientiousness): Çalışkan, güvenilir, azimli, disiplinli, dakik, düzenli
- Dışadönüklük (Extraversion): Enerjik, sosyal, konuşkan, iyimser, heyecan arayışı
- Uyumluluk/Geçimlilik (Agreeableness): Yardımsever, merhametli, yumuşak kalpli, affedici
- Duygusal Dengesizlik (Neuroticism): Endişeli, alıngan, kaygılı, sinirli, güvensiz

## 2.4 Beş Faktör Kişilik Envanteri

Beş faktör kişilik modeli tabanlı standart bir ölçektir. Yani beş faktör modelinin uygulamaya geçirilmesi olarak da düşünülebilir. Sistematik bir biçimde ardı sıra gelen sorulara verilen cevaplar kişiye ait beş faktörün de skorlanmasını sağlar. 30 farklı fakat birbiri ile ilişkili faktörü 5 ana faktörde öbekleştirir. İçinde tersine sorular ve paralel sorular barındırır, böylece her bir ana faktörü ilgilendiren alt faktörleri farklı şekillerde olumlu ve olumsuz olarak testin yapıldığı kişiye sorar. Olumlu sorulara verilen cevapları pozitif, olumsuz sorulara verilen cevapları negatif skorlar şeklinde ait olduğu ana kriterde birleştirir ve ana faktöre ait olan kişi skorunu belirler.

Literatürde 5FKE'nin (Beş Faktör Kişilik Envanteri'nin) başta NEO-PI ve NEO-PI-R (Neuroticism, Extraversion, Openness, Personality Inventory-Revised ) olmak üzere, bunun yanı sıra IPIP-NEO (International Personality Item Pool - Neuroticism, Extraversion, Openness), NEO-FFI, NEO-FFI-R, NEO-FFI-2, NEO-FFI-3 (Neuroticism, Extraversion, Openness Five Factor) olmak üzere çeşitli versiyonları mevcuttur. Daha önce de bahsettiğimiz gibi bu çeşitliliğin sebebi, bu modelin yaklaşık 85 yıllık bir evrim sürecine sahip olmasıdır. Tüm bu karmaşık izlenime rağmen, tüm çalışmalarda uygulanmış olan tüm versiyonlarda, modelin temel yaklaşım tarzı ortaktır, ana kavramlar aynıdır. Bu versiyonlar 300 sorudan, 120 sorudan, 60 sorudan ve 50 sorudan oluşmaktadır.

Bu tezde kullanılan ölçekte; öğrencileri sıkmadan, onlardan tutarlı cevaplar alabilmek adına, Goldberg'in (1992) hazırladığı daha kısa süren 50 soruluk örnek ölçek versiyonu kullanılmıştır [10]. Bu versiyonun seçilmesinin diğer bir sebebi de Goldberg'in kendi internet sitesinde yayınladığı genel kullanım iznidir [11]. Çalışmamızda kullanılan Goldberg'in Beş Faktör Modeli Tabanlı Örnek Ölçek'inin [12] Türkçe çevirisi aynı zamanda Ödemiş'in (2011) çalışmasında da kullanılmıştır [9]. Ödemiş (2011) de kendi çalışmasında, Goldberg'in kendi internet sitesinde yayınladığı genel kullanım izninden bahsetmiştir.

Yaptığımız çalışmada kullanılan ölçeğin içerdiği, Beş Faktör Kişilik Modeli boyutları ve alt boyutları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1 Beş Faktör Kişilik Modeli boyutları ve alt boyutları

| **Duygusal Dengesizlik** | **Dışadönüklük** | **Açıklık** | **Uyumluluk** | **Sorumluluk** |
|---|---|---|---|---|
| Endişe | Sıcakkanlılık | Hayal Gücü | Başkalarına Güven | Beceriklilik Duygusu |
| Kızgınlık | Sosyallik | Estetik Eğilim | Açık Sözlülük | Düzen |
| Depresyon | Baskınlık | Duygusal Eğilim | Yardımseverlik | Göreve Bağlılık |
| Sosyal Kaygı | Hareketlilik | Deneyime Açıklık | Geçimlilik | Başarma Güdüsü |
| Kontrolsüz Davranış | Heyecan Arama | Zihinsel Merak | Alçakgönüllülük | Özdisiplin |
| Strese Yenilme | Neşe | Açık Görüş | Yumuşak Kalplilik | Ayrıntılı Düşünme |

Büyük Beş Faktör Modeli, duyguların evrenselliğinden yola çıkarak, her dilde ve her kültürde kişilikleri tanımlayacak kelimelerin var olduğu hipotezi ile oluşmuştur. Duyguların evrenselliğinin yanı sıra bu duyguların kültürler arası genellenebilirliği psikoloji biliminde her zaman tartışma konusu olmuştur. Bu bahsi geçen durumu yani büyük beş faktör modeli tabanlı geliştirilmiş olan kişilik envanteri ölçeklerinin evrenselliğini, kültürler arası genelleştirilebilirliğini Piedmont ve Chae (1997) yaptıkları çalışmada test etmişlerdir. Piedmont ve Chae (1997) ABD'de yaşayan Kore uyruklu her iki dile de hakim kişilere, aynı psikometrik ölçeğin hem İngilizce hem de Korece versiyonlarını uygulamış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda her iki ölçümün birbirleri ile paralellik gösterdiğini saptamışlardır [21].

## 2.5 Beş Faktör Modeli Kullanılmış Olan Bazı Çalışmalar

Literatürde Beş Faktör Modeli barından çok fazla sayıda yapılmış çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çok fazla sayıda olmasından dolayı, araştırmamızı mümkün olduğunca, çalışmamızın uygulaması ile alakalı olması açısından, örnek uzayı üniversite öğrencileri ile ilgili olanlara odaklamaya çalıştık. 5 Faktör Modelinin, insan faktörü söz konusu olduğunda, çok geniş bir kullanım alanı olduğunu göstermek adına da örnek uzayı üniversite öğrenci olmayan çalışmalara az sayıda olsa da değindik.

Literatürde Beş Faktör Modelinin kullanıldığı birçok araştırmadan bazıları şunlardır;

Tatlılıoğlu (2014) yaptığı çalışmada Beş Faktör Modeli kriterleri ile farklı kriterleri bir arada kullanarak birbirleri ile olan ilişkilerini incelemiştir. Bizim yaptığımız çalışmada da benzer bir durum söz konusudur. Bizim çalışmamızda; öğrencilerin ikili karşılaştırmalarını yapmamız için kullanılacak olan uzaklık fonksiyonlarına girdi sağlaması amacıyla, Beş Faktör Modeli kriterleri ile amacına uygun farklı kriterler bir arada kullanılarak çok boyutlu gözlem verileri oluşturulmuştur.

Tatlılıoğlu (2014) Beş Faktör Kişilik Kuramı'nın kişilik özellikleri alt boyutlarını olan dışadönüklük, deneyime açıklık, yumuşak başlılık, sorumluluk ve duygusal dengesizlik/nevrotizm ile birlikte cinsiyet, sınıf, üniversiteye giriş puan türü, yaşamlarının çoğunu geçirdikleri yer, aile geliri, aile yapısı ve anne-baba tutumu değişkenlerini ve aralarındaki ilişkileri incelemiştir.

Tatlılıoğlu (2014) yaptığı çalışma sonucu şu sonuçlara ulaşmıştır: Duygusal dengesizlik/nevrotizm alt boyutunda cinsiyet değişkeni açısından anlamlı düzeyde farklılaşma saptamıştır. Dışadönüklük ve deneyime açıklık alt boyutunda sınıf değişkeni açısından dördüncü sınıflar lehine anlamlı düzeyde farklılaşma saptamıştır. Aile geliri değişkenine göre sorumluluk alt boyutunda anlamlı düzeyde farklılaşma saptamıştır. Aile yapısı değişkeni açısından, dışadönüklük ve deneyime açıklık alt boyutunda ise geniş aile lehine anlamlı düzeyde bir farklılaşma saptamıştır. Anne-baba tutumları değişkenine göre duygusal dengesizlik/nevrotizm, dışadönüklük ve deneyime açıklık açısından anlamlı düzeyde farklılaşma saptamıştır [6].

Bizim çalışmamızda 5 Faktör Kuramı alt boyutları (deneyime açıklık, sorumluluk, dışadönüklük, uyumluluk/geçimlilik, duygusal dengesizlik) ile birlikte olarak yaş,

üniversiteye giriş puanı, üniversite sınıfı, 1.öğretim/2.öğretim olma durumu, üniversite not ortalaması, aylık gelir, uyku hassasiyeti, ortak eşya kullanımı hassasiyeti gibi değişkenler gibi değişkenler bir arada kullanılmıştır. Tatlılıoğlu (2014) yaptığı çalışmada Beş Faktör Kuramı alt boyutları ile gelir, sınıf gibi değişkenler arasında anlamlı düzeyde bir ilişki olduğunu saptamıştır. Bizim çalışmamızda, birbirleri ile ilişkisi saptanmış olan kriterlerin bir arada kullanılmasının doğurabileceği olumsuz sonuçları önlemek adına, ana kütlemizdeki çok boyutlu gözlemlerin ikili karşılaştırmaları yapılırken, uzaklık fonksiyonlarından kriterler arası etkileşimi dikkate alan ve bu şekilde olumsuz etkilerini ekarte eden Ki-Kare (Chi-Square) uzaklık fonksiyonu kullanılmıştır.

Gökdeniz ve Merdan (2011) yaptıkları çalışmada Beş Faktör Kişilik Kuramı alt boyutlarında; Kırıkkale'de özel sektörde yer alan avukat, öğretmen, doktor, muhasebeci ve sigortacıların kişilikleri ile kariyer seçimleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuç olarak kişilik ile kariyer seçimi arasında anlamlı ilişkiler olduğu ve farklı kişiliklerin kariyer seçiminde farklı boyutlara önem verdiğini saptamıştır [8].

Ödemiş (2011) yaptığı çalışmada; Beş Faktör Kişilik Kuramı alt boyutları ile çalışanların olumsuz iş davranışları sergileme sıklığı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ödemiş (2011) yaptığı çalışma sonucu olumsuz iş davranışları ile Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından hem sorumluluk hem de gelişime açıklık arasında düşük fakat pozitif bir ilişki saptamıştır. Olumsuz iş davranışları ile Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından duygusal denge arasında düşük fakat negatif bir ilişki saptamıştır. Olumsuz iş davranışları ile Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından dışa dönüklük arasında düşük fakat negatif bir ilişki saptamıştır. Sonuç olarak Ödemiş (2011) yaptığı çalışmada Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından dışa dönüklük, sorumluluk, duygusal denge, gelişime açıklık değişkenlerinin, olumsuz iş davranışları ile ilişkisinin anlamlı olduğunu fakat uyumluluk değişkeni ile ilişkisinin dikkate değer bir anlamlılık seviyesi taşımadığını saptamıştır [9].

Ulusoy ve Durmuş (2011) yaptıkları çalışmada üniversite öğrencilerinin kişilerarası bağımlılık düzeyleri ile Beş Faktör Kuramı alt boyutları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. ''Kişilerarası Bağımlılık Ölçeği'' ile birlikte ''Beş Faktör Envanteri'' ölçeklerini bir arada kullanarak araştırmada kullanılacak olan verileri sağlamışlardır. Kişilerarası bağımlılık eğilimleri ile Beş Faktör Kuramı alt boyutları arasındaki ilişkiyi Pearson korelasyon tekniği ile, kişilerarası bağımlılık düzeyleri ile Beş Faktör Kuramı alt boyutları arasındaki ilişkiyi

ise tek yönlü MANOVA ile incelemiştir. Ulusoy ve Durmuş (2011) sonuç olarak kişilerarası bağımlılık ile Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından yumuşak başlılık ve nevrotizm arasında pozitif, dışadönüklük ile negatif bir ilişki saptamıştır. Kişilerarası bağımlılık düzeyleri düşük ve yüksek olan kişilerin Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından dışa dönüklük, uyumluluk ve nevrotizm açısından farklılaştığını saptamıştır [13].

Korkmaz (2006) yaptığı çalışmada Beş Faktör Modeli Kriterleri ile birlikte farklı ölçeklerle elde edilen farklı kriterlerin verilerini bir arada kullanmıştır. Korkmaz (2006) yaptığı çalışmada Beş Faktör Kuramı alt boyutları ile okul yöneticilerinin liderlik stilleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Korkmaz (2006) bu çalışmayı Ankara'da bulunan lise ve ilköğretim okulları müdürleri ve öğretmenlerinden toplanan veriler kapsamında yapmıştır. Verilerin toplanmasında "MLQ, KAI ve NEO-PI" anketlerini uygulamıştır.

Korkmaz'ın (2006) NEO-PI olarak bahsettiği anket bizim çalışmamızda da uygulanmış olan Beş Faktör Kişilik Envanteri Ölçeği türlerinden biridir. Literatürde daha çok sorudan ve daha az sorudan farklı versiyonları mevcuttur ve farklı isimlerle adlandırılmaktadır.

Korkmaz (2006) öncelikle korelasyonel bir yaklaşımla kişilik değişkenlerini incelemiştir. KAI ile hesaplanan toplam skorlar ile NEO-PI ile hesaplanan iki kutuplu tercih skorlarını beraber kullanılarak, Hiyerarşik K-Ortalamalar Cluster (Kümeleme) Analizi uygulamıştır. Analiz sonucu yenilikçiler, yöneticiler, gelenekçiler ve güdüleyiciler olmak üzere 4 farklı grup oluşturmuştur. Bu gruplara ANOVA testi uygulayarak yöneticilerin liderlik davranışlarının algılanmasını incelemiştir. Sonuç olarak, yenilikçi ve güdüleyici grupta yer alan okul yöneticileri gelenekçi ve yönetici grupta yer alan okul yöneticilerine göre daha fazla dönüşümsel lider olduklarını saptamıştır. [14]

Korkmaz (2006), Beş Faktör Kişilik Envanteri Ölçeği ile topladığı verileri Hiyerarşik K-Ortalamalar Cluster (Kümeleme) Analizi ile gruplandırmıştır. Korkmaz (2006)'ın çalışması Beş Faktör Kişilik Envanteri ile toplanan verilerin gruplandırıldığı bir çalışmadır ve bu açıdan bakılınca bizim çalışmamıza benzer bir durum sergilemektedir. Bizim çalışmamızda farklı olan kısım ise, çalışmamızda gruplandırma sonucunda oluşacak altkümelerin hepsinin eşit elemanlı olması amaçlandığından Hiyerarşik K-Ortalamalar Cluster (Kümeleme) Analizinin çalışmamız için uygun olmadığı tarafımızca saptanmıştır. Çünkü Cluster (Kümeleme) Analizi oluşacak altkümelerinin eleman sayılarını optimum

olarak belirlemektedir ve kullanıcının oluşacak altkümelerin eleman sayılarını belirlemesine izin vermemektedir. Bunun yerine, Beş Faktör Kişilik Envanteri Ölçeği ile topladığımız verileri gruplandırmak için farklı bir yöntem arayışına girdik. Çok araçlı, kapasite kısıtlı, başlangıç noktasız araç rotalama modelini esas alarak geliştirdiğimiz, talep noktaları arası (güzergah dışı) çapraz uzaklıkları da dikkate alan ve minimize eden yani dolayısıyla içinde kümeleme mantığı barındıran, modifiye edilmiş, tarafımızca geliştirilen, yeni bir araç rotalama tabanlı model ile bu gruplandırmayı gerçekleştirdik.

Ötken ve Cenkci (2013) yaptıkları çalışmada örgütsel muhalefet ile Beş Faktör Kuramı alt boyutları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Verileri İstanbul'da çeşitli sektörlerde bulunan 350 beyaz yakalı çalışandan sağlamışlardır. Sorumlu ve düzenli kişiliklerin hem yapıcı hem de sorgulayıcı açık muhalefette bulunduğu sonucuna ve ayrıca dışadönük kişiliklerin yapıcı açık muhalefette bulunduğunu saptamışlardır. Uyumlu ve yaratıcı kişilik özelliklerinin sorgulayıcı açık muhalefete bulunma ile negatif ilişkisi olduğunu saptamıştır. Ayrıca beş faktör kuramı alt boyutlarından olan duygusal denge ile hem dışsal hem de gizli muhalefetle negatif ilişkisinin olduğunu saptamışlardır [15].

Tozkoparan (2013) yaptığı çalışmada Beş Faktör kuramı alt boyutları ile yöneticilerin çatışma yönetim tarzları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sonuç olarak Türkiye'deki yöneticilerin kendine has ve farklılaşan bir çatışma yönetim tarzının olduğunu ayrıca hükmetme tarzı ile Beş Faktör Modeli alt boyutlarından olan sorumluluk arasında pozitif bir ilişki saptamıştır. Uyma tarzı ile Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından olan dışa dönüklük, uyumluluk ve duygusal denge arasında pozitif, gelişime açıklık ile negatif ilişki saptamıştır [16].

Sığrı ve Gürbüz (2011) yaptıkları çalışmada üniversite öğrencilerinin Beş Faktör Kuramı kişilik özellikleri alt boyutları ile akademik başarıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmanın verilerini Ankara ve İstanbul'da iki farklı üniversitedeki 458 öğrenciden (284'ü erkek, 174'ü bayan) sağlamıştır.

Sığrı ve Gürbüz (2011) aynı bizim çalışmamızda olduğu gibi örneklemdeki kişilerin Beş Faktör Kuramı alt boyutları skorlarını belirlemek amacı ile literatürde bulunan bir kişilik envanteri testinden (ölçeğinden) yararlanmıştır. Öğrencilerin akademik başarılarını not ortalamaları ile paralel olarak değerlendirmiştir. Yani Sığrı ve Gürbüz (2011)'ün yaptığı

çalışmada da aynı bizim çalışmamızda olduğu gibi Bek Faktör Modeli alt boyutları ile üniversite not ortalaması kriteri bir arada kullanılmıştır. Sonuç olarak, beş faktör kuramı alt boyutlarından dışa dönüklük hariç, sorumluluk, uyumluluk, duygusal denge ve açıklık faktörleri ile akademik başarı arasında pozitif bir etkileşim olduğunu saptamıştır. Tüm değişkenleri çoklu regresyon ile inceleyerek, sorumluluk kriterinin akademik başarıyı açıklayan en önemli kriter olduğunu saptamıştır [17].

Reisoğlu (2014) yaptığı çalışmada üniversite öğrencilerinin öznel iyi oluşu ile Beş Faktör Kuramı alt boyutları, mizah tarzı ve duygusal zeka arasındaki ilişkileri incelemiştir. Reisoğlu (2014)'un yaptığı çalışma, üniversite öğrencilerine Beş Faktör Kişilik Envanteri uygulaması açısından çalışmamızla benzer bir durum sergilemektedir. Reisoğlu (2014) Beş Faktör Kişilik Envanteri ile topladığı verileri, farklı ölçekler ile topladığı veriler ile karşılaştırmış ve aralarındaki ilişkileri incelemiştir. Bizim çalışmamızda ise Beş Faktör Kişilik Envanteri ile toplanan verilerden, uzaklık fonksiyonları yardımıyla kişiler arası benzerlik oranları tespit edilmiş ve geliştirdiğimiz model yardımıyla, birbirine en çok benzeyen kişiler aynı grupta olacak şekilde, optimum düzeyde gruplandırılmışlardır. Reisoğlu (2014) öznel iyi oluş ile Beş Faktör Kuramı alt boyutlarından nevrotiklik, dışadönüklük, sorumluluk ve deneyime açıklık ayrıca mizah tarzlarından kendini yıkıcı mizah ayrıca duygusal zeka alt boyutlarından genel ruh durumu, kişisel beceriler, kişilerarası beceriler ve stresle başa çıkma ayrıca demografik özellik alt boyutlarından yaş ve cinsiyet arasındaki ilişkinin anlamlı düzeyde olduğunu saptamıştır[18].

Tomrukçu (2008) yaptığı çalışmada Beş Faktör Kuramı alt boyutları ile iş değerleri alt boyutları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmanın örneklemini Türkiye'deki iki farklı özel sektör işletmesinin mavi yakalı 203 personelinden oluşturmuştur. Ayrıca Beş Faktör Kuramı alt boyutları ile iş değerleri ve demografik özellikleri arasındaki ilişkiyi de incelemiştir. İlişkileri belirlemek amacıyla korelasyon analizi kullanmıştır. Beş Faktör Kuramı alt boyutlarının neredeyse hepsi ile iş ilişkileri arasında anlamlı ilişkiler tespit etmiştir [19].

Busato vd. (1999) yaptıkları çalışmada, öğrenme stilleri, büyük beş faktör kişilik özellikleri ve başarı motivasyonu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın örneklemini 900 üniversite öğrencisi ile oluşturmuşlardır. Beş faktör kişilik özellikleri alt boyutlarından olan Dışadönüklük ile öğrenme stili alt boyutlarından uygulama odaklı öğrenme arasında

pozitif anlamlı bir ilişki saptamışlardır. Beş faktör kişilik özellikleri alt boyutlarından olan açıklık ile öğrenme stili alt boyutlarından dolaylı öğrenme arasında negatif bir ilişki saptamışlardır. Beş faktör kişilik özellikleri alt boyutlarından olan duygusal dengesizlik (nevrotizm) ile dolaylı öğrenme arasında pozitif, taklitsel öğrenme arasında negatif bir ilişki saptamışlardır. Beş faktör kişilik özellikleri alt boyutlarından olan uyumluluk ile taklitsel öğrenme arasında pozitif ilişki saptamışlardır [20].

Ross, Rausch ve Canada (2003) yaptıkları çalışmada, başarı yönelimleri (üst düzey rekabet, kişisel gelişim rekabeti, işbirliği yatkınlığı) ile Beş Faktör Modeli kişilik özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmanın örneklemini 251 genç yetişkin ile oluşturmuşlardır. Beş Faktör Modeli alt boyutlarından olan uyumluluk, çalışmada bahsi geçen rekabet çeşitlerinden üst düzey rekabet ile negatif ilişkili, kişisel gelişim rekabeti ile ilişkisiz, iş birliği yatkınlığı ile ise pozitif ilişkili olduğunu saptamışlardır. Beş Faktör Modeli alt boyutlarından olan dışadönüklük ile kişisel gelişim rekabeti ve işbirliği yatkınlığı ile pozitif, üst düzey rekabet ile ise negatif ilişkili olduklarını saptamışlardır. Beş Faktör Modeli alt boyutlarından olan açıklık ve sorumluluk, başarı yönelim çeşitleri arasında en az ayırt edici olduğunu saptamışlardır [22].

Ross, Rausch ve Canada (2003)'nın yaptıkları çalışmadan yola çıkarak, bizim çalışmamızın ana amacı olan öğrenci yurtlarında birbirleri ile benzer kişilik envanterlerine sahip öğrencilerin aynı odalara atanması durumunun, öğrencilerin başarı yönelimleri açısından olumlu bir ortam oluşturacağı yorumu yapılabilmektedir. Daha net bir şekilde açıklamak gerekirse, dışadönüklük skorları yüksek olan öğrenciler arasında kişisel gelişim rekabeti ve işbirliği odaklı bir başarı yönelimi, dışadönüklük skorları düşük olan öğrenciler arasında ise üst düzey rekabet odaklı bir başarı yönelimi ortamı oluşacağı yorumlanabilmektedir. Ayrıca bu duruma benzer olarak, uyumluluk skorları yüksek olan öğrenciler arasında işbirliği odaklı bir başarı yönelimi, uyumluluk skorları düşük olan öğrenciler arasında ise üst düzey rekabet odaklı bir başarı yönelimi ortamı oluşacağı yorumlanabilmektedir. Dolayısıyla Ross, Rausch ve Canada (2003)'nın yaptıkları araştırmada ulaştıkları sonuçlar, bizim çalışmamızın temel amaçlarının oluşturacağı tahmini sonuçların niteliklerini pozitif bir şekilde desteklemektedir. Yani, öğrenci yurtlarında, birbirleri ile benzer kişilik envanterlerine sahip olan öğrencilerin aynı odalara atanması ile oluşacak olan ortamın, Beş Faktör Modeli kişilik özellikleri boyutlarından

dışadönüklük ve uyumluluk açısından, örneklemin çoğunluğunu kapsayan bir başarı yönelimi ortamı oluşturacağı sonucu çıkarılabilir.

Watson (2001) yaptığı çalışmada sürekli erteleme kişilik özelliği ile Beş Faktör Modeli kişilik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sürekli erteleme özelliği çok karmaşık bir yapıda olmakla birlikte birçok karakteristik özellikle bağlantılıdır. Sürekli ertelemenin bağlantılı olduğu başlıca karakteristik özellikler, başarısızlık korkusu, görevden kaçma, risk alma, karar verme, kontrol, bağımlılık ve zorluk karşısında isyandır. Watson (2001) yaptığı çalışmada sürekli erteleme ile Beş Faktör Modeli boyutlarından sorumluluk ve duygusal dengesizliğin bazı alt boyutları arasında ilişki saptamıştır [23].

Watson (2001)'ın çalışmasına değinmemizin sebebi ise, Beş Faktör Modeli boyutlarının, insanı, karakteri, kişiliği açıklayan birçok farklı nitelik ile ilişkilendirilebildiğini göstermektir. Dolayısıyla Beş Faktör Modeli yaklaşımı, insanı, kişiliği, karakteri, farklılıklar ve benzerlikler açısından inceleyebileceğimiz verileri oluşturma konusunda kullanabileceğimiz en genel, en kapsamlı, en ideal metottur.

Kesen ve Deniz (2015) yaptıkları çalışmanın örnek uzayını üniversite öğrencilerinden oluşturmuşlardır. Depresyon, anksiyete (kaygı bozukluğu), stres ve Beş Faktör Modeli kişilik özellikleri ile öğrencilerin duygu stilleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Veri analizinde ise Çoklu Regresyon Analizi kullanmışlardır. Sonuç olarak depresyon, anksiyete (kaygı bozukluğu) ve stres ile duygu stilleri arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki saptamışlardır [24].

Albayrak (2014) yaptığı çalışmada Beş Faktör Modeli kişilik özellikleri, akademik öz-yeterlik, akademik kontrol odağı ve akademik erteleme arasındaki ilişkileri incelemiştir. Veri analizinde ise Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı (PMÇKK), Çoklu Doğrusal Regresyon, bağımsız t testi ve ANOVA kullanmıştır. Albayrak (2014)'ün ulaştığı sonuçlardan biri ise Beş Faktör Modeli alt boyutlarından sorumluluk ve yumuşak başlılık ile üniversite öğrencilerinin akademik erteleme eğilimlerinin anlamlı seviyede ilişkili olduğudur. Ulaştığı diğer bir sonuç ise erkek öğrencilerin bayan öğrencilere göre daha yüksek akademik erteleme eğilimine sahip olduğudur. Ayrıca yaş, barınma biçimi, meslek tercihi, bölüm tercih sırası, bölüm memnuniyeti, ders çalışma biçimi ve genel

akademik ortalama gibi kriterlerin akademik erteleme ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu saptamıştır [25].

Albayrak (2014)'ün çalışmasına değinmemizin sebebi ise yaş, genel akademik ortalama gibi değişkenlerin akademik erteleme ile ayrıca akademik erteleme ile de Beş Faktör Kişilik Özellikleri arasında bir ilişki olduğunu saptamış olmasıdır. Böylece bizim kendi çalışmamızda da kullanmış olduğumuz yaş, genel akademik not ortalaması gibi kriterler ile Beş Faktör Modeli kişilik boyutları arasında da bir ilişkinin olabileceği sonucu çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü adına, çalışmamızın uygulama kısmında, verilerin toplanması esnasında, Beş Faktör Modeli kişilik boyutları ile yaş, genel not ortalaması gibi değişkenler, birbirlerine paralel olarak bir arada kullanılmış olmasına rağmen, bu verilerin değerlendirilmesinde kullanılan uzaklık fonksiyonları hesaplamalarında, kriterler arası etkileşimi dikkate alan ve bunu ekarte eden fonksiyonlar tercih edilmiştir, bu durum uygulama kısmında daha detaylı olarak açıklanacaktır.

Sayın (2016)'ın çalışmasında kamu üniversitesi öğrencilerini ve vakıf üniversitesi öğrencilerini Beş Faktör Kişilik Özellikleri açısından karşılaştırmıştır. Beş Faktör Kişilik Özellikleri alt boyutlarından sorumluluk puanının vakıf üniversitesi öğrencilerinde daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Sayın (2016) yaptığı çalışmada ayrıca kamu ve vakıf üniversitesi öğrencilerinin, liderlik algıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kamu üniversitesi öğrencileri ve vakıf üniversitesi öğrencilerinin liderlik anlayışları arasında herhangi bir farklılaşma olmadığını tespit etmiştir [26].

Alacatlı (2013) yaptığı çalışmada üniversite öğrencilerinin zaman perspektifleri alt boyutları ile Beş Faktör Kişilik Özellikleri alt boyutları arasındaki ilişkileri incelemiştir. Zaman perspektifleri alt boyutlarından olan geçmişi olumlu değerlendirme ile Beş Faktör Kişilik Özellikleri alt boyutlarından dışadönüklük, açıklık, uyumluluk ve sorumluluk ile pozitif yönde, nevrotizm (duygusal dengesizlik) ile negatif yönde ilişki saptamıştır. Zaman perspektifleri alt boyutlarından olan şimdide yazgıcı ile dışadönüklük arasında pozitif ilişki saptamıştır. Zaman perspektifleri alt boyutlarından olan şimdide hazcı ile Beş Faktör Kişilik Özellikleri alt boyutlarından dışadönüklük ve açıklık arasında pozitif ilişki saptamıştır. Ayrıca zaman perspektifleri alt boyutlarından gelecek yönetimi ile Beş Faktör Kişilik Özellikleri alt boyutlarından uyumluluk ve sorumluluk arasında pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmiştir [27].

Alacatlı (2013)'nın çalışmasına değinmemizin sebebi ise, hem bizim çalışmamızda olduğu gibi örnek uzayını üniversite öğrencilerinden oluşturmuş olması, hem de Beş Faktör Kişilik Özellikleri açısından örnek kütlesini incelemiş olmasıdır. Böylece bizim çalışmamızda da inceleyeceğimiz örnek kütlemizi daha iyi tanımamıza olanak sağlamış, ayrıca veri toplamada kullanacağımız yöntemi de irdelememize olanak sağlamıştır. Ayrıca bu çalışmalara değinmemizin diğer bir sebebi de Beş Faktör Kişilik Analizinin insanı ve kişiyi inceleyen çok genel, çok kapsamlı, kullanım alanı çok geniş, karşılaştırma ve ilişki saptama araştırmaları için çok elverişli bir yöntem olduğunu göstermektir.

Kendi çalışmamızın, literatürdeki Beş Faktör Kişilik Analizi kullanılan diğer çalışmalardan farkı, Beş Faktör Boyutları açısından incelediğimiz örnek kütlemizi, farklı bir psikolojik ölçek boyutları ile ilişkisini saptamak yerine, örnek kütle elemanlarını kendi içinde benzerliklerine gruplandırmayı amaçlayan bir çalışma olmasıdır. Çalışmamız, benzer kişiliklerin birbiri ile daha iyi anlaşacağı tezini temel alan, altyapısını bu konuda yapılmış olan araştırmalara dayandıran ve bu bağlamda öğrenci yurtlarında kalan benzer kişilik envanterlerine sahip öğrencileri aynı odalara atayabilen bir model geliştirmektedir.

Giluk ve Postlethwaite (2015) yaptıkları çalışmada, üniversite ve lise öğrencilerinin akademik sahtekârlık eğilimleri ile bu kişilerin Beş Faktör Kişilik Modeli Boyutları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmaları sonucunda, Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından uyumluluk ve sorumluluk, akademik sahtekârlık ile negatif ilişkili olarak saptanmıştır. Ayrıca akademik sahtekârlık ve etik olmayan davranışlar eğilimi, Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından duygusal dengesizlik ve dışa dönüklük ile pozitif ilişkili olarak saptanmıştır [28].

Kokkinos vd. (2015) yaptıkları çalışmada, çalışma ve öğrenme stratejileri kullanma eğilimi (motivasyon, zaman yönetimi, konsantrasyon vb.) ile Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından dışadönüklük ile pozitif bir ilişki, duygusal dengesizlik ile ise negatif bir ilişki saptamışlardır. Beş Faktör Modelinin diğer alt boyutları ile çalışma ve öğrenme stratejileri kullanma eğilimi arasında bir ilişki saptanmamıştır. Çalışmalarında, daha fazla bireyselleştirilmiş eğitim sistemlerinin geliştirilmesi için, üniversite öğrencilerine yönelik kişilik araştırmaları çalışmalarına hız verilmesi gerektiği vurgulanıyor [29].

Bayrami vd. (2012) yaptıkları çalışmada, Beş Faktör Kişilik Modeli Alt boyutları ile umutsuzluk ölçeği seviyesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından dışadönüklük ve uyumluluk ile umutsuzluk ölçeği seviyesi arasında negatif bir ilişki saptamışlardır. Ayrıca Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından sorumluluk ve duygusal dengesizlik ile umutsuzluk ölçeği seviyesi arasında da pozitif yönlü bir ilişki saptamışlardır. Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından açıklık ile umutsuzluk ölçeği seviyesi arasında belirgin bir ilişki saptanmamıştır [30].

Shams vd. (2011) yaptıkları çalışmada, üniversite öğrencilerinin matematik performansları ile Beş Faktör Modeli Alt Boyutları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Ayrıca akademik öz-yeterlilik ölçeği sonuçları ile Beş Faktör Modeli Alt Boyutları ve matematik performans değerlerini bir arada inceleyerek bir regresyon modeli geliştirmişlerdir. Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından açıklık, sorumluluk ve uyumluluk ile matematik performansı arasında pozitif yönlü bir ilişki saptamışlardır. Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından açıklık ve uyumluluk ile akademik öz-yeterlilik arasında pozitif yönlü bir ilişki saptamışlardır. Ayrıca akademik öz-yeterlilik ile matematik performansı arasında da pozitif yönlü bir ilişki saptamışlardır. Regresyon analizi sonucunda Şekil 2.1'de görülen modeli geliştirmişlerdir [31].

Şekil 2. 1 Beş Faktör Modeli alt boyutları ile matematik performansı ilişkisi

D'Zurilla vd. (2011) yaptıkları çalışmada, Beş Faktör Modeli Alt Boyutları ile sosyal problem çözme yeteneği arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından duygusal dengesizlik ile sosyal problem çözme yeteneği arasında negatif yönlü ilişki tespit etmişlerdir. Ayrıca Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından açıklık ve sorumluluk arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir [32].

Brandstatter (2011) yaptığı çalışmada, yöneticilerin ve girişimcilerin benzerliklerini ve farklılıklarını, Beş Faktör Modeli Alt Boyutları açısından karşılaştırmıştır. Yöneticiler ve girişimciler, Beş Faktör Modeli dışadönüklük, açıklık ve sorumluluk alt boyutları açısından

benzer ilişki göstermiş olsalar da Beş Faktör Modeli Alt Boyutlarından duygusal dengesizlik ve uyumluluk açısından negatif yönlü bir ilişki göstermişlerdir [33].

Brandstatter (2011)'in çalışması ile kendi çalışmamızı karşılaştıracak olursak, verilerin toplanmasında benzer bir metot, verilerin işlenmesi açısından farklı bir metot olsa da değinmemiz gereken en önemli ortak nokta, kişi gruplarının birbirleriyle kıyaslanmasını Beş Faktör Modeli Alt Boyutları verilerini referans alarak uygulamış olmasıdır. Literatürdeki çalışmaların büyük bir çoğunluğunda olduğu gibi, Beş Faktör Modeli verilerini farklı ölçeklerin verileriyle karşılaştırmamıştır, farklı kişi gruplarını temsilen Beş Faktör Modeli verilerini yine Beş Faktör Modeli verileriyle kıyaslamıştır. Bu açıdan özgün bir çalışmadır ve amaçladığı karşılaştırmanın yapısı açısından bizim çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Daha önce de bahsettiğimiz gibi, çalışmamızın uygulama kısmında kullanılan verilerin örnek uzayını üniversite öğrencileri oluşturduğu için ve ayrıca literatürde beş faktör modeli barındıran çok fazla sayıda çalışma bulunduğu için, yapılmış çalışmalardan örnek uzayları üniversite öğrencilerinden oluşanlara daha fazla odaklandık. Tezimizde değinmiş olduğumuz, beş faktör modeli barındıran çalışmaları, konusu, örnek uzayı ve yazarlarının uzmanlık alanları açısından karşılaştırabilmek adına Çizelge 2.2'yi inceleyelim.

Çizelge 2. 2 Beş Faktör Kişilik Modeli kullanılmış bazı çalışmalar

| Yıl | Çalışma Adı | Tür | Alan | Örnek Uzay | Yazar |
|---|---|---|---|---|---|
| 2016 | Y Kuşağı Üniversite Öğrencilerinin Beş Faktör Kişilik Özellikleri ve Liderlik Algıları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi | Yüksek Lisans Tezi | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Sayın, H.Z. |
| 2015 | Gençlerin Beş Faktör Kişilik Özellikleri, Depresyon, Anksiyete ve Stres ile Yaşamlarında Kullandıkları Duygu Stillerinin İlişkisi | Makale | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Kesen, N.F. ve Deniz, M.E. |
| 2015 | Big Five Personality and Academic Dishonesty: A Meta-Analytic Review (Büyük Beş Kişilik ve Akademik Sahtekarlık: Bir Meta-Analitik İnceleme) | Makale | Yönetim | Üniversite Öğrencileri | Giluk, T.L. ve Postlethwaite, B.E. |
| 2015 | The Relationship Between Learning and Study Strategies and Big Five Personality Traits Among Junior University Student Teachers (Üniversite Öğrencileri Arasında Öğrenme ve Çalışma Stratejileri İle Büyük Beş Kişilik Özellikleri Arasındaki İlişki) | Makale | Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Kokkinos, C.M. vd. |
| 2014 | Resmi Liselerde Çalışan Öğretmenlerin Kişilik Özelliklerinin Demografik Değişkenlere Göre İncelenmesi | Makale | Psikoloji, Eğitim | Öğretmenler | Çelebi, N. ve Uğurlu, B. |
| 2014 | Üniversite Öğrencilerinde Beş Faktör Kişilik, Akademik Öz-Yeterlik, Akademik Kontrol Odağı ve Akademik Erteleme | Yüksek Lisans Tezi | Psikoloji, Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Albayrak, E. |
| 2014 | Üniversite Öğrencilerinin Öznel İyi Oluşlarını Yordamada Beş Faktör Kişilik Özellikleri Mizah Tarzları ve Duygusal Zekânın Rolü | Doktora Tezi | Psikoloji, Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Reisoğlu, S. |

Çizelge 2. 2 Beş Faktör Kişilik Modeli kullanılmış bazı çalışmalar (devam)

| Yıl | Çalışma Adı | Tür | Alan | Örnek Uzay | Yazar |
|---|---|---|---|---|---|
| 2014 | Üniversite Öğrencilerinin Beş Faktör Kişilik Kuramı'na Göre Kişilik Özellikleri Alt Boyutlarının Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi | Makale | Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Tatlılıoğlu, K. |
| 2013 | Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin Çatışma Yönetim Tarzlarına Etkisi: Yöneticiler Üzerinde Bir Araştırma | Makale | Yönetim | Özel Sektör Çalışanları | Tozkoparan, G. |
| 2013 | Üniversite Öğrencilerinin Zaman Perspektifleri ile Beş Faktörlü Kişilik Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi | Yüksek Lisans Tezi | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Alacatlı, E. |
| 2013 | Beş Faktör Kişilik Modeli ve Örgütsel Muhalefet Arasındaki İlişki Üzerine Bir Araştırma | Makale | Yönetim | Özel Sektör Çalışanları | Ötken, A.B. ve Cenkci, T. |
| 2012 | Yurtlarda Kalan Öğrencilerin Arkadaşlık İlişkileri, Arkadaşlık İlişkileriyle Bağlantılı Sorunları ve Çözümüne Yönelik Bir Model Denemesi | Makale | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Demirbilek, M. |
| 2012 | Relationship Between Personality Dimensions and Hopelessness: A Study on College Students (Kişilik Boyutları ve Umutsuzluk Arasındaki İlişki: Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma) | Makale | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Bayrami, M. vd. |
| 2011 | Kişilik ile Kariyer Seçimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi | Makale | Psikoloji | Özel Sektör Çalışanları | Gökdeniz, İ. ve Merdan, E. |

Çizelge 2. 2 Beş Faktör Kişilik Modeli kullanılmış bazı çalışmalar (devam)

| Yıl | Çalışma Adı | Tür | Alan | Örnek Uzay | Yazar |
|---|---|---|---|---|---|
| 2011 | Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin Üretkenlik Karşıtı Davranışlar Üzerine Etkileri: Bir Araştırma | Yüksek Lisans Tezi | Psikoloji, Yönetim | Özel Sektör Çalışanları | Ödemiş, S.N. |
| 2011 | Akademik Başarı ve Kişilik İlişkisi Üniversite Öğrencileri Üzerinde Bir Araştırma | Makale | Yönetim | Üniversite Öğrencileri | Sığrı, Ü. ve Gürbüz, S. |
| 2011 | Kişilerarası Bağımlılık Eğiliminin Beş Faktör Kişilik Özellikleri Açısından İncelenmesi | Makale | Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Ulusoy, Y. ve Durmuş, E. |
| 2011 | Predicting Social Problem Solving Using Personality Traits (Kişilik Özelliklerini Kullanarak Sosyal Problem Çözmeyi Öngörme) | Makale | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | D'Zurilla, T.J. vd. |
| 2011 | Personality Aspects of Entrepreneurship: A Look At Five Meta-Analyses (Girişimciliğin Kişilik Özellikleri: Beş Meta-Analize Bir Göz Atın) | Makale | Ekonomi, Psikoloji | Yöneticiler ve Girişimciler | Brandstatter, H. |
| 2011 | The Mediating Role of Academic Self-Efficacy in The Relationship Between Personality Traits and Mathematics Performance (Akademik Öz-Yeterliliğin, Kişilik Özellikleri ile Matematik Performansı Arasındaki İlişkide Aracılık Rolü) | Makale | Psikoloji, Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Shams, F. vd. |
| 2008 | Beş Faktör Kişilik Özellikleri ile İş Değerleri Arasındaki İlişki Üzerine Bir İnceleme | Yüksek Lisans Tezi | Yönetim | Özel Sektör Çalışanları | Tomrukçu, B. |

Çizelge 2. 2 Beş Faktör Kişilik Modeli kullanılmış bazı çalışmalar (devam)

| Yıl | Çalışma Adı | Tür | Alan | Örnek Uzay | Yazar |
|---|---|---|---|---|---|
| 2008 | Beş Faktör Kişilik Özellikleri ile İş Değerleri Arasındaki İlişki Üzerine Bir İnceleme | Yüksek Lisans Tezi | Yönetim | Özel Sektör Çalışanları | Tomrukçu, B. |
| 2006 | Okul Yöneticilerinin Kişilik Özellikleri ile Liderlik Stilleri Arasındaki İlişki | Makale | Psikoloji | Okul Yöneticileri | Korkmaz, M. |
| 2003 | Competition and Cooperation in the Five-Factor Model: Individual Differences in Achievement Orientation (Beş Faktör Modelinde Rekabet ve İşbirliği: Başarı Oryantasyonunda Bireysel Farklılıklar) | Makale | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Ross, S.R. vd. |
| 2001 | Procrastination and The Five-Factor Model: A Facet Level Analysis (Erteleme ve Beş Faktör Modeli: Bir Ortak Yön Seviyesi Analizi) | Makale | Psikoloji | Üniversite Öğrencileri | Watson, D.C. |
| 1999 | The Relation Between Learning Styles, The Big Five Personality Traits and Achievement Motivation in Higher Education (Yüksek Öğrenimde Öğrenme Biçimleri, Beş Faktör Kişilik Özellikleri ve Başarı Motivasyonu Arasındaki İlişki) | Makale | Psikoloji, Eğitim | Üniversite Öğrencileri | Busato, V.V. vd. |
| 1997 | Cross-Cultural Generalizability of the Five-Factor Model of Personality (Beş Faktörlü Kişilik Modeli'nin Kültürler Arası Genelleştirilebilirliği | Makale | Psikoloji | Farklı Ülke Toplumları | Piedmont, R. L. ve Chae, J. H. |

# BÖLÜM 3

## UZAKLIK FONKSİYONLARI (ÖLÇÜTLERİ)

Çalışmamızda 5 Faktör Kişilik Modeli alt boyutları ve bazı ek kriterlerden oluşan veri matrisimizi, geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelimize girdi sağlaması amacıyla, düğüm noktaları arası mesafeler matrisine benzeyen uzaklık matrisini elde edebilmek için, uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak sunmalıyız.

### 3.1 Veri Matrisi

p adet kriterin n adet gözlem ile değerlendirilmesi sonucu oluşan nxp boyutlu matrise veri matrisi adı verilmektedir. ***X*** matrisi nxp boyutlu veri matrisimiz, i ∈ {1,2,3, … ,n} ve k ∈ {1,2,3, … ,p} olmak üzere;

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{ip} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} \tag{3.1}$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

Yani matrisimizin her satırı bir gözlemin p kritere göre değerlendirilmesinin sonuçlarını barındırır. Satır sayısı gözlem sayısı ile, sütun sayısı ise kriter sayısı ile örtüşmelidir.

Tezimizde yaptığımız uygulamada ise gözlemler kişileri, kriterler ise beş faktör kişilik modeli alt boyutlarını ve yaptığımız araştırmalarda ulaştığımız üniversite öğrencilerini tanımlayıcı farklı ek kriterleri içermektedir.

Bir A kümesi için; d: A × A → $\mathbb{R}$ fonksiyonu tanımlayalım. Her x,y ∈ A için;

- d(x,y) ≥ 0 (Negatif olmama özelliği),
- d(x,y) = d(y,x) (Simetri özelliği),
- d(x,x) = 0 (Özdeşlik özelliği),

şartları sağlanıyorsa, d fonksiyonu uzaklık ya da benzerlik fonksiyonudur [34].

## 3.2 Uzaklık Matrisi

Veri matrisimizdeki her bir gözlemi (satırı) birbiri ile karşılaştıran ve bunun sonucunda gözlemler arası kıyaslama yapabileceğimiz farklılık veya benzerlik ölçümleri üreten fonksiyonlara ise uzaklık fonksiyonları denilmektedir. nxp noyutunda bir veri matrisine uzaklık fonksiyonları uygulandığında çıktı olarak nxn boyutunda bir uzaklık (karşılaştırma) matrisi üretmektedir. ***D*** matrisi nxn boyutlu uzaklık (karşılaştırma) matrisimiz, i ∈ {1,2,3, … ,n} ve j ∈ {1,2,3, … ,n} olmak üzere;

$$\boldsymbol{D} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1j} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2j} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{ij} & \dots & d_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nj} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

$\boldsymbol{d_{ij}}$: X matrisinin i. satırı ile yine X matrisinin j. satırının **d** uzaklık/benzerlik fonksiyonuna göre karşılaştırma değerini ifade eder [35].

Oluşan bu uzaklık matrisi n adet gözlemin ikili kombinasyonlarının karşılaştırma verilerini barındırmaktadır. Yani uzaklık matrisinin elemanları, gözlemlerin (satırların) ikili olarak karşılaştırılmaları sonucu oluşan uzaklık değerleridir.

Uzaklık (karşılaştırma) matrisin asal köşegeni üzerindeki elemanlar sıfırlardan oluşmaktadır yani i=j durumu için $d_{ij}$=0 olmaktadır. Çünkü kendisi ile kıyaslanan gözlemin sıfır uzaklığını vermesi gayet beklenen bir durumdur [35].

Uzaklık (karşılaştırma) matrisi simetrik bir matristir. Yani $d_{ij}$=$d_{ji}$ şeklindedir. Çünkü 2 farklı gözlem 2 kez simetrik olarak birbiri ile kıyaslandığı için simetrik bir matris oluşması da beklenen bir durumdur [35].

Bunlara ek olarak uzaklık fonksiyonları negatif olmayan bir fonksiyondur. Çünkü uzaklık kavramının temelinde negatiflik söz konusu olamayacağı gibi uzaklık fonksiyonlarının ürettiği çıktılarda da benzer durum söz konusudur.

Araç rotalama problemlerinde, i düğüm noktasından j düğüm noktasına olan mesafe ile j düğüm noktasından i düğüm noktasına olan mesafenin aynı olduğu durumlar simetrik durum olarak sınıflandırılmaktadır. Uzaklık fonksiyonları kullanılarak elde edilen uzaklık matrislerinde de benzer durum söz konusudur. Bu simetrikliği matris (3.3) üzerinden daha net bir şekilde görebiliriz.

$$\boldsymbol{D} = \begin{bmatrix} 0 & d_{12} & d_{13} & d_{14} & \dots & d_{1n} \\ d_{12} & 0 & d_{23} & d_{24} & \dots & d_{2n} \\ d_{13} & d_{23} & 0 & d_{34} & \dots & d_{3n} \\ d_{14} & d_{24} & d_{34} & 0 & \dots & d_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{1n} & d_{2n} & d_{3n} & d_{4n} & \dots & 0 \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

Veri matrisine uzaklık fonksiyonunun uygulanması ile elde edilen uzaklık matrisinin, girdi olarak kullanılacağı matematik modele bağlı olarak, uzaklık matrisinin köşegenleri üzerinde oluşan sıfır değerleri yerine çok büyük sayılar atanması, literatür uygulamalarında karşılaşılan bir durumdur. Böylece matematik modelin üreteceği fizibil olmayan kendi kendine atamaları devre dışı bırakmış olmaktayız hem de yazılımı fazla yormayacak bir şekilde ekstra bir kısıt denklemi eklemeden dolaylı yoldan kısıt ekleyerek bunu gerçekleştirmiş olmaktayız.

Çalışmamızın uygulama kısmında, uzaklık fonksiyonlarının karşılaştırılması bölümünde, 120 gözlemden oluşan anakütlemiz rassal olarak 8 gözlemden oluşan örnekleme indirgenmiş ve aynı örneklem sırasıyla Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Pearson, Cosine, Chi-Kare, Phi-Kare uzaklık ve benzerlik fonksiyonları ile çözülerek karşılaştırma matrisleri üretilmiştir. Üretilen karşılaştırma matrisleri matematik modelimize entegre edilerek GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımı ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kriterler arası etkileşimi dikkate almayan Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Pearson, Cosine uzaklık fonksiyonları kendi içinde aynı sonuçları, bu sonuçlardan farklı olarak kriterler arası etkileşimi dikkate alan Chi-Kare, Phi-Kare uzaklık fonksiyonları ise kendi içlerinde aynı sonuçları vermiştir. Yaptığımız bu uzaklık

fonksiyonlarının karşılaştırılması çalışması, tezimizin ana amacını temsil etmese de ana kütlemizin çözümünde hangi uzaklık ya da benzerlik fonksiyonunu kullanacağımız konusunda bize yol gösterici olmuştur, izlediğimiz yöntemin tutarlılığı konusunda bize özgüven vermiştir. Yani uygulamamızın son kısmında yapacağımız anakütlemizin matematik modelimiz ile çözümü sırasında kullanacağımız uzaklık verilerini hangi uzaklık fonksiyonu ile üretmemiz gerektiği kuşkusunun giderilmesinde büyük rol oynamıştır. Ayrıca bu kısımda örneklemimizin 8 gözleme indirgememizin sebebi de geliştirdiğimiz modelin GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımıyla çözüm üretmesinin çok uzun sürmesidir, geliştirdiğimiz modelin yazılım yardımıyla çalışma sürelerine ise uygulamamızın son kısmında anakütlenin aşama aşama büyütülerek çözülmesi bölümünde detaylı olarak yer verilecektir.

Literatürde çok çeşitli uzaklık fonksiyonları bulunmaktadır. Bunların içinden Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Pearson, Cosine, Chi-Kare, Phi-Kare fonksiyonlarını seçmemizin bir diğer nedeni de SPSS yazılımının güncel bir sürümünde (sürüm 23.0) bu uzaklık fonksiyonlarına yer vermesidir, matematik modelimize veri girdisi sağlamada güncel, işlevsel ve pratik oluşlarıdır.

Değinmemiz gereken bir diğer durum ise Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Chi-Kare, Phi-Kare fonksiyonlarının uzaklık verisi, Pearson, Cosine fonksiyonlarının ise yakınlık verileri üretmesidir. Uzaklık verileri üreten fonksiyonlarla elde edilen değerler matematik modelimize entegre edilirken uygulamamız bir minimizasyon problemi olarak, yakınlık verileri üreten fonksiyonlarla elde edilen değerler matematik modelimize entegre edilirken ise uygulamamız bir maksimizasyon problemi olarak ele alınmıştır ve amaç fonksiyonumuz bu şekilde dizayn edilmiştir.

Modelimizin test edilmesi sırasında Öklid fonksiyonu kullanılmıştır. 120 gözlemden oluşan ana kütlemiz rassal olarak 8 gözleme düşürülmüştür ve bu işlem 6 defa tekrarlanmıştır. 8 gözlem ve 13 kriterden oluşan 6 farklı örneklem oluşturulmuş ve bu 6 farklı örneklemin her biri aynı uzaklık fonksiyonu kullanılarak yani Öklid uzaklık fonksiyonu kullanılarak SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla 6 farklı uzaklık matrisi oluşturulmuştur. 6 farklı uzaklık matrisinin her biri sırasıyla modelimize entegre edilerek GAMS 24.5.4/CPLEX yardımı ile çözülmüştür ayrıca 6 farklı uzaklık matrisinin her biri

sırasıyla tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemiyle yani matematik modelimizi kullanmadan fakat amacımıza uygun şekilde Excel yazılımı yardımı ile çözülmüştür ve farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Farklı yöntemlerle yapılan 6 adet karşılaştırma testi başarı ile sonuçlanmıştır, birbirleri ile tam uyumlu optimum atamalar elde edilmiştir.

Literatür araştırmalarında uzaklık fonksiyonlarının, kümeleme (cluster) analizine veri girdisi sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Bizim çalışmamızda da gözlem yığınımızda bulunan nesnelerin birbirine benzer olanların gruplandırılması, sınıflandırılması hatta kümelenmesi açısından benzer bir amaç sergilese de kullanılan yöntem açısından farklıdır, ayrıca diğer bir farklılık ise geliştirdiğimiz yöntemin çıktısında oluşan altkümelerin (grupların) eleman sayılarına müdahale edebiliyor oluşumuzdur. Kümeleme analizi çıktılarında oluşan altkümelerin sayıları birbirinden farklıdır, yöntem kendi içinde altkümelerin eleman sayılarını da optimize etmektedir, bu durum daha optimum bir sonuç verse de uygulandığı alana göre kullanışsız olabilmektedir. Geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modeli, kümeleme (cluster) analizinin çıktılarına göre kıyasladığımızda, optimum sonuçtan taviz vererek, bu ihtiyaca karşılık verebilmektedir ve oluşan kümeciklerin eleman sayılarına müdahale edebilmemize olanak sağlamaktadır.

Ana kütlemizin optimum olarak dağılımı yani modelimiz ile çözülmesi sırasında Ki-Kare uzaklık fonksiyonu kullanılmıştır. Ki-Kare uzaklık fonksiyonu SPSS 23.0 yazılımı yardımı ile veri matrisimize uygulanmış ve uzaklık matrisimiz elde edilmiştir. Chi-Kare uzaklık fonksiyonunu seçmemizin bir nedeni ise bu fonksiyonun veri matrisindeki kriterler arası etkileşimi dikkate alarak ve bu etkiyi devre dışı bırakacak şekilde verileri normalize etmesidir. Bir diğer yandan da tezimizin asıl amacı klasik kapasite kısıtlı çok araçlı başlangıç noktasız araç rotalama modelini modifiye ederek, çok kriterli gözlemlerin gruplandırmasını yapabilecek bir hale getirmektir, bunu gerçekleştiren matematik modeli ortaya koymaktır. Yani uzaklık fonksiyonlarını sadece matematik modelimize veri girdisi sağlamak amacıyla kullanmaktayız. Farklı uzaklık fonksiyonlarının kullanılmasının, tezimizin ana amacı olan geliştirdiğimiz matematik modelin işlevselliğine bir etkisi yoktur.

## 3.3 Literatürde Sıkça Karşılaşılan Uzaklık Fonksiyonları Çeşitleri

Bu kısımda açıklayacağımız ve çalışmamızın uygulama kısmında kullandığımız, farklılık verileri üreten uzaklık fonksiyonlarının ve benzerlik verileri üreten yakınlık fonksiyonlarının seçiminde, literatür araştırmalarımızın yanı sıra, dünya çapında çokça kullanılan istatistik yazılımı olan SPSS programının güncel bir sürümü (sürüm 23.0) referans alınmıştır.

Uzaklık fonksiyonu çıktıları başka bir istatistiksel yöntemin ya da matematik modelin girdisi olmalıdır. Uzaklık fonksiyonu çıktısı aslında tek başına, sayısal değer olarak ele alındığında çok fazla anlam taşımamaktadır. Fakat bir gözlem grubunda uzaklık karşılaştırmalarının sayısal değerleri, birbirine göre küçüklük, büyüklük açısından ele alındığında çok daha fazla anlam taşır hale gelmektedir. Uzaklıklar matrisinde bulunan verilerin belli bir birime sahip olması gerekmez, veri matrisinin normalize edildiği ve uzaklık verilerinin hepsinin aynı uzaklık fonksiyonu yöntemiyle türetildiği sürece mutlak veriler oluşmasa da birbirlerine göre görecelilerdir, aralarında mutlak sıralamalar söz konusudur. Bu yüzden olsa gerek literatürde uzaklık fonksiyonu kullanılan çalışmaların çoğunda, uzaklık fonksiyonu çıktıları, kümeleme (cluster) analizinin ya da bizim de yaptığımız gibi, kümeleme analizine alternatif olabilecek bir modelin girdileri olarak kullanılmıştır.

### 3.3.1 Öklid Uzaklık Fonksiyonu

Literatürde çok fazla sayıda farklı uzaklık fonksiyonu mevcut olmak üzere en sık kullanılanlardan biri Öklid Uzaklık Fonksiyonudur. Uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate almaz.

Öklid Uzaklık Fonksiyonu 2 gözlem arasındaki uzaklığı hesaplarken, bu farklı 2 gözlemin aynı kriterleri arasındaki farkların karelerinin toplamının kökünü hesaplar.

Değişken sayısının 2 olduğu durumlarda yani p=2 durumu için Öklid Uzaklık Fonksiyonu Pisagor Teoremi gibi davranır ve sonuç olarak da dik üçgende hipotenüs uzunluğunu verir [35]. Yani Öklid Uzaklık Fonksiyonu, Pisagor Teoreminin çok boyutlu bir genellemesidir demek de yanlış olmaz. 2 boyutlu ya da 3 boyutlu uzay ele alındığında,

kriterlerin metrik gerçek koordinatlar olarak seçilmesi durumunda, bu fonksiyon bize 2 nokta arasındaki gerçek uzaklığı verecektir.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = \left( \sum_{k=1}^{p} (x_{ik} - x_{jk})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.4)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

Literatürde Öklid Uzaklık Fonksiyonunun, Standartlaştırılmış Öklid Uzaklık Fonksiyonu (Karl Pearson Uzaklık Fonksiyonu), Ölçekli Öklid Uzaklık Fonksiyonu gibi farklı versiyonları da mevcuttur. Uzaklık fonksiyonlarını, tezimizin ortaya koymayı amaçladığı matematik modele veri girdisi sağlamak amacıyla kullandığımız için, bu kısmı çok fazla detaya girmeden, sadece uygulama kısmında kullanacağımız uzaklık fonksiyonlarına değineceğiz. Seçtiğimiz Uzaklık Fonksiyonları, dünya çapında bilinen ve kullanılan SPSS istatistik yazılımının güncel bir sürümünde (sürüm 23.0) yer verdiği uzaklık fonksiyonlarıdır.

### 3.3.2 Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonu

Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonu 2 gözlem arasındaki uzaklığı hesaplarken, bu farklı 2 gözlemin aynı kriterleri arasındaki farkların karelerinin toplamını hesaplar. Öklid Uzaklık Fonksiyonundan tek farkı bu toplamı kökünü almadan, direk olarak almasıdır. Yani adından da anlaşılacağı üzere, Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonunun çıktı değeri, Öklid Uzaklık Fonksiyonunun çıktı değerinin karesidir [36].

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^{p} (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (3.5)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonu uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate almaz. Ayrıca Öklid Uzaklık Fonksiyonunda ulaşılan uzaklık çıktısı değerleri, Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonunda ulaşılan uzaklık çıktısı değerlerine göre daha küçük değerler olması (Veri matrisindeki verilen 1'den büyük olması durumunda) beklenen bir durumdur.

### 3.3.3 Minkowski Uzaklık Fonksiyonu

Minkowski Uzaklık Fonksiyonu, Öklid Uzaklık Fonksiyonunun derecesel açıdan genel bir formudur, uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate almaz. Öklid Uzaklık Fonksiyonu 2 gözlemin aynı kriterleri arasındaki farkların karelerinin toplamının kökünü hesaplarken, Minkowski Uzaklık Fonksiyonu 2 gözlemin aynı kriterleri arasındaki farkların λ. derecelerinin toplamının λ. dereceden kökünü hesaplar. Bu kısımda λ, Minkowski Metriği, Ölçütü ya da Derecesi olarak adlandırılmaktadır.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = \left( \sum_{k=1}^{P} |x_{ik} - x_{jk}|^{\lambda} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \qquad (3.6)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

Minkowski Uzaklık Fonksiyonu λ = 1 değeri için Block Uzaklık Fonksiyonu ya da diğer adıyla Manhattan City-Block Uzaklık Fonksiyonuna, λ = 2 değeri için Öklid Uzaklık fonksiyonuna, λ'nın sürekli artan değeri için d fonksiyonunun limiti alınarak elde edilen fonksiyon ise Chebychev Uzaklık Fonksiyonuna dönüşmektedir [36].

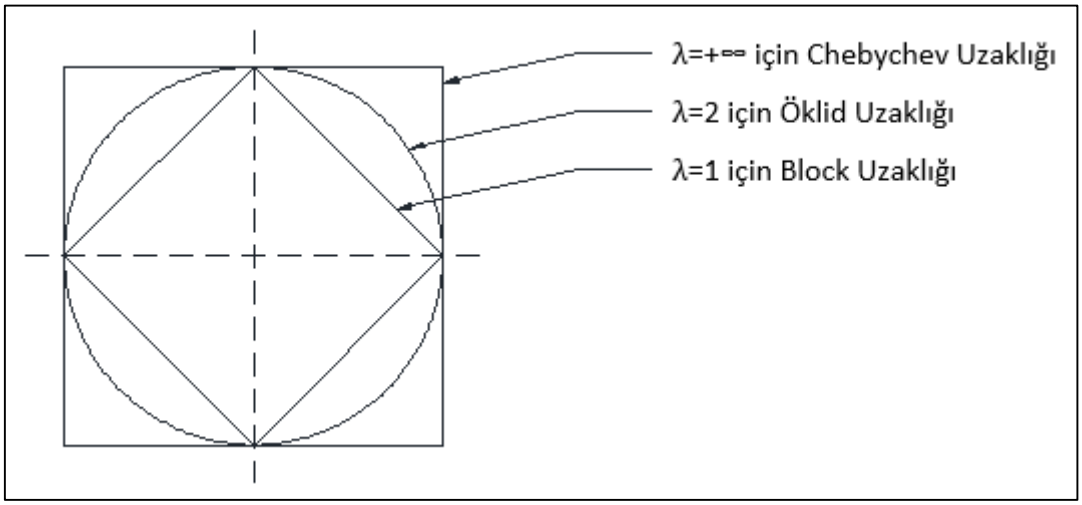
Block Uzaklık Fonksiyonu ve Chebychev Uzaklık fonksiyonlarına ise sıradaki başlıklarda daha detaylı olarak değineceğiz, şimdilik Çizelge 3.1'de Minkowski Uzaklık Fonksiyonu ve Minkowski Derecesi ile olan ilişkilerini göstermekteyiz.

Çizelge 3. 1 Minkowski derecesinin diğer uzaklık fonksiyonları ile ilişkisi

| λ | **Uzaklık Fonksiyonu** |
|---|---|
| 1 | Block Uzaklık Fonksiyonu |
| 2 | Öklid Uzaklık Fonksiyonu |
| 3 | 3.Derece Minkowski Uzaklık Fonksiyonu |
| 4 | 4.Derece Minkowski Uzaklık Fonksiyonu |
| n | n.Derece Minkowski Uzaklık Fonksiyonu |
| +∞ | Chebychev Uzaklık Fonksiyonu |

Çizelge 3.1'de de görüldüğü gibi, Minkowski Uzaklık Fonksiyonu, değişen λ değerlerine bağlı olarak, Block Uzaklık Fonksiyonunu, Öklid Uzaklık Fonksiyonunu ve Chebychev Uzaklık Fonksiyonunu da kapsayacak şekilde, bu fonksiyonların genel halini temsil etmektedir.

Uzaklık fonksiyonlarında değişken (kriter) sayısı 2 olarak ele alındığında, metrik olarak 2 nokta arasındaki uzaklık yani uzunluk ölçümü ile örtüşen bir durum oluşmaktadır. Bu durumu aşağıdaki şekilde daha net bir biçimde görebiliriz [36].




Şekil 3. 1 Minkowski derecesinin farklı değerleri için uzaklıklar

Tezimizin uygulama kısmında, Minkowski Uzaklık Fonksiyonunu kullandığımız bölümde, λ = 3 olarak aldığımızda 3.Derece Minkowski Uzaklık Fonksiyonu ve λ = 4 olarak aldığımızda 4.Derece Minkowski Uzaklık Fonksiyonu olarak adlandırdık, bu adlandırmayı kullanırken SPSS 23.0 istatistik yazılımını referans olarak aldık.

### 3.3.4 Block Uzaklık Fonksiyonu

Block Uzaklık Fonksiyonunun literatürde kullanılan diğer ismi Manhattan City-Block Uzaklık Fonksiyonudur. Uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate almaz. Daha genel ve kapsamlı değişkenlere sahip olan Minkowski Uzaklık Fonksiyonunda λ değerinin 1 olarak alınması ile de elde edilir. Belli 2 gözlemin, aynı kriterleri arasındaki farkların mutlak değerlerinin, tümünün toplamı ile elde edilir.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^{p} |x_{ik} - x_{jk}| \quad (3.7)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

Kriterlere bağlı olarak, veri tablosundaki değerler arasında sayısal değer açısından büyüklük, küçüklük farklılıkları oluşabileceğinden dolayı, Block Uzaklık Fonksiyonu kullanılmadan önce veri tablosundaki değerler normalize edilmelidir. Tezimizin uygulama kısmında, uzaklık fonksiyonlarının karşılaştırılması bölümünde, veri matrisimizi uzaklık fonksiyonlarına sokmadan önce, verilerimizi normalize ederken SPSS 23.0 istatistik yazılımından faydalandık. Benzer durum kendi formülü içinde, normalize işlemleri barındırmayan uzaklık fonksiyonları için de geçerlidir, yaptığımız çalışmada bu karışıklığı çözmek için veri matrisimizi uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak olarak kullanmadan önce normalize ettik.

### 3.3.5 Chebychev Uzaklık Fonksiyonu

Daha genel ve kapsamlı değişkenlere sahip olan Minkowski Uzaklık Fonksiyonunda λ değerinin +∞ olarak alınması ve d fonksiyonunun limitinin alınması ile de elde edilir [36]. Uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate almaz. Belli 2 gözlemin, aynı kriterleri arasındaki farkların mutlak değerlerinin, maksimumu ile elde edilir.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = max_{k=1}^{p} |x_{ik} - x_{jk}| \quad (3.8)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

### 3.3.6 Pearson Yakınlık Fonksiyonu

Pearson korelasyonu olarak bilinen yöntemin ürettiği ilişki katsayılarını esas alır. Yakınlık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi almaz.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{P} \left(x_{ik} - \bar{x}_{i.}\right).\left(x_{jk} - \bar{x}_{j.}\right)}{\left[\sum_{k=1}^{P} \left(x_{ik} - \bar{x}_{i.}\right)^2 . \sum_{k=1}^{p} \left(x_{jk} - \bar{x}_{j.}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \tag{3.9}$$

$$\bar{x}_{i.} = \frac{\sum_{k=1}^{P} x_{ik}}{p} \tag{3.10}$$

$$\bar{x}_{j.} = \frac{\sum_{k=1}^{P} x_{jk}}{p} \tag{3.11}$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

(3.10) ve (3.11) de bulunan değerler (3.9)'da yerine yazılır.

$r_{ij}$ katsayısı, i. gözlem ile j. gözlem arasındaki benzerliği açıklar. $r_{ij}$ katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. +1 değeri en güçlü pozitif yönlü benzerliği açıklarken, -1 ise en güçlü negatif yönlü benzerliği açıklar [37].

$r_{ij}$ katsayısı 0 ile 1 arasında değer alan benzemezlik katsayısına yani uzaklık verisine de (3.12) formülü ile dönüştürülebilir [37].

$$d\left(x_i, x_j\right) = (1 - r_{ij})/2 \tag{3.12}$$

Çalışmamızda $r_{ij}$ katsayısı, kümeleme amaçlı geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelinin maksimizasyon problemine uyarlanması ile kullanılabilir. Bu durum çalışmamızın farklı uzaklık fonksiyonları çıktılarının modelimiz ile çözülmesi ve sonuçların karşılaştırılması bölümünde test edilmiş, başarılı sonuca ulaşılmıştır. -1 ile +1 arasında

değer alan $r_{ij}$ katsayısının, 0 ile 1 arasında değer sadece pozitif ilişki gösterir bir hale getirilmesi gerekirse (3.13) formülü ile dönüştürülebilir.

$$r(x_i, x_j) = (1 + r_{ij})/2 \tag{3.13}$$

### 3.3.7 Cosine Yakınlık Fonksiyonu

İki vektör arasındaki açının kosinüsünü hesaplar. Birbirine paralel olan iki vektörün, aralarındaki açının kosinüs değeri de büyük olur. Bu sebeple vektörlerin paralelliği ile iki gözlemin benzerliği arasındaki doğru orantıyı esas alır [37]. Yakınlık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate almaz.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$s_{ij} = \frac{x_i' x_j}{\| x_i \| \| x_j \|} = \frac{\sum_{k=1}^{P} (x_{ik}) . (x_{jk})}{\left[\left(\sum_{k=1}^{p} x_{ik}^2\right) \cdot \left(\sum_{k=1}^{p} x_{jk}^2\right)\right]^{\frac{1}{2}}} \tag{3.14}$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini ifade eder.

Cosine benzerlik katsayı da Pearson benzerlik katsayısında olduğu gibi -1 ile +1 arasında değerler üretir ve Pearson yakınlık fonksiyonu başlığı altında anlattığımız şekilde bu değerler farklı aralıklara ya da uzaklık katsayılarına dönüştürülebilirler.

### 3.3.8 Ki-Kare (Chi-Square) Uzaklık Fonksiyonu

Temelini ki-kare testi olarak bilinen istatistiksel formülden almaktadır ve frekanslara odaklanmaktadır [36]. Eğer 2 gözlem seti, frekanslardan oluşuyorsa Ki-Kare Uzaklık Fonksiyonu burada kullanılabilir [37]. Uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate alır.

Yaptığımız literatür araştırmalarında, kullandığımız bazı kriterler arasında etkileşim bulunduğunu saptadık. Kullandığımız kriterler, örnek uzayı üniversite öğrencileri olan birçok çalışmada kullanılmış olan kriterlerdir ve bazı çalışmalarda da bu kriterlerin birbiri ile olan etkileşimi incelenmiştir, ilişki olanlar saptanmıştır. Bu yüzden tezimizin uygulama kısmında, ana kütlenin aşama aşama büyütülerek model ile çözülmesi bölümünde

kriterler arası etkileşimi de dikkate almak adına Ki-Kare Uzaklık Fonksiyonunu tercih etmiş bulunmaktayız. Ayrıca SPSS 23.0 istatistik yazılımının arayüzü, veri matrisimizi seçtikten sonra uzaklık fonksiyonu uygulamaya kalktığımızda, kriterler arası etkileşimi dikkate al seçeneği ile bizi Ki-Kare ve Fi-Kare Uzaklık Fonksiyonlarına yönlendirmektedir.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^{p} \frac{\left(x_{ik} - E(x_{ik})\right)^2}{E(x_{ik})} + \sum_{k=1}^{p} \frac{\left(x_{jk} - E(x_{jk})\right)^2}{E(x_{jk})}} \quad (3.15)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini,

$\boldsymbol{E(x_{ik})}$: i. gözlemin k. kritere göre beklenen değeridir ve aşağıdaki gibi hesaplanır [37].

$$r_{xi} = \sum_{k=1}^{p} x_{ik} \quad (3.16)$$

$$r_{xj} = \sum_{k=1}^{p} x_{jk} \quad (3.17)$$

$$c_k = x_{ik} + x_{jk} \quad (3.18)$$

$$T = r_{xi} + r_{xj} \quad (3.19)$$

$$E(x_{ik}) = \frac{r_{xi} . c_k}{T} \quad (3.20)$$

$$E(x_{jk}) = \frac{r_{xj} . c_k}{T} \quad (3.21)$$

2xp boyutlu veri matrisini barındıran Çizelge 3.2'de gösterilen işlemler, (3.16), (3.17), (3.18), (3.19), (3.20), (3.21) formüllerini ve aşamalarını daha iyi anlamamız için bize yardımcı olacaktır [37].

Çizelge 3. 2 Ki-Kare uzaklığı hesaplamasında yardımcı değişkenler

| 2xp Veri Matrisi | 1. Kriter | 2. Kriter | | p. Kriter | Satır Toplamı |
|---|---|---|---|---|---|
| i. Gözlem ($x_i$) | $x_{i1}$ | $x_{i2}$ | … | $x_{ip}$ | $r_{xi}$ |
| j. Gözlem ($x_j$) | $x_{j1}$ | $x_{j2}$ | … | $x_{jp}$ | $r_{xj}$ |
| Sütun Toplamı | $c_1$ | $c_2$ | | $c_P$ | $T$ |

### 3.3.9 Fi-Kare (Phi-Square) Uzaklık Fonksiyonu:

Ki-Kare Uzaklık Fonksiyonundan tek farkı değerleri normalleştirmesidir [36]. Uzaklık verisi üretir ve kriterler arası etkileşimi dikkate alır.

X daha önce de tanımladığımız veri matrisimiz, n gözlem sayısı, p değişken (kriter) sayısı, i, j ∈ {1,2,…,n} ve $x_i$, $x_j$ ∈ X olmak üzere;

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{p} \frac{\left(x_{ik} - E(x_{ik})\right)^2}{E(x_{ik})} + \sum_{k=1}^{p} \frac{\left(x_{jk} - E(x_{jk})\right)^2}{E(x_{jk})}}{\mathrm{T}}} \qquad (3.22)$$

$\boldsymbol{x_{ik}}$: i. gözlemin k. kritere göre değerini,

$\boldsymbol{E(x_{ik})}$: i. gözlemin k. kritere göre beklenen değeridir ve 3.3.8 başlığı altında gösterilmiş olan (3.16), (3.17), (3.18), (3.19), (3.20), (3.21) formülleri ile hesaplanır [37]. Hesapların daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 3.2'den yardım alınabilir.

# BÖLÜM 4

# ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ MODELİ ile ÇOK BOYUTLU GÖZLEMLERİN GRUPLANDIRILMASI

Çalışmamızın bu bölümünde öncelikle geliştirdiğimiz modelin altyapısını oluşturan diğer modeller incelenecektir. Geliştirdiğimiz modelin denklem yapısı sergilenecektir ve detaylı olarak açıklanacaktır. Sonrasında model testimiz detaylı olarak anlatılacaktır. Son olarak da farklı uzaklık fonksiyonlarının modelimize etkisi detaylı olarak incelenecektir. Bu bölümün çalışmamızın en önemli bölümü olduğunu söylemek de yanlış olmayacaktır.

## 4.1 Kümeleme Amaçlı Kullanılan Araç Rotalama Modelinin Altyapısını Oluşturan Modellerin İncelenmesi

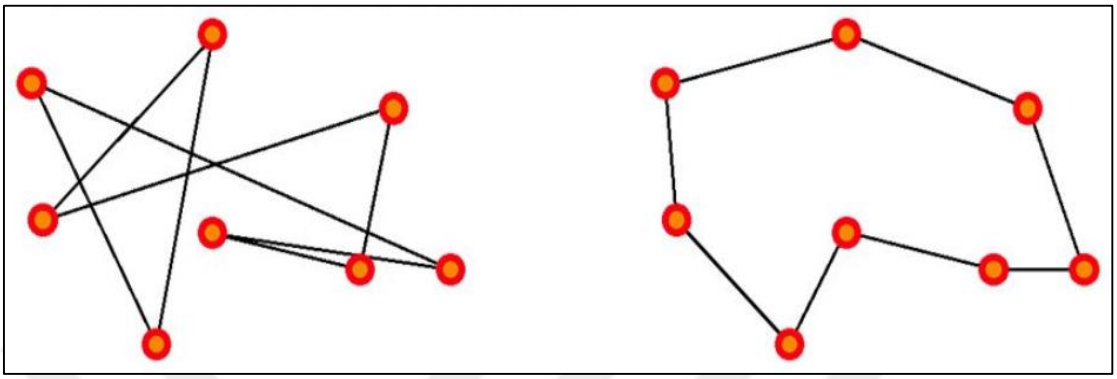
Geliştirmiş olduğumuz kümeleme amaçlı kullanılabilen modifiye edilmiş araç rotalama modeli, depo kısıtı olmaması bakımından gezgin satıcı problemi modeline, çok araçlı olması bakımından ise araç rotalama problemi modeline benzemektedir. Oluşturduğumuz model bahsettiğimiz bu iki modelin karma bir halinin geliştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu sebeple geliştirdiğimiz modelin temelini oluşturdan iki modelin literatürde en çok karşılaşılan versiyonlarına kısaca değineceğiz.

### 4.1.1 Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problem)

Araç Rotalama Probleminin mantıksal çerçevesini hazırlayan Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problem) literatürde kısaca GSP (TSP) olarak kısaltılmaktadır. Gezgin Satıcı Problemi literatürde bilinen en eski ve en sıklıkla kullanılan lojistik yönetimi metodudur [43]. Gezgin Satıcı Problemi ile Araç Rotalama Problemi arasındaki en temel

farkın araç sayısı olduğunu söyleyebiliriz bu sebeple literatürde Araç Rotalama Problemine m-GSP (m adet gezgin satıcı) ismiyle de rastlanmaktadır [41].

Gezgin Satıcı Problemi çıktısının başlangıç noktasız (deposuz) yapısını daha iyi anlayabilmek Şekil 4.1'i inceleyelim.



Şekil 4. 1 Gezgin Satıcı Problemi çıktısının yapısı

Gezgin Satıcı Problemi modellerinin çözümleri için literatürde birçok farklı çalışma yapılmıştır. Bu yöntemler optimum sonuca ulaşıp ulaşmamasına göre kesin çözüm yöntemleri (sezgisel olmayan) ve sezgisel yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılırlar [53].

### 4.1.2 Gezgin Satıcı Problemi Modeli

Biri başlangıç şehri olmak üzere n adet şehrimiz olsun. Gezgin satıcımız başlangıç şehrinden başlayarak geri kalan (n-1) şehri ziyaret edecektir ve sonrasında başlangıç şehrine geri dönecektir.

**i, j** ∈ {1,2,…,n} olmak üzere (n adet düğüm noktası),

$\boldsymbol{c_{ij}}$: i şehri ile j şehri arasındaki mesafe (maliyet),

$\boldsymbol{x_{ij}}$ ∈ {0,1} olmak üzere $x_{ij}$ karar değişkenimizdir, i şehrinden j şehrine gidiliyorsa 1, gidilmiyorsa 0 değerini alır,

**N** = {1,2,…,n} düğüm kümemiz olmak üzere (n adet şehrimizi barındıran küme),

**A** kümesi **N** kümesinin bir alt kümesi olmak üzere ( $A \subset \mathrm{N}$ ),

**S(A)**: A kümesinin eleman sayısını göstersin,

Yukarıda verilen tanımlar doğrultusunda Gezgin Satıcı Problemi aşağıdaki gibi modellenmiştir [41], [43], [44];

Z toplam maliyeti göstermek üzere, amaç fonksiyonumuz;

$$Min(Z) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij}.x_{ij} \qquad (i \neq j) \tag{4.1}$$

Kısıt denklemlerimiz;

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (i \neq j) \wedge (\forall j \in N) \tag{4.2}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (i \neq j) \wedge (\forall i \in N) \tag{4.3}$$

$$\sum_{i \in A} \sum_{j \in A} x_{ij} \leq S(A) - 1 \qquad (i \neq j) \wedge (\forall A \subset N) \wedge (1 < S(A) < n - 1) \tag{4.4}$$

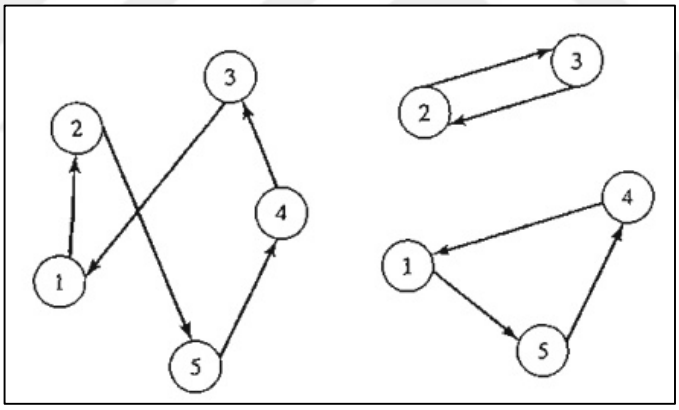
Amaç denklemimiz (4.1) yani amaç fonksiyonumuz toplam mesafenin dolayısıyla toplam maliyetin en küçüklenmesini hedefler. (4.2) kısıt denklemi her şehirden mutlaka başka bir şehre bir atama gerçekleşmesini sağlar. Benzer şekilde (4.3) kısıt denklemi ise her şehre mutlaka başka bir şehirden bir atama yapılmasını sağlar. Yani (4.2) ve (4.3) kısıtları her şehre mutlaka bir adet giriş bir adet de çıkışın yapılmasını sağlar.

(4.4) kısıt denklemimiz ise alttur önleme kısıtıdır. Gezgin Satıcı Probleminin literatürde en çok farklılıklarının oluştuğu kısım bu kısımdır, altturları önlemek adına farklı yöntemler geliştirilmiştir. Fakat ne yazık ki literatürdeki çoğu çalışmada, en çok açıklanması gereken ve diğerlerine göre daha karmaşık olan bu kısıtın açıklamaları, diğer kısıtların açıklamalarına göre çok zayıf kalmıştır. Ayrıca matematik model olarak bu kısıt farklı metotlarla tanımlanabilse de uygulamada yani yazılım diline uyarlanırken çeşitli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Biz de yaptığımız çalışmanın uygulama kısmında alttur önleme kısıtını GAMS yazılımına, alternatif ve duruma özgü bir metotla entegre etmiş olsak da, çalışmamızın bu kısmında yani klasik gezgin satıcı probleminin literatürdeki çalışmaların çoğunda yer alan alttur önleme kısıtını detaylı olarak açıkladık.

N ve A kümesinin tanımlanmasının sebebi, (4.4) alttur oluşumunu engelleme kısıtının değişkenlerini oluşturmaktır. Bu kısımda A kümesini, N kümesinin bir altkümesi olarak

tanımlamak yerine N kümesinin bir özaltkümesi olarak tanımlamak daha doğru olacaktır fakat (4.4) denklemimizdeki $1 < S(A) < n - 1$ şartı da bu gerekli koşulu yerini getirmektedir. Ayrıca $1 < S(A) < n - 1$ koşulu yerine $0 < S(A) < \mathrm{n}$ koşulu da uygulanabilir çünkü sadece 1 düğümün açıkta kaldığı tam tur oluşumuna diğer kısıtlar zaten engel olacaktır. Bu koşul için en önemli husus $S(A) \neq \mathrm{n}$ yani $S(A) < \mathrm{n}$ olmasıdır çünkü $S(A) = n$ olduğunda aradığımız ideal çözüm olan alttursuz tam turda n düğüm sayısı için n adet bağlantı-atama gerçekleşmektedir ve bu durum (4.4) denklemimiz ile amaçladığımız atama arasında bir çelişki oluşturmaktadır. Ayrıca literatürde bazı çalışmalarda $1 < S(A) < \mathrm{n} - 1$ kısıt koşulu yerine $2 < S(A) < n - 1$ koşulunun modele entegre edildiği de görülmektedir. Bu farklılıkların modelde çelişki çıkarmamasının sebebi ise oluşan her bir alt küme ile birebir eşleşen oluşmamış alternatif bir altkümenin de varoluşundan kaynaklanmaktadır.

Alttur oluşmuş ve oluşmamız gezgin satıcı problemleri çıktıları karşılaştırabilmek adına Şekil 4.2'yi inceleyelim [47].




Şekil 4. 2 Çıktılarında alttur oluşmuş ve oluşmamış GSP örneği

Üstte verilen Şekil 4.2'deki durumu (4.4) kısıt denklemimiz ile değerlendirdiğimizde N'in altkümesi olan A = {2,3} için 2 adet atama gerçekleştiğini görmekteyiz hâlbuki bu durum $2 \leq S(A) - 1$ yani $2 \leq 1$ çelişkisini oluşturmaktadır. Benzer şekilde A = {1,4,5} için 3 adet atama gerçekleştiğini görmekteyiz hâlbuki bu durum $3 \leq S(A) - 1$ yani $3 \leq 2$ çelişkisini oluşturmaktadır. Eğer ideal durumu incelersek olan A = {1,2,3,4,5} için 5 adet atama gerçekleştiğini görmekteyiz hâlbuki bu durum yine $5 \leq S(A) - 1$ yani $5 \leq 4$ çelişkisini oluşturmaktadır. Amaçladığımız ideal durumdaki bu çelişkiyi önlemek adına A kümesi N'nin altkümesi olarak değil özaltkümesi olarak tanımlanmalıdır ya da $0 <$

$S(A) < \mathrm{n}$ koşulu model kısıtına koşul olarak entegre edilmelidir. Bu koşul yerine $1 < S(A) < \mathrm{n} - 1$ koşulu ya da $2 < S(A) < n - 1$ koşulu da aynı sorunu giderebilmektedir.

Ayrıca denklemlerimizde bulunan $i \neq j$ koşulunu tanımlamak yerine $c_{ii} = \infty$ olarak ayrı bir kısıt denklemi oluşturulabilir. Bu kısıt denklemi amaç denkleminin minimizasyon olması durumunda, modelin şehirleri kendi kendine atamalarını önleyecektir. Bu kısıt yerine $i \neq j$ kısıtı da modele entegre edilebilir fakat bu kısıt teoride yani modelde doğru da olsa pratikte yani bazı yazılım dillerinde işlevsel olamamaktadır [43].

### 4.1.3 Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem)

Çalışmamızın bu bölümünde, asıl kullanım alanı lojistik olan fakat daha farklı disiplinlere de uyarlanabilir bir yapıya sahip Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem) ve ürettiği çözümlerden kısmen bahsedeceğiz. Literatürde ARP (VRP) olarak kısaltılmaktadır. Tezimiz çok disiplinli bir yaklaşıma sahip olduğundan, çok fazla detayına inmeden, çalışmamızın uygulama kısmında kullandığımız yöntemlere daha fazla ağırlık vereceğiz.

Bir veya birkaç depodan bir dizi lokasyona ya da müşteriye kadar, araç kapasitesi, rota uzunluğu, zaman gibi kısıtları da dahil ederek, araçların en uygun rotalarını belirleme sorunlarıdır [38]. En uygun rotaların belirlenmesi, günümüzün rekabet ortamında, maliyetlerin düşürülmesi ile işletmeler için büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Araç Rotalama Problemi (Vehicle Routing Problem) tanımlanması ilk kez Dantzig ve Ramser tarafından 1959 yılında Kamyon Dağıtım Problemi (Truck Dispatching Problem) olarak yapılmış olsa da [39] bu yaklaşımın temellerini oluşturan Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problem) ilk olarak 1930'lu yıllarda formüle edilmiştir [40]. Bu tarihlerden günümüze kadar birçok Araç Rotalama Problemi modellenmiştir, farklı kısıtlarla farklı modeller önerilmiş, bunlara bağlı olarak da farklı çözüm önerileri sunulmuştur. Ayrıca Gezgin satıcı problemi literatürde GSP (TSP) olarak kısaltılmaktadır.

Lojistik kavramının ilk olarak askeri alanda ortaya çıktığı ve sadece taşımacılığı değil çok daha geniş boyutlu bir faaliyetler bütününü tanımladığı görülmektedir. Lojistik faaliyetlerinin başlangıcı askeri açıdan daha eski tarihlerde olsa da, işletmeler açısından önemli hale gelmesi 1950'li 1970'li yıllara denk gelmektedir [48].

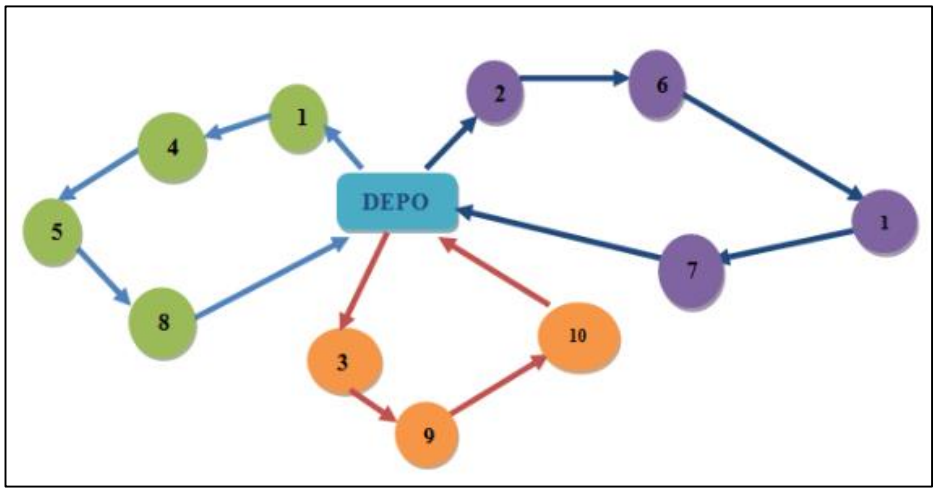
Klasik Araç Rotalama Probleminde belirli sayıda arz noktalarından belirli sayıda talep noktalarına dağıtım yapmak temel amaçtır. Araç rotaları arz noktalarından başlar, talep noktalarına ulaşır ve arz noktalarına geri döner [41].

Araç rotalama modelinin yapısına göre değişen bazı farklılıklar olsa da kullanılan genel kısıtlar aşağıdaki gibidir [42], [49], [50]:

- Araçların gidebileceği mesafe kısıtı,
- Her varış noktasının sadece bir kere ziyaret edilmesi,
- Aracın tüm noktalara uğradıktan sonra tekrar başlangıç noktasına dönmesi,
- Rota üzerindeki toplam talebin, rota üzerindeki araç kapasitesini aşmaması kısıtı,
- Araç sayısı ve rota sayısı kısıtı,
- Her bir aracın sadece bir rotada faaliyet göstermesi kısıtı,
- Taşıma süresi kısıtları,
- Depo sayısı kısıtı,
- Birbirinden kopuk rotaların oluşmasını önleyen alttur engelleme kısıtları.

Özçelik (2016) yaptığı çalışmada Araç Rotalama Problemini, arz noktası olarak deponun bulunduğu, araçların aynı veya farklı kapasitelere sahip olabileceğini, araçların belirlenmiş olan talep noktalarına yani müşterilere olan toplam mesafesinin veya ulaştırma süresinin en küçükleyecek şekilde uğraması ve sonrasında arz noktasına yani depoya geri dönmesi için gerekli güzergahların belirlenmesi olarak tanımlamıştır [42].

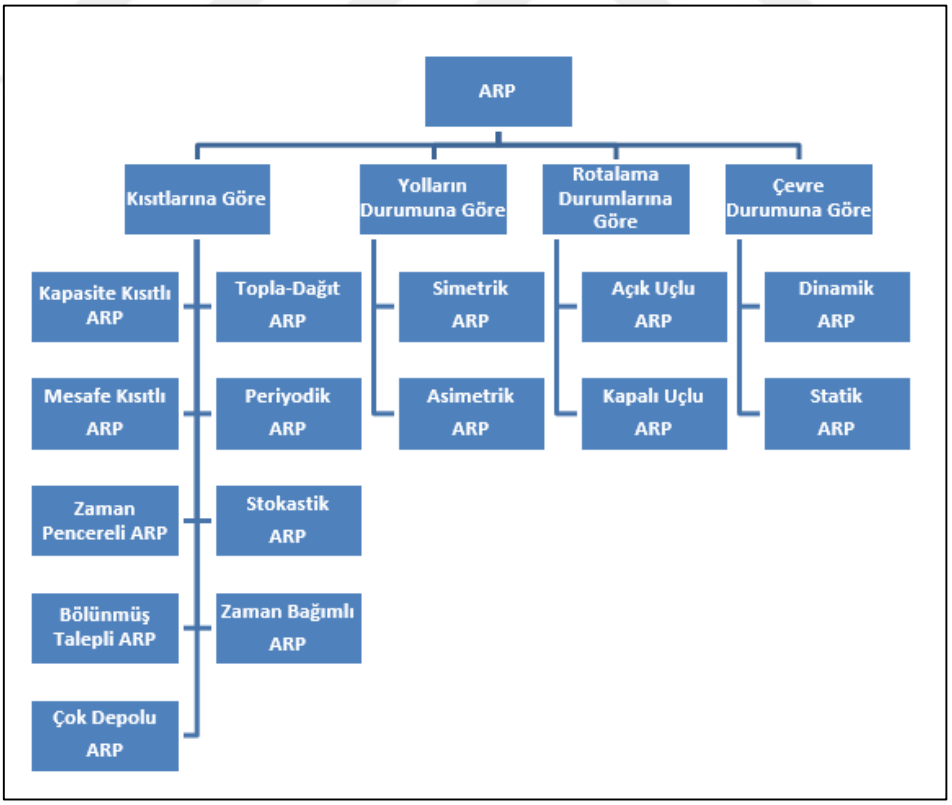
Araç rotalama problemi çıktılarının yapısını daha iyi anlayabilmek adına Şekil 4.3'ü inceleyelim [45].




Şekil 4. 3 Araç Rotalama Problemi çıktısının yapısı

Araç Rotalama Problemi modellerinin çözümleri için literatürde birçok farklı çalışma yapılmıştır. Bu yöntemler optimum sonuca ulaşıp ulaşmamasına göre kesin çözüm yöntemleri (sezgisel olmayan) ve sezgisel yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılırlar [53].

Literatürde bulunan Araç Rotalama Problemlerini kategorilerine göre Şekil 4.4'teki gibi inceleyebiliriz [52].




Şekil 4. 4 Araç Rotalama Problemi çeşitlerine kategorik yaklaşım

Çalışmamızda, çok boyutlu gözlemlerin gruplandırılması amacıyla geliştirmiş olduğumuz modiye edilmiş Araç Rotalama Modelinde, depo kısıtları devre dışı bırakılmıştır ve çok araçlı bir modeldir. Literatürdeki çalışmalarda depo kısıtı devre dışı bırakıldığında akla Gezgin Satıcı Problemi gelmektedir fakat çok araçlı olması bakımından geliştirdiğimiz model Klasik Araç Rotalama Modeli kısıtları ile daha fazla örtüşmektedir. Bu sebeple modifiye ettiğimiz modelin temellerini Gezgin Satıcı Probleminden değil Araç Rotalama Problemi modeli üzerine attık. Deposuz, çok araçlı, kapasite kısıtlı, simetrik, kapalı uçlu ve homojen filolu bir araç rotalama modeli kullandık. Model bu haliyle sezgisel olarak çalışan alternatif bir kümeleme analizine dönüştü. Buna ek olarak her bir rotada bulunan talep noktalarının birbirlerine olan çapraz uzaklıkları kısıtını da amaç fonksiyonumuza, minimize etmek amacıyla entegre ettiğimizde, optimum sonuçlar veren bir alternatif bir kümeleme yöntemi geliştirmiş olduk. Geliştirdiğimiz bu model klasik kümeleme analizinin aksine, altkümelerin eleman sayılarına yani her bir aracın uğrayacağı talep noktalarının sayısına müdahale edebilmemize izin vermektedir.

### 4.1.4 Klasik Araç Rotalama Problemi Modeli

Bu kısımda klasik araç rotalama problemi modeli olarak adlandırılan ve literatürde en çok karşılaşılan model yapısını inceleyeceğiz. Depolu, çok araçlı, kapasite kısıtlı, simetrik, kapalı uçlu ve homojen filolu bir durumu modellenmesini inceleyeceğiz.

Biri başlangıç şehri olmak üzere n adet şehrimiz ve m adet aracımız olsun.

**i, j** ∈ {1,2,…,n} olmak üzere (n adet düğüm noktası),

**k** ∈ {1,2,…,m} olmak üzere (m adet araç),

$\boldsymbol{c_{ij}}$: i şehri ile j şehri arasındaki mesafe (maliyet), ($\boldsymbol{c_{ii}} = \infty$, modelin kendi kendine atamalarını engellemek amacı ile kısıt denklemlerine entegre edilebilir fakat $i \neq j$ tanımı aynı görevi görmektedir.)

$\boldsymbol{x_{ijk}} \in \{0,1\}$ olmak üzere $x_{ijk}$ karar değişkenimizdir, k aracı i şehrinden j şehrine gidiyorsa 1, gitmiyorsa 0 değerini alır,

$\boldsymbol{q_j}$**:** j. düğüm noktasının talep miktarı,

**Q:** Araç kapasitesi (Homojen filo durumda her bir aracın kapasitesi aynıdır),

**M** = {1,2,…,m} araç kümemiz olmak üzere (m adet aracımızı barındıran küme),

**N** = {1,2,…,n} düğüm kümemiz olmak üzere (n adet şehrimizi barındıran küme),

1. düğümümüz depo noktamız olsun ($\mathrm{i} \in \mathrm{N}$ ve $\mathrm{i} = 1$ için),

**A** kümesi **N** kümesinin (depo noktası hariç) bir alt kümesi olmak üzere ( $A \subset \mathrm{N}/\{1\}$ ),

**S(A)**: A kümesinin eleman sayısını göstersin,

Yukarıda verilen tanımlar doğrultusunda Araç Rotalama Problemi aşağıdaki gibi modellenmiştir [42], [51]:

Z toplam maliyeti göstermek üzere, amaç fonksiyonumuz;

$$Min(Z) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} c_{ij}.x_{ijk} \quad (i \neq j) \tag{4.5}$$

Kısıt denklemlerimiz;

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} x_{ijk} = \{_{m,\ i=1}^{1,\ \ i=2,\ldots,n} \qquad (i \neq j) \wedge (\forall i \in N) \tag{4.6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} x_{ijk} = \{_{m,\ j=1}^{1,\ \ j=2,\ldots,n} \qquad (i \neq j) \wedge (\forall j \in N) \tag{4.7}$$

$$\sum_{i=2}^{n} x_{i1k} = 1 \qquad (j = 1) \wedge (\forall k \in M) \tag{4.8}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=2}^{n} q_j.x_{ijk} \leq Q \qquad (i \neq j) \wedge (\forall k \in M) \tag{4.9}$$

$$\sum_{i \in A} \sum_{j \in A} x_{ijk} \leq S(A) - 1 \qquad (i \neq j) \wedge (\forall k \in M) \wedge (\forall A \subset N/\{1\}) \tag{4.10}$$

Amaç denklemimiz (4.5) yani amaç fonksiyonumuz toplam mesafenin dolayısıyla toplam maliyetin en küçüklenmesini hedefler. Kısıt denklemimiz (4.6) her şehirden mutlaka başka bir şehre bir atama gerçekleşmesini ve depodan başka şehirlere araç sayısı kadar atama gerçekleşmesini sağlar. Benzer şekilde kısıt denklemimiz (4.7) ise her şehre

mutlaka başka bir şehirden bir atama gerçekleşmesini ve şehirlerden depoya araç sayısı kadar atama gerçekleşmesini sağlar. Yani (4.6) ve (4.7) kısıt denklemleri her şehre mutlaka bir adet giriş bir adet de çıkışın yapılmasını ve depodan araç sayısı kadar giriş, araç sayısı kadar çıkış yapılmasını sağlar. Ayrıca yukarıda tanımladığımız modelde araç sayısı m olarak belirlenmiştir, bazı çalışmalarda araç sayısının en fazla m olarak belirlenmesi gerekebilir. Böyle bir durumla karşılaştığımızda, (4.6) ve (4.7) kısıtımızdaki eşittir m ifadesi yerine küçük eşittir m ifadesi kullanmamız gerekmektedir. (4.8) kısıt denklemimiz ise her aracın yalnız bir kez depoya giriş yapmasını sağlar. Bahsi geçen (4.8) kısıtına ek olarak her aracın yalnız bir kez depodan çıkış yapmasını sağlayan bir kısıt da eklenebilir fakat literatürde yer alan çalışmalarda böyle kısıta yer verilmesine gerek duyulmamıştır, aynı işlevi sağladığı açıklanmıştır. (4.9) kısıtı denklemimiz ise her bir aracın kapasitesinin, o aracın uğrayacağı şehirlerdeki toplam talebi karşılayabilmesi kısıtıdır. Depo noktasının talep miktarı olamayacağı için j'nin 1 değerini almaması gerekmektedir. Talep değişkeninin $q_i$ olarak değil de $q_j$ olarak tanımlanmasının bir sebebi de budur.

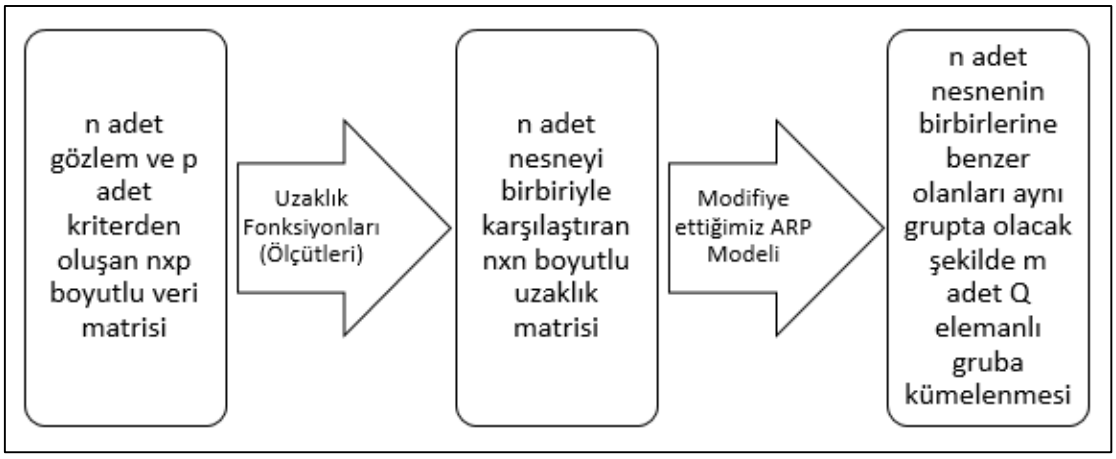
(4.10) kısıt denklemimiz ise alttur önleme kısıtıdır. Literatürde altturları önlemek adına farklı yöntemler geliştirilmiştir. Literatürde bazı çalışmalarda ise Araç Rotalama Problemi matematiksel modellerine alttur engelleme kısıtı eklenmemiştir. Gezgin Satıcı Problemi ile Araç Rotalama Problemini karşılaştırdığımızda, deponun olmayışı, araç sayısının tek araç oluşu dolayısıyla bunlara bağlı olarak tanımlanan parametrelerin azlığı açısından durumu ele aldığımızda, Gezgin Satıcı Probleminin matematiksel modeline alttur önleme kısıtını entegre etmek çok daha elzem bir durumdur. Literatürde yapılan bazı Araç Rotalama Problemi çalışmalarının matematik modellerine alttur önleme kısıtının eklenmemiş olmasının sebebi bu olabilir. Bu gibi durumlarda yapılması gereken modelimizi pratiğe dökerken ve dolayısıyla bir yazılımdan yardım alırken, yazılımın verdiği çıktıları incelemektir. Yazılımın verdiği çıktıların amacımız doğrultusunda olup olmadığı incelenerek ve bu çıktılardan geri bildirim alınarak, tekrardan matematik modelimize müdahale edebiliriz, gerektiği takdirde alttur önleme kısıtımızı modele ekleyebiliriz. Alttur önleme kısıtını kullanmadan da istediğimiz alttursuz optimum çıktıları elde edebiliyorsak, bu kısıt modelden devre dışı bırakılarak, yazılımın zorlanmadan ve daha hızlı bir şekilde çalışmasını sağlayabiliriz. Ayrıca matematik model

olarak bu kısıt farklı metotlarla tanımlanabilse de uygulamada yani yazılım diline uyarlanırken çeşitli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Biz de yaptığımız çalışmanın uygulama kısmında alttur önleme kısıtını GAMS yazılımına, alternatif ve duruma özgü bir metotla entegre edeceğiz.

N ve A kümesinin tanımlanmasının sebebi, (4.10) denklemi olan alttur oluşumunu engelleme kısıtının değişkenlerini oluşturmaktır. Bu kısımda A kümesini, N kümesinin bir altkümesi olarak tanımlamak yerine, N/{1} kümesinin bir altkümesi olarak tanımlamamızın sebebi ise, bir aracın depodan çıkıp uğraması gereken noktalara uğradıktan sonra depoya geri döndüğü durumda, yani amaçladığımız optimum atamaların olduğu durumda, bu kısıttaki eksiklik çelişki oluşturmaktadır ve optimum atamaların gerçekleşmesine engel olmaktadır. Bu kısıtın nasıl çalıştığına dair örnekli açıklamalarımızı, çalışmamızın Gezgin Satıcı Problemi kısmında daha detaylı olarak göstermiş bulunmaktayız.

## 4.2 Çok Boyutlu Gözlemlerin Gruplandırılması Amacıyla Kullanılan Tarafımızca Geliştirilmiş Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Modeli (Alternatif Kümeleme Analizi Modeli)

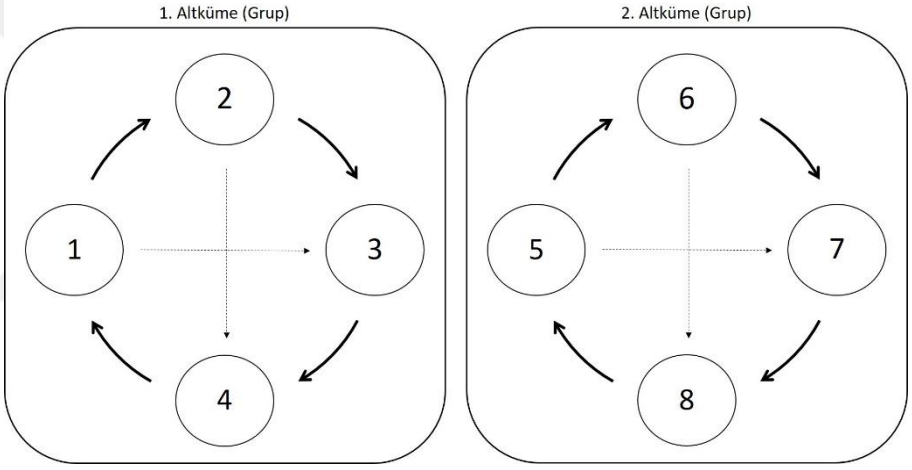
p kriterle değerlendirilmiş n adet gözlemden oluşan nxp boyutlu veri matrisimize uzaklık fonksiyonlarını uyguladığımızda, nxn boyutlu uzaklık (karşılaştırma) matrisi elde etmekteyiz. Geliştirdiğimiz alternatif kümeleme yönteminde, bu nxn boyutlu uzaklık (karşılaştırma) matrisi, n adet düğüm noktasının birbirine olan uzaklıklarıymış gibi araç rotalama modeli ile birlikte çözülür. Şekil 4.5'i inceleyelim.




Şekil 4. 5 Geliştirdiğimiz modelin uygulanmasında kritik aşamalar

Araç kapasiteleri, gruplandırma sonucunda oluşmasını istediğimiz altkümelerin eleman sayıları olarak belirlenir. Deposuz, çok araçlı, kapasite kısıtlı, simetrik, kapalı uçlu ve homojen filolu bir araç rotalama modeli birlikte çözülen bu nxn boyutlu uzaklık matrisi, çıktı olarak, gözlemlerin sezgisel olarak kümelenmesini sağlamaktadır. Sezgisel bu yöntemi geliştirerek kesin çözüm veren bir yönteme dönüştürmek amacıyla, modelin uygulanması sonucu oluşacak olan her bir altkümedeki yani bir aracın uğrayacağı kapalı uçlu rotadaki tüm düğüm noktalarının birbirine olan çapraz (köşegen) uzaklıklarını da maliyet olarak algılayan ve minimize etmeyi hedefleyen değişkenleri, kısıt ve amaç denklemlerini araç rotalama modeline entegre ettik.

Geliştirdiğimiz modelin hedeflediği çıktıyı daha iyi açıklayabilmek adına Şekil 4.6 ve altındaki açıklamaları inceleyelim.




Şekil 4. 6 Kümeleme amaçlı modifiye edilmiş ARP modelinin çıktı yapısı

Şekil 4.6'da, 8 düğüm noktalı (şehirli), her düğüm noktasının 1 birim kapasite talebinin olduğu ve 2 araçlı, her aracın 4 birim kapasiteye sahip olduğu temsili basit bir örneği inceleyelim. Şekildeki düz ve kalın çizgilerden oluşan atamalar, deposuz araç rotalama modelinin beklenen çıktılarıdır fakat kesikli ve ince çizgi ile gösterdiğimiz atamalar, tarafımızca araç rotalama modeline entegre ettiğimiz değişkenler ile elde edilmektedir ve kesin çözüm veren alternatif bir kümeleme analizi yöntemi geliştirmemizi sağlamaktadır. Geliştirdiğimiz alternatif kümeleme analizinin klasik kümeleme analizinden en önemli farkı oluşacak olan altkümelerin eleman sayılarının tarafımızca belirlenebilmesidir. Çalışmamızın uygulama bölümünde yaptığımız çalışma ile üstteki örneği harmanlayarak anlatmak gerekirse, 8 öğrencinin 4 kişilik 2 odaya, öğrencilerden alınan psikoteknik veriler doğrultusunda, birbirlerine en benzer grupların optimum

şekilde aynı odalara atanması olarak da açıklayabiliriz. Her türlü n adet nesne, gözlem ya da kişiden alınacak olan p adet psikolojik ölçek veya kriter ölçümleri yani her türlü çok boyutlu (nxp boyutlu) gözlem, uzaklık fonksiyonları yardımı ile gözlemlerin birbirleri ile benzemezlik/benzerlik ölçütlerinin bulunduğu nxn boyutlu uzaklıklar matrisine dönüştürülebilir. Bu uzaklıklar matrisi, araç rotalama modeline girdi olarak sunulan düğüm noktaları arasındaki uzaklıklar matrisi ile oldukça benzeşmektedir. Nitekim araç rotalama modeline girdi olarak sunulan n adet düğüm noktası arası uzaklıklar matrisi de nxn boyutludur ve n adet düğüm noktasının birbirlerine olan uzaklıklarını barındırır. Ayrıca amacımızın kümeleme olması sebebiyle uzaklıklar matrisinde bulunan verilerin bilindik bir birime sahip olması gerekmez, veri matrisinin normalize edildiği ve uzaklık verilerinin hepsinin aynı uzaklık fonksiyonu yöntemiyle türetildiği sürece mutlak veriler oluşmasa da birbirlerine göre görecelilerdir, aralarında mutlak sıralamalar söz konusudur bu durum da kümeleme optimizasyonunun yapılması için yeterlidir. Nitekim klasik kümeleme (cluster) analizi yöntemi de girdilerini yine benzer şekilde uzaklık fonksiyonları yardımı ile sağlamaktadır.

Araç Rotalama Modelinin yapısı gereği kendi içinde sezgisel bir kümeleme yaklaşımı mevcuttur. Fakat araç rotalama modeli, klasik haliyle uyarlanarak kümeleme amacıyla kullanıldığında kesin çözüm değil, sezgisel çözümler üretmektedir. Bu sezgiselliği devre dışı bırakıp, kesin çözümler üretmek amacıyla çeşitli değişkenler ve kısıt denklemleri ekledik, amaç fonksiyonunu modifiye ettik. Çok boyutlu gözlemleri, altkümelerin eleman sayılarını kendimizin belirleyebileceği şekilde, gruplandırmak (optimum olarak kümelemek) amacıyla, deposuz, çok araçlı, kapasite kısıtlı, kapalı uçlu, simetrik ve homojen filolu araç rotalama modelini modifiye ederek geliştirdiğimiz model aşağıdaki gibidir. (Çok boyutlu gözlemler, öncelikle uzaklık fonksiyonlarına sokularak, nesnelerin birbirine ulan uzaklık/benzemezlik verileri elde edilmelidir, bu veriler düğüm noktalarının birbirine olan uzaklıklarına benzetilerek model ile beraber çözülmelidir.)

Modelimizde başlangıç noktası (depo) tanımı yoktur. (Modifiye edilmiş modelimiz, depo yani başlangıç noktası tanımlanmaması açısından Gezgin Satıcı Problemi Modeline benzese de çok araçlı olmasından dolayı, geliştirilecek olan altyapı olarak Araç Rotalama Modelini seçmek tarafımızca daha uygun görülmüştür.),

**n**: Nesne sayısı (düğüm noktası, şehir)

**m**: Eleman sayıları aynı olarak oluşacak olan grup/altküme sayısı (araç sayısı)

**Q**: Nesnelerin gruplandırılması sonucu oluşacak olan grupların/altkümelerin eleman sayısı (araç kapasitesi, homojen filo durumu)

**i, j, p** ∈ {1,2,…,n} olmak üzere (n adet nesne/düğüm noktası),

**k, f** ∈ {1,2,…,m} olmak üzere (m adet grup/araç sayısı),

p ve f elemanları, optimum gruplandırmaya ulaşmak amacıyla geliştirdiğimiz, aynı grupta (rotada) bulunan nesnelerin (düğüm noktalarının) birbirlerine olan çapraz/köşegen uzaklıklarını da modele entegre etmek amacıyla tanımladığımız yardımcı değişkenlerdir.

$c_{ij}$: i nesnesi ile j nesnesi arasındaki benzemezlik ölçütü (i şehri ile j şehri arasındaki mesafe/maliyet), (Benzemezlik ölçütleri, n adet nesnenin çok kriterli gözleminden oluşan veri matrisinin, uzaklık fonksiyonuna girdi olarak sunulması sonucu alınan uzaklık matrisindeki çıktılardır.),

$c_{ii} = \infty$ (Nesnelerin kendileriyle eşlenmelerini önlemek amacıyla oluşturulan kısıt),

$x_{ijk} \in \{0,1\}$ olmak üzere $x_{ijk}$ karar değişkenimizdir, k grubunda i nesnesi j nesnesine eşleniyorsa 1, eşlenmiyorsa 0 değerini alır (k aracı i şehrinden j şehrine gidiyorsa 1, gitmiyorsa 0 değerini alır),

$y_{ijk} \in \{0,1\}$ olmak üzere $y_{ijk}$ karar değişkenimizdir, k grubunda i nesnesi j nesnesine köşegen olarak eşleniyorsa 1, eşlenmiyorsa 0 değerini alır (k aracının bulunduğu rotada i şehrinden j şehrine köşegen olarak atanıyorsa 1, atanmıyorsa 0 değerini alır), (Optimum gruplandırmaya ulaşmak amacıyla geliştirdiğimiz, aynı grupta (rotada) bulunan nesnelerin (düğüm noktalarının) birbirlerine olan çapraz/köşegen uzaklıklarını da amaç ve kısıt denklemlerine entegre etmek amacıyla tanımladığımız yardımcı değişken),

$q_j$**:** j. nesnenin kapasite talebi miktarı (j. düğüm noktasının talep miktarı),

$q_j = 1$ (Kurgu gereği, nesnelerin her biri gruplarda 1 birim kapasite yer kaplayacağı için),

**M** = {1,2,…,m} grup (araç) kümemiz olmak üzere (m adet grubumuzu barındıran küme),

**N** = {1,2,…,n} nesne (düğüm) kümemiz olmak üzere (n adet nesnemizi barındıran küme),

Yukarıda verilen tanımlar doğrultusunda, kümeleme amaçlı modifiye edilmiş araç rotalama problemi modelimi aşağıdaki gibidir:

Z toplam maliyeti göstermek üzere, amaç fonksiyonumuz;

$$Min(Z) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} c_{ij}.x_{ijk} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} c_{ij}.y_{ijk} \qquad (4.11)$$

Kısıt denklemlerimiz;

$$\sum_{k=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ijk} = 1 \qquad (\forall j \in N) \qquad (4.12)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ipk} - \sum_{j=1}^{n} x_{pjk} = 0 \qquad (\forall p \in N) \wedge (\forall k \in M) \qquad (4.13)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} q_j.x_{ijk} = Q \qquad (\forall k \in M) \qquad (4.14)$$

$$\sum_{j=1}^{n} (y_{ijk} + y_{jik}) - (Q-3).\sum_{j=1}^{n} x_{ijk} = 0 \qquad (\forall i \in N) \wedge (\forall k \in M) \qquad (4.15)$$

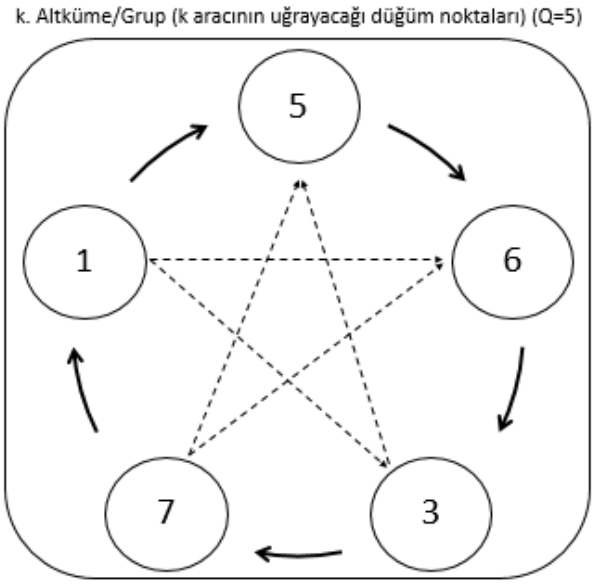
$$x_{ijk} + x_{jik} + y_{ijf} + y_{jif} \leq 1 \qquad (\forall i \in N) \wedge (\forall j \in N) \wedge (\forall k \in M) \wedge (\forall f \in M) \qquad (4.16)$$

$$q_j = 1 \qquad (\forall j \in N) \qquad (4.17)$$

$$c_{ii} = \infty \qquad (\forall i \in N) \qquad (4.18)$$

Amaç fonksiyonumuz (4.11) klasik araç rotalama modelinde maliyeti yani atama gerçekleşen düğüm noktaları arasındaki toplam mesafeyi minimize etmeye çalışır. $x_{ijk}$ rota üzerinde bulunan i noktasından yine rota üzerinde bulunan j noktasına k aracıyla gidiliyorsa "1" gidilmiyorsa "0" değerini alır. Bu değer $c_{ij}$ yani i düğüm noktası ile j düğüm noktası arasındaki mesafe ile çarpıldığında minimize edilmesi gereken maliyet ortaya çıkar. Klasik araç rotalama modelinden farklı olarak modele ve amaç fonksiyonuna da entegre ettiğimiz $y_{ijk}$ değişkeni ise kapalı uçlu rota (döngü) oluşturan atama gerçekleşmiş düğüm noktalarının birbirine olan köşegen atamalarını temsil eder ve $c_{ij}$ ile çarpıldığında köşegen maliyetleri oluşturur. Dolayısıyla kümeleme mantığını optimum bir şekilde devreye sokabilmek adına, köşegen maliyetler de rota maliyetleri ile birlikte

minimize edilir. $x_{ijk}$ ve $y_{ijk}$ atamalarının daha iyi açıklanması adına aşağıdaki şekli ve altındaki açıklamaları inceleyelim.




Şekil 4. 7 Q=5 olması durumunda modelimizin çıktı yapısı

Üstteki şekilde her aracın 5 adet düğüm noktasına uğradığı yani her altkümeye 5 gözlemin atandığı bir temsili örnek verilmiştir. Düz ve kalın çizgi ile gösterilen atamalar $x_{ijk}$'yı yani klasik araç rotalama modelindeki rota atamalarını, kesikli ve ince çizgilerle gösterilen atamalar ise $y_{ijk}$'yı yani modifiye ettiğimiz araç rotalama modelindeki kümeleme mantığını optimum olarak devreye sokan köşegen atamalarını temsil etmektedir. Örnek vermek gerekirse Şekil 4.8'i inceleyelim.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $x_{15k} = 1$ | $x_{18k} = 0$ | $y_{16k} = 1$ | $y_{29k} = 0$ |
| $x_{56k} = 1$ | $x_{29k} = 0$ | $y_{13k} = 1$ | $y_{46k} = 0$ |
| $x_{63k} = 1$ | $x_{16k} = 0$ | $y_{75k} = 1$ | $y_{15k} = 0$ |
| $x_{37k} = 1$ | $x_{13k} = 0$ | $y_{76k} = 1$ | $y_{56k} = 0$ |
| $x_{71k} = 1$ | $x_{37k} = 0$ | $y_{35k} = 1$ | $y_{63k} = 0$ |

Şekil 4. 8 Kümeleme amaçlı yardımcı değişkenlerimizin aldığı değerler için örnek

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi, klasik rota üzerinde atama alan $x_{ijk}$ değerleri 1 almayanlar 0 ayrıca kapalı uçlu rotanın köşegenleri doğrultusunda ve yönlü olarak atama alan $y_{ijk}$ değerleri 1, almayanlar 0 değerini alır.

Amaç fonksiyonu üzerinde $x_{ijk}$ ve $y_{ijk}$ değişkenlerini aynı toplam sembolü içerisinde göstermememizin sebebi ise, modelin klasik olan ve modifiye edilmiş olan kısımlarını daha net bir biçimde sergilemektir.

Modelimize girdi sağlayan uzaklık fonksiyonlarından bazıları benzerlik/yakınlık, bazıları ise farklılık/uzaklık verileri ürettiği için, bu iki farklı durum, geliştirdiğimiz modelin amaç denkleminin minimizasyon olarak korunarak veya maksimizasyon olarak değiştirilerek uzaklık fonksiyonları çıktıları ile uyumlu olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Bu iki farklı durum için modelimiz ile farklı uzaklık fonksiyonları çıktıları ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar birbiri ile uyumlu bulunmuştur. Farklı uzaklık fonksiyonları çıktılarının, geliştirdiğimiz model ile amaç fonksiyonun yönünün (maksimizasyon/minimizasyon) değiştirilerek çözülmesi testi ve farklı uzaklık fonksiyonlarının modelimize etkisi, çalışmamızın 4.4 başlığı altında detaylı olarak açıklanmıştır.

(4.12) kısıt denklemimiz tüm araçlar (altkümeler/gruplar) için, bir düğüm noktasına (gözleme), tüm düğüm noktalarından (gözlemlerden) sadece 1 atama gerçekleşmesini sağlar. Klasik araç rotalama modelindeki benzer kısıttan tek farkı depo/başlangıç noktası mantığının devre dışı bırakılmış olmasıdır.

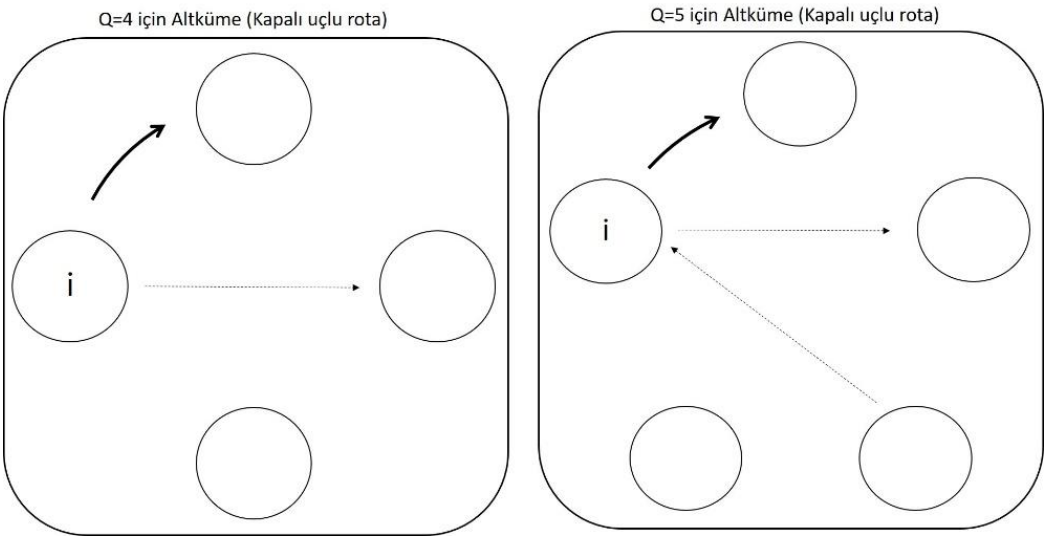
(4.13) kısıt denklemimiz ise her düğüm noktası ve araç için o düğüm noktasına giriş varsa çıkış da olmasını aynı araçla sağlar. Benzer şekilde her düğüm noktası ve araç için o düğüm noktasına giriş yoksa çıkış da olmamasını sağlar. Literatürde bulunan klasik araç rotalama problemi modellerindeki, her düğüm noktasından tek bir çıkış olmasını sağlayan kısıtla aynı görevi görmektedir. Fakat modelimizin bu kısıtı, klasik araç rotalama probleminde aynı görevi gören kısıttan farklı olarak, $i \neq j$ kısıtı ile entegre çalışır bir hale getirilebilirse, oluşabilecek 2 elemanlı altturları önleyecektir. (Geliştirdiğimiz alternatif kümeleme analizi yönteminde, 2 elemanlı altturlar engellendiği takdirde, tüm altturlar engellenmiş olmaktadır. Hatta 2 elemanlı altturlar bile engellenmese de modelimiz gerçeğe çok yakın sezgisel çözümler üretecektir. Yaptığımız testlerde, 2 elemanlı altturların oluşması durumunda, yani modelimizi alttur engelleme kısıtı olmadan kullandığımız testlerde, Model (Z) değerinin yanlış hesaplandığı ama atamaların doğru olduğu sonuçlar baskın durumdaydı.) Bu duruma detaylı olarak birazdan değineceğiz. Literatürde bulunan alttur önleme kısıtları, tam sayılı doğrusal programlama kullanan

bazı yazılımlara uyarlanamamaktadır. Ayrıca şuan bahsettiğimiz (4.13) kısıt denklemimizin, $i \neq j$ kısıtı ile birlikte, 2 elemanlı altturları engelleyebileceği teorik olarak mümkün gözükmektedir. $i \neq j$ kısıtı da tam sayılı doğrusal programlama kullanan bazı yazılımlara uyarlanamadığı için, geliştirdiğimiz alternatif kümeleme analizi yönteminin, tam sayılı doğrusal programlama kullanan yazılımlara uyarlanabilirliğini kolaylaştırmak açısından, alttur engellemek için geliştirdiğimiz diğer kısıtı da birazdan açıklayacağız. (Geliştirdiğimiz (4.13) kısıt denklemi tek başına teorik olarak yöntemimiz ile altturları engelleme açısından yeterlidir fakat pratikte yetersiz kalmıştır. Ayrıca kurgumuzda depo/başlangıç noktası devre dışı bırakıldığı için, literatürde bulunan altküme kurgulu alttur önleme kısıtları, teorik açıdan da kurgumuzla uyumsuz kalmıştır. Bu sebeple modelimiz ile hem teorik olarak hem tam sayılı doğrusal programlama yazılımlarıyla uyumlu çalışan alttur önleme kısıtı geliştirme ihtiyacı duyduk, bu kısıtı birazdan açıklayacağız.)

(4.14) kısıt denklemimiz ise klasik araç rotalama modelinde bulunan kapasite kısıtımızdır. Klasik araç rotalama modelinde $x_{ijk}$ değişkenleri değer aldığı zaman, atamanın gerçekleştiği düğüm noktasının talep miktarı söz konusu olduğundan, aynı araçla uğranılan düğüm noktalarının talep miktarlarının toplamının, o aracın kapasitesini geçmemesi gerekmektedir. Geliştirdiğimiz araç rotalama modelinde yani alternatif kümeleme yönteminde bulunan $y_{ijk}$ değişkenlerinin ise kapasite ile bir ilişkisi yoktur. $x_{ijk}$ değişkenleri kapalı uçlu rotanın oluşmasına yardımcı olmaktadır, $y_{ijk}$ değişkenleri ise oluşan kapalı uçlu rotadaki tüm köşegenleri tespit etmemize yardımcı olmaktadır, dolayısı ile (4.14) kısıt denklemimizde $y_{ijk}$ değişkeni yer almamaktadır, klasik araç rotalama modelinde bulunduğu haliyle kalması yeterlidir. (Ayrıca $q_j$ değişkeninin modelimiz ile olan ilişkisine birazdan değineceğiz.)

(4.15) kısıt denklemimiz ise geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modeli yani alternatif kümeleme analizi yöntemi için kritik bir yol oynamaktadır. Kümeleme mantığının devreye girmesi için kritik rol oynayan, kapalı uçlu rota içi köşegen atamaları gerçekleştirmemizi sağlayan $y_{ijk}$ değişkenlerinin değer alması gereken adetleri ile klasik araç rotalama modelinin temel mantığını kuran $x_{ijk}$ değişkenlerinin değer alması gereken adetleri arasında bağlantı kurmaktadır. Bu kısıtı geliştirirken en önemli ilham

kaynağımız, n kenarlı bir çokgenin, köşegen sayısının $\frac{n\cdot(n-3)}{2}$ olduğunu veren formülün ispatı olmuştur. Geliştirdiğimiz modelde, homejen filolu araçlarımızın kapasitesinin Q olduğu durumda, kapalı uçlu rotalarımızın her birinde Q adet düğüm noktası bulunacaktır. Yani her kapalı uçlu rotamız Q kenarlı çokgen olacaktır, dolayısıyla her bir kapalı döngümüzde Q adet köşe oluşacaktır. Q köşeli kapalı uçlu bir rotadan seçilen bir düğüm noktası için (Q-3) adet $y_{ijk}$ değişkeni ataması gerçekleşmesi gerekmektedir çünkü seçilen noktanın "kendisi ve 2 komşusu" hariç, Q adet düğüm noktasının içinde atanabileceği köşegen sayısı (Q-3)'tür. Ayrıca bir düğüm noktası için köşegen atamalarını kısıt denklemine $y_{ijk} + y_{jik}$ şeklinde yazmamızın sebebi ise, köşegen atamalarındaki yön durumunun önemsizleştirilmesi gereğinden kaynaklanmaktadır. Yani bir kapalı uçlu rotada bulunan, bir i düğüm noktası için, bu noktadan çıkan $x_{ijk}$ atamalarının (Q-3) katı, her zaman bu i noktasından çıkan ya da bu i noktasına giren $y_{jik}$ atamalarının toplamına eşittir. Hiç atamanın gerçekleşmediği durumlar için de bu şart sağlanır. Bu durumu daha iyi açıklayabilmek adına Şekil 4.9'u inceleyelim.




Şekil 4. 9 Kümeleme amaçlı geliştirdiğimiz yardımcı değişkenin yapısı

Bu durumu daha iyi açıklayabilmek adına aşağıdaki tabloyu $(\forall i \in N) \wedge (\forall k \in M)$ için inceleyelim. Çizelge 4.1'de sütün değerlerinin başlıkları, (4.15) kısıt denklemimizin formülasyonu temel alınarak yazılmıştır.

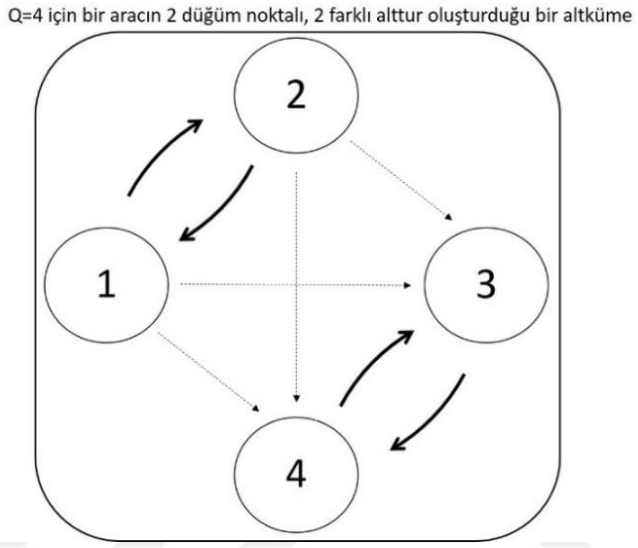
Çizelge 4. 1 Kümeleme yaklaşımı sağlayan kısıt denklemi (4.15) yapısı

| Kapalı uçlu bir rotadaki düğüm noktası sayısı (Q) | $\sum_{j=1}^{n} x_{ijk}$ | i. düğüm noktasının kendisi ve komşuları hariç atanabileceği köşegen noktalar (Q-3) | $(Q-3).\sum_{j=1}^{n} x_{ijk}$ | $\sum_{j=1}^{n}(y_{ijk}+y_{jik})$ |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| … | … | … | … | … |
| Q | 0 | Q-3 | 0 | 0 |
| Q | 1 | (Q-3) | (Q-3) | (Q-3) |

Çizelge 4.1'de gördüğümüz gibi, "$(Q-3).\sum_{j=1}^{n} x_{ijk}$" değerleri ve "$\sum_{j=1}^{n}(y_{ijk}+y_{jik})$" değerleri, kurguladığımız yani modelin gerçekleştirmesini amaçladığımız durum için aynılaşmaktadır. Bu durumu açıklamak adına, aynılaşan değerleri tabloda altını çizerek vurguladık. Değer alan ya da almayan $x_{ijk}$ ve $y_{ijk}$ değerlerini birbirleriyle senkronize bir hale getirerek, (4.15) kısıt denklemimizi oluşturmaktadır.

(4.16) kısıt denklemimiz ise geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelinin çıktılarında 2 adet düğüm noktası barındıran alttur oluşumunu engellemektedir. Her bir kapalı uçlu rotadaki (altkümedeki) düğüm noktası (gözlem) sayısının Q=3, Q=4 ya da Q=5 olduğu durumlarda, 2 adet düğüm noktası barındıran alttur oluşumları engellendiğinde,

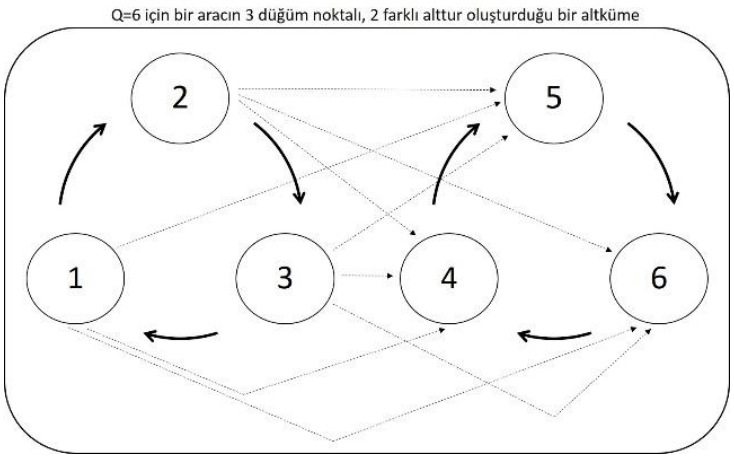
oluşabilecek tüm altturlar zaten engellenmiş olmaktadır. (Q>5 için, 2'den fazla düğüm noktası barındıran alttur oluşumu, kümeleme kurgumuz sebebiyle önemsizdir, birazdan detaylı olarak açıklayacağız.) Sadece bir adet bile 2 düğüm noktalı alttur oluşumu, belli i ve j düğüm noktalarının $x_{ijk}$ değişkeniyle, farklı yönlü de olsa 2 kez aynı doğrultuda birbirine atandığı bir durum oluşturacağı için, kümeleme mantığını bozmaktadır, model Z değerinin yanlış hesaplanmasına sebep olmaktadır. 2 düğüm noktalı alttur barındıran Şekil 4.10'u inceleyelim.




Şekil 4. 10 Geliştirdiğimiz modelin 2 düğüm noktalı alttur oluşturması durumu

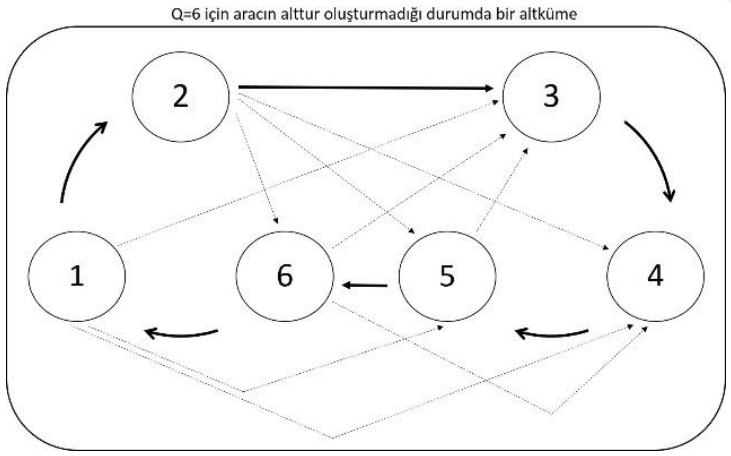
Modelimiz bahsettiğimiz (4.16) kısıt denklemi olmadan çalıştırıldığında, 2 adet düğüm noktası barındıran bir adet alttur oluştuğu anda, sezgisel çözüm üretmektedir, model Z değerini yanlış hesaplamaktadır. Çünkü kümeleme kurgusu gereği, belli i ve j değerleri farklı yönde de olsa, aynı doğrultuda, 2 kez birbirlerine atanmamalıdır.

Bahsettiğimiz (4.16) kısıt denklemini geliştirirken, ilk önce, her bir kapalı uçlu rotadaki (altkümedeki) düğüm noktası (gözlem) sayısının 6'ya eşit ya da 6'dan fazla olduğu durumlarda (Q>5) oluşabilecek 3 ya da daha fazla düğüm noktalı altturları engellemek için ayrı bir kısıt yazmamız gerektiğini düşündük. Fakat gözlemlerimiz sonucunda, $x_{ijk}$ değişkenlerinin oluşturacağı rotalarda altturlar oluşsa bile, $y_{ijk}$ değişkenlerinin altturları yani aynı araca atanmış farklı kapalı uçlu rotaları birbirine bağlayacağını ve aynı zamanda yakınlaştıracağını fark ettik. Durumu daha iyi izah edebilmek adına Şekil 4.11'i inceleyelim.




Şekil 4. 11 Geliştirilen modelde Q'nun farklı değerleri için alttur oluşumu

Şekil 4.11'de Q=6 için yani her bir aracın 6 düğüm noktasına uğradığı (her bir altkümede 6 adet gözlemin oluştuğu) bir durum örneklendirilmektedir. Aynı araç 6 farklı düğüm noktasına uğramasına rağmen, kapalı uçlu 2 farklı döngü yani 3 düğüm noktalı 2 adet alttur oluşturmaktadır. Fakat $y_{ijk}$ atamaları sayesinde, 6 adet düğüm noktası birbirine en yakın düğüm noktalarından (en benzer gözlemlerden) seçilmektedir, altturun oluşmadığı aynı duruma göre amaç fonksiyonu Z değeri değişmemektedir. Aynı durumu, altturların oluşmadığı haliyle aşağıdaki şekilde inceleyelim.




Şekil 4. 12 Geliştirilen modelde Q'nun farklı değerleri için alttur oluşmama durumu

Şekil 4.12'de de aynı düğüm noktaları, aynı adette, $x_{ijk}$ ile veya $y_{ijk}$ yardımı ile birbirlerine atandığı için model Z değeri değişmemektedir ve dolayısıyla kümeleme işlemi atamaları optimum olarak tamamlanmaktadır. Toparlamak gerekirse sadece 2 adet düğüm noktası barındıran altturları önleyen bu kısıtımız, modelimizin kesin çözüm üreterek kümeleme işlemini gerçekleştirmesi için yeterlidir.

Ayrıca gözlemlerin (öğrencilerin), 2 gözlemli altkümelere (2 kişilik odalara) atanması gerektiği durumu (Q=2 için) inceleyelim. Bu durum sadece uzaklık fonksiyonu tablosunu kullanarak farklı istatistiksel yöntemlerle kolayca çözülebilecek olsa da, geliştirdiğimiz modeli kullanarak çözebilmemiz için, (4.16) denklemimizin modelden çıkarılması ve (4.13) denklemi yerine aynı görevi gören klasik araç rotalama modelindeki kısıtın modele yerleştirilmesi gerekmektedir.

(4.17) kısıt denklemimiz ise direk olarak (4.14) kısıt denklemimiz ile ilişkilidir. Modelimizin kurgusu gereği, gözlemler kümeleneceği için, her bir gözlemin oluşacak olan altkümeden, 1 birim kapasite talep etmesi gerekmektedir. Bu kısımda $q_j$ değişkeni tanımlayıp sonra da $q_j = 1$ olarak atamak yerine, hiç $q_j$ değişkeni tanımlamadan da bu modeli tamamlayabilirdik fakat bunu yaparak modelin araç rotalama modeline benzerliğine, bileşenlerin paralelliğine dikkat çekmek istedik.

(4.18) kısıt denklemimiz ise modelimizin, düğüm noktalarının kendi kendilerine atanmalarını önleyen kısıtıdır. Literatürdeki bazı klasik araç rotalama modeli kısıtlarında rastlansa da bazılarında bu kısıt yerine $i \neq j$ kısıtı diğer kısıtlara entegre edilerek, bu kısıtla aynı görevi görür hale getirilmiştir. Daha önce de bahsettiğimiz gibi $i \neq j$ kısıtı, modelin tam sayılı doğrusal programlama kullanan yazılım yardımıyla çözülecek olması durumunda, bazı yazılımlara uyarlanamamaktadır yani teoride olmasa da pratikte sorun çıkarabilmektedir. Ayrıca modelimize girdi sağlayan uzaklık fonksiyonlarından bazıları benzerlik/yakınlık, bazıları ise farklılık/uzaklık verileri ürettiği için, bu iki farklı durum, geliştirdiğimiz modelin amaç denkleminin minimizasyon olarak korunarak veya maksimizasyon olarak değiştirilerek uzaklık fonksiyonları çıktıları ile uyumlu olacak şekilde ayarlanması gereğinden bahsetmiştik. Bu duruma paralel olarak eğer modelimiz uzaklık/farklılık verisi üreten uzaklık fonksiyonları çıktıları ile beraber kullanılacaksa (amaç fonksiyonumuzun minimizasyon olduğu durumda) $c_{ii} = \infty$ olarak alınmalı (uzaklıklar matrisinde $c_{ii} = 0$ olan değerler $c_{ii} = \infty$ olarak değiştirilmeli), diğer yandan eğer modelimiz yakınlık/benzerlik verisi üreten uzaklık fonksiyonları çıktıları ile beraber kullanılacaksa (amaç fonksiyonumuzun maksimizasyon olduğu durumda) $c_{ii} = 0$ olarak alınmalıdır (uzaklıklar matrisinde $c_{ii} = 1$ olan değerler $c_{ii} = 0$ olarak değiştirilmelidir).

Geliştirdiğimiz model değişen oda kapasiteleri yani homojen filolu bir durumda değişen araç kapasitelerine göre dinamik yapıdadır, bu duruma önceki kısımlarda dolaylı olarak

değindik. Fakat bu durumla ilgili akla gelebilecek bir soru da nesne sayısının (n'in), oda kapasitesi değerine (Q'ya) tam bölünmediği durumda ne yapılması gerektiğidir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında yapılması gereken kukla değişken yaklaşımını kullanmaktır. Gözlem sayısını (n'i), oda kapasitesinin (Q'nun) bir tam katı haline getirecek adette, 0'lardan oluşan suni gözlemler veri matrisine eklenmelidir. 6 adet gözlemin, 4'er kişilik 2 odaya atanacağı durumda, aşağıdaki temsili veri matrisini inceleyelim.

Çizelge 4. 2 Suni değişken ekleme durumu için temsili veri matrisi

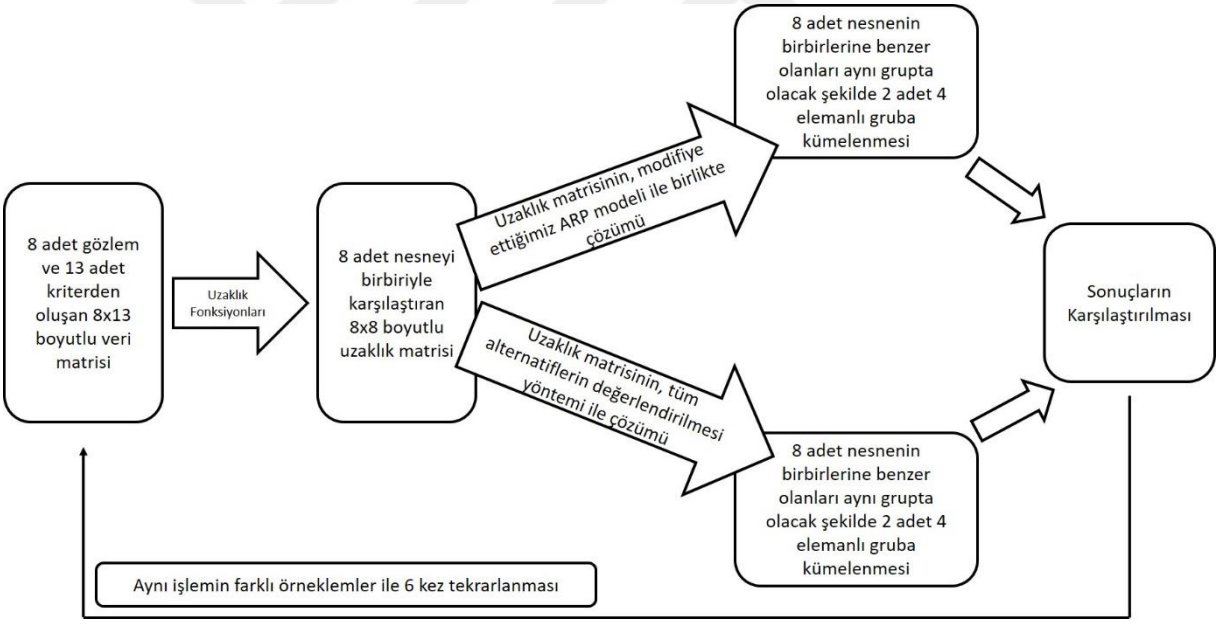
| # | Kr1 | Kr2 | Kr3 | Kr4 | Kr5 | Kr6 | Kr7 | Kr8 | Kr9 | Kr10 | Kr11 | Kr12 | Kr13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö1** | 19 | 470 | 2 | 1 | 3 | 750 | 0 | 2 | 0 | 0 | -2 | 2 | 0 |
| **Ö2** | 21 | 468 | 4 | 1 | 2,71 | 900 | -4 | 0 | 8 | -10 | 7 | 3 | 0 |
| **Ö3** | 18 | 230 | 1 | 1 | 3 | 400 | -2 | -4 | 3 | -2 | 3 | -1 | 2 |
| **Ö4** | 19 | 466 | 2 | 1 | 1,8 | 500 | -1 | 1 | 2 | -2 | 0 | -2 | 2 |
| **Ö5** | 20 | 300 | 3 | 2 | 3,2 | 360 | 0 | -2 | 5 | -4 | 4 | 2 | 2 |
| **Ö6** | 18 | 215 | 1 | 1 | 3 | 400 | -1 | -4 | 7 | -7 | 1 | 0 | 1 |
| **SN1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **SN2** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Çizelge 4.2'de de görüldüğü gibi, n'in Q'ya tam bölünmemesi durumunda, eklenmesi gereken suni nesneler sarı renkteki satırlarda (son 2 satır) gösterilmiştir.

Geliştirdiğimiz kümeleme amaçlı modifiye edilmiş araç rotalama problemi modelinin, tüm değişkenlerini, amaç ve kısıt denklemlerini, karşılaşabileceğimiz bazı özel durumları detaylı olarak açıklamış bulunmaktayız. Modelimizin geliştirilmesi sırasında modelimiz birçok kez test edilmiştir, çıktılardan geri bildirim alınarak model tekrar tasarlanmış, hatalar düzeltilmiş ve eksiklikleri giderilmiştir. Modelimizin tasarımını tamamladıktan sonra modelimizin test edilmesi için gerçekleştirdiğimiz yöntemi ve ulaştığımız sonuçları açıklayalım.

## 4.3 Geliştirilen Modelin Test Edilmesi

İlk olarak geliştirdiğimiz yöntemde yani n adet gözlemi uzaklık fonksiyonlarına sokarak elde ettiğimiz nxn boyutlu uzaklık matrisini, araç rotalama modeline n adet düğüm noktasının birbirine olan uzaklığıymış gibi entegre ederek ve depo noktasını devre dışı bırakarak model ile birlikte çözdüğümüzde, optimum kümelemeye ulaştığımızı düşündük fakat yaptığımız tüm alternatiflerin değerlendirilmesi testlerinin bazılarında optimum sonuçlara ulaşmış olsak da bazılarında farklı sonuçlar oluştuğunu gördük. Bu sebeple modelde farklı modifiyeler daha yaparak kesin çözüm yolu sunan yani altkümelerinin sayısını kendimizin belirleyebileceği bir kümeleme analizi yöntemini, araç rotalama modelini modifiye ederek elde etmiş olduk. Geliştirdiğimiz bu yöntem 120 gözlemden rassal olarak seçilen 8 gözlemden oluşan 6 farklı örneklem ile 6 kere test edilmiştir. Modelimizi test ederken izlediğimiz yolu daha iyi açıklayabilmek adına Şekil 4.13'ü inceleyelim.




Şekil 4. 13 Geliştirdiğimiz modelin testi için iş akışı şeması

Test için tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi Excel yazılımı yardımı ile yapılmış ve geliştirdiğimiz modelin GAMS yazılımı yardımı ile çözülmesi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. 8 çok boyutlu gözlem uzaklık fonksiyonları yardımıyla 8x8 uzaklık matrisine dönüştürülmüştür. Araç kapasiteleri yani oluşacak olan altkümelerin eleman sayıları 4 olarak belirlenmiş ayrıca 2 tane altküme yani 2 adet araç tanımlanmıştır. 8 adet düğüm noktasının 2 araca, her araca 4 düğüm noktası atanacak şekilde dağılımında

oluşabilecek $\frac{\binom{8}{4}\cdot\binom{4}{4}}{2!} = 35$ farklı durum söz konusudur. Bu test farklı örneklemler ile 6 kez tekrarlandığında ise $\left[\frac{\binom{8}{4}\cdot\binom{4}{4}}{2!}\right]^6 = 35^6 = 1.838.265.625$ adet farklı dağılım yani farklı durum söz konusudur. Yaptığımız testte, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi ile alınan optimum sonuçlar ile modifiye ettiğimiz modelden aldığımız sonuçlar, $\left[\frac{\binom{8}{4}\cdot\binom{4}{4}}{2!}\right]^6 = 35^6 = 1.838.265.625$ adet farklı durum arasından birebir olarak uyuşmaktadır.

### 4.3.1 Örneklem Boyutunun Belirlenmesi

Örneklemlerimizde 8 adet gözlem seçmemizin sebebi ise, gözlem sayısını arttırdığımızda, değerlendirmemiz gereken tüm alternatiflerin sayısının üssel olarak yani çok fazla artmasıdır. Örnek vermek gerekirse;

12 boyutlu gözlemde (Her araç 4 düğüm noktasına uğrayacak şekilde 3 araç ile) oluşabilecek farklı durumların sayısı: $\frac{\binom{12}{4}\binom{8}{4}\binom{4}{4}}{3!} = 5.775$

16 boyutlu gözlemde (Her araç 4 düğüm noktasına uğrayacak şekilde 4 araç ile) oluşabilecek farklı durumların sayısı: $\frac{\binom{16}{4}\binom{12}{4}\binom{8}{4}\binom{4}{4}}{4!} = 2.627.625$

20 boyutlu gözlemde (Her araç 4 düğüm noktasına uğrayacak şekilde 5 araç ile) oluşabilecek farklı durumların sayısı: $\frac{\binom{20}{4}\binom{16}{4}\binom{12}{4}\binom{8}{4}\binom{4}{4}}{5!} = 2.546.168.625$

24 boyutlu gözlemde (Her araç 4 düğüm noktasına uğrayacak şekilde 6 araç ile) oluşabilecek farklı durumların sayısı: $\frac{\binom{24}{4}\binom{20}{4}\binom{16}{4}\binom{12}{4}\binom{8}{4}\binom{4}{4}}{6!} = 4.509.264.634.875$

Ayrıca yukarıdaki işlemlerde, kombinasyon hesaplarını, araç sayısının faktöriyeline bölmemizin sebebi ise farklı araçların aynı atamaları aldığı durumları saymayı devre dışı bırakmaktır. Bu hesap mümkün tüm durum sayısını azaltsa da, sade matematiksel yöntemler ile tüm durumları değerlendirerek optimum sonuca ulaşmaya çalışırken ister istemez bu durumları da hesaplamak zorunda kalmaktayız. Yani 8 gözlemli örneklemi, 12 gözlemli örnekleme çıkardığımızda, değerlendirmemiz gereken $\binom{8}{4} = 70$ durum yerine $\binom{12}{4}\binom{8}{4} = 34.650$ durum oluşmaktadır ve değerlendirmemiz gereken durum

sayısı 495 katına çıkmaktadır. Bu sebeple model testimizi yaparken örneklem boyutumuzu n=8 olarak seçtik fakat testimizi farklı örneklemler ile testimizi 6 kez tekrarladık.

Çizelge 4. 3 Örneklem boyutu ile değerlendirilmesi gereken durum sayısı ilişkisi

| Örneklem Boyutu (n) | Değerlendirilecek Tüm Durumların Sayısı |
|---|---|
| 8 | 35 |
| 12 | 5.775 |
| 16 | 2.627.625 |
| 20 | 2.546.168.625 |
| 24 | 4.509.264.634.875 |

Çizelge 4.3'te de görüldüğü gibi, örneklemimizdeki gözlem sayısını arttırdığımızda, değerlendirmemiz gereken tüm durumların sayısı üssel olarak ve çok fazla artmaktadır. Modelimizi test etmek amacıyla, kesin çözümler ile modelimizin verdiği sonuçları karşılaştırmamız gerekmektedir. Tüm alternatifleri değerlendirirken, sade matematiksel işlemler ile optimum dağılımları bulabileceğimiz için örneklem boyutumuzu 8 adet olarak seçtik.

Gerçekleştirdiğimiz testler çok durumlu ve çok aşamalı olduğu için, bu kısımda 1 tane testimizin tüm aşamaları ve tüm (6 adet) testlerimizin sadece sonuçları bulunmaktadır.

### 4.3.2 Veri Matrisinin Oluşturulması

2 farklı öğrenci yurdunda kalan toplam 120 öğrenciden alınan 13 kriterli verilerden, 8 öğrenciden oluşan örneklem (Ö12, Ö28, Ö59, Ö81, Ö85, Ö87, Ö93, Ö104) rassal olarak seçilmiştir ve Çizelge 4.4'teki gibidir (6 adet testimiz için oluşturduğumuz 6 farklı veri matrisinden sadece bir tanesidir).

Çizelge 4. 4 Veri Matrisi - Örneklem(2)

| # | Kr1 | Kr2 | Kr3 | Kr4 | Kr5 | Kr6 | Kr7 | Kr8 | Kr9 | Kr10 | Kr11 | Kr12 | Kr13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö12** | 20 | 469 | 2 | 1 | 3 | 1200 | 0 | 2 | 0 | 0 | -2 | 2 | 0 |
| **Ö28** | 21 | 468 | 4 | 1 | 2,71 | 900 | -4 | 0 | 8 | -10 | 7 | 3 | 0 |
| **Ö59** | 18 | 230 | 1 | 1 | 3 | 400 | -2 | -4 | 3 | -2 | 3 | -1 | 2 |
| **Ö81** | 19 | 466 | 1 | 1 | 3 | 500 | -1 | 1 | 2 | -2 | 0 | -2 | 2 |
| **Ö85** | 20 | 300 | 1 | 2 | 3 | 360 | 0 | -2 | 5 | -4 | 4 | 2 | 2 |
| **Ö87** | 18 | 215 | 1 | 1 | 3 | 400 | -1 | -4 | 7 | -7 | 1 | 0 | 1 |
| **Ö93** | 19 | 357 | 2 | 1 | 2,65 | 500 | 0 | -1 | 0 | -3 | 5 | 2 | 1 |
| **Ö104** | 22 | 288 | 3 | 1 | 2,35 | 300 | -1 | -7 | 7 | -5 | 5 | 3 | 0 |

Çizelge 4.4'te bulunan örneklemimiz, çalışmamızda kullandığımız farklı örneklemlerin birbiri ile karışmaması amacıyla Örneklem(2) olarak adlandırılmıştır.

### 4.3.3 Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Yukarıdaki tabloda bulunan verilere uzaklık fonksiyonları uygulanarak, gözlemlerin birbirleriyle karşılaştırıldığı uzaklık matrisi oluşturulacaktır. Modelimizin test edilmesi aşamasında, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi ile çözüm ve geliştirdiğimiz model ile çözüm yöntemlerinde, aynı uzaklık matrislerinin kullanılması şartıyla, uzaklık matrisindeki verilerin hangi uzaklık fonksiyonu ile türetildiğinin bir önemi yoktur. Çünkü iki yönteme de aynı veri girişleri sağlandığı sürece, modelin testi sorunsuz olarak gerçekleşecektir. Bu kısımda veri matrislerini, uzaklık matrislerine dönüştürürken, Öklid Uzaklık Fonksiyonu kullanmayı tercih ettik.

Örneklem(2) verilerimizin normalize edilerek, Öklid Uzaklık Fonksiyonun uygulanması sonucunda Çizelge 4.5'teki uzaklık matrisini elde ettik.

Çizelge 4. 5 Öklid Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(2) için uzaklık matrisi

| $c_{ij}$ | Ö12 | Ö28 | Ö59 | Ö81 | Ö85 | Ö87 | Ö93 | Ö104 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö12** | 0,00 | 6,37 | 5,63 | 4,16 | 5,74 | 5,69 | 4,14 | 6,59 |
| **Ö28** | 6,37 | 0,00 | 6,65 | 6,64 | 6,48 | 6,04 | 5,45 | 4,82 |
| **Ö59** | 5,63 | 6,65 | 0,00 | 3,19 | 4,06 | 2,55 | 3,62 | 5,68 |
| **Ö81** | 4,16 | 6,64 | 3,19 | 0,00 | 4,49 | 4,02 | 3,71 | 6,54 |
| **Ö85** | 5,74 | 6,48 | 4,06 | 4,49 | 0,00 | 4,03 | 3,97 | 5,40 |
| **Ö87** | 5,69 | 6,04 | 2,55 | 4,02 | 4,03 | 0,00 | 4,00 | 5,07 |
| **Ö93** | 4,14 | 5,45 | 3,62 | 3,71 | 3,97 | 4,00 | 0,00 | 4,34 |
| **Ö104** | 6,59 | 4,82 | 5,68 | 6,54 | 5,40 | 5,07 | 4,34 | 0,00 |

Çizelge 4.5'te bulunan uzaklık matrisini, sırasıyla tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yönteminde ve geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelinde kullanarak kümeleme işlemini gerçekleştireceğiz ve sonuçları karşılaştıracağız. Aynı işlemi 6 kez tekrarlayacağız.

### 4.3.4 Tüm Alternatiflerin Değerlendirilmesi Yöntemi İle Kümeleme İşlemi

Bu kısımda, modelimizin verdiği çözümleri, aynı veri yığınını kullanılarak fakat kesin çözüm üreten farklı bir yöntemle ulaştığımız çözümleri karşılaştırmak amacıyla, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemini seçtik. Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde izleyeceğimiz yol, 8 gözlemden oluşan, 8x8 boyutlu uzaklık matrisini sırasıyla modelimiz ve tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemleriyle çözerek sonuçlarını karşılaştıracağız. 8 düğüm noktası, her biri 4 düğüm noktasına uğrayacak şekilde 2 farklı araca optimum olarak atanacaktır yani 8 öğrencimiz, her bir odada 4 kişi olacak şekilde 2 farklı odaya, birbirlerine en benzer kişilik envanterlerine sahip olanlar aynı odalara atanacaktır. Bu işlem 6 farklı örneklem ile 6 kez tekrarlanacaktır.

Tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yönteminde mümkün tüm kombinasyonlar Excel yazılımı yardımı ile tablolanır, $\binom{8}{4} = 70$ farklı durum için toplam maliyetler hesaplanır,

bu hesapların içinden optimum sonucu oluşturan atamaların olduğu durum seçilir. Aynı örneklem modelimiz ile çözüldüğünde elde edilen atamalar ile seçtiğimiz durumdaki atamaların aynı olması beklenir. Örneklem boyutunun 8 olarak seçilmesinin sebebini ise 4.3.1 başlığımızda detaylı olarak anlattık. 6 farklı örneklem ile 6 kez tekrarlayacağımız testimiz için, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yönteminde 6 kez kullanacağımız, atama değerlerini yerleştireceğimiz, mümkün tüm kombinasyonları barındıran Çizelge 4.6'yı inceleyelim.

Örnek vererek açıklamak gerekirse, yukarıdaki tabloda, 1. oda başlığının altına yazılmış olan 1234 değeri, 1, 2, 3, 4 numaralı öğrencilerin (düğüm noktalarının) 1. odaya atanma ihtimalini ve bu durumda gerçekleşecek olan oda içi atamaları (1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4) inceler. Kümeleme mantığını devreye sokmak amacıyla geliştirdiğimiz modelde, $x_{ijk}$ değişkenlerine ek olarak devreye giren $y_{ijk}$ değişkenleri sayesinde, Q öğrencili bir odanın içerisinde $\binom{\mathrm{Q}}{2}$ adet atama gerçekleşir, yani 4 kişilik bir oda için oda içerisinde $\binom{4}{2} = 6$ adet atama gerçekleşir. Bu $\binom{\mathrm{Q}}{2}$ adet atamanın Q tanesi $x_{ijk}$ değişkenleri tarafından, $\frac{\mathrm{Q}.(\mathrm{Q}-3)}{2}$ tanesi ise $y_{ijk}$ değişkenleri tarafından gerçekleştirilir yani 6 adet atamanın 4 tanesi $x_{ijk}$ değişkenleri tarafından, 2 tanesi ise $y_{ijk}$ değişkenleri tarafından gerçekleştirilir.

Çizelge 4.6'daki tablomuzda gerekli yerlere, uzaklık matrisimizdeki değerleri yerleştirdiğimizde Çizgelge 4.7 elde edilir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, 8 gözlemden oluşan örneklemimiz için $\binom{8}{4} = 70$ adet mümkün durum incelendiğinde, 15. ve 56. alternatif olarak adlandırılmış satırlar, en düşük toplam uzaklık (Z) değerlerine sahip olan atamaları barındırmaktadırlar. Bu iki adet optimum sonuç incelendiğinde, aynı atamaların farklı odalara gerçekleşmiş olduğu simetrik durumlar olduğunu görmekteyiz ve örneklemimizin tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile kümelenmesi işlemini tamamlamaktayız.

Çizelge 4. 6 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde mümkün kombinasyonlar

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | 1. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | | 2. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Alternatif | 1234 | 5678 | 12 | 13 | 14 | 23 | 24 | 34 | 56 | 57 | 58 | 67 | 68 | 78 |
| 2. Alternatif | 1235 | 4678 | 12 | 13 | 15 | 23 | 25 | 35 | 46 | 47 | 48 | 67 | 68 | 78 |
| 3. Alternatif | 1236 | 4578 | 12 | 13 | 16 | 23 | 26 | 36 | 45 | 47 | 48 | 57 | 58 | 78 |
| 4. Alternatif | 1237 | 4568 | 12 | 13 | 17 | 23 | 27 | 37 | 45 | 46 | 48 | 56 | 58 | 68 |
| 5. Alternatif | 1238 | 4567 | 12 | 13 | 18 | 23 | 28 | 38 | 45 | 46 | 47 | 56 | 57 | 67 |
| 6. Alternatif | 1245 | 3678 | 12 | 14 | 15 | 24 | 25 | 45 | 36 | 37 | 38 | 67 | 68 | 78 |
| 7. Alternatif | 1246 | 3578 | 12 | 14 | 16 | 24 | 26 | 46 | 35 | 37 | 38 | 57 | 58 | 78 |
| 8. Alternatif | 1247 | 3568 | 12 | 14 | 17 | 24 | 27 | 47 | 35 | 36 | 38 | 56 | 58 | 68 |
| 9. Alternatif | 1248 | 3567 | 12 | 14 | 18 | 24 | 28 | 48 | 35 | 36 | 37 | 56 | 57 | 67 |
| 10. Alternatif | 1256 | 3478 | 12 | 15 | 16 | 25 | 26 | 56 | 34 | 37 | 38 | 47 | 48 | 78 |
| 11. Alternatif | 1257 | 3468 | 12 | 15 | 17 | 25 | 27 | 57 | 34 | 36 | 38 | 46 | 48 | 68 |
| 12. Alternatif | 1258 | 3467 | 12 | 15 | 18 | 25 | 28 | 58 | 34 | 36 | 37 | 46 | 47 | 67 |
| 13. Alternatif | 1267 | 3458 | 12 | 16 | 17 | 26 | 27 | 67 | 34 | 35 | 38 | 45 | 48 | 58 |
| 14. Alternatif | 1268 | 3457 | 12 | 16 | 18 | 26 | 28 | 68 | 34 | 35 | 37 | 45 | 47 | 57 |
| 15. Alternatif | 1278 | 3456 | 12 | 17 | 18 | 27 | 28 | 78 | 34 | 35 | 36 | 45 | 46 | 56 |
| 16. Alternatif | 1345 | 2678 | 13 | 14 | 15 | 34 | 35 | 45 | 26 | 27 | 28 | 67 | 68 | 78 |
| 17. Alternatif | 1346 | 2578 | 13 | 14 | 16 | 34 | 36 | 46 | 25 | 27 | 28 | 57 | 58 | 78 |
| 18. Alternatif | 1347 | 2568 | 13 | 14 | 17 | 34 | 37 | 47 | 25 | 26 | 28 | 56 | 58 | 68 |

Çizelge 4. 6 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde mümkün kombinasyonlar (devam)

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | 1. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | | 2. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19. Alternatif | 1348 | 2567 | 13 | 14 | 18 | 34 | 38 | 48 | 25 | 26 | 27 | 56 | 57 | 67 |
| 20. Alternatif | 1356 | 2478 | 13 | 15 | 16 | 35 | 36 | 56 | 24 | 27 | 28 | 47 | 48 | 78 |
| 21. Alternatif | 1357 | 2468 | 13 | 15 | 17 | 35 | 37 | 57 | 24 | 26 | 28 | 46 | 48 | 68 |
| 22. Alternatif | 1358 | 2467 | 13 | 15 | 18 | 35 | 38 | 58 | 24 | 26 | 27 | 46 | 47 | 67 |
| 23. Alternatif | 1367 | 2458 | 13 | 16 | 17 | 36 | 37 | 67 | 24 | 25 | 28 | 45 | 48 | 58 |
| 24. Alternatif | 1368 | 2457 | 13 | 16 | 18 | 36 | 38 | 68 | 24 | 25 | 27 | 45 | 47 | 57 |
| 25. Alternatif | 1378 | 2456 | 13 | 17 | 18 | 37 | 38 | 78 | 24 | 25 | 26 | 45 | 46 | 56 |
| 26. Alternatif | 1456 | 2378 | 14 | 15 | 16 | 45 | 46 | 56 | 23 | 27 | 28 | 37 | 38 | 78 |
| 27. Alternatif | 1457 | 2368 | 14 | 15 | 17 | 45 | 47 | 57 | 23 | 26 | 28 | 36 | 38 | 68 |
| 28. Alternatif | 1458 | 2367 | 14 | 15 | 18 | 45 | 48 | 58 | 23 | 26 | 27 | 36 | 37 | 67 |
| 29. Alternatif | 1467 | 2358 | 14 | 16 | 17 | 46 | 47 | 67 | 23 | 25 | 28 | 35 | 38 | 58 |
| 30. Alternatif | 1468 | 2357 | 14 | 16 | 18 | 46 | 48 | 68 | 23 | 25 | 27 | 35 | 37 | 57 |
| 31. Alternatif | 1478 | 2356 | 14 | 17 | 18 | 47 | 48 | 78 | 23 | 25 | 26 | 35 | 36 | 56 |
| 32. Alternatif | 1567 | 2348 | 15 | 16 | 17 | 56 | 57 | 67 | 23 | 24 | 28 | 34 | 38 | 48 |
| 33. Alternatif | 1568 | 2347 | 15 | 16 | 18 | 56 | 58 | 68 | 23 | 24 | 27 | 34 | 37 | 47 |
| 34. Alternatif | 1578 | 2346 | 15 | 17 | 18 | 57 | 58 | 78 | 23 | 24 | 26 | 34 | 36 | 46 |
| 35. Alternatif | 1678 | 2345 | 16 | 17 | 18 | 67 | 68 | 78 | 23 | 24 | 25 | 34 | 35 | 45 |
| 36. Alternatif | 2345 | 1678 | 23 | 24 | 25 | 34 | 35 | 45 | 16 | 17 | 18 | 67 | 68 | 78 |

Çizelge 4. 6 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde mümkün kombinasyonlar (devam)

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | 1. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | | 2. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37. Alternatif | 2346 | 1578 | 23 | 24 | 26 | 34 | 36 | 46 | 15 | 17 | 18 | 57 | 58 | 78 |
| 38. Alternatif | 2347 | 1568 | 23 | 24 | 27 | 34 | 37 | 47 | 15 | 16 | 18 | 56 | 58 | 68 |
| 39. Alternatif | 2348 | 1567 | 23 | 24 | 28 | 34 | 38 | 48 | 15 | 16 | 17 | 56 | 57 | 67 |
| 40. Alternatif | 2356 | 1478 | 23 | 25 | 26 | 35 | 36 | 56 | 14 | 17 | 18 | 47 | 48 | 78 |
| 41. Alternatif | 2357 | 1468 | 23 | 25 | 27 | 35 | 37 | 57 | 14 | 16 | 18 | 46 | 48 | 68 |
| 42. Alternatif | 2358 | 1467 | 23 | 25 | 28 | 35 | 38 | 58 | 14 | 16 | 17 | 46 | 47 | 67 |
| 43. Alternatif | 2367 | 1458 | 23 | 26 | 27 | 36 | 37 | 67 | 14 | 15 | 18 | 45 | 48 | 58 |
| 44. Alternatif | 2368 | 1457 | 23 | 26 | 28 | 36 | 38 | 68 | 14 | 15 | 17 | 45 | 47 | 57 |
| 45. Alternatif | 2378 | 1456 | 23 | 27 | 28 | 37 | 38 | 78 | 14 | 15 | 16 | 45 | 46 | 56 |
| 46. Alternatif | 2456 | 1378 | 24 | 25 | 26 | 45 | 46 | 56 | 13 | 17 | 18 | 37 | 38 | 78 |
| 47. Alternatif | 2457 | 1368 | 24 | 25 | 27 | 45 | 47 | 57 | 13 | 16 | 18 | 36 | 38 | 68 |
| 48. Alternatif | 2458 | 1367 | 24 | 25 | 28 | 45 | 48 | 58 | 13 | 16 | 17 | 36 | 37 | 67 |
| 49. Alternatif | 2467 | 1358 | 24 | 26 | 27 | 46 | 47 | 67 | 13 | 15 | 18 | 35 | 38 | 58 |
| 50. Alternatif | 2468 | 1357 | 24 | 26 | 28 | 46 | 48 | 68 | 13 | 15 | 17 | 35 | 37 | 57 |
| 51. Alternatif | 2478 | 1356 | 24 | 27 | 28 | 47 | 48 | 78 | 13 | 15 | 16 | 35 | 36 | 56 |
| 52. Alternatif | 2567 | 1348 | 25 | 26 | 27 | 56 | 57 | 67 | 13 | 14 | 18 | 34 | 38 | 48 |
| 53. Alternatif | 2568 | 1347 | 25 | 26 | 28 | 56 | 58 | 68 | 13 | 14 | 17 | 34 | 37 | 47 |
| 54. Alternatif | 2578 | 1346 | 25 | 27 | 28 | 57 | 58 | 78 | 13 | 14 | 16 | 34 | 36 | 46 |

Çizelge 4. 6 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde mümkün kombinasyonlar (devam)

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | 1. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | | 2. Odadaki Öğrencilerin İkili Kombinasyonları | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55. Alternatif | 2678 | 1345 | 26 | 27 | 28 | 67 | 68 | 78 | 13 | 14 | 15 | 34 | 35 | 45 |
| 56. Alternatif | 3456 | 1278 | 34 | 35 | 36 | 45 | 46 | 56 | 12 | 17 | 18 | 27 | 28 | 78 |
| 57. Alternatif | 3457 | 1268 | 34 | 35 | 37 | 45 | 47 | 57 | 12 | 16 | 18 | 26 | 28 | 68 |
| 58. Alternatif | 3458 | 1267 | 34 | 35 | 38 | 45 | 48 | 58 | 12 | 16 | 17 | 26 | 27 | 67 |
| 59. Alternatif | 3467 | 1258 | 34 | 36 | 37 | 46 | 47 | 67 | 12 | 15 | 18 | 25 | 28 | 58 |
| 60. Alternatif | 3468 | 1257 | 34 | 36 | 38 | 46 | 48 | 68 | 12 | 15 | 17 | 25 | 27 | 57 |
| 61. Alternatif | 3478 | 1256 | 34 | 37 | 38 | 47 | 48 | 78 | 12 | 15 | 16 | 25 | 26 | 56 |
| 62. Alternatif | 3567 | 1248 | 35 | 36 | 37 | 56 | 57 | 67 | 12 | 14 | 18 | 24 | 28 | 48 |
| 63. Alternatif | 3568 | 1247 | 35 | 36 | 38 | 56 | 58 | 68 | 12 | 14 | 17 | 24 | 27 | 47 |
| 64. Alternatif | 3578 | 1246 | 35 | 37 | 38 | 57 | 58 | 78 | 12 | 14 | 16 | 24 | 26 | 46 |
| 65. Alternatif | 3678 | 1245 | 36 | 37 | 38 | 67 | 68 | 78 | 12 | 14 | 15 | 24 | 25 | 45 |
| 66. Alternatif | 4567 | 1238 | 45 | 46 | 47 | 56 | 57 | 67 | 12 | 13 | 18 | 23 | 28 | 38 |
| 67. Alternatif | 4568 | 1237 | 45 | 46 | 48 | 56 | 58 | 68 | 12 | 13 | 17 | 23 | 27 | 37 |
| 68. Alternatif | 4578 | 1236 | 45 | 47 | 48 | 57 | 58 | 78 | 12 | 13 | 16 | 23 | 26 | 36 |
| 69. Alternatif | 4678 | 1235 | 46 | 47 | 48 | 67 | 68 | 78 | 12 | 13 | 15 | 23 | 25 | 35 |
| 70. Alternatif | 5678 | 1234 | 56 | 57 | 58 | 67 | 68 | 78 | 12 | 13 | 14 | 23 | 24 | 34 |

Çizelge 4. 7 Mümkün tüm kombinasyonlara uzaklık değerlerinin yerleştirilmesi

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Toplam Uzaklık (Z) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Alternatif | 1234 | 5678 | 6,37 | 5,63 | 4,16 | 6,65 | 6,64 | 3,19 | 4,03 | 3,97 | 5,4 | 4 | 5,07 | 4,34 | **59,45** |
| 2. Alternatif | 1235 | 4678 | 6,37 | 5,63 | 5,74 | 6,65 | 6,48 | 4,06 | 4,02 | 3,71 | 6,54 | 4 | 5,07 | 4,34 | **62,61** |
| 3. Alternatif | 1236 | 4578 | 6,37 | 5,63 | 5,69 | 6,65 | 6,04 | 2,55 | 4,49 | 3,71 | 6,54 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | **61,38** |
| 4. Alternatif | 1237 | 4568 | 6,37 | 5,63 | 4,14 | 6,65 | 5,45 | 3,62 | 4,49 | 4,02 | 6,54 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | **61,41** |
| 5. Alternatif | 1238 | 4567 | 6,37 | 5,63 | 6,59 | 6,65 | 4,82 | 5,68 | 4,49 | 4,02 | 3,71 | 4,03 | 3,97 | 4 | **59,96** |
| 6. Alternatif | 1245 | 3678 | 6,37 | 4,16 | 5,74 | 6,64 | 6,48 | 4,49 | 2,55 | 3,62 | 5,68 | 4 | 5,07 | 4,34 | **59,14** |
| 7. Alternatif | 1246 | 3578 | 6,37 | 4,16 | 5,69 | 6,64 | 6,04 | 4,02 | 4,06 | 3,62 | 5,68 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | **59,99** |
| 8. Alternatif | 1247 | 3568 | 6,37 | 4,16 | 4,14 | 6,64 | 5,45 | 3,71 | 4,06 | 2,55 | 5,68 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | **57,26** |
| 9. Alternatif | 1248 | 3567 | 6,37 | 4,16 | 6,59 | 6,64 | 4,82 | 6,54 | 4,06 | 2,55 | 3,62 | 4,03 | 3,97 | 4 | **57,35** |
| 10. Alternatif | 1256 | 3478 | 6,37 | 5,74 | 5,69 | 6,48 | 6,04 | 4,03 | 3,19 | 3,62 | 5,68 | 3,71 | 6,54 | 4,34 | **61,43** |
| 11. Alternatif | 1257 | 3468 | 6,37 | 5,74 | 4,14 | 6,48 | 5,45 | 3,97 | 3,19 | 2,55 | 5,68 | 4,02 | 6,54 | 5,07 | **59,2** |
| 12. Alternatif | 1258 | 3467 | 6,37 | 5,74 | 6,59 | 6,48 | 4,82 | 5,4 | 3,19 | 2,55 | 3,62 | 4,02 | 3,71 | 4 | **56,49** |
| 13. Alternatif | 1267 | 3458 | 6,37 | 5,69 | 4,14 | 6,04 | 5,45 | 4 | 3,19 | 4,06 | 5,68 | 4,49 | 6,54 | 5,4 | **61,05** |
| 14. Alternatif | 1268 | 3457 | 6,37 | 5,69 | 6,59 | 6,04 | 4,82 | 5,07 | 3,19 | 4,06 | 3,62 | 4,49 | 3,71 | 3,97 | **57,62** |
| 15. Alternatif | 1278 | 3456 | 6,37 | 4,14 | 6,59 | 5,45 | 4,82 | 4,34 | 3,19 | 4,06 | 2,55 | 4,49 | 4,02 | 4,03 | **54,05** |
| 16. Alternatif | 1345 | 2678 | 5,63 | 4,16 | 5,74 | 3,19 | 4,06 | 4,49 | 6,04 | 5,45 | 4,82 | 4 | 5,07 | 4,34 | **56,99** |
| 17. Alternatif | 1346 | 2578 | 5,63 | 4,16 | 5,69 | 3,19 | 2,55 | 4,02 | 6,48 | 5,45 | 4,82 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | **55,7** |
| 18. Alternatif | 1347 | 2568 | 5,63 | 4,16 | 4,14 | 3,19 | 3,62 | 3,71 | 6,48 | 6,04 | 4,82 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | **56,29** |

Çizelge 4. 7 Mümkün tüm kombinasyonlara uzaklık değerlerinin yerleştirilmesi (devam)

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Toplam Uzaklık (Z) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19. Alternatif | 1348 | 2567 | 5,63 | 4,16 | 6,59 | 3,19 | 5,68 | 6,54 | 6,48 | 6,04 | 5,45 | 4,03 | 3,97 | 4 | **61,76** |
| 20. Alternatif | 1356 | 2478 | 5,63 | 5,74 | 5,69 | 4,06 | 2,55 | 4,03 | 6,64 | 5,45 | 4,82 | 3,71 | 6,54 | 4,34 | **59,2** |
| 21. Alternatif | 1357 | 2468 | 5,63 | 5,74 | 4,14 | 4,06 | 3,62 | 3,97 | 6,64 | 6,04 | 4,82 | 4,02 | 6,54 | 5,07 | **60,29** |
| 22. Alternatif | 1358 | 2467 | 5,63 | 5,74 | 6,59 | 4,06 | 5,68 | 5,4 | 6,64 | 6,04 | 5,45 | 4,02 | 3,71 | 4 | **62,96** |
| 23. Alternatif | 1367 | 2458 | 5,63 | 5,69 | 4,14 | 2,55 | 3,62 | 4 | 6,64 | 6,48 | 4,82 | 4,49 | 6,54 | 5,4 | **60** |
| 24. Alternatif | 1368 | 2457 | 5,63 | 5,69 | 6,59 | 2,55 | 5,68 | 5,07 | 6,64 | 6,48 | 5,45 | 4,49 | 3,71 | 3,97 | **61,95** |
| 25. Alternatif | 1378 | 2456 | 5,63 | 4,14 | 6,59 | 3,62 | 5,68 | 4,34 | 6,64 | 6,48 | 6,04 | 4,49 | 4,02 | 4,03 | **61,7** |
| 26. Alternatif | 1456 | 2378 | 4,16 | 5,74 | 5,69 | 4,49 | 4,02 | 4,03 | 6,65 | 5,45 | 4,82 | 3,62 | 5,68 | 4,34 | **58,69** |
| 27. Alternatif | 1457 | 2368 | 4,16 | 5,74 | 4,14 | 4,49 | 3,71 | 3,97 | 6,65 | 6,04 | 4,82 | 2,55 | 5,68 | 5,07 | **57,02** |
| 28. Alternatif | 1458 | 2367 | 4,16 | 5,74 | 6,59 | 4,49 | 6,54 | 5,4 | 6,65 | 6,04 | 5,45 | 2,55 | 3,62 | 4 | **61,23** |
| 29. Alternatif | 1467 | 2358 | 4,16 | 5,69 | 4,14 | 4,02 | 3,71 | 4 | 6,65 | 6,48 | 4,82 | 4,06 | 5,68 | 5,4 | **58,81** |
| 30. Alternatif | 1468 | 2357 | 4,16 | 5,69 | 6,59 | 4,02 | 6,54 | 5,07 | 6,65 | 6,48 | 5,45 | 4,06 | 3,62 | 3,97 | **62,3** |
| 31. Alternatif | 1478 | 2356 | 4,16 | 4,14 | 6,59 | 3,71 | 6,54 | 4,34 | 6,65 | 6,48 | 6,04 | 4,06 | 2,55 | 4,03 | **59,29** |
| 32. Alternatif | 1567 | 2348 | 5,74 | 5,69 | 4,14 | 4,03 | 3,97 | 4 | 6,65 | 6,64 | 4,82 | 3,19 | 5,68 | 6,54 | **61,09** |
| 33. Alternatif | 1568 | 2347 | 5,74 | 5,69 | 6,59 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | 6,65 | 6,64 | 5,45 | 3,19 | 3,62 | 3,71 | **61,78** |
| 34. Alternatif | 1578 | 2346 | 5,74 | 4,14 | 6,59 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | 6,65 | 6,64 | 6,04 | 3,19 | 2,55 | 4,02 | **59,27** |
| 35. Alternatif | 1678 | 2345 | 5,69 | 4,14 | 6,59 | 4 | 5,07 | 4,34 | 6,65 | 6,64 | 6,48 | 3,19 | 4,06 | 4,49 | **61,34** |
| 36. Alternatif | 2345 | 1678 | 6,65 | 6,64 | 6,48 | 3,19 | 4,06 | 4,49 | 5,69 | 4,14 | 6,59 | 4 | 5,07 | 4,34 | **61,34** |

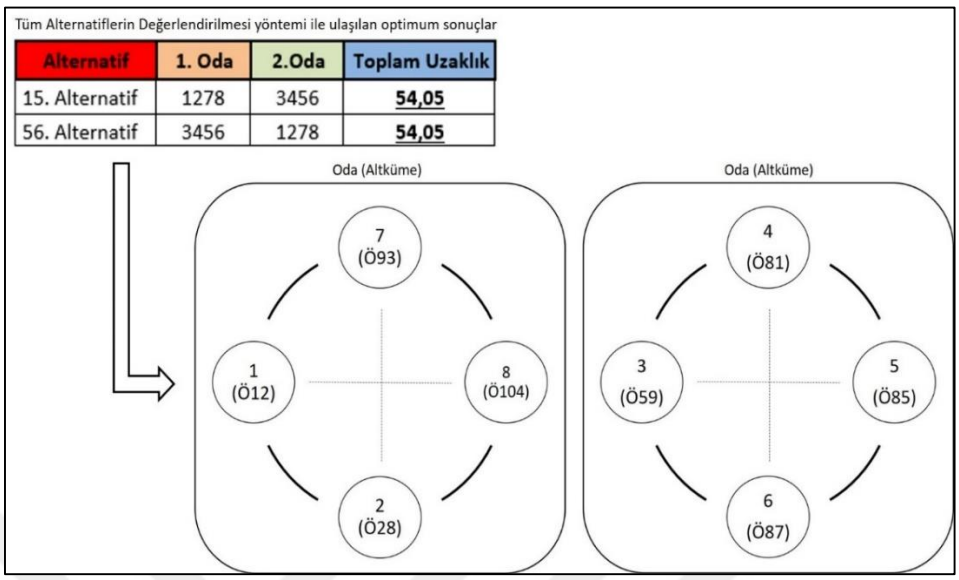
Çizelge 4. 7 Mümkün tüm kombinasyonlara uzaklık değerlerinin yerleştirilmesi (devam)

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Toplam Uzaklık (Z) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37. Alternatif | 2346 | 1578 | 6,65 | 6,64 | 6,04 | 3,19 | 2,55 | 4,02 | 5,74 | 4,14 | 6,59 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | **59,27** |
| 38. Alternatif | 2347 | 1568 | 6,65 | 6,64 | 5,45 | 3,19 | 3,62 | 3,71 | 5,74 | 5,69 | 6,59 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | **61,78** |
| 39. Alternatif | 2348 | 1567 | 6,65 | 6,64 | 4,82 | 3,19 | 5,68 | 6,54 | 5,74 | 5,69 | 4,14 | 4,03 | 3,97 | 4 | **61,09** |
| 40. Alternatif | 2356 | 1478 | 6,65 | 6,48 | 6,04 | 4,06 | 2,55 | 4,03 | 4,16 | 4,14 | 6,59 | 3,71 | 6,54 | 4,34 | **59,29** |
| 41. Alternatif | 2357 | 1468 | 6,65 | 6,48 | 5,45 | 4,06 | 3,62 | 3,97 | 4,16 | 5,69 | 6,59 | 4,02 | 6,54 | 5,07 | **62,3** |
| 42. Alternatif | 2358 | 1467 | 6,65 | 6,48 | 4,82 | 4,06 | 5,68 | 5,4 | 4,16 | 5,69 | 4,14 | 4,02 | 3,71 | 4 | **58,81** |
| 43. Alternatif | 2367 | 1458 | 6,65 | 6,04 | 5,45 | 2,55 | 3,62 | 4 | 4,16 | 5,74 | 6,59 | 4,49 | 6,54 | 5,4 | **61,23** |
| 44. Alternatif | 2368 | 1457 | 6,65 | 6,04 | 4,82 | 2,55 | 5,68 | 5,07 | 4,16 | 5,74 | 4,14 | 4,49 | 3,71 | 3,97 | **57,02** |
| 45. Alternatif | 2378 | 1456 | 6,65 | 5,45 | 4,82 | 3,62 | 5,68 | 4,34 | 4,16 | 5,74 | 5,69 | 4,49 | 4,02 | 4,03 | **58,69** |
| 46. Alternatif | 2456 | 1378 | 6,64 | 6,48 | 6,04 | 4,49 | 4,02 | 4,03 | 5,63 | 4,14 | 6,59 | 3,62 | 5,68 | 4,34 | **61,7** |
| 47. Alternatif | 2457 | 1368 | 6,64 | 6,48 | 5,45 | 4,49 | 3,71 | 3,97 | 5,63 | 5,69 | 6,59 | 2,55 | 5,68 | 5,07 | **61,95** |
| 48. Alternatif | 2458 | 1367 | 6,64 | 6,48 | 4,82 | 4,49 | 6,54 | 5,4 | 5,63 | 5,69 | 4,14 | 2,55 | 3,62 | 4 | **60** |
| 49. Alternatif | 2467 | 1358 | 6,64 | 6,04 | 5,45 | 4,02 | 3,71 | 4 | 5,63 | 5,74 | 6,59 | 4,06 | 5,68 | 5,4 | **62,96** |
| 50. Alternatif | 2468 | 1357 | 6,64 | 6,04 | 4,82 | 4,02 | 6,54 | 5,07 | 5,63 | 5,74 | 4,14 | 4,06 | 3,62 | 3,97 | **60,29** |
| 51. Alternatif | 2478 | 1356 | 6,64 | 5,45 | 4,82 | 3,71 | 6,54 | 4,34 | 5,63 | 5,74 | 5,69 | 4,06 | 2,55 | 4,03 | **59,2** |
| 52. Alternatif | 2567 | 1348 | 6,48 | 6,04 | 5,45 | 4,03 | 3,97 | 4 | 5,63 | 4,16 | 6,59 | 3,19 | 5,68 | 6,54 | **61,76** |
| 53. Alternatif | 2568 | 1347 | 6,48 | 6,04 | 4,82 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | 5,63 | 4,16 | 4,14 | 3,19 | 3,62 | 3,71 | **56,29** |
| 54. Alternatif | 2578 | 1346 | 6,48 | 5,45 | 4,82 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | 5,63 | 4,16 | 5,69 | 3,19 | 2,55 | 4,02 | **55,7** |

Çizelge 4. 7 Mümkün tüm kombinasyonlara uzaklık değerlerinin yerleştirilmesi (devam)

| Alternatif | 1. Oda | 2.Oda | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Kombinasyonların Uzaklık Değerleri | | | | | | Toplam Uzaklık (Z) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55. Alternatif | 2678 | 1345 | 6,04 | 5,45 | 4,82 | 4 | 5,07 | 4,34 | 5,63 | 4,16 | 5,74 | 3,19 | 4,06 | 4,49 | **56,99** |
| 56. Alternatif | 3456 | 1278 | 3,19 | 4,06 | 2,55 | 4,49 | 4,02 | 4,03 | 6,37 | 4,14 | 6,59 | 5,45 | 4,82 | 4,34 | **54,05** |
| 57. Alternatif | 3457 | 1268 | 3,19 | 4,06 | 3,62 | 4,49 | 3,71 | 3,97 | 6,37 | 5,69 | 6,59 | 6,04 | 4,82 | 5,07 | **57,62** |
| 58. Alternatif | 3458 | 1267 | 3,19 | 4,06 | 5,68 | 4,49 | 6,54 | 5,4 | 6,37 | 5,69 | 4,14 | 6,04 | 5,45 | 4 | **61,05** |
| 59. Alternatif | 3467 | 1258 | 3,19 | 2,55 | 3,62 | 4,02 | 3,71 | 4 | 6,37 | 5,74 | 6,59 | 6,48 | 4,82 | 5,4 | **56,49** |
| 60. Alternatif | 3468 | 1257 | 3,19 | 2,55 | 5,68 | 4,02 | 6,54 | 5,07 | 6,37 | 5,74 | 4,14 | 6,48 | 5,45 | 3,97 | **59,2** |
| 61. Alternatif | 3478 | 1256 | 3,19 | 3,62 | 5,68 | 3,71 | 6,54 | 4,34 | 6,37 | 5,74 | 5,69 | 6,48 | 6,04 | 4,03 | **61,43** |
| 62. Alternatif | 3567 | 1248 | 4,06 | 2,55 | 3,62 | 4,03 | 3,97 | 4 | 6,37 | 4,16 | 6,59 | 6,64 | 4,82 | 6,54 | **57,35** |
| 63. Alternatif | 3568 | 1247 | 4,06 | 2,55 | 5,68 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | 6,37 | 4,16 | 4,14 | 6,64 | 5,45 | 3,71 | **57,26** |
| 64. Alternatif | 3578 | 1246 | 4,06 | 3,62 | 5,68 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | 6,37 | 4,16 | 5,69 | 6,64 | 6,04 | 4,02 | **59,99** |
| 65. Alternatif | 3678 | 1245 | 2,55 | 3,62 | 5,68 | 4 | 5,07 | 4,34 | 6,37 | 4,16 | 5,74 | 6,64 | 6,48 | 4,49 | **59,14** |
| 66. Alternatif | 4567 | 1238 | 4,49 | 4,02 | 3,71 | 4,03 | 3,97 | 4 | 6,37 | 5,63 | 6,59 | 6,65 | 4,82 | 5,68 | **59,96** |
| 67. Alternatif | 4568 | 1237 | 4,49 | 4,02 | 6,54 | 4,03 | 5,4 | 5,07 | 6,37 | 5,63 | 4,14 | 6,65 | 5,45 | 3,62 | **61,41** |
| 68. Alternatif | 4578 | 1236 | 4,49 | 3,71 | 6,54 | 3,97 | 5,4 | 4,34 | 6,37 | 5,63 | 5,69 | 6,65 | 6,04 | 2,55 | **61,38** |
| 69. Alternatif | 4678 | 1235 | 4,02 | 3,71 | 6,54 | 4 | 5,07 | 4,34 | 6,37 | 5,63 | 5,74 | 6,65 | 6,48 | 4,06 | **62,61** |
| 70. Alternatif | 5678 | 1234 | 4,03 | 3,97 | 5,4 | 4 | 5,07 | 4,34 | 6,37 | 5,63 | 4,16 | 6,65 | 6,64 | 3,19 | **59,45** |

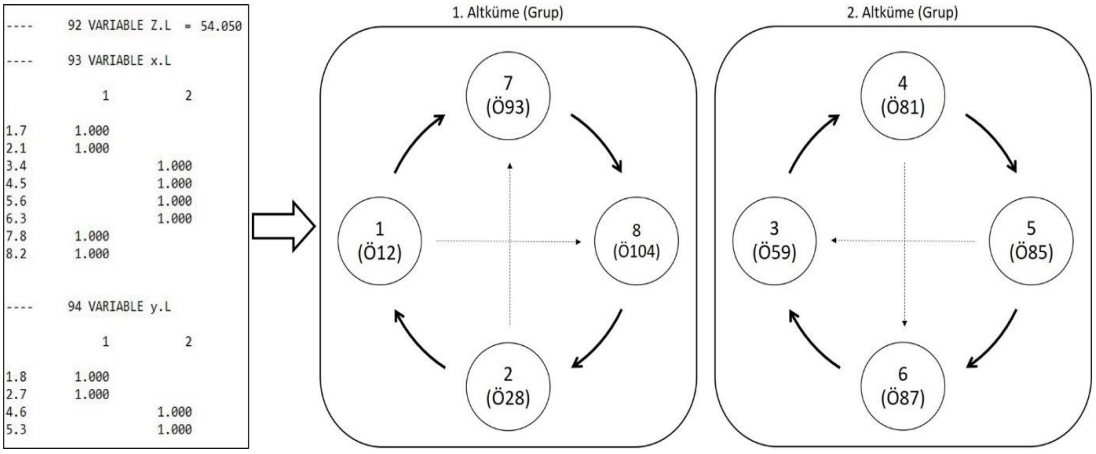
Seçtiğimiz örneklem için, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile ulaştığımız optimum atamaları Şekil 4.14 yardımı ile görselleştirelim.




Şekil 4. 14 Tüm alternatiflerin değerlendirilmesi ile ulaşılan kümeleme

### 4.3.5 Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Problemi Modeli Yardımı ile Kümeleme İşleminin Gerçekleştirilmesi

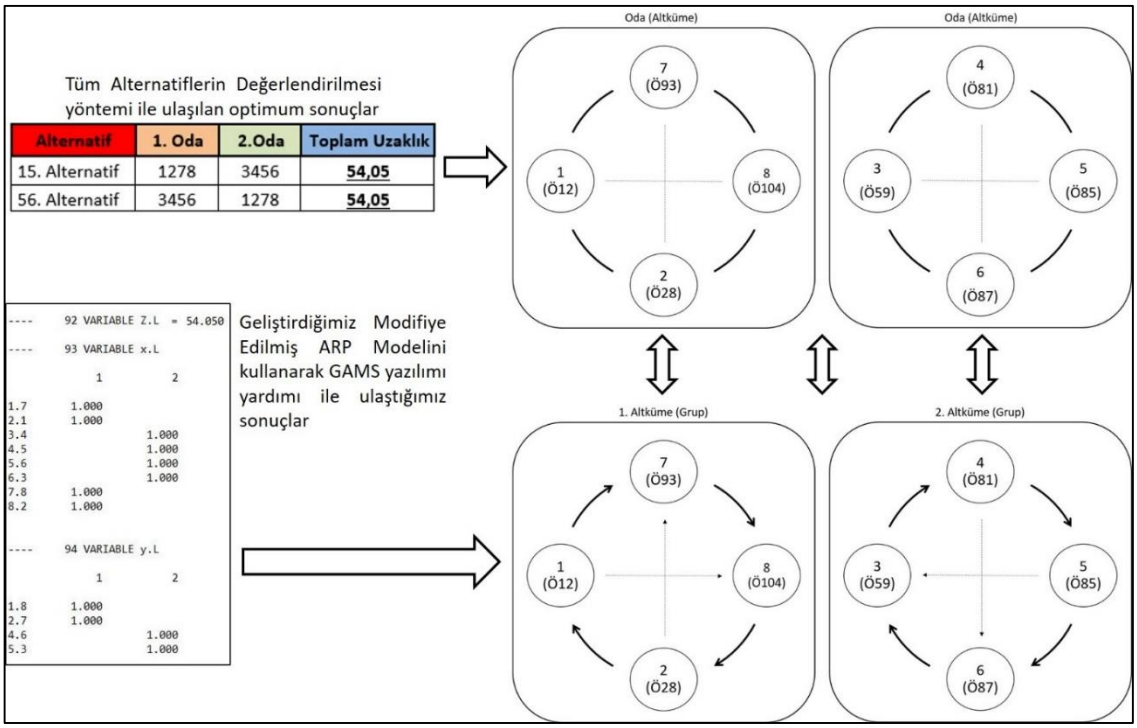
Seçtiğimiz örneklem verilerini uzaklık fonksiyonuna girdi olarak sunarak elde etmiş olduğumuz uzaklık matrisini, geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modeli ile birlikte, tam sayılı doğrusal programlama kullanarak, GAMS 24.5.4/CPLEX yardımı ile çözdüğümüzde, Şekil 4.15'teki atamaları elde etmekteyiz. Kullanılan GAMS kodları örneği EK-B'de verilmiştir. Aşağıdaki şekilde sol tarafta GAMS yazılımı çıktıları, sağ tarafta ise bu çıktıların görselleştirilmiş hali bulunmaktadır.




Şekil 4. 15 Geliştirdiğimiz modeli kullanarak GAMS yardımıyla ulaştığımız kümeleme

### 4.3.6 İki Farklı Yöntem ile Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması ve Model Testinin Sonucu

Aynı örneklemi kullanarak, Excel yazılımı yardımıyla tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile ulaştığımız optimum sonuçlarla, tam sayılı doğrusal programlama yapabilen GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımıyla geliştirdiğimiz modeli kullanarak ulaştığımız sonuçları Şekil 4.16 yardımı ile görselleştirerek karşılaştıralım.




Şekil 4. 16 Farklı yöntemler ile elde edilen kümeleme sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 4.16'da da görüldüğü gibi, kümeleme işleminin sonuçları yani gerçekleşen atamalar birebir aynıdır. Atamaların birebir olmasının yanı sıra, toplam uzaklık (Z) değerli de birebir aynıdır. Tüm alternatiflerin değerlendirilmesinde atamaların yönsüz, model ile çözümümüzde ise atamaların yönlü olmasının sebebi ise, araç rotalama problemi modeli atamalarının yönlü olmasından kaynaklanmaktadır yani geliştirdiğimiz modifiye edilmiş modelin, çıktıların bu yönlü yapısı bozulmayacak şekilde araç rotalama problemi modeli esas alınarak geliştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Fakat amacımızın kümeleme olmasından dolayı, hangi düğüm noktalarının hangi araçlara (hangi öğrencilerin hangi odalara) atandığı belirlendiği sürece, atamaların yönünün bir önemi yoktur.

1 adet örneklem için testimizin tüm aşamalarını ve sonucunu detaylı olarak açıkladık. Şimdi ise testimizi 6 farklı örneklem ile 6 kez tekrarladığımızda elde ettiğimiz sonuçları

göstereceğiz. Tüm testlerimizde 120 gözlemimiz içinden rassal olarak 8 gözlem seçilmiş, 8x13 boyutlu veri matrisi oluşturulmuştur. Öklid uzaklık fonksiyonu kullanılarak 8x8 boyutlu karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir (kullanılan uzaklık fonksiyonu türünün model testine etkisi olmadığını daha önce açıklamıştık.). Öklid uzaklık fonksiyonu, uzaklık verileri ürettiği için, modelimizin minimizasyon yapısı korunarak çözülmüştür. 8 gözlem, her grupta 4 gözlem olacak şekilde 2 gruba kümelenmiştir. Aynı örneklemler hem tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemiyle hem de modelimiz yardımı ile çözülerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. 6 farklı örneklem için 6 kez tekrarladığımız testlerimizin sonuçlarının bulunduğu, iki farklı yöntem ile elde edilen atamaların karşılaştırıldığı tablo Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 8 Tekrarlanan test için ulaşılan tüm sonuçlar

| Örneklem | Model 1. Oda | T.A.D. 1.Oda | Model 2. Oda | T.A.D. 2.Oda | Model Min.(Z) | T.A.D. Z Değeri |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Örn.(1) | 1-4-5-7 | 1-4-5-7 | 2-3-6-8 | 2-3-6-8 | 54,4 | 54,4 |
| Örn.(2) | 1-2-7-8 | 1-2-7-8 | 3-4-5-6 | 3-4-5-6 | 54,05 | 54,05 |
| Örn.(3) | 1-3-4-6 | 1-3-4-6 | 2-5-7-8 | 2-5-7-8 | 50,04 | 50,04 |
| Örn.(4) | 1-3-5-8 | 1-3-5-8 | 2-4-6-7 | 2-4-6-7 | 52,69 | 52,69 |
| Örn.(5) | 1-3-5-6 | 1-3-5-6 | 2-4-7-8 | 2-4-7-8 | 54,63 | 54,63 |
| Örn.(6) | 1-2-6-7 | 1-2-6-7 | 3-4-5-8 | 3-4-5-8 | 53,18 | 53,18 |

Çizgelge 4.8'de görüldüğü gibi, farklı örneklemler için testimiz 6 kez tekrarlanmış, aynı atamaların bulunduğu, ayrıca aynı Z değerlerine sahip sonuçlara, 2 farklı yöntem ile ulaşılmıştır. Dolayısıyla modelimizin testi başarı ile sonuçlanmıştır.

Ulaştığımız atamaların ve Z değerlerinin tespit edildiği durumlara ek olarak, en kötü duruma göre ve beklenen değere göre, Z değerinin iyileşme oranlarını tespit ettik. Bu tespitler Çizgelge 4.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 4. 9 Tekrarlanan test için ulaşılan sonuçların incelenmesi

| Örneklem | 1. Oda | 2. Oda | Min.(Z) (Opt. Durum) | E(Z) (Beklenen Durum) | Maks.(Z) (En Kötü Durum) | E(Z) İyileşme Oran (%) | Maks.(Z) İyileşme Oran (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Örn.(1) | 1-4-5-7 | 2-3-6-8 | 54,4 | 60,38 | 63,71 | 9,90 | 14,61 |
| Örn.(2) | 1-2-7-8 | 3-4-5-6 | 54,05 | 59,6 | 62,96 | 9,31 | 14,15 |
| Örn.(3) | 1-3-4-6 | 2-5-7-8 | 50,04 | 57,4 | 60,13 | 12,82 | 16,78 |
| Örn.(4) | 1-3-5-8 | 2-4-6-7 | 52,69 | 59,6 | 62,45 | 11,59 | 15,63 |
| Örn.(5) | 1-3-5-6 | 2-4-7-8 | 54,63 | 60,04 | 63,36 | 9,01 | 13,78 |
| Örn.6) | 1-2-6-7 | 3-4-5-8 | 53,18 | 57,5 | 61,52 | 7,51 | 13,56 |

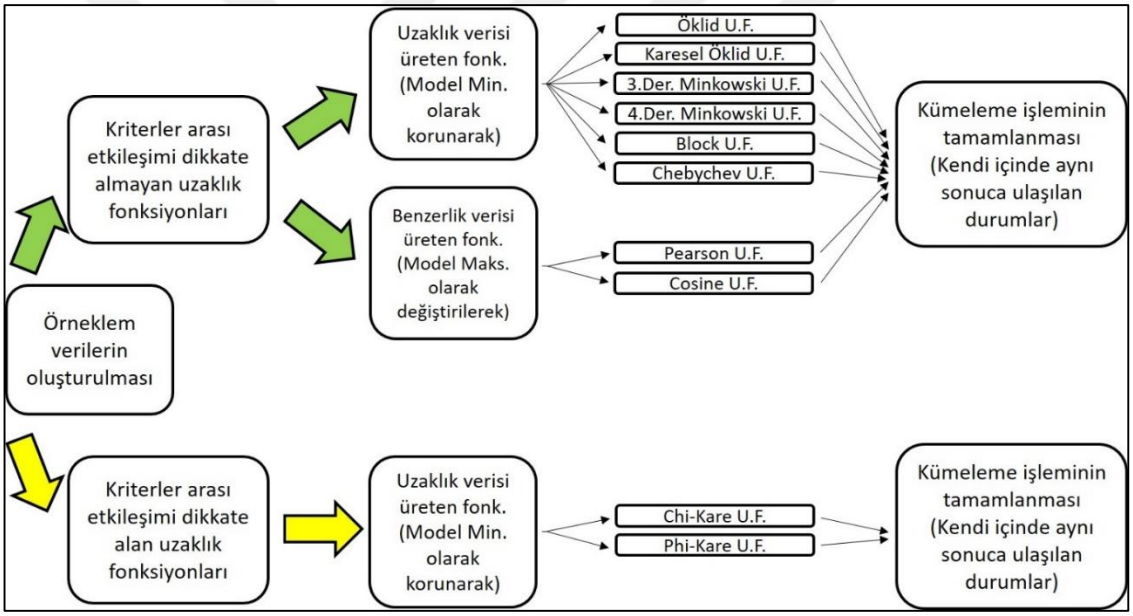
Çizelge 4.9'da bulunan E(Z) Değeri (Beklenen Durum Değeri) her örneklem için, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi tablosunda bulunan Z değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır, ayrıca Maks.(Z) Değeri (En Kötü Durum Değeri) tüm alternatiflerin değerlendirilmesi tablosunda bulunan Z değerlerinin en büyüğü alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca tabloda yer alan E(Z) iyileştirme oranı (E(Z) - Min.(Z))/E(Z) oranının yüzdeleştirilmesiyle ve tabloda yer alan Maks.(Z) iyileştirme oranı ise (Maks.(Z) - Min.(Z))/Maks.(Z) oranının yüzdeleştirilmesiyle hesaplanmıştır. Optimum durum olan Min.(Z) açısından tablo incelendiğinde, amaç fonksiyonumuzun minimizasyon yönlü olduğu hatırlandığında, Min.(Z) < E(Z) < Maks.(Z) olması beklenen ve gerçekleşmesi istenen bir durumdur.

Testimizi 6 kez tekrarladığımızda $\left[\frac{\binom{8}{4}\cdot\binom{4}{4}}{2!}\right]^6 = 35^6 = 1.838.265.625$ farklı tüm durum arasından, modelimizin verdiği 6 farklı sonuç, $1/1.838.265.625$ olasılıkla birebir aynı olarak uyuşmaktadır ve modelimizin testi başarı ile tamamlanmaktadır.

## 4.4 Farklı Uzaklık Fonksiyonlarının Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Modeline Etkisi

Öncelikle bu başlığa, çalışmamızın Uzaklık Fonksiyonları ile ilgili başlığının altında değil de bu kısımda değinmemizin sebebi, uzaklık fonksiyonlarının geliştirdiğimiz modele etkisini inceleyebilmemiz için, modelimizin geliştirilmiş ve model testlerinin tamamlanmış olması gerekmesinden kaynaklanmaktadır. Modelimiz tasarlandıktan ve testlerinin başarı ile sonuçlanmasından sonra, farklı uzaklık fonksiyonlarının modelimize etkisini de ayrıca test edebiliriz.

Çalışmamızın bu bölümünde, uzaklık fonksiyonlarının geliştirdiğimiz modele etkisini incelemek amacıyla, izlediğimiz yol ve ulaştığımız sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi açısından Şekil 4.17'deki iş akış şemamızı inceleyelim.




Şekil 4. 17 Farklı uzaklık fonksiyonlarının modelimize etkisi testinin iş akış şeması

Şekil 4.17'deki akış şemamız, gerçekleştirdiğimiz testin aşamalarını ve ulaştığımız sonuçları özetler niteliktedir. SPSS 23.0 yazılımını referans alarak seçtiğimiz uzaklık fonksiyonlarını kullanarak, modelimize olan etkisini incelemek adına gerçekleştirdiğimiz işlem aşamalarını daha detaylı olarak inceleyelim.

### 4.4.1 Farklı Uzaklık Fonksiyonlarının Temel Özelliklerinin Karşılaştırılması ve Geliştirdiğimiz Model ile Etkileşimi

Geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelinin çok boyutlu gözlemlerin gruplandırılması amacıyla kullanılması söz konusu olduğunda, klasik kümeleme (cluster) analizinin ilk aşamasında olduğu gibi, çok boyutlu gözlemlerden oluşan veri matrisinin, uzaklık fonksiyonlarına sokularak, uzaklık (karşılaştırma) matrisi çıktısı alınması ve bu karşılaştırma matrisinin modelimiz ile birlikte çözülmesi gerekmektedir. Uygulanacak olan bu yöntemin, modelimizin amaç fonksiyonu ile olan ilişkisi, kullanılacak olan uzaklık fonksiyonunun benzerlik ya da benzemezlik ölçütleri üretmesi durumuna göre değişmektedir. Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Chi-Kare, Phi-Kare gibi fonksiyonlar (ölçütler) uzaklık verisi üreteceği için amaç fonksiyonumuzun minimizasyon ayrıca Pearson, Cosine gibi fonksiyonlar (ölçütler) ise yakınlık verileri üreteceği için amaç fonksiyonumuzun maksimizasyon olması gerekmektedir. Çizelge 4.10'da, uzaklık fonksiyonlarının temel farklılıklarını ve geliştirdiğimiz model ile amaç fonksiyonu yönü uyumunu inceleyelim.

Çizelge 4. 10 Bazı uzaklık fonksiyonlarının temel özellikleri ve modelimiz ile etkileşimi

| **Uzaklık Fonksiyonu** | **Çıktı Türü (Uzaklık Matrisi)** | **Model (Amaç Fonksiyonu) Uyumu** | **Kriterler Arası Etkileşim** |
|---|---|---|---|
| Euclidean | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Yok |
| Karesel Euclidean | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Yok |
| Minkowski (3.der.) | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Yok |
| Minkowski (4.der.) | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Yok |
| Block | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Yok |
| Chebychev | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Yok |
| Pearson | Yakınlık (Benzerlik) | Maksimizasyon | Yok |
| Cosine | Yakınlık (Benzerlik) | Maksimizasyon | Yok |
| Chi-Kare | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Var |
| Phi-Kare | Uzaklık (Farklılık) | Minimizasyon | Var |

Çizelge 4.10'da belirtilen uzaklık/yakınlık fonksiyonlarının seçiminde ve bu fonksiyonların temel özelliklerinin belirlenmesinde, istatistik yazılımı olan SPSS programının güncel bir sürümü (sürüm 23.0) referans alınmıştır. Ayrıca bu fonksiyonların barındırdığı matematiksel hesaplar, 3.3 başlığı altında detaylı olarak gösterilmiştir.

Bu kısımda 120 gözlemden rassal olarak seçilen 8 kişilik 1 adet örneklemimiz, 10 farklı uzaklık fonksiyonundan alınan 10 farklı çıktı, modelimize girilerek çözülmüş, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yani aynı örneklemden alınan veri matrisi, 10 farklı uzaklık fonksiyonu ile uzaklık matrisine dönüştürülmüş sonrasında bu 10 farklı uzaklık matrisi geliştirdiğimiz model ile birlikte çözülmüştür. 10 farklı uzaklık fonksiyonundan 8 tanesi kriterler arası etkileşimi dikkate almayan, 2 tanesi ise kriterler arası etkileşimi dikkate alan fonksiyonlardır. Bahsi geçen 8 farklı kriterler arası etkileşimi dikkate almayan fonksiyonlardan 6 tanesi uzaklık verisi, 2 tanesi ise yakınlık verisi üretmektedir. Aynı veri matrisi ile 6 farklı uzaklık verisi üreten fonksiyondan alınan 6 adet uzaklık matrisi, geliştirdiğimiz modelin belirttiğimiz haliyle (amaç fonksiyonu minimizasyon olarak) çözülmüş ayrıca 2 farklı yakınlık verisi üreten fonksiyondan alınan 2 farklı yakınlık matrisi ise geliştirdiğimiz model ile amaç fonksiyonu maksimizasyona dönüştürülerek (diğer kısıt denklemlerini değiştirmeden) çözülmüştür, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Aynı örneklemin 6 farklı uzaklık verisi çıktısı veren uzaklık fonksiyonu ile çözümünden alınan sonuçların, geliştirdiğimiz modelin amaç fonksiyonunu minimizasyon olarak korunup birlikte çözülmesi ile alınan sonuçlarla, yine aynı örneklemin 2 farklı yakınlık verisi çıktısı veren yakınlık fonksiyonları ile çözümünden alınan sonuçların, geliştirdiğimiz modelin amaç fonksiyonunun maksimizasyon olarak değiştirilerek birlikte çözülmesi ile alınan sonuçlar birebir uyuşmaktadır. Daha önce de bahsettiğimiz gibi 8 düğüm noktasının (gözlemin) her rotada (grupta) 4 düğüm noktası (gözlem) olacak şekilde 2 farklı rotaya (gruba) atanmasında $\frac{\binom{8}{4}\cdot\binom{4}{4}}{2!} = 35$ farklı durum söz konusudur. Aynı örneklemden yani aynı veri matrisinden, 8 farklı uzaklık fonksiyonu kullanarak alınan 8 farklı uzaklık matrisinin modelimiz ile çözümünün sonucunda, birebir aynı atamalara ulaşılmış olması, kullandığımız yöntemin, yardım alınan uzaklık fonksiyonu türünden bağımsızlığını ve dolayısıyla işlevselliğini göstermektedir. Aynı örneklemin 8 farklı uzaklık fonksiyonu yardımı ile çözümü sonucunda $\left[\frac{\binom{8}{4}\cdot\binom{4}{4}}{2!}\right]^8 = 35^8 = 2.251.875.390.625$ farklı durum

arasında birebir uyum, $1/2.251.875.390.625$ olasılıkla sağlanmıştır. Fakat bu durumun yanı sıra, 8 farklı kriterler arası etkileşimi dikkate almayan uzaklık fonksiyonundan alınan çıktılar geliştirdiğimiz model ile birlikte çözüldüğünde kendi içinde aynı sonucu verse de, 2 farklı kriterler arası etkileşimi dikkate alan uzaklık fonksiyonundan alınan çıktılar geliştirdiğimiz model ile birlikte çözüldüğünde kendi içinde aynı fakat birbirlerine göre farklı sonuçlar vermişlerdir.

### 4.4.2 Veri Matrisinin Oluşturulması

2 farklı öğrenci yurdunda kalan toplam 120 öğrenciden alınan 13 kriterli verilerden, 8 öğrenciden oluşan örneklem (Ö2, Ö21, Ö35, Ö43, Ö47, Ö76, Ö95, Ö101) rassal olarak seçilmiştir. Oluşan 8x13 boyutlu veri matrisi Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 11 Veri Matrisi - Örneklem(1)

| # | Kr1 | Kr2 | Kr3 | Kr4 | Kr5 | Kr6 | Kr7 | Kr8 | Kr9 | Kr10 | Kr11 | Kr12 | Kr13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 23 | 310 | 3 | 1 | 2,08 | 1000 | 9 | -8 | 13 | -14 | 14 | 3 | -1 |
| **Ö21** | 17 | 360 | 1 | 1 | 3 | 600 | 6 | -3 | 5 | -6 | 10 | 2 | -2 |
| **Ö35** | 22 | 497 | 3 | 1 | 2,46 | 330 | 1 | 2 | 3 | -6 | 6 | 3 | 2 |
| **Ö43** | 20 | 350 | 3 | 1 | 3,16 | 1000 | 3 | -5 | 12 | -12 | 13 | 1 | -1 |
| **Ö47** | 22 | 430 | 2 | 1 | 1,76 | 600 | 8 | -10 | 7 | -7 | 9 | 2 | 1 |
| **Ö76** | 21 | 278 | 3 | 1 | 3,41 | 250 | 0 | -3 | 8 | -9 | 8 | 6 | 4 |
| **Ö95** | 22 | 456 | 2 | 1 | 1,74 | 330 | 1 | -5 | 12 | -13 | 10 | -2 | -2 |
| **Ö101** | 20 | 260 | 2 | 2 | 3,3 | 600 | -2 | -3 | 12 | -7 | 5 | 0 | 4 |

Çizelge 4.11'de verilen veri matrisinin Örneklem(1) olarak adlandırılmasının sebebi, veri matrisinin çalışmamızda kullanılan diğer örneklem veri matrisleriyle karışmaması içindir.

### 4.4.3 Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması

Örneklem(1) verilerimizin bulunduğu tablomuzdaki veriler, sırasıyla Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Pearson, Cosine, Chi-Kare, Phi-Kare uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak sunularak, aynı örneklemden oluşturulmuş, 10 farklı uzaklık matrisi elde edeceğiz.

#### 4.4.3.1 Öklid Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek, Öklid Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Öklid Uzaklık Matrisi Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 12 Öklid Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(1)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 6,02 | 6,58 | 3,07 | 4,12 | 5,66 | 4,66 | 6,77 |
| **Ö21** | 6,02 | 0,00 | 5,14 | 4,54 | 4,31 | 5,22 | 5,20 | 5,52 |
| **Ö35** | 6,58 | 5,14 | 0,00 | 5,53 | 4,56 | 3,99 | 5,08 | 5,61 |
| **Ö43** | 3,07 | 4,54 | 5,53 | 0,00 | 4,45 | 4,66 | 4,13 | 5,27 |
| **Ö47** | 4,12 | 4,31 | 4,56 | 4,45 | 0,00 | 5,00 | 3,93 | 5,79 |
| **Ö76** | 5,66 | 5,22 | 3,99 | 4,66 | 5,00 | 0,00 | 5,74 | 4,56 |
| **Ö95** | 4,66 | 5,20 | 5,08 | 4,13 | 3,93 | 5,74 | 0,00 | 5,79 |
| **Ö101** | 6,77 | 5,52 | 5,61 | 5,27 | 5,79 | 4,56 | 5,79 | 0,00 |

#### 4.4.3.2 Karesel Öklid Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek, Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Karesel Öklid Uzaklık Matrisi Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 13 Karesel Öklid Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örn.(1) Uzaklık Matrisi(2)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 36,24 | 43,27 | 9,39 | 16,98 | 32,04 | 21,74 | 45,77 |
| **Ö21** | 36,24 | 0,00 | 26,42 | 20,64 | 18,61 | 27,21 | 27,00 | 30,46 |
| **Ö35** | 43,27 | 26,42 | 0,00 | 30,62 | 20,83 | 15,95 | 25,77 | 31,47 |
| **Ö43** | 9,39 | 20,64 | 30,62 | 0,00 | 19,81 | 21,71 | 17,06 | 27,81 |
| **Ö47** | 16,98 | 18,61 | 20,83 | 19,81 | 0,00 | 24,97 | 15,45 | 33,55 |
| **Ö76** | 32,04 | 27,21 | 15,95 | 21,71 | 24,97 | 0,00 | 32,92 | 20,77 |
| **Ö95** | 21,74 | 27,00 | 25,77 | 17,06 | 15,45 | 32,92 | 0,00 | 33,52 |
| **Ö101** | 45,77 | 30,46 | 31,47 | 27,81 | 33,55 | 20,77 | 33,52 | 0,00 |

#### 4.4.3.3 Minkowski (3.Dereceden) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek, 3. Dereceden Minkowski Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuştur. Çalışmamızın uzaklık fonksiyonları başlığı altında detaylı olarak açıkladığımız Minkowski Uzaklık Fonksiyonunda $\lambda = 3$ alınarak, çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu 3. Dereceden Minkowski Uzaklık Matrisi Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 14 Minkowski (3.Der.) Uzaklık Fonk. çıktısı - Örn.(1) Uzaklık Matrisi(3)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 4,42 | 4,70 | 2,34 | 2,99 | 3,98 | 3,43 | 4,72 |
| **Ö21** | 4,42 | 0,00 | 3,79 | 3,43 | 3,32 | 3,81 | 3,74 | 3,99 |
| **Ö35** | 4,70 | 3,79 | 0,00 | 3,92 | 3,65 | 3,03 | 3,68 | 4,10 |
| **Ö43** | 2,34 | 3,43 | 3,92 | 0,00 | 3,05 | 3,49 | 3,10 | 3,90 |
| **Ö47** | 2,99 | 3,32 | 3,65 | 3,05 | 0,00 | 3,57 | 2,88 | 4,17 |
| **Ö76** | 3,98 | 3,81 | 3,03 | 3,49 | 3,57 | 0,00 | 4,34 | 3,58 |
| **Ö95** | 3,43 | 3,74 | 3,68 | 3,10 | 2,88 | 4,34 | 0,00 | 4,18 |
| **Ö101** | 4,72 | 3,99 | 4,10 | 3,90 | 4,17 | 3,58 | 4,18 | 0,00 |

#### 4.4.3.4 Minkowski (4.Dereceden) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek, 4. Dereceden Minkowski Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuştur. Çalışmamızın uzaklık fonksiyonları başlığı altında detaylı olarak açıkladığımız Minkowski Uzaklık Fonksiyonunda $\lambda = 4$ alınarak, çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu 4. Dereceden Minkowski Uzaklık Matrisi Çizelge 4.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 15 Minkowski (4.Der.) Uzaklık Fonk. çıktısı - Örn.(1) Uzaklık Matrisi(4)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 3,87 | 4,00 | 2,08 | 2,59 | 3,38 | 2,99 | 4,01 |
| **Ö21** | 3,87 | 0,00 | 3,34 | 3,05 | 2,99 | 3,33 | 3,23 | 3,46 |
| **Ö35** | 4,00 | 3,34 | 0,00 | 3,34 | 3,42 | 2,74 | 3,17 | 3,60 |
| **Ö43** | 2,08 | 3,05 | 3,34 | 0,00 | 2,57 | 3,09 | 2,75 | 3,44 |
| **Ö47** | 2,59 | 2,99 | 3,42 | 2,57 | 0,00 | 3,06 | 2,49 | 3,59 |
| **Ö76** | 3,38 | 3,33 | 2,74 | 3,09 | 3,06 | 0,00 | 3,87 | 3,27 |
| **Ö95** | 2,99 | 3,23 | 3,17 | 2,75 | 2,49 | 3,87 | 0,00 | 3,61 |
| **Ö101** | 4,01 | 3,46 | 3,60 | 3,44 | 3,59 | 3,27 | 3,61 | 0,00 |

#### 4.4.3.5 Block Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek Block Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Block Uzaklık Matrisi Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 16 Block Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(5)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 17,96 | 19,18 | 7,99 | 12,46 | 17,62 | 13,58 | 22,18 |
| **Ö21** | 17,96 | 0,00 | 15,12 | 12,78 | 11,39 | 15,51 | 15,35 | 16,37 |
| **Ö35** | 19,18 | 15,12 | 0,00 | 17,03 | 12,28 | 11,31 | 14,31 | 17,35 |
| **Ö43** | 7,99 | 12,78 | 17,03 | 0,00 | 14,73 | 13,32 | 11,44 | 15,12 |
| **Ö47** | 12,46 | 11,39 | 12,28 | 14,73 | 0,00 | 15,26 | 10,76 | 17,18 |
| **Ö76** | 17,62 | 15,51 | 11,31 | 13,32 | 15,26 | 0,00 | 16,15 | 11,96 |
| **Ö95** | 13,58 | 15,35 | 14,31 | 11,44 | 10,76 | 16,15 | 0,00 | 17,34 |
| **Ö101** | 22,18 | 16,37 | 17,35 | 15,12 | 17,18 | 11,96 | 17,34 | 0,00 |

#### 4.4.3.6 Chebychev Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek Chebychev Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Chebychev Uzaklık Matrisi Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 17 Chebychev Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(6)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 3,18 | 2,76 | 1,59 | 2,13 | 2,59 | 2,31 | 2,89 |
| **Ö21** | 3,18 | 0,00 | 2,69 | 2,69 | 2,65 | 2,69 | 2,65 | 2,83 |
| **Ö35** | 2,76 | 2,69 | 0,00 | 2,38 | 3,31 | 2,55 | 2,38 | 2,83 |
| **Ö43** | 1,59 | 2,69 | 2,38 | 0,00 | 2,02 | 2,59 | 2,31 | 2,83 |
| **Ö47** | 2,13 | 2,65 | 3,31 | 2,02 | 0,00 | 2,38 | 1,83 | 2,83 |
| **Ö76** | 2,59 | 2,69 | 2,55 | 2,59 | 2,38 | 0,00 | 3,40 | 2,83 |
| **Ö95** | 2,31 | 2,65 | 2,38 | 2,31 | 1,83 | 3,40 | 0,00 | 2,83 |
| **Ö101** | 2,89 | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 0,00 |

#### 4.4.3.7 Pearson Yakınlık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek Pearson Yakınlık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Pearson Yakınlık Matrisi Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 18 Pearson Yakınlık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(7)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 1,00 | 0,25 | 0,00 | 1,00 | 0,74 | 0,26 | 0,72 | 0,11 |
| **Ö21** | 0,25 | 1,00 | 0,51 | 0,50 | 0,54 | 0,38 | 0,21 | 0,49 |
| **Ö35** | 0,00 | 0,51 | 1,00 | 0,03 | 0,52 | 0,78 | 0,49 | 0,46 |
| **Ö43** | 1,00 | 0,50 | 0,03 | 1,00 | 0,23 | 0,31 | 0,62 | 0,35 |
| **Ö47** | 0,74 | 0,54 | 0,52 | 0,23 | 1,00 | 0,21 | 0,61 | 0,18 |
| **Ö76** | 0,26 | 0,38 | 0,78 | 0,31 | 0,21 | 1,00 | 0,05 | 0,72 |
| **Ö95** | 0,72 | 0,21 | 0,49 | 0,62 | 0,61 | 0,05 | 1,00 | 0,32 |
| **Ö101** | 0,11 | 0,49 | 0,46 | 0,35 | 0,18 | 0,72 | 0,32 | 1,00 |

#### 4.4.3.8 Cosine Yakınlık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek Cosine Yakınlık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Cosine Yakınlık Matrisi Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 19 Cosine Yakınlık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(8)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 1,00 | 0,18 | 0,00 | 1,00 | 0,69 | 0,25 | 0,60 | 0,09 |
| **Ö21** | 0,18 | 1,00 | 0,45 | 0,42 | 0,53 | 0,32 | 0,32 | 0,44 |
| **Ö35** | 0,00 | 0,45 | 1,00 | 0,02 | 0,48 | 0,77 | 0,41 | 0,44 |
| **Ö43** | 1,00 | 0,42 | 0,02 | 1,00 | 0,18 | 0,30 | 0,51 | 0,33 |
| **Ö47** | 0,69 | 0,53 | 0,48 | 0,18 | 1,00 | 0,16 | 0,61 | 0,13 |
| **Ö76** | 0,25 | 0,32 | 0,77 | 0,30 | 0,16 | 1,00 | 0,01 | 0,70 |
| **Ö95** | 0,60 | 0,32 | 0,41 | 0,51 | 0,61 | 0,01 | 1,00 | 0,28 |
| **Ö101** | 0,09 | 0,44 | 0,44 | 0,33 | 0,13 | 0,70 | 0,28 | 1,00 |

#### 4.4.3.9 Ki-Kare (Chi-Square) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek Ki-Kare Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Ki-Kare Uzaklık Matrisi Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 20 Ki-Kare Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(9)

| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 8,36 | 17,94 | 2,93 | 10,03 | 13,91 | 16,22 | 6,79 |
| **Ö21** | 8,36 | 0,00 | 10,16 | 6,93 | 3,96 | 7,90 | 9,45 | 5,61 |
| **Ö35** | 17,94 | 10,16 | 0,00 | 16,64 | 9,09 | 4,61 | 4,92 | 12,82 |
| **Ö43** | 2,93 | 6,93 | 16,64 | 0,00 | 9,04 | 12,84 | 15,04 | 5,22 |
| **Ö47** | 10,03 | 3,96 | 9,09 | 9,04 | 0,00 | 7,20 | 8,31 | 7,06 |
| **Ö76** | 13,91 | 7,90 | 4,61 | 12,84 | 7,20 | 0,00 | 5,76 | 9,33 |
| **Ö95** | 16,22 | 9,45 | 4,92 | 15,04 | 8,31 | 5,76 | 0,00 | 12,12 |
| **Ö101** | 6,79 | 5,61 | 12,82 | 5,22 | 7,06 | 9,33 | 12,12 | 0,00 |

#### 4.4.3.10 Fi-Kare (Phi-Square) Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Çizelge 4.11'deki 8x13 boyutlu Örneklem(1) veri matrisi, SPSS 23.0 yazılımı yardımıyla, veriler normalize edilerek Fi-Kare Uzaklık Fonksiyonuna girdi olarak sunulmuş ve çıktı olarak elde edilen 8x8 boyutlu Fi-Kare Uzaklık Matrisi Çizelge 4.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 21 Fi-Kare Uzaklık Fonksiyonu çıktısı - Örneklem(1) Uzaklık Matrisi(10)

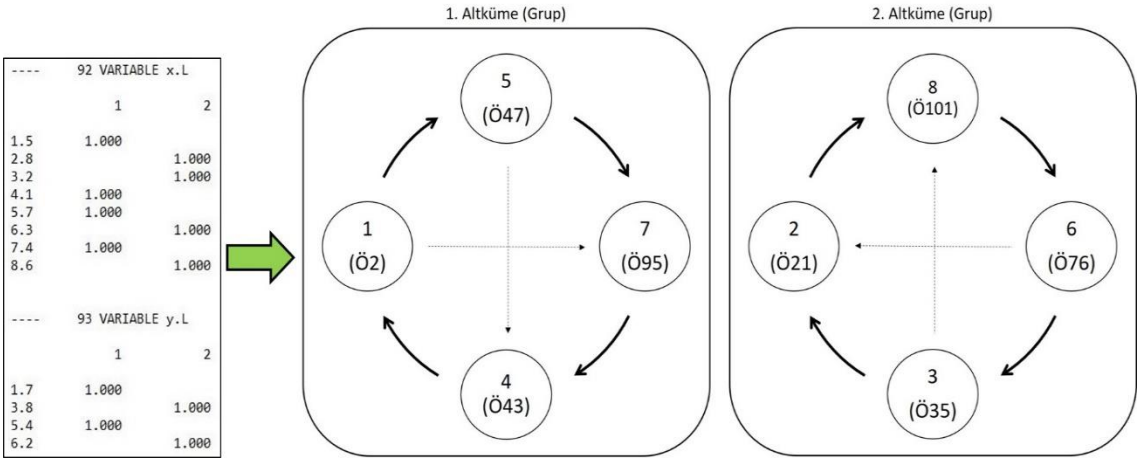
| $c_{ij}$ | Ö2 | Ö21 | Ö35 | Ö43 | Ö47 | Ö76 | Ö95 | Ö101 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö2** | 0,00 | 0,17 | 0,38 | 0,06 | 0,20 | 0,31 | 0,34 | 0,14 |
| **Ö21** | 0,17 | 0,00 | 0,23 | 0,14 | 0,09 | 0,20 | 0,22 | 0,13 |
| **Ö35** | 0,38 | 0,23 | 0,00 | 0,35 | 0,20 | 0,12 | 0,12 | 0,30 |
| **Ö43** | 0,06 | 0,14 | 0,35 | 0,00 | 0,18 | 0,29 | 0,32 | 0,11 |
| **Ö47** | 0,20 | 0,09 | 0,20 | 0,18 | 0,00 | 0,18 | 0,19 | 0,16 |
| **Ö76** | 0,31 | 0,20 | 0,12 | 0,29 | 0,18 | 0,00 | 0,15 | 0,24 |
| **Ö95** | 0,34 | 0,22 | 0,12 | 0,32 | 0,19 | 0,15 | 0,00 | 0,29 |
| **Ö101** | 0,14 | 0,13 | 0,30 | 0,11 | 0,16 | 0,24 | 0,29 | 0,00 |

### 4.4.4 Aynı Örneklemden Elde Edilen Farklı Uzaklık Matrislerinin Geliştirdiğimiz Model ile Çözümü ve Sonuçların Karşılaştırılması

Aynı veri matrisinden, 10 farklı uzaklık fonksiyonu ile elde edilmiş 10 farklı uzaklık matrisi yukarıdaki tablolarda gösterildiği gibidir. 10 farklı uzaklık matrisi sırasıyla geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama problemi modeli ile birlikte GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımı ile çözülmüştür. 8 öğrenciden alınan psikoteknik veriler doğrultusunda, birbirine en çok benzeyen öğrenciler aynı odaya gelecek şekilde, 2 odaya, her odaya 4 öğrenci atanarak kümelenmiştir ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

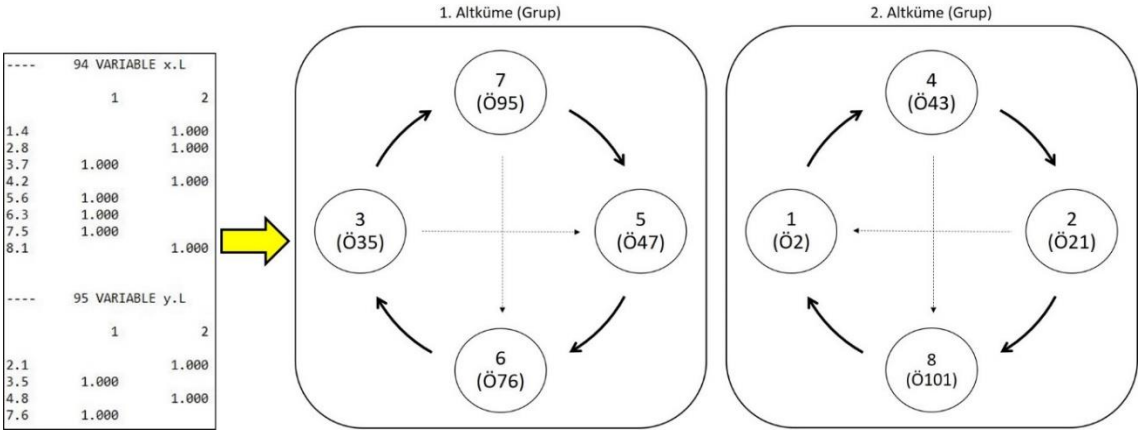
Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev, Pearson, Cosine uzaklık ve yakınlık fonksiyonları kriterler arası etkileşimi dikkate almayan fonksiyonlardır ve aynı örneklemden üretilen çıktılarının modelimiz ile birlikte çözülmesi sonucunda kendi içlerinde birebir aynı sonuçlar alınmıştır. Kriterler arası etkileşimi dikkate almayan fonksiyonlar için, modelimizi çözümlemesi amacıyla

kullanılan GAMS yazılımı çıktıları ve çıktıların görselleştirilmiş halleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir.




Şekil 4. 18 Kriterler arası etkileşimi dikkate almayan uzaklık fonksiyonu çıktıları

Ki-Kare ve Fi-Kare uzaklık fonksiyonları, kriterler arası etkileşimi dikkate alan fonksiyonlardır ve aynı örneklemden üretilen çıktılarının modelimiz ile birlikte çözülmesi sonucunda kendi içlerinde birebir aynı sonuçlar alınmıştır. Modelimizi çözümlemesi için kullanılan GAMS yazılımı çıktıları ve çıktıların görselleştirilmiş halleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.




Şekil 4. 19 Kriterler arası etkileşimi dikkate alan uzaklık fonksiyonu çıktıları

Buna ek olarak Öklid, Karesel Öklid, 3. Derece Minkowski, 4. Derece Minkowski, Block, Chebychev uzaklık fonksiyonları olarak uzaklık/benzemezlik verisi üretmektedir ve bu çıktılar modelimizin amaç fonksiyonunun minimizasyon olduğu hali korunarak modelimiz ile birlikte çözülmüştür. Benzer şekilde Pearson ve Cosine uzaklık fonksiyonları çıktı olarak yakınlık/benzerlik verisi üretmektedir ve bu çıktılar modelimizin amaç fonksiyonunun maksimizasyon olarak değiştirildiği haliyle modelimiz ile birlikte

çözülmüştür. Seçilen uzaklık fonksiyonunun çıktı türü ile modelimizin amaç yönü uyumlu hale getirilerek elde edilen sonuçlar arasında da tam uyum elde edilmiştir.

Aynı örneklem veri matrisinin 10 farklı uzaklık fonksiyonuna girdi olarak sunulması ile elde edilen 10 farklı uzaklık matrisinin, geliştirdiğimiz model ile birlikte çözülmesi sonucunda ulaşılan tüm sonuçlar Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 22 Aynı örneklemden alınan farklı uzaklık fonk. çıktılarının kümelenmesi

| Uzaklık Fonksiyonu | 1.Altküme Atamaları | 2.Altküme Atamaları | Model Z Değeri | Beklenen Değer E(Z) | İyileştirme Oranı (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Öklid | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 54,4 | 60,38 | 9,90 |
| Karesel Öklid | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 252,71 | 312 | 19,00 |
| Minkowski (3.der.) | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 40,09 | 44,27 | 9,44 |
| Minkowski (4.der.) | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 35,21 | 38,71 | 9,04 |
| Block | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 158,58 | 177,01 | 10,41 |
| Chebychev | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 28,61 | 31,26 | 8,48 |
| Pearson | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 7,26 | 4,97 | 46,08 |
| Cosine | Ö2-Ö43-Ö47-Ö95 | Ö21-Ö35-Ö76-Ö101 | 6,71 | 4,55 | 47,47 |
| Chi-Kare | Ö35-Ö47-Ö76-Ö95 | Ö2-Ö21-Ö43-Ö101 | 75,73 | 111,52 | 32,09 |
| Phi-Kare | Ö35-Ö47-Ö76-Ö95 | Ö2-Ö21-Ö43-Ö101 | 1,71 | 2,47 | 30,77 |

Çizelge 4.22'de ilk 6 satır (yeşil renk) kriterler arası etkileşimi dikkate almayan ve uzaklık verisi üreten fonksiyonlar ile elde edilmiş sonuçlardır. 7. ve 8. satırlar (altı çizgili) ise kriterler arası etkileşimi dikkate almayan ve yakınlık verisi üreten fonksiyonlar ile elde edilmiş sonuçlardır. Son 2 satır (sarı renk) ise kriterler arası etkileşimi dikkate alan ve uzaklık verisi üreten fonksiyonlar ile elde edilmiş sonuçlardır. İlk 8 satırdaki yöntem ile aynı veri matrisinden elde edilen farklı uzaklık matrislerinin modelimiz ile çözümünde çıktılar kendi içinde tam uyum göstermiştir. Benzer şekilde, son 2 satırdaki yöntem ile aynı veri matrisinden elde edilen farklı uzaklık matrislerinin modelimiz ile çözümünde çıktılar kendi içinde tam uyum göstermiştir.

Çizelge 4.22'de bulunan "Model Z Değeri", geliştirdiğimiz modelin, tam sayılı doğrusal programlama yardımıyla (GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı) çözümünden alınan değerlerdir. "Beklenen Değer E(Z)" değerleri ise, veri matrisinin uzaklık fonksiyonuna sokulması sonucu elde edilen uzaklık matrisi tablosunda bulunan tüm elemanların ortalamasının, gerçekleşecek olan atama sayısı ile çarpılması sonucunda bulunmuştur, 10 farklı uzaklık matrisinin her biri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

İyileştirme oranları, uzaklık verisi üreten fonksiyonlar için; [(Beklenen Değer E(Z)) – (Model Z Değeri)] / (Beklenen Değer E(Z)) oranının yüzdeleştirilmesi ile ayrıca yakınlık verisi üreten fonksiyonlar için; [(Model Z Değeri) – (Beklenen Değer E(Z))] / (Beklenen Değer E(Z)) oranının yüzdeleştirilmesi ile bulunmuştur. Çünkü uzaklık verisi üreten fonksiyonlar kullanıldığında (Model Z Değeri) < (Beklenen Değer E(Z)) olması ayrıca yakınlık verisi üreten fonksiyonlar kullanıldığında (Model Z Değeri) > (Beklenen Değer E(Z)) olması, beklenen ve amaçladığımız bir durumdur.

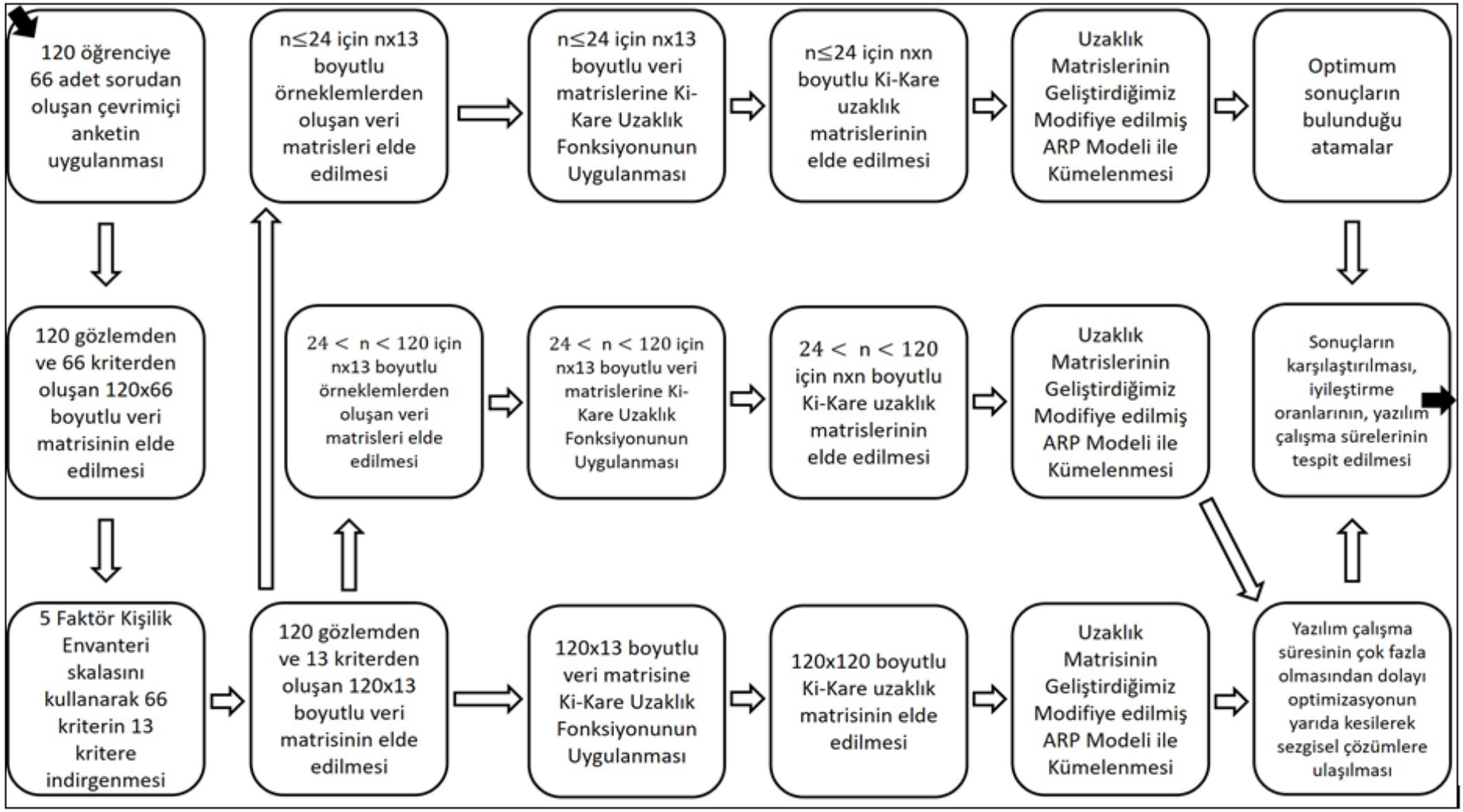
Toparlamak gerekirse, aynı veri matrisini kullanarak, farklı uzaklık fonksiyonlarından elde edilen uzaklık matrislerinin, sırasıyla geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modeli yardımıyla, gözlemlerin kümelenmesi sonucunda, seçilen uzaklık fonksiyonunun kriterler arası etkileşimi dikkate alıp almamasına göre, aynı sonuçları elde etmekteyiz. Burada vermemiz gereken en önemli karar, kriterler arası etkileşimi dikkate alan ya da dikkate almayan uzaklık fonksiyonlarından hangisini seçeceğimiz olmalıdır.

# BÖLÜM 5

## GELİŞTİRİLEN MODELİN UYGULANMASI: BİRBİRLERİNE BENZER KİŞİLİK ENVANTERLERİNE SAHİP YURT ÖĞRENCİLERİNİN AYNI ODALARA ATANMASI

Uygulama yaptığımız konunun başlığına daha geniş bir perspektiften bakarsak, bu başlığı, çok boyutlu gözlemlerin, altkümelerin eleman sayılarının tarafımızca belirlenebileceği şekilde, kümelenmesi olarak da yorumlayabiliriz. Kümelemeden kastımız ise aynı kümeleme analizi (cluster analysis) yönteminde olduğu gibi, birbirlerine en benzer olanların, bir benzerlik bütünü oluşturacak şekilde, optimum olarak aynı altkümelere atanmasıdır. Geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelini kullanarak gerçekleştireceğimiz, alternatif kümeleme analizi yaklaşımının, klasik kümeleme analizinden en önemli farkı, oluşacak altkümelerin eleman sayılarının tarafımızca belirlenebilmesidir.

Çalışmamızın bu kısmında yaptığımız işlemlerin aşamalarını ve ulaştığımız sonuçları daha iyi aktarabilmek adına aşağıdaki iş akış şemasını içeren Şekiş 5.1'i inceleyelim.




Şekil 5. 1 Uygulamamızın ana hatlarını gösteren iş akış şeması

## 5.1 Verilerin Toplanması ve Veri Matrisinin Oluşturulması

Çalışmamızın örnek uzayını, İstanbul ve Kırklareli şehirlerinde bulunan iki farklı yarı özel öğrenci yurdunda kalan 120 kız öğrenci oluşturmaktadır. Veriler bu yurtlarda bulunan öğrencilerin de yardımıyla, 66 sorudan oluşan çevrimiçi anket üzerinden toplanmıştır. Kullandığımız 66 sorudan oluşan anket EK(A)'da verilmiştir.

Bu tezde kullanılan 5 Faktör Kişilik Envanteri ölçeğinde, öğrencileri sıkmadan, onlardan tutarlı cevaplar alabilmek adına, Goldberg'in (1992) hazırladığı, diğer 5 Faktör Modeli tabanlı ölçeklere göre daha kısa süren 50 soruluk versiyonu kullanılmıştır [10]. Bu versiyonun seçilmesinin diğer bir sebebi de Goldberg'in kendi internet sitesinde yayınladığı genel kullanım iznidir [11]. Çalışmamızda kullanılan Goldberg'in Beş Faktör Modeli Tabanlı Örnek Ölçek'inin [12] Türkçe çevirisi aynı zamanda Ödemiş'in (2011) çalışmasında da kullanılmıştır [9]. Ödemiş (2011) de kendi çalışmasında, Goldberg'in kendi internet sitesinde de yayınladığı genel kullanım izninden bahsetmiştir.

Çalışmamızın 2.5 başlığı altında, 5 Faktör Modeli altboyutları ile buna ek bazı kriterlerin, çalışmanın yapıldığı alana bağlı olarak, bir arada kullanıldığı çalışmalardan bahsettik. Biz de yaptığımız çalışmada, 50 sorudan oluşan ve 5 Faktör Modeli alt boyutlarını şekillendiren kriterlere ek olarak, duruma özgü, yurt öğrencilerini tanımlayan, örnek uzayları üniversite öğrencileri olan diğer literatür çalışmalarında kullanılmış, yurt müdürleri ve yurt öğrencileri ile yaptığımız toplantılar sonucunda geliştirdiğimiz, 16 ek soru ile belirlenecek 8 adet ek kriter belirledik. Ek sorularımızın bir kısmını, 5 Faktör Kişilik envanteri skalasına paralel bir yöntemle oluşturduk. Yani aynı kritere hitap eden soruların, sistematik bir şekilde, sırayla, negatif ve pozitif puanlı zıt soruların sorulması ile elde ettik. 66 kriterimiz de kesikli nicel verilerden oluşmaktadır. 60 adet sorudan oluşan kısım ise beşli likert ölçeği olarak bilinen yöntemle hazırlanmıştır ve puanlamaları Çizelge 5.1'deki gibidir.

Çizelge 5. 1 Beş Faktör Modeli boyutlarını içeren anketin skalası

| Soruya alınan yanıt | Pozitif Yönlü Sorular için Skala Puanları | Negatif Yönlü Sorular için Skala Puanları |
|---|---|---|
| Kesinlikle Katılıyorum | +5 | -5 |
| Katılıyorum | +4 | -4 |
| Kısmen Katılıyorum | +3 | -3 |
| Katılmıyorum | +2 | -2 |
| Kesinlikle Katılmıyorum | +1 | -1 |

Ayrıca EK(A)'da verilen anketimizin, Beş Faktör Modeli yaklaşımı barındıran ilk 50 soru üzerinden, 5 adet kriterimizin değerleri Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'de verilen skala yardımı ile hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 2 Beş Faktör Modeli boyutlarını içeren anketin soru dağılımı

| Kriter | Pozitif Yönlü Sorular | Negatif Yönlü Sorular |
|---|---|---|
| Dışadönüklük | 1-5 | 6-10 |
| Sorumluluk | 11-15 | 16-20 |
| Duygusal Denge | 21-25 | 26-30 |
| Uyumluluk | 31-35 | 36-40 |
| Gelişime Açıklık | 41-45 | 46-50 |

Ayrıca duruma özgü, yurt öğrencilerini tanımlayan, örnek uzayları üniversite öğrencileri olan diğer literatür çalışmalarında kullanılmış, yurt müdürleri ve yurt öğrencileri ile yaptığımız toplantılar sonucunda geliştirdiğimiz, 16 ek soru ile belirlediğimiz ek 8 kriter aşağıdaki gibidir. Bu ek 16 sorunun 6 tanesi kapalı uçlu soru, 10 tanesi ise 5 Faktör Kişilik Envanterine ek olarak oluşturduğumuz, benzer formatta olan sorulardan oluşmaktadır.

Çizelge 5. 3 Anketteki ek kriterlerin soru dağılımı

| Ek Kriter | Sorular |
|---|---|
| Yaş | Kapalı uçlu soru - 1 |
| Üniversiteye giriş puanı | Kapalı uçlu soru - 2 |
| Sınıf | Kapalı uçlu soru - 3 |
| Öğretim türü (1.Ö./2.Ö.) | Kapalı uçlu soru - 4 |
| Not ortalaması | Kapalı uçlu soru - 5 |
| Aylık Gelir | Kapalı uçlu soru - 6 |
| Uyku Hassasiyeti | 51-60 |
| Ortak Eşya Kullanımı | 51-60 |

Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizgelge 5.3'te bahsettiğimiz skalanın, 120 gözlem ve 66 kriterden oluşan 120x66 boyutlu veri matrisimize uygulanması sonucunda, kriter sayısı 13'e indirgenerek, 120x13 boyutlu veri matrisimiz elde edilmiştir. Bazı uzaklık fonksiyonlarının, negatif sayıları girdi olarak kabul etmemesinden dolayı, her bir kriter sütununa, o kriterin alabileceği en küçük negatif değerin mutlak değeri eklenerek, değerler pozitifleştirilmiştir. Elde edeceğimiz verileri kümeleme amaçlı kullanacağımız için, pozitifleştirme işleminde hangi yöntemin kullanılacağının, kümeleme işlemini etkilememesi beklenen bir durumdur.

Beş Faktör Modeli kriterlerine eklediğimiz duruma özgü diğer kriterler ile oluşturduğumuz veri matris, Ki-Kare (Chi-Square) ve Fi-Kare (Phi-Square) gibi kriterler arası etkileşimi dikkate alan ve bu etkiyi devre dışı bırakan uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak sunulacağından, seçilen kriterlerin birarada kullanılmasının uygunluğu için ayrı bir çalışma yapmamıza gerek kalmamaktadır.

2 farklı yarı özel öğrenci yurdunda kalan üniversite öğrencilerinden elde ettiğimiz 120 gözlemden oluşan ve 13 kriterli veri matrisimiz Çizgelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. 4 Veri Matrisi (120 gözlem ve 13 kriter)

| # | Kr.1 | Kr.2 | Kr.3 | Kr.4 | Kr.5 | Kr.6 | Kr.7 | Kr.8 | Kr.9 | Kr.10 | Kr.11 | Kr.12 | Kr.13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 418 | 1 | 1 | 3 | 950 | 4 | 6 | 9 | 11 | 11 | 11 | 4 |
| 2 | 23 | 310 | 3 | 1 | 2,08 | 1000 | 17 | 2 | 17 | 2 | 22 | 11 | 3 |
| 3 | 19 | 400 | 1 | 1 | 3 | 400 | 9 | 7 | 12 | 3 | 13 | 12 | 4 |
| 4 | 22 | 477 | 4 | 1 | 2,9 | 700 | 17 | 1 | 13 | 4 | 16 | 8 | 5 |
| 5 | 23 | 434 | 4 | 2 | 1,87 | 700 | 10 | 7 | 15 | 7 | 17 | 10 | 4 |
| 6 | 21 | 450 | 4 | 1 | 3,17 | 1100 | 10 | 8 | 14 | 10 | 16 | 9 | 8 |
| 7 | 21 | 469 | 4 | 1 | 3,58 | 300 | 4 | 17 | 0 | 17 | 7 | 11 | 5 |
| 8 | 21 | 444 | 4 | 1 | 3,15 | 500 | 6 | 8 | 15 | 7 | 17 | 2 | 4 |
| 9 | 24 | 390 | 3 | 1 | 2,58 | 900 | 8 | 9 | 11 | 3 | 15 | 12 | 6 |
| 10 | 22 | 433 | 4 | 1 | 2,55 | 600 | 13 | 3 | 11 | 4 | 18 | 13 | 8 |
| 11 | 20 | 515 | 2 | 1 | 3,63 | 1000 | 8 | 11 | 2 | 17 | 5 | 8 | 4 |
| 12 | 20 | 469 | 2 | 1 | 3 | 1200 | 8 | 12 | 4 | 16 | 6 | 10 | 4 |
| 13 | 23 | 485 | 4 | 1 | 2,7 | 300 | 7 | 9 | 10 | 7 | 13 | 7 | 6 |
| 14 | 21 | 430 | 2 | 1 | 2,36 | 450 | 5 | 14 | 5 | 11 | 9 | 10 | 3 |
| 15 | 19 | 390 | 1 | 1 | 3 | 300 | 13 | 5 | 10 | 11 | 14 | 12 | 3 |
| 16 | 21 | 445 | 3 | 1 | 2,8 | 330 | 11 | 6 | 5 | 11 | 11 | 5 | 3 |
| 17 | 22 | 464 | 4 | 1 | 2,85 | 700 | 8 | 4 | 12 | 0 | 16 | 9 | 5 |
| 18 | 19 | 442 | 2 | 1 | 2,79 | 850 | 7 | 7 | 8 | 11 | 13 | 4 | 5 |
| 19 | 21 | 314 | 4 | 1 | 2,4 | 800 | 13 | 11 | 5 | 12 | 0 | 11 | 6 |
| 20 | 21 | 465 | 2 | 1 | 2,6 | 600 | 9 | 5 | 7 | 9 | 11 | 5 | 2 |
| 21 | 17 | 360 | 1 | 1 | 3 | 600 | 14 | 7 | 9 | 10 | 18 | 10 | 2 |
| 22 | 23 | 499 | 4 | 1 | 3,05 | 1150 | 6 | 8 | 9 | 8 | 16 | 5 | 7 |
| 23 | 20 | 271 | 1 | 1 | 3 | 200 | 11 | 5 | 14 | 5 | 15 | 7 | 4 |

Çizelge 5. 4 Veri Matrisi (120 gözlem ve 13 kriter) (devam)

| # | Kr.1 | Kr.2 | Kr.3 | Kr.4 | Kr.5 | Kr.6 | Kr.7 | Kr.8 | Kr.9 | Kr.10 | Kr.11 | Kr.12 | Kr.13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 19 | 300 | 2 | 2 | 2,75 | 330 | 12 | 4 | 11 | 14 | 12 | 4 | 6 |
| 25 | 19 | 410 | 1 | 1 | 3 | 1200 | 10 | 7 | 11 | 11 | 16 | 5 | 6 |
| 26 | 21 | 455 | 3 | 1 | 3,2 | 350 | 9 | 7 | 13 | 13 | 18 | 9 | 2 |
| 27 | 19 | 533 | 2 | 1 | 3,85 | 430 | 9 | 9 | 9 | 8 | 13 | 10 | 4 |
| 28 | 21 | 468 | 4 | 1 | 2,71 | 900 | 4 | 10 | 12 | 6 | 15 | 11 | 4 |
| 29 | 23 | 456 | 4 | 1 | 2,61 | 750 | 12 | 3 | 13 | 7 | 17 | 10 | 7 |
| 30 | 22 | 505 | 4 | 1 | 3,7 | 400 | 9 | 5 | 15 | 10 | 18 | 4 | 4 |
| 31 | 20 | 472 | 2 | 1 | 2,6 | 600 | 7 | 10 | 5 | 16 | 10 | 9 | 6 |
| 32 | 21 | 281 | 3 | 1 | 1,5 | 330 | 11 | 5 | 9 | 8 | 16 | 9 | 5 |
| 33 | 22 | 458 | 4 | 1 | 2,35 | 750 | 8 | 3 | 11 | 7 | 21 | 11 | 4 |
| 34 | 20 | 415 | 2 | 1 | 2,8 | 1000 | 9 | 4 | 13 | 6 | 19 | 9 | 4 |
| 35 | 22 | 497 | 3 | 1 | 2,46 | 330 | 9 | 12 | 7 | 10 | 14 | 11 | 6 |
| 36 | 21 | 472 | 4 | 1 | 2,8 | 800 | 6 | 8 | 12 | 9 | 9 | 9 | 4 |
| 37 | 21 | 418 | 4 | 1 | 3,1 | 1100 | 15 | 6 | 11 | 11 | 15 | 8 | 5 |
| 38 | 21 | 409 | 2 | 1 | 3,01 | 1200 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 12 | 5 |
| 39 | 24 | 270 | 4 | 1 | 2,05 | 1000 | 9 | 10 | 5 | 15 | 10 | 11 | 5 |
| 40 | 19 | 400 | 1 | 1 | 3 | 800 | 9 | 11 | 7 | 10 | 12 | 12 | 6 |
| 41 | 23 | 460 | 4 | 1 | 3,12 | 1000 | 3 | 12 | 7 | 15 | 11 | 9 | 4 |
| 42 | 19 | 427 | 1 | 1 | 3 | 900 | 12 | 5 | 7 | 10 | 16 | 9 | 5 |
| 43 | 20 | 350 | 3 | 1 | 3,16 | 1000 | 11 | 5 | 16 | 4 | 21 | 9 | 3 |
| 44 | 21 | 508 | 3 | 1 | 2,38 | 600 | 9 | 8 | 5 | 14 | 10 | 8 | 5 |
| 45 | 19 | 374 | 1 | 1 | 3 | 700 | 6 | 7 | 11 | 13 | 15 | 8 | 7 |
| 46 | 19 | 477 | 1 | 1 | 3 | 450 | 4 | 11 | 6 | 13 | 11 | 13 | 4 |
| 47 | 22 | 430 | 2 | 1 | 1,76 | 600 | 16 | 0 | 11 | 9 | 17 | 10 | 5 |
| 48 | 19 | 480 | 2 | 1 | 2 | 900 | 4 | 11 | 11 | 14 | 13 | 9 | 5 |
| 49 | 19 | 298 | 2 | 1 | 1,81 | 250 | 8 | 7 | 7 | 14 | 12 | 13 | 5 |

Çizelge 5. 4 Veri Matrisi (120 gözlem ve 13 kriter) (devam)

| # | Kr.1 | Kr.2 | Kr.3 | Kr.4 | Kr.5 | Kr.6 | Kr.7 | Kr.8 | Kr.9 | Kr.10 | Kr.11 | Kr.12 | Kr.13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 21 | 469 | 4 | 1 | 2,51 | 750 | 10 | 2 | 15 | 7 | 21 | 6 | 6 |
| 51 | 19 | 492 | 1 | 1 | 3 | 750 | 2 | 20 | 3 | 12 | 6 | 10 | 0 |
| 52 | 19 | 312 | 2 | 1 | 1,88 | 500 | 8 | 10 | 9 | 10 | 12 | 11 | 5 |
| 53 | 21 | 501 | 4 | 1 | 3 | 1100 | 11 | 3 | 15 | 3 | 19 | 11 | 6 |
| 54 | 20 | 256 | 2 | 1 | 2,86 | 330 | 12 | 6 | 9 | 12 | 13 | 10 | 5 |
| 55 | 20 | 490 | 2 | 1 | 3,7 | 500 | 7 | 9 | 8 | 10 | 13 | 8 | 4 |
| 56 | 19 | 375 | 1 | 1 | 3 | 800 | 16 | 2 | 15 | 5 | 19 | 7 | 5 |
| 57 | 24 | 346 | 2 | 1 | 2,85 | 450 | 12 | 8 | 9 | 8 | 14 | 11 | 4 |
| 58 | 18 | 310 | 1 | 1 | 3 | 450 | 13 | 5 | 10 | 13 | 12 | 8 | 4 |
| 59 | 18 | 230 | 1 | 1 | 3 | 400 | 6 | 6 | 7 | 14 | 11 | 7 | 6 |
| 60 | 20 | 246 | 1 | 2 | 3 | 400 | 13 | 10 | 8 | 13 | 11 | 10 | 6 |
| 61 | 20 | 392 | 1 | 1 | 3 | 830 | 13 | 5 | 10 | 12 | 15 | 11 | 5 |
| 62 | 20 | 285 | 1 | 1 | 3 | 400 | 4 | 7 | 11 | 14 | 12 | 9 | 6 |
| 63 | 20 | 447 | 3 | 1 | 2,27 | 800 | 9 | 9 | 16 | 7 | 16 | 12 | 4 |
| 64 | 18 | 220 | 1 | 2 | 3 | 250 | 4 | 10 | 10 | 14 | 12 | 7 | 6 |
| 65 | 21 | 470 | 3 | 1 | 2,5 | 800 | 12 | 6 | 11 | 10 | 17 | 11 | 5 |
| 66 | 19 | 427 | 2 | 1 | 3,6 | 1100 | 0 | 7 | 15 | 9 | 18 | 6 | 6 |
| 67 | 21 | 438 | 4 | 1 | 3,42 | 900 | 8 | 10 | 10 | 12 | 16 | 5 | 5 |
| 68 | 20 | 387 | 0 | 1 | 3 | 750 | 5 | 14 | 6 | 5 | 9 | 5 | 5 |
| 69 | 23 | 432 | 3 | 1 | 2 | 1000 | 5 | 6 | 15 | 4 | 18 | 5 | 1 |
| 70 | 20 | 406 | 3 | 1 | 3,08 | 330 | 13 | 9 | 12 | 10 | 15 | 11 | 7 |
| 71 | 21 | 477 | 4 | 1 | 2,95 | 400 | 9 | 9 | 5 | 14 | 9 | 9 | 6 |
| 72 | 21 | 453 | 3 | 1 | 2,31 | 950 | 6 | 8 | 7 | 11 | 14 | 8 | 3 |
| 73 | 23 | 239 | 1 | 1 | 3 | 650 | 12 | 12 | 2 | 15 | 5 | 0 | 5 |
| 74 | 18 | 418 | 1 | 1 | 3 | 500 | 2 | 16 | 7 | 16 | 5 | 12 | 5 |
| 75 | 23 | 401 | 3 | 1 | 2,02 | 750 | 10 | 6 | 7 | 11 | 14 | 6 | 5 |

Çizelge 5. 4 Veri Matrisi (120 gözlem ve 13 kriter) (devam)

| # | Kr.1 | Kr.2 | Kr.3 | Kr.4 | Kr.5 | Kr.6 | Kr.7 | Kr.8 | Kr.9 | Kr.10 | Kr.11 | Kr.12 | Kr.13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 | 21 | 278 | 3 | 1 | 3,41 | 250 | 8 | 7 | 12 | 7 | 16 | 14 | 8 |
| 77 | 20 | 400 | 1 | 1 | 3 | 1200 | 5 | 9 | 1 | 15 | 10 | 8 | 3 |
| 78 | 20 | 473 | 3 | 1 | 3,58 | 1000 | 5 | 13 | 2 | 17 | 6 | 7 | 2 |
| 79 | 18 | 260 | 1 | 1 | 3 | 300 | 8 | 4 | 10 | 7 | 12 | 6 | 7 |
| 80 | 22 | 470 | 4 | 1 | 2,56 | 400 | 5 | 6 | 6 | 10 | 14 | 6 | 3 |
| 81 | 19 | 466 | 1 | 1 | 3 | 500 | 7 | 11 | 6 | 14 | 8 | 6 | 6 |
| 82 | 20 | 486 | 4 | 1 | 3,07 | 400 | 7 | 10 | 12 | 7 | 15 | 7 | 4 |
| 83 | 18 | 486 | 0 | 1 | 3 | 330 | 4 | 9 | 5 | 10 | 12 | 6 | 3 |
| 84 | 20 | 326 | 2 | 1 | 1,35 | 500 | 7 | 5 | 8 | 6 | 15 | 10 | 6 |
| 85 | 20 | 300 | 1 | 2 | 3 | 360 | 8 | 8 | 9 | 12 | 12 | 10 | 6 |
| 86 | 19 | 205 | 1 | 1 | 3 | 400 | 10 | 8 | 7 | 16 | 10 | 7 | 1 |
| 87 | 18 | 215 | 1 | 1 | 3 | 400 | 7 | 6 | 11 | 9 | 9 | 8 | 5 |
| 88 | 18 | 276 | 2 | 2 | 2,75 | 430 | 10 | 9 | 6 | 13 | 8 | 12 | 6 |
| 89 | 19 | 400 | 1 | 1 | 3 | 400 | 8 | 6 | 9 | 11 | 15 | 6 | 1 |
| 90 | 19 | 270 | 1 | 1 | 3 | 300 | 8 | 6 | 11 | 10 | 14 | 6 | 4 |
| 91 | 21 | 460 | 4 | 1 | 4,2 | 500 | 11 | 2 | 10 | 10 | 18 | 8 | 4 |
| 92 | 21 | 485 | 3 | 1 | 3,15 | 600 | 5 | 11 | 2 | 18 | 8 | 7 | 5 |
| 93 | 19 | 357 | 2 | 1 | 2,65 | 500 | 8 | 9 | 4 | 13 | 13 | 10 | 5 |
| 94 | 20 | 400 | 2 | 1 | 3,05 | 300 | 9 | 7 | 9 | 9 | 12 | 4 | 3 |
| 95 | 22 | 456 | 2 | 1 | 1,74 | 330 | 9 | 5 | 16 | 3 | 18 | 6 | 2 |
| 96 | 18 | 230 | 1 | 1 | 3 | 300 | 9 | 2 | 9 | 7 | 18 | 11 | 6 |
| 97 | 19 | 285 | 1 | 2 | 3 | 500 | 7 | 9 | 7 | 14 | 10 | 8 | 4 |
| 98 | 20 | 318 | 2 | 1 | 2,18 | 500 | 15 | 9 | 13 | 8 | 18 | 12 | 6 |
| 99 | 19 | 264 | 1 | 1 | 3 | 300 | 12 | 1 | 10 | 10 | 10 | 14 | 7 |
| 100 | 22 | 425 | 4 | 1 | 3,06 | 600 | 3 | 10 | 11 | 11 | 9 | 3 | 2 |
| 101 | 20 | 260 | 2 | 2 | 3,3 | 600 | 6 | 7 | 16 | 9 | 13 | 8 | 8 |

Çizelge 5. 4 Veri Matrisi (120 gözlem ve 13 kriter) (devam)

| # | Kr.1 | Kr.2 | Kr.3 | Kr.4 | Kr.5 | Kr.6 | Kr.7 | Kr.8 | Kr.9 | Kr.10 | Kr.11 | Kr.12 | Kr.13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 102 | 19 | 492 | 1 | 1 | 3 | 600 | 7 | 5 | 8 | 10 | 14 | 8 | 4 |
| 103 | 21 | 390 | 3 | 2 | 2,02 | 330 | 5 | 10 | 10 | 11 | 12 | 9 | 4 |
| 104 | 22 | 288 | 3 | 1 | 2,35 | 300 | 7 | 3 | 11 | 11 | 13 | 11 | 4 |
| 105 | 21 | 462 | 4 | 1 | 2,13 | 650 | 7 | 7 | 10 | 10 | 12 | 3 | 8 |
| 106 | 19 | 412 | 1 | 1 | 3 | 300 | 6 | 9 | 10 | 15 | 17 | 7 | 0 |
| 107 | 21 | 350 | 2 | 1 | 2,42 | 1000 | 10 | 6 | 6 | 8 | 11 | 8 | 7 |
| 108 | 21 | 458 | 3 | 1 | 2,97 | 1000 | 9 | 3 | 12 | 6 | 21 | 8 | 8 |
| 109 | 19 | 360 | 1 | 1 | 3 | 400 | 9 | 6 | 1 | 15 | 7 | 10 | 4 |
| 110 | 21 | 449 | 2 | 1 | 1,82 | 600 | 9 | 9 | 4 | 11 | 9 | 12 | 4 |
| 111 | 21 | 430 | 3 | 1 | 3,33 | 800 | 9 | 7 | 9 | 9 | 15 | 10 | 5 |
| 112 | 19 | 485 | 1 | 1 | 3 | 300 | 10 | 4 | 10 | 5 | 17 | 10 | 3 |
| 113 | 18 | 400 | 1 | 1 | 3 | 500 | 9 | 8 | 5 | 15 | 8 | 13 | 6 |
| 114 | 20 | 456 | 2 | 1 | 2,55 | 550 | 6 | 7 | 12 | 4 | 12 | 6 | 5 |
| 115 | 22 | 474 | 2 | 1 | 1,58 | 700 | 11 | 10 | 5 | 7 | 15 | 11 | 6 |
| 116 | 22 | 520 | 4 | 1 | 2,25 | 600 | 7 | 10 | 3 | 11 | 7 | 11 | 4 |
| 117 | 20 | 391 | 2 | 1 | 1,41 | 800 | 11 | 8 | 6 | 13 | 8 | 7 | 8 |
| 118 | 21 | 336 | 2 | 1 | 2,16 | 600 | 6 | 9 | 3 | 15 | 8 | 8 | 5 |
| 119 | 20 | 388 | 2 | 1 | 2,31 | 630 | 4 | 11 | 8 | 9 | 14 | 10 | 2 |
| 120 | 21 | 474 | 3 | 1 | 2,21 | 1000 | 4 | 11 | 10 | 7 | 16 | 5 | 5 |

## 5.2 Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması

Bu kısımda anakütlemizi aşama aşama büyüterek, modelimiz ile çözmek amacıyla, veri matrisimizi aşama aşama büyüterek, aşama aşama büyüyen uzaklık matrisleri elde edeceğiz. Bu şekilde bir yaklaşım sergilememizin sebebi ise, gözlem boyutu büyüdükçe, modelimizi çözmesi amacıyla kullandığımız yazılımın çalışma süresinin çok fazla ve üssel olarak artmasıdır. Bu yaklaşım sayesinde gözlem boyutumuz ile yazılımın çalışma süresi arasındaki ilişkiyi, iyileştirme oranlarını tespit edeceğiz. Geliştirdiğimiz modelin optimum sonuçlar ürettiğini göstermek tezimizin ana amacını oluşturduğu için, optimum sonuca ulaşılabilen en büyük boyutlu gözlemimizi ve yazılımın çalışma süresinin çok üzün sürmesinden dolayı optimizasyon yarıda kesilerek ulaşılmış olan en büyük boyutlu gözlem için bulduğumuz sezgisel çözümleri paylaşacağız. Yaptığımız gözlemlerde 24 boyutlu gözlem için optimum sonuçlara ulaşılmıştır. Gözlem sayısını 28'e çıkarttığımız anda yazılım çalışma süresi 70 saatlere çıkmasına rağmen optimum sonuca ulaşılamayarak optimizasyon yarıda kesilerek, sezgisel çözümlere ulaşılmıştır. Boyutu aşama aşama büyütüp yazılım çalışma süresini incelerken, yazılımın içinde bulunan gizli bir algoritma ile elde edilen, optimum çözüme maksimum uzaklık verisi de, incelediğimiz diğer göstergeler ile birlikte incelenmiştir.

Veri matrisimizi aşama aşama büyütülerek yine aşama aşama büyüyüten uzaklık matrisleri elde edilecektir. Çalışmamızın bu bölümünde, uzaklık matrislerinin elde edilmesinde sadece Ki-Kare uzaklık fonksiyonu kullanmamızın sebebi ise Beş Faktör Modeli kriterleri ile birlikte kullandığımız ek kriterlerin birbirleri ile uyum sorunu oluşturmaması içindir. Çünkü Ki-Kare uzaklık fonksiyonu kriterler arası etkileşimi dikkate alarak bu etkiyi ekarte etmektedir.

### 5.2.1 n≤24 için nxn Boyutlu Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması

Bu kısımda gözlem verilerimizden seçtiğimiz sırasıyla, 8x13, 12x13, 16x13, 20x13 ve 24x13 boyutlu veri matrislerine, SPSS 23.0 istatistik yazılımı yardımıyla Ki-Kare uzaklık fonksiyonunun uygulanması sonucunda yine sırasıyla 8x8, 12x12, 16x16, 20x20 ve 24x24 boyutlu uzaklık matrisleri elde edilmiştir. Belirlenen bu uzaklık matrisleri sırası ile geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelini kullanarak, tam sayılı doğrusal

programlama uygulayabilen GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımı ile çözülecektir. Tablolarımızın çok büyük boyutlu olması ve çok fazla yer kaplamasından dolayı, bu kısımda sadece 24 boyutlu gözlem için yaptığımız tüm aşamaları göstereceğiz fakat sonrasında tüm gözlem boyutları için ulaştığımız sonuçları paylaşacağız ve sonuçları karşılaştıracağız. Optimum sonuca yazılım yardımı ile ulaşabildiğimiz en büyük gözlem sayısı olan 24 gözlemden oluşan veri matrisimiz Çizelge 5.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. 5 Veri matrisi (24 gözlem ve 13 kriter)

| # | Kr1 | Kr2 | Kr3 | Kr4 | Kr5 | Kr6 | Kr7 | Kr8 | Kr9 | Kr10 | Kr11 | Kr12 | Kr13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö1** | 20 | 418 | 1 | 1 | 3 | 950 | 4 | 6 | 9 | 11 | 11 | 11 | 4 |
| **Ö2** | 23 | 310 | 3 | 1 | 2,08 | 1000 | 17 | 2 | 17 | 2 | 22 | 11 | 3 |
| **Ö3** | 19 | 400 | 1 | 1 | 3 | 400 | 9 | 7 | 12 | 3 | 13 | 12 | 4 |
| **Ö4** | 22 | 477 | 4 | 1 | 2,9 | 700 | 17 | 1 | 13 | 4 | 16 | 8 | 5 |
| **Ö5** | 23 | 434 | 4 | 2 | 1,87 | 700 | 10 | 7 | 15 | 7 | 17 | 10 | 4 |
| **Ö6** | 21 | 450 | 4 | 1 | 3,17 | 1100 | 10 | 8 | 14 | 10 | 16 | 9 | 8 |
| **Ö7** | 21 | 469 | 4 | 1 | 3,58 | 300 | 4 | 17 | 0 | 17 | 7 | 11 | 5 |
| **Ö8** | 21 | 444 | 4 | 1 | 3,15 | 500 | 6 | 8 | 15 | 7 | 17 | 2 | 4 |
| **Ö9** | 24 | 390 | 3 | 1 | 2,58 | 900 | 8 | 9 | 11 | 3 | 15 | 12 | 6 |
| **Ö10** | 22 | 433 | 4 | 1 | 2,55 | 600 | 13 | 3 | 11 | 4 | 18 | 13 | 8 |
| **Ö11** | 20 | 515 | 2 | 1 | 3,63 | 1000 | 8 | 11 | 2 | 17 | 5 | 8 | 4 |
| **Ö12** | 20 | 469 | 2 | 1 | 3 | 1200 | 8 | 12 | 4 | 16 | 6 | 10 | 4 |
| **Ö13** | 23 | 485 | 4 | 1 | 2,7 | 300 | 7 | 9 | 10 | 7 | 13 | 7 | 6 |
| **Ö14** | 21 | 430 | 2 | 1 | 2,36 | 450 | 5 | 14 | 5 | 11 | 9 | 10 | 3 |
| **Ö15** | 19 | 390 | 1 | 1 | 3 | 300 | 13 | 5 | 10 | 11 | 14 | 12 | 3 |
| **Ö16** | 21 | 445 | 3 | 1 | 2,8 | 330 | 11 | 6 | 5 | 11 | 11 | 5 | 3 |
| **Ö17** | 22 | 464 | 4 | 1 | 2,85 | 700 | 8 | 4 | 12 | 0 | 16 | 9 | 5 |
| **Ö18** | 19 | 442 | 2 | 1 | 2,79 | 850 | 7 | 7 | 8 | 11 | 13 | 4 | 5 |

Çizelge 5. 5 Veri matrisi (24 gözlem ve 13 kriter) (devam)

| # | Kr1 | Kr2 | Kr3 | Kr4 | Kr5 | Kr6 | Kr7 | Kr8 | Kr9 | Kr10 | Kr11 | Kr12 | Kr13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö19** | 21 | 314 | 4 | 1 | 2,4 | 800 | 13 | 11 | 5 | 12 | 0 | 11 | 6 |
| **Ö20** | 21 | 465 | 2 | 1 | 2,6 | 600 | 9 | 5 | 7 | 9 | 11 | 5 | 2 |
| **Ö21** | 17 | 360 | 1 | 1 | 3 | 600 | 14 | 7 | 9 | 10 | 18 | 10 | 2 |
| **Ö22** | 23 | 499 | 4 | 1 | 3,05 | 1150 | 6 | 8 | 9 | 8 | 16 | 5 | 7 |
| **Ö23** | 20 | 271 | 1 | 1 | 3 | 200 | 11 | 5 | 14 | 5 | 15 | 7 | 4 |
| **Ö24** | 19 | 300 | 2 | 2 | 2,75 | 330 | 12 | 4 | 11 | 14 | 12 | 4 | 6 |

Çizelge 5.5'te bulunan 24 gözlem ve 13 kriterden oluşan 24x13 boyutlu veri matrisine, Ki-Kare uzaklık fonksiyonunun uygulanması sonucunda Çizelge 5.6'daki 24x24 boyutlu Ki-Kare uzaklık matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 5. 6 Ki-Kare uzaklık matrisi (24 gözlem)

| $c_{ij}$ | Ö1 | Ö2 | Ö3 | Ö4 | Ö5 | Ö6 | Ö7 | Ö8 | Ö9 | Ö10 | Ö11 | Ö12 | Ö13 | Ö14 | Ö15 | Ö16 | Ö17 | Ö18 | Ö19 | Ö20 | Ö21 | Ö22 | Ö23 | Ö24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö1** | 0,00 | 6,39 | 10,04 | 7,02 | 5,50 | 2,63 | 14,95 | 9,23 | 3,17 | 7,46 | 3,99 | 3,30 | 14,84 | 9,48 | 12,62 | 12,92 | 6,47 | 3,00 | 5,02 | 7,15 | 5,42 | 2,65 | 12,83 | 9,68 |
| **Ö2** | 6,39 | 0,00 | 12,88 | 9,21 | 8,41 | 5,17 | 18,79 | 12,41 | 5,07 | 9,82 | 9,24 | 7,32 | 18,01 | 13,55 | 15,41 | 16,20 | 9,07 | 7,61 | 7,00 | 11,04 | 8,11 | 6,43 | 14,55 | 12,13 |
| **Ö3** | 10,04 | 12,88 | 0,00 | 5,52 | 5,61 | 10,70 | 7,16 | 3,77 | 9,42 | 4,21 | 9,88 | 12,33 | 5,35 | 3,62 | 3,77 | 4,55 | 5,67 | 8,49 | 11,13 | 4,67 | 5,90 | 10,82 | 4,58 | 4,20 |
| **Ö4** | 7,02 | 9,21 | 5,52 | 0,00 | 3,12 | 7,14 | 11,53 | 5,05 | 6,33 | 2,37 | 7,24 | 9,30 | 10,13 | 6,58 | 8,15 | 8,32 | 3,02 | 5,26 | 8,45 | 3,63 | 3,96 | 7,23 | 8,55 | 5,85 |
| **Ö5** | 5,50 | 8,41 | 5,61 | 3,12 | 0,00 | 5,64 | 11,38 | 4,76 | 4,78 | 2,99 | 6,17 | 7,91 | 10,40 | 5,92 | 8,38 | 8,74 | 3,17 | 3,97 | 7,14 | 3,65 | 2,59 | 5,94 | 8,58 | 5,68 |
| **Ö6** | 2,63 | 5,17 | 10,70 | 7,14 | 5,64 | 0,00 | 16,07 | 9,66 | 2,45 | 7,64 | 5,25 | 4,05 | 15,63 | 10,54 | 13,37 | 13,72 | 6,75 | 3,45 | 4,68 | 8,01 | 5,70 | 2,27 | 13,08 | 9,87 |
| **Ö7** | 14,95 | 18,79 | 7,16 | 11,53 | 11,38 | 16,07 | 0,00 | 8,30 | 15,00 | 10,27 | 13,43 | 16,51 | 4,54 | 5,86 | 5,58 | 4,55 | 11,63 | 13,26 | 15,07 | 9,26 | 11,19 | 15,89 | 6,83 | 7,46 |
| **Ö8** | 9,23 | 12,41 | 3,77 | 5,05 | 4,76 | 9,66 | 8,30 | 0,00 | 8,87 | 4,52 | 8,95 | 11,52 | 6,64 | 4,10 | 5,86 | 5,38 | 5,22 | 7,00 | 10,61 | 3,56 | 5,59 | 9,41 | 6,26 | 4,06 |
| **Ö9** | 3,17 | 5,07 | 9,42 | 6,33 | 4,78 | 2,45 | 15,00 | 8,87 | 0,00 | 6,53 | 5,55 | 4,94 | 14,47 | 9,54 | 12,41 | 12,82 | 5,49 | 3,87 | 5,05 | 7,37 | 5,18 | 3,13 | 12,10 | 9,45 |
| **Ö10** | 7,46 | 9,82 | 4,21 | 2,37 | 2,99 | 7,64 | 10,27 | 4,52 | 6,53 | 0,00 | 7,80 | 9,87 | 8,93 | 5,53 | 6,96 | 7,43 | 3,18 | 5,91 | 8,66 | 3,83 | 3,83 | 7,90 | 7,35 | 4,95 |
| **Ö11** | 3,99 | 9,24 | 9,88 | 7,24 | 6,17 | 5,25 | 13,43 | 8,95 | 5,55 | 7,80 | 0,00 | 3,74 | 14,10 | 8,32 | 12,18 | 11,78 | 6,91 | 3,43 | 5,05 | 6,22 | 5,88 | 4,62 | 13,07 | 9,49 |
| **Ö12** | 3,30 | 7,32 | 12,33 | 9,30 | 7,91 | 4,05 | 16,51 | 11,52 | 4,94 | 9,87 | 3,74 | 0,00 | 17,00 | 11,20 | 14,75 | 14,76 | 8,81 | 4,78 | 4,04 | 9,08 | 7,43 | 3,94 | 15,06 | 11,62 |
| **Ö13** | 14,84 | 18,01 | 5,35 | 10,13 | 10,40 | 15,63 | 4,54 | 6,64 | 14,47 | 8,93 | 14,10 | 17,00 | 0,00 | 6,01 | 3,68 | 2,95 | 10,40 | 12,90 | 15,41 | 8,50 | 10,60 | 15,49 | 4,06 | 6,16 |
| **Ö14** | 9,48 | 13,55 | 3,62 | 6,58 | 5,92 | 10,54 | 5,86 | 4,10 | 9,54 | 5,53 | 8,32 | 11,20 | 6,01 | 0,00 | 4,96 | 4,46 | 6,57 | 7,81 | 10,30 | 4,02 | 5,97 | 10,34 | 6,50 | 4,69 |
| **Ö15** | 12,62 | 15,41 | 3,77 | 8,15 | 8,38 | 13,37 | 5,58 | 5,86 | 12,41 | 6,96 | 12,18 | 14,75 | 3,68 | 4,96 | 0,00 | 2,85 | 8,90 | 11,01 | 13,27 | 6,86 | 8,02 | 13,63 | 2,91 | 4,11 |

Çizelge 5. 6 Ki-Kare uzaklık matrisi (24 gözlem) (devam)

| $c_{ij}$ | Ö1 | Ö2 | Ö3 | Ö4 | Ö5 | Ö6 | Ö7 | Ö8 | Ö9 | Ö10 | Ö11 | Ö12 | Ö13 | Ö14 | Ö15 | Ö16 | Ö17 | Ö18 | Ö19 | Ö20 | Ö21 | Ö22 | Ö23 | Ö24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ö16** | 12,92 | 16,20 | 4,55 | 8,32 | 8,74 | 13,72 | 4,55 | 5,38 | 12,82 | 7,43 | 11,78 | 14,76 | 2,95 | 4,46 | 2,85 | 0,00 | 8,95 | 10,87 | 13,46 | 6,34 | 8,62 | 13,54 | 4,58 | 4,63 |
| **Ö17** | 6,47 | 9,07 | 5,67 | 3,02 | 3,17 | 6,75 | 11,63 | 5,22 | 5,49 | 3,18 | 6,91 | 8,81 | 10,40 | 6,57 | 8,90 | 8,95 | 0,00 | 5,01 | 8,39 | 4,17 | 4,59 | 6,53 | 9,19 | 6,92 |
| **Ö18** | 3,00 | 7,61 | 8,49 | 5,26 | 3,97 | 3,45 | 13,26 | 7,00 | 3,87 | 5,91 | 3,43 | 4,78 | 12,90 | 7,81 | 11,01 | 10,87 | 5,01 | 0,00 | 5,70 | 5,00 | 4,14 | 2,77 | 11,35 | 7,86 |
| **Ö19** | 5,02 | 7,00 | 11,13 | 8,45 | 7,14 | 4,68 | 15,07 | 10,61 | 5,05 | 8,66 | 5,05 | 4,04 | 15,41 | 10,30 | 13,27 | 13,46 | 8,39 | 5,70 | 0,00 | 8,72 | 6,84 | 5,54 | 13,39 | 10,18 |
| **Ö20** | 7,15 | 11,04 | 4,67 | 3,63 | 3,65 | 8,01 | 9,26 | 3,56 | 7,37 | 3,83 | 6,22 | 9,08 | 8,50 | 4,02 | 6,86 | 6,34 | 4,17 | 5,00 | 8,72 | 0,00 | 3,97 | 7,61 | 8,02 | 5,01 |
| **Ö21** | 5,42 | 8,11 | 5,90 | 3,96 | 2,59 | 5,70 | 11,19 | 5,59 | 5,18 | 3,83 | 5,88 | 7,43 | 10,60 | 5,97 | 8,02 | 8,62 | 4,59 | 4,14 | 6,84 | 3,97 | 0,00 | 6,27 | 8,50 | 5,53 |
| **Ö22** | 2,65 | 6,43 | 10,82 | 7,23 | 5,94 | 2,27 | 15,89 | 9,41 | 3,13 | 7,90 | 4,62 | 3,94 | 15,49 | 10,34 | 13,63 | 13,54 | 6,53 | 2,77 | 5,54 | 7,61 | 6,27 | 0,00 | 13,53 | 10,29 |
| **Ö23** | 12,83 | 14,55 | 4,58 | 8,55 | 8,58 | 13,08 | 6,83 | 6,26 | 12,10 | 7,35 | 13,07 | 15,06 | 4,06 | 6,50 | 2,91 | 4,58 | 9,19 | 11,35 | 13,39 | 8,02 | 8,50 | 13,53 | 0,00 | 4,50 |
| **Ö24** | 9,68 | 12,13 | 4,20 | 5,85 | 5,68 | 9,87 | 7,46 | 4,06 | 9,45 | 4,95 | 9,49 | 11,62 | 6,16 | 4,69 | 4,11 | 4,63 | 6,92 | 7,86 | 10,18 | 5,01 | 5,53 | 10,29 | 4,50 | 0,00 |

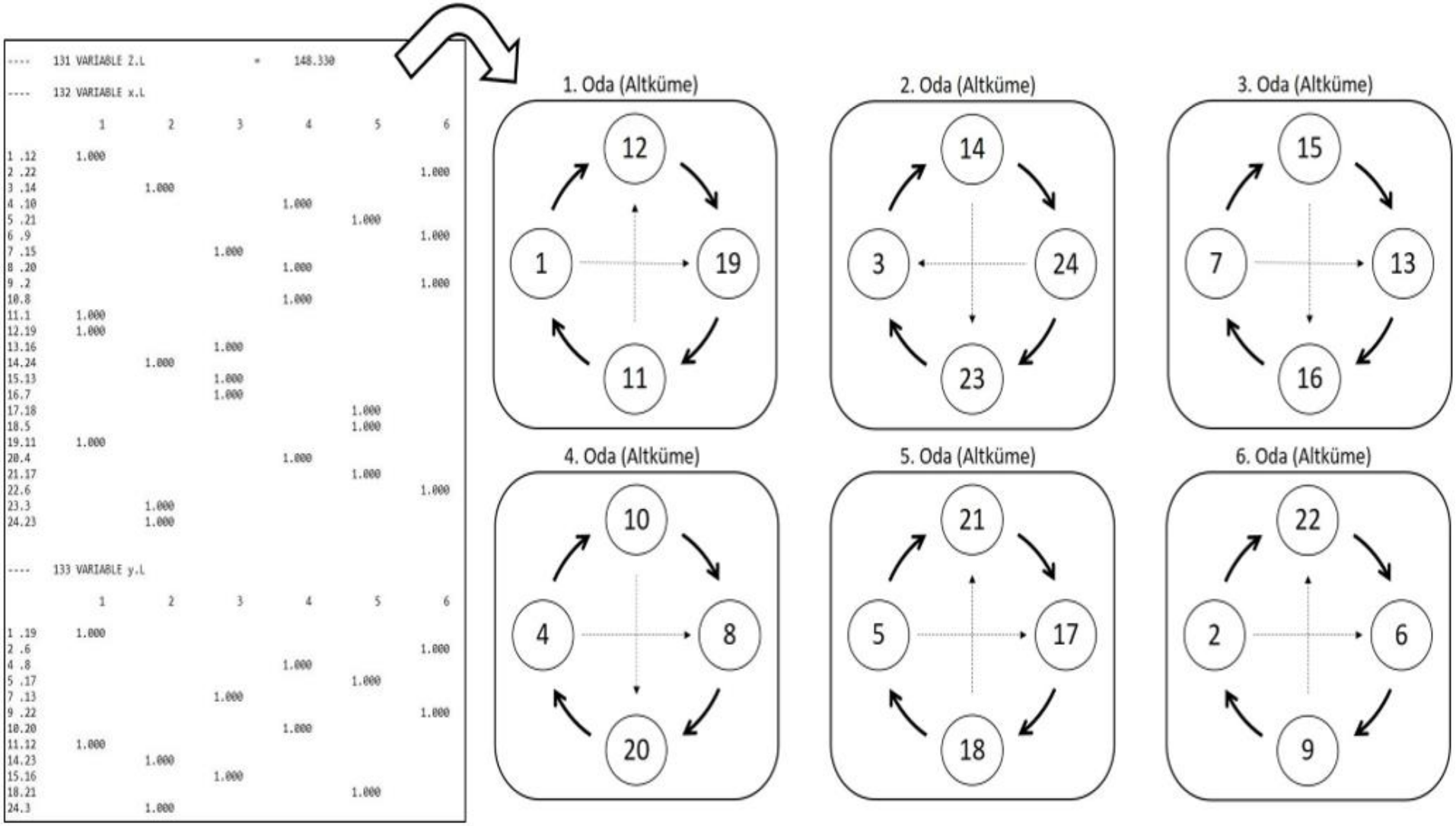
### 5.2.2 n>24 için nxn Boyutlu Uzaklık Matrislerinin Oluşturulması

Bu kısımda gözlem verilerimizden seçtiğimiz sırasıyla, 28x13, 32x13, 36x13, 40x13, 60x13, 80x13, 100x13 ve 120x13 boyutlu veri matrislerine, SPSS 23.0 istatistik yazılımı yardımıyla Ki-Kare uzaklık fonksiyonunun uygulanması sonucunda yine sırasıyla 28x28, 32x32, 36x36, 40x40, 60x60, 80x80, 100x100 ve 120x120 boyutlu uzaklık matrisleri elde edilmiştir.

Belirlenen bu uzaklık matrisleri sırası ile geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelini kullanarak, tam sayılı doğrusal programlama uygulayabilen GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımı ile çözülecektir. Tablolarımızın çok büyük boyutlu olması ve çok fazla yer kaplamasından dolayı, bu tüm gözlem boyutları için ulaştığımız sonuçları paylaşacağız ve sonuçları karşılaştıracağız.

## 5.3 Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Problemi Modeli Yardımı ile Kümeleme İşleminin Gerçekleştirilmesi

Elde ettiğimiz tüm uzaklık matrisleri geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama modelini kullanarak, tam sayılı doğrusal programlama uygulayabilen GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımı ile çözülmüştür. Uzaklık matrisleri ile elde edilen değerler, düğüm noktaları arası uzaklık matrisi verilerinin araç rotalama problemi modeline entegre edildiği gibi geliştirdiğimiz modele entegre edilmiştir ve birlikte çözülmüştür. Elde edilen atamaların çok büyük boyutlu olmasından dolayı bu kısımda optimum sonuca ulaştığımız 24 gözlemli durumu görselleştirerek açıklayacağız, bunun yanı sıra diğer tüm gözlemlerden elde ettiğimiz kümeleme işlemi sonuçlarının karşılaştırma tablosunu da ayrıca sunacağız. 24x13 boyutlu veri matrisimizin, Ki-Kare uzaklık fonksiyonuna sokulması sonucu elde edilen 24x24 boyutlu Ki-Kare uzaklık matrisimiz Çizelge 5.6'da göstermiştik. Çizelge 5.6'daki uzaklık matrisini geliştirdiğimiz model ile birlikte çözdüğümüzde elde edilen kümeleme sonuçları Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Şekil 5.2'de sol tarafta GAMS yazılımı çıktıları, sağ tarafta ise bu çıktıların görselleştirilmiş hali bulunmaktadır.




Şekil 5. 2 Geliştirilen modelin kullanılması ile optimum kümelenme (24 gözlem)

## 5.4 Anakütlemizin Aşama Aşama Büyütülerek Geliştirdiğimiz Modifiye Edilmiş Araç Rotalama Problemi Modeli ile Kümelenmesinde Ulaşılan Sonuçların İncelenmesi

Çalışmamızın bu kısmında sırasıyla, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 60, 80, 100, 120 gözlemden oluşan 8x8, 12x12, 16x16, 20x20, 24x24, 28x28, 28x28, 32x32, 36x36, 40x40, 60x60, 80x80, 100x100, 120x120 boyutlu Ki-Kare uzaklık matrisleri geliştirdiğimiz modeli kullanarak GAMS 24.5.4/CPLEX yardımı ile çözülmüştür. Ki-Kare uzaklık fonksiyonu, uzaklık verisi ürettiğinden, geliştirdiğimiz modelin amaç fonksiyonu yönü minimizasyon olarak korunarak kullanılmıştır. Ayrıca Ki-Kare uzaklık fonksiyonunun seçilmesinin bir diğer sebebi de, daha gerçekçi ve pratikte işlevsel sonuçlara ulaşabilmek adına, Ki-Kare uzaklık fonksiyonunun kriterler arası etkileşimi alan bir uzaklık fonksiyonu olmasından kaynaklanmaktadır.

Geliştirdiğimiz modelin kesin çözüm üreten bir model olduğunun testi, çalışmamızın 4.3 başlığı altında yapılmıştır. Fakat günümüz teknolojisi ile geliştirdiğimiz modelin yazılım diline uyarlanması sonucunda, çok fazla süren yazılım çalışma sürelerine ulaşılmaktadır. 24 gözlemden oluşan, 24x24 boyutlu uzaklık matrisinin, yani 24 öğrencinin, her odada 4 öğrenci olacak şekilde, 6 odaya, bir benzerlik bütünü oluşturacak biçimde, birbirine en benzer kişilik envanterlerine sahip öğrencilerin aynı odalara atanması, kümeleme amaçlı geliştirdiğimiz modifiye edilmiş araç rotalama problemi modelimizi kullanarak GAMS yazılımı yardımıyla çözülmesi, 2 saat 8 dakikalık bir yazılım çalışma süresi ile elde edilmiştir. Gözlem sayısını 28'e çıkardığımızda, 28x28 boyutlu uzaklık matrisinin, yani 28 öğrencinin, her odada 4 öğrenci olacak şekilde, 7 odaya atanması işlemi ise modelimizle optimum olarak gerçekleştirilebilecek olmasına rağmen, yazılımın 64 saat 30 dakika çalışma süresine ulaşmasından dolayı, optimizasyon yarıda kesilerek sezgisel çözümlere ulaşılmıştır. GAMS yazılımında bulunan gizli bir algoritma sayesinde, yazılımın çalışması esnasında, anlık olarak optimum sonuca olan maksimum uzaklık verisi tespit edilebilmektedir. 28 gözlemli, optimizasyonun yarıda kesildiği, 64 saat 30 dakika süren durum için örnek vermek gerekirse, optimum sonuca maksimum uzaklık %4 olarak tespit edilmiştir. Bu gösterge verilerine de sonuçları karşılaştırdığımız tablolarımızda yer vereceğiz. Ayrıca yazılım çalışma sürelerini kısaltmak amacıyla GAMS 24.5.4 yazılımının sunduğu bir kod ile yazılımın çalıştığı bilgisayarda bulunan 8 adet işlemci çekirdeğinin 8'i

de bu yazılıma atanarak, yani bilgisayarın tam kapasite ile çalışması sağlanarak, bu çalışma sürelerine ulaşılmıştır. Yazılımın bilgisayarı tam kapasite ile kullanması ve uzun çalışma sürelerine ulaşması sonucunda, bilgisayarın ısınma sorununu çözmek için, ek soğutma sistemleri ile sorun çözülmüştür. Ayrıca yazılımın çalışma süresinin çok fazla artmasına paralel olarak, yazılımın çalışabilmesi için ihtiyaç duyduğu RAM alanı da çok fazla artmaktadır. Yazılım çalışma süresinin 65 saatlere vardığı durumda, yazılımın çalışabilmesi için ihtiyaç duyduğu gerekli RAM alanı ise 395 GB'lı değerlere kadar çıkmaktadır. Bu durumu çözmek için ise yazılımın çalıştırıldığı bilgisayarda bulunan işletim sisteminin sunduğu bir özellik sayesinde, sabit sürücelerde bulunan dosyalama alanları, sanal RAM'e dönüştürülerek yazılımın çalışmasını sürdürebilmesi sağlanmıştır. Teknolojinin daha da gelişmesi ile optimum sonuç üreten modelimiz şimdiki haliyle, daha büyük boyutlu gözlemler için daha hızlı sonuçlar üretebilecektir. Çalışmamızın esas amacının, geliştirdiğimiz modelin optimum kümelemeler ürettiğini göstermek olduğunu tekrar hatırlamakta fayda var.

### 5.4.1 n≤24 için n Gözlemin Kümelenmesi İşleminin Sonuçların Karşılaştırılması

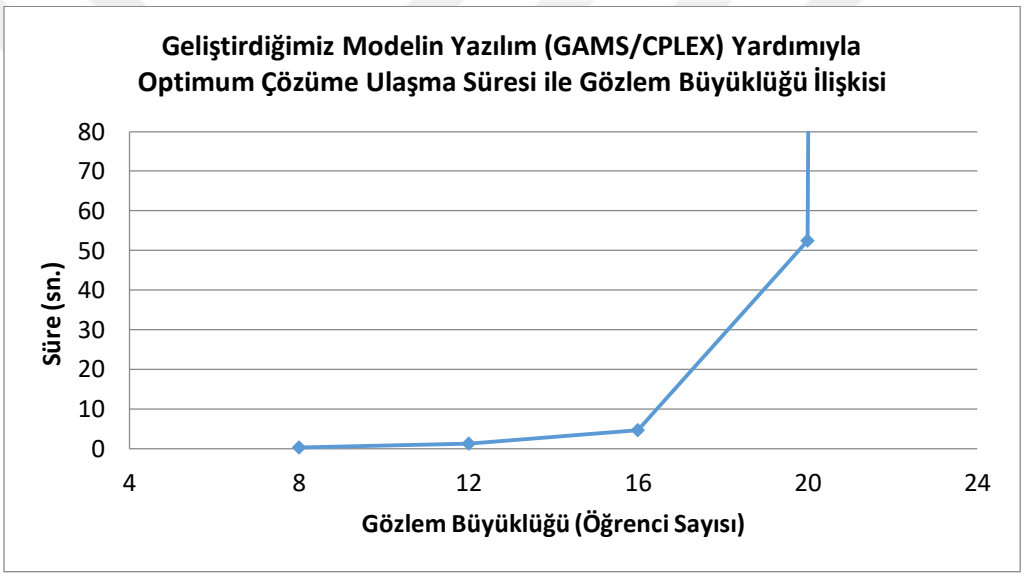
Kesin çözümler üreten geliştirdiğimiz modelin, yazılım yardımı ile çok yüksek yazılım çalışma sürelerine çıkmadan, ulaşabildiğimiz optimum kümelenmeleri bu kısımda göstereceğiz, atama sonuçlarını karşılaştıracağız.

Çizelge 5. 7 Büyütülen matrislerin modelimiz ile kümelenmesi (optimum sonuçlar)

| Uzaklık Matrisi Boyutu (nxn) | GAMS Yazılımı Çalışma Süresi (sn.) | GAMS Gerekli RAM (MB) | GAMS İterasyon Sayısı | GAMS Opt. Sonuca % Maks. Uzaklık | Model Z Değeri Min(Z) | Beklenen Değer E(Z) | İyileşme Oranı (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8x8 | 0,23 | 0,01 | 674 | 0 | 75,07 | 102,01 | 26,41 |
| 12x12 | 1,19 | 0,01 | 44087 | 0 | 98,11 | 141,05 | 30,44 |
| 16x16 | 4,69 | 0,05 | 177306 | 0 | 109,78 | 203,38 | 46,02 |
| 20x20 | 52,45 | 37,7 | 1293190 | 0 | 117,36 | 240,67 | 51,24 |
| 24x24 | 7721,97 | 305,66 | 99881308 | 0 | 148,33 | 284,2 | 47,81 |

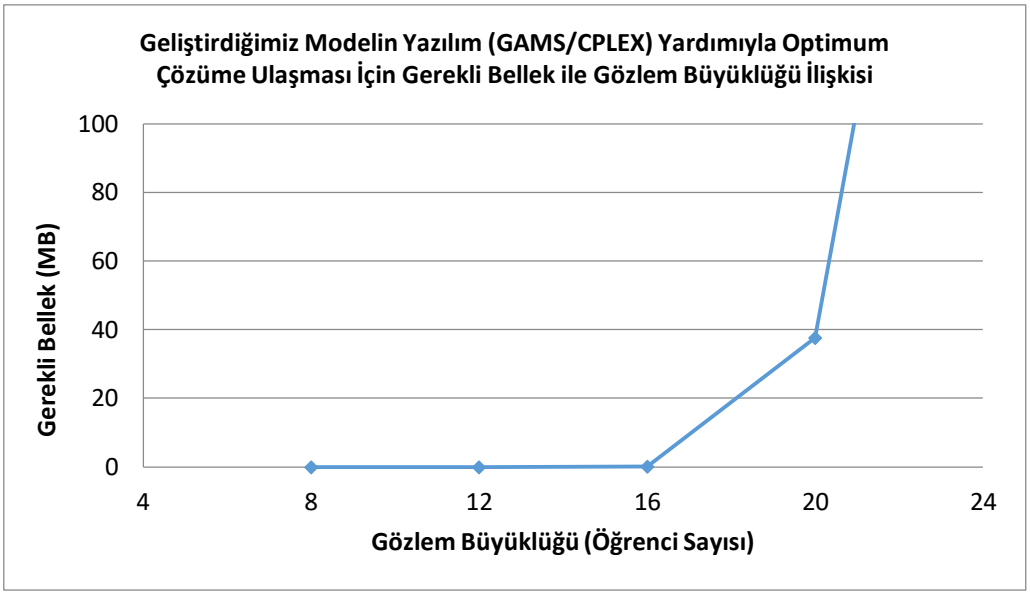
Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi, gözlem boyutu arttıkça, yazılım çalışma süresi, yazılımın gerçekleştirdiği iterasyon sayısı, yazılımın çalışması için gereken RAM değerleri artmaktadır. Ayrıca daha önce de bahsettiğimiz gibi iyileştirme oranı (E(Z) - Min.(Z))/E(Z) oranının yüzdeleştirilmesiyle bulunmaktadır. Bu durumu aşağıdaki grafiklerde inceleyelim.

Optimum çözüme ulaşılan durumlar için, geliştirdiğimiz modelin tam sayılı doğrusal programlama yapabilen GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımıyla, "option threads=8" kodunu kullanarak (yazılımın çalıştığı bilgisayardaki tüm işlemci çekirdeklerini yazılıma atayarak) çözülmüştür. Yazılım çalışma süresi ile gözlem boyutumuz arasındaki ilişki üssel olarak artan bir ilişkidir ve bu ilişkiyi gösteren grafik Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



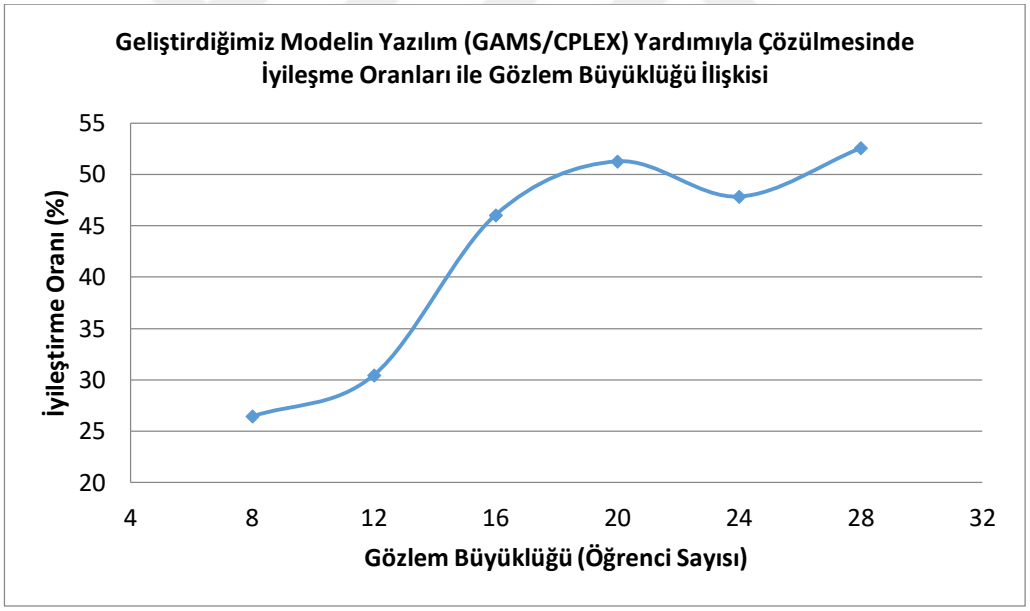

Şekil 5. 3 Modelin GAMS ile çözümünde gözlem sayısı ve süre ilişkisi

Benzer şekilde, optimum çözüme ulaşılan durumlar için, geliştirdiğimiz modelin tam sayılı doğrusal programlama yapabilen GAMS 24.5.4/CPLEX yazılımı yardımıyla, işletim sisteminin sunduğu bir özellik sayesinde, sabit diskler sanal RAM'lere dönüştürülerek çözülmüştür. Gerekli RAM boyutu ile gözlem boyutumuz arasındaki ilişki üssel olarak artan bir ilişkidir ve bu ilişkiyi gösteren grafik Şekil 5.4'te gösterilmiştir.




Şekil 5. 4 Modelin GAMS ile çözümünde gözlem sayısı ve gerekli RAM ilişkisi

Ayrıca ulaşılan diğer sonuçlardan biri de, gözlem sayısının artması ile iyileşme oranlarının artıyor olmasıdır. Bu durumu Şekil 5.5'te bulunan grafikte inceleyelim.




Şekil 5. 5 Gözlem büyüklüğü ve beklenen değere göre iyileştirme oranı ilişkisi

Şekil 5.5'te verilen grafik incelendiğinde, gözlem sayısının arttıkça, E(Z) ve Min.(Z) değerlerinin de artacak olmasına rağmen, iyileştirme oranlarının arttığı görülmüştür. Bu durumun sebebini yorumlamak gerekirse, kalabalık yığınlarda, birbiri ile eşleşebilecek daha fazla alternatifin olması, seçeneklerin sayısının artması olduğu söylenebilir. Yani geliştirdiğimiz model, ne kadar daha büyük bir gözlemde uygulanırsa, ulaştığı optimum sonuçlar pratikte o kadar işlevsel ve fark yaratan sonuçlar olacaktır.

### 5.4.2 n>24 için n Gözlemin Kümelenmesi İşleminin Sonuçların Karşılaştırılması

Kesin çözümler üreten geliştirdiğimiz modelin, yazılım yardımı ile çok yüksek yazılım çalışma sürelerine çıkmasından dolayı, optimizasyon işleminin yarıda kesilerek ulaşabildiğimiz sezgisel kümelenmeleri bu kısımda göstereceğiz, atama sonuçlarını karşılaştıracağız.

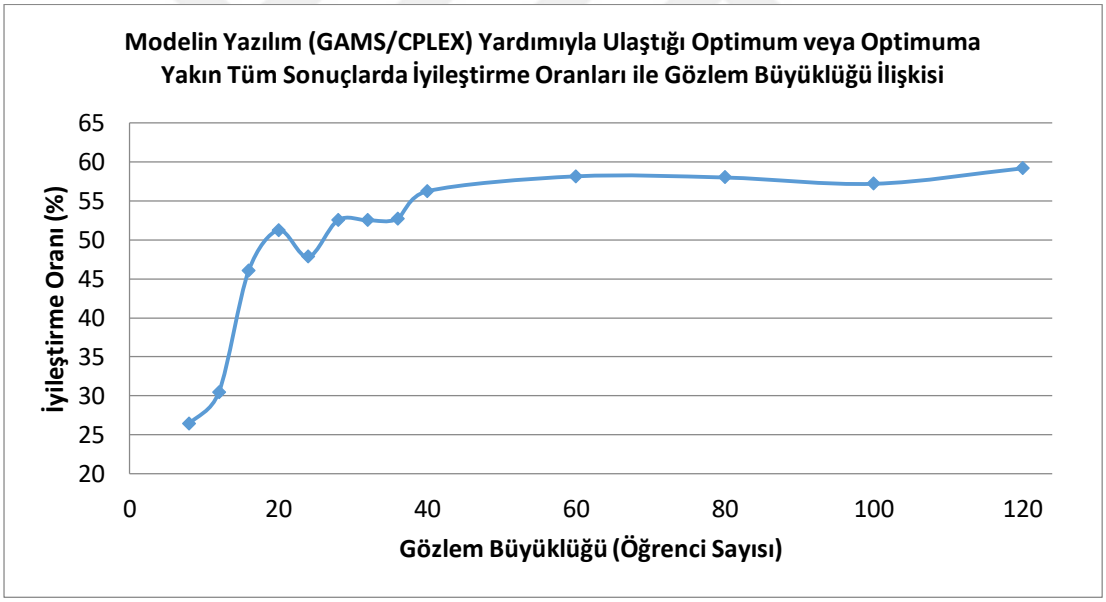
Çizelge 5. 8 Büyütülen matrislerin modelimiz ile kümelenmesi (sezgisel sonuçlar)

| Uzaklık Matrisi Boyutu (nxn) | GAMS Yazılımı Çalışma Süresi (sn.) | GAMS Gerekli RAM (MB) | GAMS İterasyon Sayısı | GAMS Opt. Sonuca % Maks. Uzaklık | Model Z Değeri Min(Z) | Beklenen Değer E(Z) | İyileşme Oranı (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28x28 | 44999 | 230801 | 222487641 | 4,4 | 159,88 | 336,67 | 52,51 |
| 28x28 | 232341 | 403694 | 566035125 | 4 | 159,88 | 336,67 | 52,51 |
| 32x32 | 29671 | 119208 | 103907594 | 5,2 | 175,96 | 371,99 | 52,70 |
| 36x36 | 17701 | 129039 | 36648312 | 4,3 | 181,41 | 414,49 | 56,23 |
| 40x40 | 39757 | 199190 | 58146413 | 5 | 198,04 | 473,15 | 58,14 |
| 60x60 | 73079 | 141685 | 35549579 | 9,1 | 274,19 | 652,7 | 57,99 |
| 80x80 | 32821 | 17877 | 4385143 | 16,5 | 370,69 | 865,85 | 57,19 |
| 100x100 | 40722 | 67625 | 2079647 | 13,6 | 429,02 | 1050,81 | 59,17 |
| 120x120 | 77787 | 11941 | 1847155 | 14,5 | 504,02 | 1238,74 | 59,31 |
| 20x20 (6 Parça) | 79110 | 1044 | 415339639 | 0 | 611,08 | 1238,74 | 50,67 |

Çizelge 5.8'de tablonun ilk 2 satırında, 28 gözlemden oluşan 28x28 boyutlu uzaklık matrisimizi, geliştirdiğimiz modeli kullanarak GAMS yazılımı yardımı ile 2 kez işleme sokmamızın sebebi, optimum sonuca ulaşılmamasına rağmen, aynı uzaklık matrisi için farklı yazılım çalışma süreleri ile yazılımın vereceği optimum sonuca maksimum uzaklık verisi arasındaki ilişkiyi incelemektir ve yazılımın daha ne kadar çalışması gerektiği konusunda tahminde bulunmaktır. Ayrıca yazılımın ürettiği optimum sonuca maksimum uzaklık yüzdesi, tanımından da anlaşılabileceği gibi ulaşılmış sonuç ile optimum sonuç

arasındaki farkın en fazla olduğu durumu esas alır. Yani bu kısımda ulaşılmış olan sonuçların optimum olma ihtimali de vardır fakat kesinleşmesi için yazılım çalışma süreleri çok büyük değerler almaktadır. 28x28 matrisin yazılım ile 12 saat 30 dakika çalışması sonucunda, optimum sonuca maksimum uzaklık çıktısı %4.4, aynı matrisin yazılım ile 64 saat 30 dakika çalışması sonucunda ise, optimum sonuca maksimum uzaklık çıktısı %4 olarak alınmıştır. Diğer yandan bu 2 denemede de ulaşılan Min.(Z) değerleri aynıdır. Bu durumu değerlendirdiğimizde, günümüz teknolojisi ile yazılım çalışma süresini daha da arttırmanın çok faydası olmayacağı sonucuna vardık.

Çizelge 5.8'de görebileceğimiz bir diğer durum ise, yazılım çalışma sürelerinin makul seviyelerde tutularak optimizasyon işlemlerinin yarıda kesilmesi, farklı boyutlarda matrislerde gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, iyileştirme oranlarında %50 ile %60 değerleri arasında bir yığılma gerçekleşmiş olmasıdır. Bu durumu Şekil 5.6'da bulunan grafik üzerinden daha net bir şekilde görebiliriz.




Şekil 5. 6 Büyük gözlemlerde ulaşılan sezgisel çözümlerde iyileşme oranında yığılma

Çizelge 5.8'in en alt 2 satırında ise 120x120 boyutlu anakütlemizden oluşan uzaklık matrisi, geliştirdiğimiz model kullanılarak yazılım yardımı ile çözülmesi durumunun göstergelerine yer verilmiştir. Bu kısımda, diğer kısımlardan farklı olarak, optimizasyonun yarıda kesilmesi işleminin, iyileşme oranına etkisini incelemek amacıyla aynı anakütle 2 kez farklı yöntemlerle çözülmüştür. Yazılım çalışma süresinin kabul edilebilir sınırları aşması durumunda, optimizasyon işleminin yarıda kesilmesi ile

beklenen değere göre %59,31 iyileşme oranı yakalanmıştır. Ayrıca yine aynı 120x13 boyutlu anakütlemizden oluşan veri matrisi, belli bir kritere göre (rassal olmadan) 6 adet 20 gözlemli gruba parçalanmıştır. Grupların her biri için uzaklık matrisleri oluşturulmuş, grupların her biri geliştirdiğimiz model kullanılarak benzer şekilde optimum olarak kümelenmiştir. Model Z değeri hesaplanırken, tüm grupların (6 adet 20x20) Min.(Z) değerlerinin toplanmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Geliştirdiğimiz standart yöntemimizi kullanarak fakat optimizasyonu yarıda keserek ulaştığımız sonuçta iyileştirme oranı %59,31 olmasına rağmen, anakütleyi seçilen bir kriter bazlı parçalayıp, her parçayı optimum bir şekilde çözüp sonra birleştirdiğimiz yöntemde ise beklenen değere göre iyileşme oranı %50,67 olarak tespit edilmiştir.

# BÖLÜM 6

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda, çok araçlı, kapasite kısıtlı araç rotalama problemi modeli tarafımızca modifiye edilerek kesin çözümlü kümeleme yapabilir bir hale getirilmiştir. Bu modifikasyon sırasında amaç ve kısıt denklemlerine yeni değişkenler entegre edilmiştir, başlangıç noktası (depo) tanımı devre dışı bırakılmıştır.

Klasik araç rotalama modelinden sadece başlangıç (depo) noktasının devre dışı bırakılması ile kümeleme işleminin sezgisel olarak gerçekleşeceği saptanmıştır. Kesin çözüm üretebilmesi için kapalı uçlu rota içi köşegen atamalara ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

Geliştirdiğimiz model tam sayılı doğrusal programlama kullanan yazılım yardımı ile çözülmüş, ayrıca aynı verilerle, kesin çözüm veren tüm alternatiflerin değerlendirilmesi yöntemi ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılarak model test edilmiştir. Bu işlem farklı verilerle 6 kez tekrarlanarak testin güvenilirliği arttırılmıştır. Gerçekleştirilen tüm testler başarı ile sonuçlanmıştır.

Geliştirilen modelde 2 düğüm noktalı altturlar engellendiği sürece, oluşabilecek daha fazla düğüm noktalı altturlar modelin ürettiği kesin kümeleme çözümlerini etkilememektedir. Kümeleme mantığını devreye sokmak, rota içi köşegen atamaları da dikkate almak amaçlı geliştirdiğimiz yardımcı karar değişkeni, biribirinden kopuk kapalı uçlu tam turları birbirine yakınlaştırmaktadır.

Geliştirdiğimiz model $i \neq j$ koşulu olmadan da çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece modelin pratiğe dökülmesinde yani bir yazılım diline uyarlanmasında karşılaşılabilecek muhtemel sorunların önüne geçilmiştir. Benzer şekilde modelimizin 2

düğüm noktalı altturları engelleme kısıtı da yazılım diline pratik bir şekilde uyarlanabilir yapıda tasarlanmıştır. Bahsettiğimiz gibi geliştirdiğimiz model yapısı gereği, 2'den daha fazla düğüm noktasına sahip altturların engellenmesine ihtiyaç duymamaktadır.

Farklı uzaklık fonksiyonlarının (ölçütlerinin), geliştirdiğimiz modele olan etkisi incelenmiştir. Aynı veri matrislerini, farklı uzaklık fonksiyonlarına girdi olarak sunarak, elde edilen tüm uzaklık matrisleri geliştirdiğimiz model ile birlikte çözülmüştür. Çıktılar kendi içinde aynılaşacak şekilde, seçilen uzaklık fonksiyonunun kriterler arası etkileşimi dikkate alıp almamasına göre farklılaşmıştır.

Alternatif bir yaklaşımla kümeleme gerçekleştirebilecek olan tarafımızca geliştirilmiş olan modelin çıktılarının, klasik kümeleme analizi (cluster analysis) çıktılarından en önemli farkı, oluşacak olan altkümelerin eleman sayılarının kullanıcı tarafından belirlenebilir olmasıdır. Dolayısı ile kümelendikten sonra oluşacak altkümelerin eleman sayılarının belirlenmesine ihtiyaç duyulan durumları çözümleyebilecek yeni bir yöntem tarafımızca geliştirilmiştir. Ayrıca çalışmamızda, kümeleme analizinin ilk aşaması sayılabilecek, uzaklık fonksiyonlarının kullanılması aşamasının çıktıları, kümeleme analizi dışında bir yönteme girdi sağlayacak şekilde kullanılmıştır.

Geliştirdiğimiz modelin uygulanması ile çok boyutlu gözlemler gruplandırılmıştır (kümelenmiştir). Yurt öğrencileri birbirleri ile benzer kişilik envanterlerine sahip olanlar, bir benzerlik bütünü oluşturacak şekilde, aynı odalara optimum olarak atanmıştır. Bu kümeleme işleminde, araçların altkümelere, düğüm noktalarının gözlemlere, araç kapasitelerinin oda kapasitelerine, düğüm noktaları arası uzaklıklar matrisinin ise uzaklık fonksiyonu çıktılarına benzerliğinden faydalanılmıştır.

Çalışmamızın uygulama bölümünde, anakütlemizin aşama aşama büyütülerek model ile çözülmesi ve çözümlerin karşılaştırılması esnasında, artan gözlem büyüklüğüne paralel olarak, model Z değerinin, beklenen Z değerine göre iyileşme oranında da artış tespit edilmiştir. Yani modelimizin daha büyük gözlemlerde üreteceği optimum sonuçların, pratikte daha işlevsel ve fark yaratan sonuçlar olacağı yorumlanmıştır.

Çalışmamızda gözlemlerden (kişilerden) toplanan psikoteknik veriler, araç rotalama problemi tabanlı bir modelde kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışmamız çok aşamalı olduğu gibi çok disiplinli bir çalışma özelliği taşımaktadır.

Çalışmamızda çok boyutlu gözlemleri kümelendirebilecek, modifiye edilmiş araç rotalama problemi modeli ortaya konulmuş olsa da özellikle kümelenecek gözlem yığınında insan faktörünün devreye girdiği durumlar için verilerin toplanması aşamasında kullanılan ölçekler her zaman geliştirilebilir bir yapıdadır. Uzmanlık alanımızın dışında kalan bu psikoteknik verilerin toplanması aşaması ne kadar geliştirilse, modelimizin verdiği optimum çıktılar o kadar gerçekçi ve pratikte işlevsel olacaktır. Bu sebeple kümelenecek olan gözlem yığınının insanlar olduğu durumlar için disiplinler arası ortak çalışmalar gerçekleştirilebilir. Ayrıca bu disiplinler arası ortak çalışma için, kümeleme odaklı kullanılmak üzere yani kümeleme işlemi için daha elverişli olan ve kişilik verilerini boyutsal olarak ölçebilen farklı ölçekler geliştirilebilir.

Geliştirdiğimiz alternatif kümeleme analizi yönteminin uygulanması kısmının örnek uzayını üniversite öğrencileri oluşturuyor olsa da bu yöntem her türlü çok boyutlu gözlemin kümelenmesi durumunda özellikle altkümelerin eleman sayılarının kullanıcı tarafından belirlenmesine ihtiyaç duyulan durumlarda kullanılabilir. Çıktıların işlevsel olacağı, farklı nitelikteki gözlemlerden oluşan örnek uzaylarda çalışmamız kullanılabilir.

Geliştirdiğimiz kesin çözüm üreten modelin, yazılımla çalışma sürelerinin çok fazla olmasından dolayı, gelecek teknolojisi ile daha hızlı çözümler üretecek olsa da modelde sadeleştirmeye gidilebilir. Araç rotalama modeli çıktılarının yapısı gereği alınan yönlü atama çıktıları, yönsüzleştirilecek şekilde modelin yapısı yeniden tasarlanabilir. Çünkü kümeleme mantığının yapısı gereği çıktı olarak alınan atamaların yönlü olmasına ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla modelin kullandığı yazılımın gerçekleştireceği iterasyon sayısı ve yazılımın çalışma süresi azalacaktır.

## KAYNAKLAR


[1] Özdemir, O., Özdemir, P. G., Kadak, M. T. ve Nasıroğlu, S., (2012). "Kişilik Gelişimi", Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 4(4):566-589.

[2] Taymur, İ. ve Türkçapar, M. H., (2012). "Kişilik: Tanımı, Sınıflaması ve Değerlendirmesi", Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, *4*(2):154-177.

[3] Demir, M. ve Özdemir, M., (2010). "Friendship, Need Satisfaction and Happiness", Journal of Happiness Studies, 11(2): 243-259.

[4] Demirbilek, M., (2012). "Yurtlarda Kalan Öğrencilerin Arkadaşlık İlişkileri, Arkadaşlık İlişkileriyle Bağlantılı Sorunları ve Çözümüne Yönelik Bir Model Denemesi", Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi, 1(3):1-24.

[5] Çelebi, N. ve Uğurlu, B., (2014). "Resmi Liselerde Çalışan Öğretmenlerin Kişilik Özelliklerinin Demografik Değişkenlere Göre İncelenmesi", Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18:537-569.

[6] Tatlılıoğlu, K., (2014). "Üniversite Öğrencilerinin Beş Faktör Kişilik Kuramı'na Göre Kişilik Özellikleri Alt Boyutlarının Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi", Tarih Okulu Dergisi, 17:939-971.

[7] Beş Büyük Faktör Kuramı, https://tr.wikipedia.org/wiki/Beş_Büyük_faktör_kuramı_(psikoloji) , 7 Eylül 2015.

[8] Gökdeniz, İ. ve Merdan, E., (2011). "Kişilik ile Kariyer Seçimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi", Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(2):23-36.

[9] Ödemiş, S.N., (2011). Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin Üretkenlik Karşıtı Davranışlar Üzerine Etkileri: Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[10] Goldberg, L. R., (1992). "The Development of Markers for The Big-Five Factor Structure", Psychological Assessment, 4:26-42.

[11] International Personality Item Pool - Asking Permission, http://ipip.ori.org/newPermission.htm/ , 18 Ekim 2015.

[12] International Personality Item Pool - Possible Questionnaire Format for Administering the 50-Item Set of IPIP Big-Five Factor Markers, http://ipip.ori.org/New_IPIP-50-item-scale.htm/ , 18 Ekim 2015.

[13] Ulusoy,Y. ve Durmuş, E., (2011). "Kişilerarası Bağımlılık Eğiliminin Beş Faktör Kişilik Özellikleri Açısından İncelenmesi", İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 12(2):1-21.

[14] Korkmaz, M., (2006). "Okul Yöneticilerinin Kişilik Özellikleri ile Liderlik Stilleri Arasındaki İlişki", Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 46:199-226.

[15] Ötken, A.B. ve Cenkci, T., (2013). "Beş Faktör Kişilik Modeli ve Örgütsel Muhalefet Arasındaki İlişki Üzerine Bir Araştırma", Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi, 10(39):41-51.

[16] Tozkoparan, G., (2013). "Beş Faktör Kişilik Özelliklerinin Çatışma Yönetim Tarzlarına Etkisi: Yöneticiler Üzerinde Bir Araştırma", Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9(2):189-231.

[17] Sığrı, Ü. ve Gürbüz, S., (2011). "Akademik Başarı ve Kişilik İlişkisi Üniversite Öğrencileri Üzerinde Bir Araştırma", Savunma Bilimleri Dergisi, 10(1):30-48.

[18] Reisoğlu, S., (2014). Üniversite Öğrencilerinin Öznel İyi Oluşlarını Yordamada Beş Faktör Kişilik Özellikleri Mizah Tarzları ve Duygusal Zekânın Rolü, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

[19] Tomrukçu, B., (2008). Beş Faktör Kişilik Özellikleri ile İş Değerleri Arasındaki İlişki Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

[20] Busato, V.V., Prins, J.F., Elshout, J.J. ve Hamaker, C., (1999). "The Relation Between Learning Styles, The Big Five Personality Traits and Achievement Motivation in Higher Education", Personality and Individual Differences, 26:129-140.

[21] Piedmont, R. L. ve Chae, J. H., (1997). "Cross-Cultural Generalizability of the Five-Factor Model of Personality:Development and Validation of the NEO PI-R for Koreans", Journal of Cross-Cultural Psychology, 28:131-155.

[22] Ross, S.R., Rausch, M.K. ve Canada, K.E., (2003). "Competition and Cooperation in the Five-Factor Model: Individual Differences in Achievement Orientation", The Journal of Psychology, 137(4):323-337.

[23] Watson, D.C., (2001). "Procrastination and The Five-Factor Model: A Facet Level Analysis", Personality and Individual Differences, 30(1): 149-158.

[24] Kesen, N.F. ve Deniz, M.E., (2015). "Gençlerin Beş Faktör Kişilik Özellikleri, Depresyon, Anksiyete ve Stres ile Yaşamlarında Kullandıkları Duygu Stillerinin İlişkisi", Gençlik Araştırmaları Dergisi, 3(2): 145-174.

[25] Albayrak, E., (2014). Üniversite Öğrencilerinde Beş Faktör Kişilik, Akademik Öz-Yeterlik, Akademik Kontrol Odağı ve Akademik Erteleme, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

[26] Sayın, H.Z., (2016). Y Kuşağı Üniversite Öğrencilerinin Beş Faktör Kişilik Özellikleri ve Liderlik Algıları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.

[27] Alacatlı, E., (2013). Üniversite Öğrencilerinin Zaman Perspektifleri ile Beş Faktörlü Kişilik Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[28] Giluk, T.L. ve Postlethwaite, B.E., (2015). "Big Five Personality and Academic Dishonesty: A Meta-Analytic Review", Personality and Individual Differences,72:59-67.

[29] Kokkinos, C.M., Kargiotidis, A. ve Markos, A., (2015). "The Relationship Between Learning and Study Strategies and Big Five Personality Traits Among Junior University Student Teachers", Learning and Individual Differences, 43:39-47.

[30] Bayrami,M., Heshmati,R., Ghotbi,M., Ghoradel J.A., Hojatipor,H. ve Moslemifar, M., (2012). "Relationship Between Personality Dimensions and Hopelessness: A Study on College Students", Procedia - Social and Behavioral Sciences, 46:848-852.

[31] Shams,F., Mooghali,A.R., Tabebordbar,F. ve Soleimanpour,N., (2011). "The Mediating Role of Academic Self-Efficacy in The Relationship Between Personality Traits and Mathematics Performance", Procedia - Social and Behavioral Sciences, 29:1689-1692.

[32] D'Zurilla,T.J., Maydeu-Olivares,A. ve Gallardo-Pujol,D., (2011). "Predicting Social Problem Solving Using Personality Traits", Personality and Individual Differences, 50:142-147.

[33] Brandstatter,H., (2011). "Personality aspects of entrepreneurship: A look at five meta-analyses", Personality and Individual Differences, 51:222-230.

[34] Deza, M.M. ve Deza, E., (2009). Encyclopedia of Distances, Springer-Verlag, First Edition, Berlin.

[35] Gündüz, S., (2011). Uzaklık Fonksiyonlarının Çok Boyutlu Ölçekleme Algoritmalarındaki Etkinliğinin İncelenmesi ve Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

[36] Tombak, H.F., (1996). Çok Değişkenli Analizlerde Kullanılan Uzaklık ve Benzerlik Ölçütlerinin Kullanım Yerleri Üzerine Uygulamalı Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[37] Ergüt, Ö., (2011). Uzaklık ve Benzerlik Ölçülerinin Kümeleme Sonuçlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[38] Pop, P.C., Kara, I. ve Marc, A.H. (2012). "New Mathematical Models of The Generalized Vehicle Routing Problem and Extensions", Applied Mathematical Modelling, 36:97–107.

[39] Dantzig, G.B. ve Ramser, J.H., (1959). "The Truck Dispatching Problem", Management Science, 6:80-91.

[40] Travelling Salesman Problem, https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem , 24 Haziran 2017.

[41] Alpaslan, M., (2015). Araç Rotalama Problemleri İçin Matematiksel Modeller ve Çözüm Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

[42] Özçelik, P., (2016). Araç Atama Problemi ve Doğrusal Programlama Yöntemi ile Bir İşletmeye Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

[43] Filip, E. ve Otakar, M., (2011). "The Travelling Salesman Problem and its Application in Logistic Practice", Wseas Transactions on Business and Economics, 4(8):163-173.

[44] Bozyer, Z., (2013). Araç Rotalama Probleminin Çözümüne Yönelik Bir Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

[45] Araç Rotalama Problemleri ve Çeşitleri, http://www.azkurs.org/t-c-selcuk-universitesi-fen-bilimleri-enstitusu.html?page=3 , 21 Ağustos 2017.

[46] Yapay Zeka ve Uzman Sistemler, http://slideplayer.biz.tr/slide/2790439/ , 23 Ağustos 2017.

[47] Traveling Salesperson Problem, http://www.brainkart.com/article/Traveling-Salesperson-Problem--TSP-_11246/ , 24 Ağustos 2017.

[48] Çetin, O., (2013). Akaryakıt Dağıtımında Araç Rotalama Problemi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[49] Ai, T.J. ve Kachitvichyanukul, V., (2009). "A Particle Swarm Optimization for The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery", Computers & Operations Research, 36:1693-1702.

[50] Montane, F.A.T.M. ve Galvao, R.D., (2006). "A Tabu Search Algorithm for The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-Up and Delivery Service", Computers & Operations Research, 33:595-619.

[51] Şen, T., (2014). Kümeleme ve Genetik Algoritma Destekli Yaklaşımlarla Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü: Perakende Zincirinde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

[52] Atasagun, G.C., (2015). Zaman Bağımlı Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

[53] Demircioğlu, M., (2009). Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım İle Çözümlenmesi Üzerine Bir Uygulama, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

**EK-A**

## VERİLERİN TOPLANMASINDA KULLANILAN BEŞ FAKTÖR MODELİ BOYUTLARI VE BAZI EK KRİTERLERDEN OLUŞAN ANKET

Sayın Katılımcı,

Bu anket formu, yurt öğrencilerinin kişilik özelliklerinden yola çıkarak, öğrenci yurtlarındaki sosyal uyumu araştırmaya ve geliştirmeye yönelik olarak hazırlanmıştır.

Vereceğiniz yanıtlar sadece bilimsel bir çalışmanın veri tabanını oluşturmak amacıyla kullanılacak ve kesinlikle gizli tutulacaktır.

Çalışmanın güvenilir olması açısından lütfen isminizi belirtmeyiniz. Önemli olan yanıtlarınızın sizin duygu, düşünce ve davranışlarınızı yansıtmasıdır.

Lütfen açıklamaları dikkatli okuyarak anketi doldurunuz. Katkılarınız ve soruları yanıtlamada göstereceğiniz içtenlik için teşekkür ederiz.

Suavi Fatih BALCI

**BÖLÜM I**

Lütfen size en uygun olan seçeneğin başındaki parantezin içine **(X)** işareti koyunuz ve doldurulması gereken alanları doldurunuz.

Cinsiyet: ( ) Erkek( ) Bayan

Yaşınız……..:

Üniversiteye yerleştirilme puanınız…….:

Üniversite sınıfınız……..:

Öğretim Türü: ( ) I.Öğretim( ) II.Öğretim

Üniversite not ortalamanız (İlk yılınız ise boş bırakınız)…:

Aylık Geliriniz (Burs, Harçlık vs.)……..:

**BÖLÜM II**

Bu bölümde, kişisel duygu, düşünce ve özelliklere dair ifadeler yer almaktadır. Her bir ifadeyi dikkatlice okuyunuz. Tüm soruları eksik bırakmadan tamamladığınız takdirde vereceğiniz yanıt değerli olacağından, lütfen bütün ifadeleri yanıtlayınız.

| Aşağıda verilen ifadeleri kabul derecenizi, ifadelerin yanında yer alan seçeneklerden sizin kişilik özelliğinize en uygun olanı işaretlemek **(X)** suretiyle belirtiniz. | Kesinlikle katılıyorum | Katılıyorum | Kısmen katılıyorum | Katılmıyorum | Kesinlikle katılmıyorum |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. İçinde bulunduğum grubun enerji kaynağıyım. | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| 2. İnsanların arasında rahat hissediyorum. | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| 3. Sohbeti başlatırım. | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |

| | |
|---|---|
| 4. Organizasyonlarda farklı insanlarla sohbet ederim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 5. İlgi odağı olmaktan rahatsız olmam. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 6. Fazla konuşmam. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 7. Geri planda kalırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 8. Söyleyecek az şeyim vardır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 9. Dikkatleri üzerime çekmekten hoşlanmam. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 10. Tanımadığım insanların içinde sessiz kalırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 11. İnsanlarla ilgilenirim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 12. Başkalarının halinden anlarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 13. Yumuşak bir kalbim vardır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 14. Başkalarına zaman ayırırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 15. Başkalarının duygularını anlarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 16. İnsanları rahatlatırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 17. Başkalarıyla çok ilgili değilimdir. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 18. İnsanları hor görürüm. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 19. İnsanların sorunlarıyla ilgilenmem. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 20. Başkaları ile çok az alakadar olurum. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 21. Her zaman hazırlıklıyımdır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 22. Detaylara dikkat ederim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 23. Yapılacak/yapılması gereken işleri hemen yaparım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 24. Düzeni severim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 25. Bir plan takip ederim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 26. İşimde titizimdir. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |

| | |
|---|---|
| 27. Kendime ait eşyaları etrafımda bırakırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 28. Eşyaları darmadağın bir duruma getiririm. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 29. Eşyaları yerine geri koymayı sıklıkla unuturum. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 30. Görevden kaçarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 31. Zamanımın çoğunda rahat bir insanım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 32. Seyrek olarak karamsarımdır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 33. Çabuk strese girerim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 34. Bir şeyler için endişelenirim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 35. Kolayca/Çabuk rahatsız olurum. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 36. Çabuk mutsuz olurum. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 37. Ruh halim oldukça değişkendir. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 38. Ruh halim sık sık değişir. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 39. Kolaylıkla kızdırılabilirim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 40. Sıkça hüzünlü hissederim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 41. Zengin bir kelime dağarcığım vardır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 42. Canlı bir hayal dünyam vardır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 43. Mükemmel fikirlerim vardır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 44. Bir şeyleri anlamada çabuğumdur. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 45. Zor kelimeler kullanırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 46. Bir şeyleri anlatmaya çalışırken zaman harcarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 47. Fikirlerle dolu bir insanımdır. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 48. Soyut fikirleri anlamada zorluk çekerim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |

| | |
|---|---|
| 49. Soyut fikirler ile ilgilenmem. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 50. İyi bir hayal gücüm yoktur. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 51. Kolay uykuya dalarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 52. En ufak bir sese uykumdan uyanırım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 53. Uyurken ışıktan rahatsız olurum. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 54. Fazla samimiyetten hoşlanmam. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 55. Kişisel bakımıma özen gösteririm. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 56. Odamın penceresini sıkça açarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 57. Erken yatarım. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 58. Uyku saatlerimden taviz verebilirim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 59. Paylaşmayı severim. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 60. Eşyalarımın ortak kullanılmasını sevmem. | ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) |

**EK-B**

## GELİŞTİRİLEN MODELİN TAM SAYILI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAPABİLEN GAMS YAZILIMINA UYARLANDIĞI KOD ÖRNEĞİ

```
sets   i düğüm noktaları (öğrenci)          /1*8/
       k araç (oda no)                      /1*2/

       alias (i,j,p)
       alias (k,f);

scalar   m araç sayısı (oda sayısı)          /2/
         q araç kapasitesi (oda kapasitesi)  /4/
;
parameters d(j) talep (her gözlem 1 birim kapasite)
/
1      1,
2      1,
3      1,
4      1,
5      1,
```

6 1,

7 1,

8 1

/ ;

table c(i,j) distance (Öklid Uzaklık Matrisi)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 9999.00 | 6.02 | 6.58 | 3.07 | 4.12 | 5.66 | 4.66 | 6.77 |
| 2 | 6.02 | 9999.00 | 5.14 | 4.54 | 4.31 | 5.22 | 5.20 | 5.52 |
| 3 | 6.58 | 5.14 | 9999.00 | 5.53 | 4.56 | 3.99 | 5.08 | 5.61 |
| 4 | 3.07 | 4.54 | 5.53 | 9999.00 | 4.45 | 4.66 | 4.13 | 5.27 |
| 5 | 4.12 | 4.31 | 4.56 | 4.45 | 9999.00 | 5.00 | 3.93 | 5.79 |
| 6 | 5.66 | 5.22 | 3.99 | 4.66 | 5.00 | 9999.00 | 5.74 | 4.56 |
| 7 | 4.66 | 5.20 | 5.08 | 4.13 | 3.93 | 5.74 | 9999.00 | 5.79 |
| 8 | 6.77 | 5.52 | 5.61 | 5.27 | 5.79 | 4.56 | 5.79 | 9999.00 |

;

variables

x(i,j,k)

Z

;

binary variables

x(i,j,k) k aracı ile i düğümünden j düğümüne gidilmesi

y(i,j,k) köşegen atama belirleme değişkeni

;

```
Equations


amac          Toplam mesafe

k1(j)         Her düğüm bir kez ziyaret edilmeli

k2(p,k)       Düğüme giriş varsa mutlaka çıkış da olmalı

k3(k)         Kapasitesi kısıtı

k4(i,j,k,f)   Duruma özgü subtour önleme ve köşegen kısıtı

k5(i,k)       Köşegen atama kısıt

;

amac..        sum((i,j),c(i,j)*sum(k,x(i,j,k)))+ sum((i,j),c(i,j)*sum(k,y(i,j,k))) =e= Z ;

k1(j)..       sum((i,k),x(i,j,k)) =e= 1 ;

k2(p,k)..     sum(i,x(i,p,k)) - sum(j,x(p,j,k)) =e= 0 ;

k3(k)..       sum(j,d(j)* sum(i,x(i,j,k))) =e= q ;

k4(i,j,k,f).. x(i,j,k) + x(j,i,k) + y(i,j,f) + y(j,i,f) =l= 1 ;

k5(i,k)..     sum((j), y(i,j,k)+ y(j,i,k)) - (q-3)*sum((j),x(i,j,k))   =e= 0 ;


option optcr=0.00; option threads=8; option reslim=1000000000000000;

option iterlim=1000000000; option work=150000000000; option limrow = 0;

option limcol = 0; option solprint = off;

$offlisting $offsymxref offsymlist

model VRP /all/;

solve VRP using MIP minimizing Z;

display z.l ;

display x.l ;

display y.l ;
```

# ÖZGEÇMİŞ

**KİŞİSEL BİLGİLER**

**Adı Soyadı** : Suavi Fatih BALCI

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 05.06.1989 / İstanbul

**Yabancı Dili** : İngilizce

**E-posta** : fatihbalci_89@msn.com

**ÖĞRENİM DURUMU**

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|---|---|---|---|
| Lisans | Endüstri Müh. | Yıldız Teknik Üniversitesi | 2011 |
| Lise | Fen Bilimleri | Özel Gökkuşağı Lisesi (Burslu) | 2006 |

**İŞ TECRÜBESİ**

| Yıl | Firma/Kurum | Görevi |
|---|---|---|
| 2010 | Hattat Holding - Hema Endüstri | Stajyer |
| 2009 | Acıbadem Sağlık Grubu | Stajyer |

**PROJE**

1. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Metotları ile Tedarikçi Performansı Değerlendirmesi, Sinbo Küçük Ev Aletleri (2011)

**ÖDÜLLERİ**

1. TÜBİTAK 8. Ulusal İlköğretim Matematik Olimpiyatı Gümüş Madalya (2003)

2. TÜBİTAK 8. Ulusal İlköğretim Matematik Olimpiyatı Marmara Bölge Birinciliği (2003)

3. TÜBİTAK 13. Ulusal Matematik Olimpiyatları Türkiye Finalistliği (2005)

4. TÜBİTAK BAYG (Bilim Adamı Yetiştirme Grubu) - (3 Hafta Kamp Programı) (2003)

5. TÜBİTAK BAYG (Bilim Adamı Yetiştirme Grubu) - (3 Hafta Kamp Programı) (2004)