



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ŞEHİRSEL SU SARFIYATI ÜZERİNDEKİ  
ZAMANSAL ETKİLEŞİMİN KONYA İLİNE  
AİT FARKLI MAHALLELER ÜZERİNDE  
İNCELENMESİ**

**Mehmet ALPARS**

**YÜKSEK LİSANS**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Eylül-2022**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Mehmet ALPARS** tarafından hazırlanan “**ŞEHİRSEL SU SARFIYATI ÜZERİNDEKİ ZAMANSAL ETKİLEŞİMİN KONYA İLİNE AİT FARKLI MAHALLELER ÜZERİNDE İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması 21/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Volkan YILMAZ

#### Üye

Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

### İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

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

## **DECLARATION PAGE**

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

Mehmet ALPARS

Tarih: 21/09/2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# ŞEHİRSEL SU SARFIYATI ÜZERİNDEKİ ZAMANSAL ETKİLEŞİMİN KONYA İLINE AİT FARKLI MAHALLELER ÜZERİNDE İNCELENMESİ

**Mehmet ALPARS**

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Volkan YILMAZ**

**2022, 97 Sayfa**

**Jüri**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Volkan YILMAZ  
Doç. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU  
Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ**

Su, insanlık için en temel ihtiyaçlardan birisidir. Canlı yaşamının sürdürülebilmesi ve insan faaliyetlerinin devam ettirilebilmesi için suya yüksek derecede ihtiyaç vardır. Günümüzde kentleşmenin artması, iklimsel faktörler, ekonomik gelişmeler, sanayileşme, demografik yapının değişmesi gibi değişkenler, su sarfiyatını etkileyen ciddi birer faktör olarak kabul edilmektedir.

Özellikle son yıllara ait su tüketim değerleri incelendiğinde su sarfiyatında ciddi bir artışın olduğu görülmektedir. Bu sebeple su tüketimi üzerindeki etkilerin iyi araştırılması ve planlama çalışmalarının kaliteli bir şekilde yapılması ile suyun en verimli şekilde kullanılması amaçlanmalıdır. Bu çalışmada Konya iline ait farklı özelliklere sahip olan dört farklı mahallenin aylık evsel su tüketim değerleri üzerinde Spearman'ın Rho Testi, Sen'in Trend Eğim Testi, Mann-Kendall Testi ve Mann-Kendall Mertebe Sıra Korelasyon Testi gibi Trend Analiz yöntemleri uygulanmış olup devamında farklı değişkenleri de kullanarak öncelikle Faktör Analizi yardımıyla parametre indirilmesi yapılmış ve Metasezgisel optimizasyon algoritmalarından Yapay Arı Kolonisi (YAK) Optimizasyon Algoritması ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması ile nonlineer su tüketim modelleri oluşturulmuştur. Değerlendirme kriteri olarak Determinasyon Katsayısı ( $R^2$ ), Ortalama Kare Hata (Mean Squared Error, MSE),  $MSE/R^2$  ve Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı (NSE) kullanılmıştır. Çalışmanın son kısmında optimizasyon algoritmalarından elde edilen modeller kullanılarak Band Benzerliği Yöntemi (BBY) adında yeni bir metod yardımıyla su tüketimi fenomeni içerisindeki zamansal etkileşim mekanizmaları araştırılmıştır. Elde edilen bulgular mahallelerin özellikleri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda özellikle yapılaşma tarzının su tüketimi konusunda önemli bir etken olduğu görülmüştür. Yapılaşma tarzı bakımından birbirine benzeyen ya da ayrılan mahalleler birçok çerçevede benzer davranışlar sergilemişlerdir. Bunun yanında çalışma sonucunda özellikle PSO yönteminin YAK yöntemine kıyasla daha başarısız olduğu ve sonuçları iyileştiremediği elde edilen bir diğer önemli bulgudur. Üzerinde çalışılan 4 mahalle için de BBY modellerin test başarılarını arttırmış ve zamansal etkileşimin var olduğunu gösteren sonuçlara ulaşabilmiştir. Bu bakımdan üzerinde çalışılan bölgelerde su tüketimi fenomeninin kendi geçmişinde oluşan değişimleri hatırlıyor olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yeni bir yöntem olan BBY'nin başarılı bir uygulaması olması ve su tüketimi fenomenindeki zamansal etkileşim mekanizması hakkında önemli bulguların elde edilmiş olması bakımından yapılan çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Su Tüketimi, Band Benzerliği Yöntemi, Trend Analizi, Yapay Arı Kolonisi Optimizasyon Algoritması, Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması.

## ABSTRACT

### MS THESIS

# INVESTIGATION OF TEMPORAL INTERACTION OF URBAN WATER CONSUMPTION OVER SOME DISTRICTS OF KONYA CITY

**Mehmet ALPARS**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Volkan YILMAZ**

**2022, 97 Pages**

### **Jury**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Volkan YILMAZ  
Assoc. Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU  
Assoc. Prof. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ**

Water is one of the most basic needs for humanity. There is a high need for water in order to sustain life and human activities. Today, variables such as the increase in urbanization, climatic factors, economic developments, industrialization, and changes in demographic structure are considered as serious factors affecting water consumption.

When the water consumption values of the last years are examined, it is seen that there is a serious increase in water consumption. For this reason, it should be aimed to use water in the most efficient way by researching the effects on water consumption and making quality planning studies. In this study, Trend Analysis methods such as Spearman's Rho Test, Sen's Trend Slope Test, Mann-Kendall Test and Mann-Kendall Rank-Rank Correlation Test were applied on the monthly domestic water consumption values of four different neighborhoods of Konya with different characteristics. By using different variables, parameter reduction was made with the help of Factor Analysis and nonlinear water consumption models were created with Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm and Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm, which are metaheuristic optimization algorithms. Coefficient of Determination ( $R^2$ ), Mean Squared Error (MSE),  $MSE/R^2$  and Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE) were used as evaluation criteria. In the last part of the study, the temporal interaction mechanisms in the water consumption phenomenon were investigated with the help of a new method called Band Similarity Method (BSM) by using the models obtained from the optimization algorithms. The findings were evaluated within the framework of the characteristics of the neighborhoods.

As a result of the study, it was seen that especially the construction style is an important factor in water consumption. Neighborhoods that are similar or differentiated in terms of construction style have exhibited similar behaviors in many frameworks. In addition, another important finding of the study was that the PSO method was more unsuccessful than the FA method and could not improve the results. For the 4 neighborhoods studied, the BSM increased the test success of the models and was able to reach results showing that there is a temporal interaction. In this respect, it has been concluded that the phenomenon of water consumption in the studied regions remembers the changes in its past. It is thought that the study will contribute to the literature in terms of being a successful application of a new method, BSM, and obtaining important findings about the temporal interaction mechanism in the phenomenon of water consumption.

**Keywords:** Artificial Bee Colony Optimization Algorithm, Band Similarity Method, Particle Swarm Optimization Algorithm, Trend Analysis, Water Consumption.

## ÖNSÖZ

Çalışma konusunun seçimimde isteklerimi göz önünde bulundurup çalışma süresi boyunca her türlü sabrı, bilgi ve tecrübesini bana aktardığı ve her zaman yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Volkan YILMAZ' a, çalışma aşamasında gerekli yardımları için Sayın Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ' a, su sarfiyatı verilerinin teminini sağlayan Konya Büyükşehir Belediyesi personeline, meteorolojik verilerin temini için Meteoroloji Genel Müdürlüğü personeline ve tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mehmet ALPARS  
EYLÜL-2022



# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>8</b>
3.1. Materyal .....	8
3.2. Metod .....	17
3.2.1. Faktör analizi .....	17
3.2.1.1. Faktör analizi modeli .....	18
3.2.1.2. Faktör sayısının belirlenmesi .....	21
3.2.1.3. Faktör katsayıları ve faktör skorları .....	22
3.2.1.4. Faktör döndürülmesi .....	23
3.2.2. Yapay Arı Kolonisi (YAK) Optimizasyon Algoritması .....	23
3.2.3. Parçacık sürü optimizasyon (PSO) algoritması .....	27
3.2.4. Band Benzerliği Yöntemi .....	31
3.2.5. Mann-Kendall Testi .....	34
3.2.6. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi .....	36
3.2.7. Spearman'ın Rho Testi .....	37
3.2.8. Sen'in Trend Eğim Testi.....	38
3.2.9. Verilerin modellenmesi.....	39
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>41</b>
4.1. Trend Analizi Sonuçları .....	41
4.2. Faktör Analizi Sonuçları .....	44
4.2.1. Yazır mahallesi için faktör analizi sonuçları .....	44
4.2.2. Gödene mahallesi için faktör analizi sonuçları.....	47
4.2.3. Lalebahçe mahallesi için faktör analizi sonuçları.....	50
4.2.4. Saraçoğlu mahallesi için faktör analizi sonuçları .....	52
4.3. Yapay Arı Kolonisi (YAK) Optimizasyon Algoritması Sonuçları.....	56
4.3.1. Yazır mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları .....	56
4.3.2. Gödene mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları.....	59
4.3.3. Lalebahçe mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları.....	62

4.3.4. Saraçoğlu mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları .....	65
4.4. Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) Algoritması Sonuçları .....	68
4.4.1. Yazır mahallesi için PSO algoritması sonuçları .....	68
4.4.2. Gödene mahallesi için PSO algoritması sonuçları.....	72
4.4.3. Lalebahçe mahallesi için PSO algoritması sonuçları.....	73
4.4.4. Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritması sonuçları .....	75
4.5. BBY Sonuçları.....	79
4.5.1. Yazır mahallesi için BBY sonuçları .....	79
4.5.2. Gödene mahallesi için BBY sonuçları.....	82
4.5.3. Lalebahçe mahallesi için BBY sonuçları.....	85
4.5.4. Saraçoğlu mahallesi için BBY sonuçları .....	86
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>92</b>
5.1 Sonuçlar .....	92
5.2 Öneriler .....	93
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>94</b>



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1 Saraçoğlu mahallesine ait uydu görüntüsü .....	10
Şekil 3.2 Lalebahçe mahallesine ait uydu görüntüsü .....	10
Şekil 3.3 Gödene mahallesine ait uydu görüntüsü .....	11
Şekil 3.4 Yazır mahallesine ait uydu görüntüsü .....	11
Şekil 3.5 Saraçoğlu Mahallesine ait bazı sokak görselleri .....	12
Şekil 3.6 Lalebahçe Mahallesine ait bazı sokak görselleri .....	13
Şekil 3.7 Gödene Mahallesine ait bazı sokak görselleri .....	14
Şekil 3.8 Yazır Mahallesine ait bazı sokak görselleri .....	15
Şekil 3.9 Gödene mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi .....	16
Şekil 3.10 Lalebahçe mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi .....	16
Şekil 3.11 Saraçoğlu mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi .....	16
Şekil 3.12 Yazır mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi .....	17
Şekil 3.13 Yamaç eğimi grafiği (scree test) (Yılmaz, 2009) .....	21
Şekil 3.14 Faktörlerin döndürülmesi (Yılmaz, 2009) .....	24
Şekil 3.15 Parçacığın pozisyon değiştirmesi (Ortakçı, 2011). .....	31
Şekil 3.16 Band Benzerliğinin davranışı (Yılmaz, 2022) .....	32
Şekil 3.17 Band Benzerliği yönteminin mekanizması (Yılmaz, 2022) .....	34
Şekil 4.1 Yazır mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon İstatistiği grafiği .	42
Şekil 4.2 Gödene mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi grafiği .....	43
Şekil 4.3 Lalebahçe mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi grafiği ..	43
Şekil 4.4 Saraçoğlu mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi grafiği ..	43
Şekil 4.5 Yazır mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği .....	45
Şekil 4.6 Gödene mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği .....	48
Şekil 4.7 Lalebahçe mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği ...	51
Şekil 4.8 Saraçoğlu mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği ...	55
Şekil 4.9 Yazır mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği .....	58
Şekil 4.10 Yazır mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	60
Şekil 4.11 Gödene mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği .....	62
Şekil 4.12 Gödene mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	63
Şekil 4.13 Lalebahçe mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği .....	65

<b>Şekil 4.14</b> Lalebahçe mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	66
<b>Şekil 4.15</b> Saraçoğlu mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği .....	68
<b>Şekil 4.16</b> Saraçoğlu mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	69
<b>Şekil 4.17</b> Yazır mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği .....	70
<b>Şekil 4.18</b> Yazır mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	71
<b>Şekil 4.19</b> Gödene mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği.....	72
<b>Şekil 4.20</b> Gödene mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	74
<b>Şekil 4.21</b> Lalebahçe mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği.....	75
<b>Şekil 4.22</b> Lalebahçe mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	76
<b>Şekil 4.23</b> Saraçoğlu mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği.....	77
<b>Şekil 4.24</b> Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri .....	78
<b>Şekil 4.25</b> Yazır Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği.....	82
<b>Şekil 4.26</b> Gödene Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği .....	85
<b>Şekil 4.27</b> Lalebahçe Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği .....	88
<b>Şekil 4.28</b> Saraçoğlu Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği .....	91

## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
<b>Tablo 3.1</b> Mevcut çalışmada kullanılacak çalışma alanları .....	8
<b>Tablo 3.2</b> İstasyondaki meteorolojik verilerin istatistiksel özellikleri .....	9
<b>Tablo 3.3</b> KMO ölçüsü ve önerilen değer (Khalaf, 2007) .....	18
<b>Tablo 3.4</b> Modellemede kullanılacak değişkenler ve sembolleri .....	39
<b>Tablo 4.1</b> Konya iline ait 4 mahalleye ait trend analiz sonuçları .....	41
<b>Tablo 4.2</b> Yazır mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları .....	44
<b>Tablo 4.3</b> Yazır mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi .....	45
<b>Tablo 4.4</b> Yazır mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları .....	46
<b>Tablo 4.5</b> Yazır mahallesine ait faktör yapısı matrisi .....	46
<b>Tablo 4.6</b> Gödene mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları ..	47
<b>Tablo 4.7</b> Gödene mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi .....	48
<b>Tablo 4.8</b> Gödene mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları .....	49
<b>Tablo 4.9</b> Gödene mahallesine ait faktör yapısı matrisi .....	49
<b>Tablo 4.10</b> Lalebahçe mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları .....	50
<b>Tablo 4.11</b> Lalebahçe mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi .....	51
<b>Tablo 4.12</b> Lalebahçe mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları ..	52
<b>Tablo 4.13</b> Lalebahçe mahallesine ait döndürülmüş faktör yapısı matrisi .....	53
<b>Tablo 4.14</b> Saraçoğlu mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları .....	53
<b>Tablo 4.15</b> Saraçoğlu mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi .....	54
<b>Tablo 4.16</b> Saraçoğlu mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları ..	55
<b>Tablo 4.17</b> Saraçoğlu mahallesine ait faktör yapısı matrisi .....	56
<b>Tablo 4.18</b> Yazır mahallesi için en iyi modele ait $\beta$ , $\alpha$ , $\eta$ ve $\gamma$ katsayıları .....	57
<b>Tablo 4.19</b> Yazır mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	58
<b>Tablo 4.20</b> Yazır mahallesi için YAK yöntemine ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri .....	58
<b>Tablo 4.21</b> Gödene mahallesi için en iyi modele ait $\beta$ , $\alpha$ , $\eta$ ve $\gamma$ katsayıları .....	59

<b>Tablo 4.22</b> Gödene mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	61
<b>Tablo 4.23</b> Gödene mahallesi için YAK yöntemine ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri .....	61
<b>Tablo 4.24</b> Lalebahçe mahallesi için en iyi modele ait $\beta$ , $\alpha$ , $\eta$ ve $\gamma$ katsayıları .....	62
<b>Tablo 4.25</b> Lalebahçe mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	64
<b>Tablo 4.26</b> Lalebahçe mahallesi için YAK'a ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri .....	64
<b>Tablo 4.27</b> Saraçoğlu mahallesi için en iyi modele ait $\beta$ , $\alpha$ , $\eta$ ve $\gamma$ katsayıları .....	65
<b>Tablo 4.28</b> Saraçoğlu mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	67
<b>Tablo 4.29</b> Saraçoğlu mahallesi için YAK' a ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri .....	67
<b>Tablo 4.30</b> Yazır mahallesi için PSO algoritmasıyla elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	68
<b>Tablo 4.31</b> Yazır mahallesi için PSO yöntemine ait en iyi 10 model ve istatistiki değerleri .....	70
<b>Tablo 4.32</b> Gödene mahallesi için PSO algoritmasıyla elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	72
<b>Tablo 4.33</b> Gödene mahallesi için PSO yöntemine ait en iyi 10 model ve istatistiki değerleri .....	72
<b>Tablo 4.34</b> Lalebahçe mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	73
<b>Tablo 4.35</b> Lalebahçe mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 model ve istatistiki değerleri.....	73
<b>Tablo 4.36</b> Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler .....	75
<b>Tablo 4.37</b> Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 model ve istatistiki değerleri.....	77
<b>Tablo 4.38</b> Yazır Mahallesi İçin YAK Modelleri ile Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları	81
<b>Tablo 4.39</b> Yazır Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi .....	82
<b>Tablo 4.40</b> Gödene Mahallesi İçin YAK Modelleri İle Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları .....	84

<b>Tablo 4.41</b> Gödene Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi.....	85
<b>Tablo 4.42</b> Lalebahçe Mahallesi İçin YAK Modelleri İle Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları .....	87
<b>Tablo 4.43</b> Lalebahçe Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi.....	88
<b>Tablo 4.44</b> Saraçoğlu Mahallesi İçin YAK Modelleri İle Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları .....	90
<b>Tablo 4.45</b> Saraçoğlu Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi .....	90



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$Cov(x)$  :  $x$ 'in kovaryansın

$D_p$  : ABC yöntemi için parametre sayısı

$F$  : Faktör

$f_i$  : ABC yöntemi için amaç fonksiyonu ifadesi

$fitness_i$  : ABC yöntemi için uygunluk değeri

$FN$  : ABC yöntemi için yiyecek kaynağı sayısı

$g_{best}$  : PSO yöntemi için global en iyi değer

$H_0$  : Genellikle reddetmek için kullanılan hipotez

$H_1$  :  $H_0$ 'a alternatif hipotez

$h_i^2$  : FA için faktörlere bağlı varyans oranı

$i$  : Verilerin gözlem sırası

$L$  : FA için boyutlu faktör yükleri matrisi

$l_{ij}$  : Faktör analizi yöntemi için faktör yükü

$p$  : Veri adeti

$p_{best}$  : PSO yöntemi için kişisel en iyi değer

$r_1, r_2$  : PSO yönteminde rastgele seçilen katsayılar

$r$  : Korelasyon katsayısı

$r_s$  : Spearman'ın Rho testi istatistik değeri

$R_{xi}$  :  $i$ . gözlemin sıra numarası

$S$  : Mann-Kendall testi istatistik değeri

$Std.S.$  : Standart Sapma

$t$  : PSO yöntemi için iterasyon sayısı

$u(t)$  : Mann-Kendall Mertebe Korelasyon test istatistiği

$u'(t)$  : Geriye Mann-Kendall Mertebe Korelasyon test istatistiği

$Var(x)$  :  $x$ 'in varyans

$v_i$  : PSO yöntemi için hız değeri

$v_{ij}$  : ABC yöntemi için yeni besin yeri

$v_{max}$  : PSO yöntemi için hız değeri üst sınırı

$v_{min}$  : PSO yöntemi için hız değeri alt sınırı

$Y_g$  : Gözlenmiş su tüketim verileri (evsel sarfiyat)

- $Y_m$  : Model sonucu elde edilmiş olan su tüketim verileri  
 $Z$  : Önem seviyesi standart normal değişkeni  
 $w$  : PSO yöntemi için atalet ağırlığı  
 $w_{max}$  : PSO yönteminde atalet ağırlığı üst sınırı  
 $w_{min}$  : PSO yönteminde atalet ağırlığı alt sınırı  
 $X_i$  : PSO yöntemi için çözüm noktası  
 $x_{ij}$  : ABC yöntemi için başlangıç besin noktaları  
 $x_{kj}$  : ABC yönteminde komşu besin yeri  
 $X_{max}$  : PSO yöntemi için arama uzayı üst sınırı  
 $X_{min}$  : PSO yöntemi için arama uzayı alt sınırı  
 $x_j^{max}$  : ABC yöntemi için parametrelerin üst sınırı  
 $x_j^{min}$  : ABC yöntemi için parametrelerin alt sınırı  
 $X - \mu$  : FA yöntemi için boyutlu fark vektörü  
 $X$  : FA yöntemi için gözlem vektörü  
 $\alpha_i$  : FA ve YAK yöntemleri için üst değerleri  
 $\alpha$  : Önem seviyesi  
 $\beta_i$  : FA ve YAK yöntemleri için katsayı değerleri  
 $\gamma_i$  : FA ve YAK yöntemleri için çarpım/bölüm değerleri  
 $\gamma$  : ABC yönteminde Limit parametresi için kullanılan katsayı  
 $\mu^{best}$  : Band genişliği  
 $\eta_i$  : FA ve YAK yöntemleri için toplama/çıkarma değerleri  
 $\Psi_i$  : FA yöntemi için spesifik varyans  
 $Q$  : Sen'in eğim katsayısı  
 $\varepsilon$  : FA yöntemi için boyutlu hata vektörü  
 $\mu$  : Ortama vektörü

## **Kısaltmalar**

BBY	: Band Benzerliği Yöntemi
BM	: Benzeşim Modeli
FA	: Faktör Analizi
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
ITA	: Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis)
KMO	: Kaiser-Meyer-Olkin
Max	: Maksimum
Min	: Minimum
MK	: Mann-Kendall
MKMK	: Mann-Kendall Mertebe Korelasyon
MMK	: Modifiye Mann-Kendall
MSE	: Ortalama Kare Hata (Mean Squared Error)
NSE	: Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
R <sup>2</sup>	: Determinasyon Katsayısı
SR	: Spearman'ın Rho
STE	: Sen Trend Eğim
Std.S.	: Standart Sapma
YAK	: Yapay Arı Kolonisi



## 1. GİRİŞ

Su, canlı yaşamının ve canlılık faaliyetlerinin sürdürebilmesi için gerekli olan en temel ihtiyaçlardan birisidir. Dünya yüzeyinin yaklaşık olarak %71'i sularla kaplıdır ve toplam su miktarı 1,4 milyar km<sup>3</sup>' tür. Dünya üzerinde bulunan bu su hacminin %97,5'i tuzlu su olarak okyanuslarda ve denizlerde, %2,5'i tatlı su olarak nehir ve göllerde bulunmaktadır. İnsanoğlunun kullanabileceği tatlı su hacminin ise %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır (Karaman ve Gökalp, 2010). Bu nedenle insanoğlunun yararlanabileceği su miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Tarih boyunca su insanoğlunun sosyal, kültürel ve toplumsal yaşantısını önemli derecede etkilemiştir. Uygarlıkların yerleşim alanı seçiminde suya yakın bölgelere yerleşmeyi tercih ettikleri görülmüştür. İnsanlar yıllar içerisinde meydana gelen gelişmelerle birlikte su kaynağına yakın bir bölgeye yerleşmek yerine suyu kaynağından buldukları yerleşime getirmenin yollarını bulmuşlardır. Günümüzde ilgili su idareleri tarafından su iletim ve dağıtım sistemleri kullanılarak insanların suya erişimi sağlanmaktadır. Tatlı su kaynaklarındaki kıtlık göz önüne alındığında çeşitli sebeplerden dolayı su kaynaklarının çeşitli tehlikelerle karşı karşıya olduğu bilinmektedir.

Dünyada bulunan tatlı su kaynaklarımızın sınırlı olmasından dolayı su insanlık için ciddi bir konu haline gelmiştir. Kentleşmenin artması, iklimsel faktörler, ekonomik gelişmeler, sanayileşme, demografik yapının değişmesi vb. değişkenler, su kaynaklarını etkileyen ciddi faktörlerdir. Bu sebeple su üzerindeki bu etkilere karşı gerekli tasarım, planlama, tüketim tahminleri yapılmalı ve suyun en verimli şekilde kullanılması amaçlanmalıdır. Zamansal olarak su sarfiyatında belirli dönemsel eğilimler görülebilir. Bu doğrultuda eğilim olup olmadığının ve eğilimlerin olduğu zaman aralıklarının belirlenmesi oldukça önemlidir.

Su, kaynaktan başlayarak son ihtiyaç noktasına kadar iletim ve dağıtım sistemleri yardımıyla iletilmektedir. Bu süreçte su, yeraltı ve yerüstü kaynaklarından toplanarak iletim sistemleri yardımıyla son kullanıcılara kadar taşınır. İhtiyaç duyulan su, iletim ve dağıtım sistemleri yardımıyla şebekeye verilerek ihtiyaç noktalarına iletilir. Burada iletim ve dağıtım sistemlerinin hesaplanmasında gerekli en temel unsur birim su sarfiyatıdır. Tüketicilerin ihtiyaç duyduğu su miktarı hesaplanmalı ve daha sonra bu hesaplara göre sistemlerin tasarımı yapılmalıdır. Su iletim ve dağıtım sistemlerinin tasarımını bölgede gelecekte meydana gelebilecek nüfus artışı, iklimsel faktörler, demografik yapının değişmesi, ekonomik değişkenler, kentleşme vb. faktörler etkileyebilir. Bu sebeplere

bakıldığında geçmişteki su sarfiyatı verileri incelenerek sistemde zaman içerisinde meydana gelmiş su sarfiyatı davranışlarının incelenmesi gerekmektedir.

Su sarfiyatının zaman içerisindeki çeşitli etkiler karşısında göstereceği davranışların incelenmesi oldukça önemlidir. Zaman içerisinde meydana gelen etkiler sebebiyle 21. yüzyılın önemli sorunlarından biri de su kıtlığı olmuştur. Suyun iklimsel ve ekonomik olaylarla ilişkisi, su tüketiminin üzerindeki zamansal etkilerin araştırılmasını önemli hale getirmiştir. Zamansal olarak etkisi incelenerek ortaya çıkan davranışların analizi yapıp suyun kullanıcıya en güvenli ve doğru şekilde iletimi sağlanmalıdır. Böylece sınırlı olan su kaynakları bilinçli bir şekilde kullanılıp, gelecekte su kıtlığıyla karşı karşıya kalmamız önlenmeli ve su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımı amaçlanmalıdır.

Su sarfiyatı üzerindeki etkilere bakıldığında farklı zamanlarda bu etkilerin ortaya çıkabilme olasılığı vardır. Bu etkiler su sarfiyatını artırma veya azaltma eğiliminde olabilir. Örneğin su sarfiyatını arttıracak etkilerin aynı zaman diliminde olması durumunda belirli bir dönemde su sarfiyatında ciddi artışlar meydana gelebilir. Aksi durumda da su sarfiyatında ciddi azalmalar meydana gelebilir. Bir bölgede zaman içerisinde meydana gelen su tüketim eğilimi belirlenip bu eğilime sebep olan faktörlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple su sarfiyatı üzerindeki zamansal etkilerin araştırılması önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada bu etkiler trend analizleri yöntemleriyle incelenmiştir. İnceleme sonucuna göre trendin varlığı belirlenip bir trend varsa trendin eğilimi belirlenmiştir. Bu trendlerin olduğu dönemdeki bu davranışa etki eden faktörler değerlendirilmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu aşamada şehirselle su sarfiyatı üzerindeki zamansal etkileşimin belirlenmesinde kullanılacak olan trend analizleri ve optimizasyon algoritmaları ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmalara bakıldığında trend analizi yöntemlerinde genel olarak Mann Kendall (MK) testi, Spearman'ın Rho (SR) testi, Sen'in Trend Eğim testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) testi kullanılmış ve güçlü yöntemler olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde Yapay Arı Kolonisi (YAK) Optimizasyon Algoritması, Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) Algoritması yöntemleri optimizasyon yöntemleri içerisinde başarılı sonuçlar veren yöntemler olduğu görülmüştür.

Adelodun ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Kore'deki Chungcheong şehrinin iklim değişkenliğinin yıllık ve mevsimsel mekansal-zamansal değişimini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada 1974-2019 yılları arasında ait 10 sinoptik istasyondan alınmış iklim endeksleri kullanılmıştır. Yıllık ve mevsimsel trendlerin araştırılmasında Yenilikçi Trend Analizi (ITA), dönemsel özellikleri ve trend geçişlerinin araştırılması için Yenilikçi Poligon Trend Analizi (IPTA) yöntemleri kullanılmıştır. Bu iki yöntemin sonuçları MK ve Modifiye Mann Kendall (MMK) yöntemi ile karşılaştırılmıştır. ITA sonuçları MK ve MMK sonuçları ile orta ve yüksek derecede ilişki göstermiştir.

Bouizrou ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Fas'ın yağış eğilimini ve değişkenliğinin mekansal-zamansal analizinin araştırılması amacıyla yeni ve eski parametrik olmayan yöntemlerin karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. 1976-2016 yılları arasında ait 78 yağış gözlem istasyonundan alınmış olan veriler kullanılmıştır. Klasik trend analizi yöntemi olarak MK ve SR trend analizi yöntemleri kullanılırken, grafiksel trend analizi yöntemi olarak ITA ve Onyutha's metodu kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Onyutha's ve ITA yönteminin belirli bir zaman serisi için hem monoton hem de monoton olmayan eğilimler hakkında bilgi vermesi açısından ayrıca su kaynakları yönetimi için alt eğilimleri tespit etmek açısından grafiksel ve görsel açıdan etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Grespan ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Güney Brezilya'daki Joinville şehrinde demografik, sosyo-ekonomik ve bina yapısal özelliklerinin su tüketimi üzerindeki etkileri araştırmıştır. Çalışmada 394 haneden alınmış su tüketim verileri analiz edilmiştir. Analiz için istatistiksel analiz yöntemi, regresyon ağacı yöntemleri

kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yapısal özelliğin ve sosyo-ekonomik özelliğin su tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Shahfahad ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Mumbai şehrinin 1991-2018 yılları arasında elde edilmiş veriler yardımıyla kentsel yağış düzeni araştırılmıştır. Kentsel yağış modeli oluşturmak için K-Means Kümeleme yöntemi, Bulanık Kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Yağış düzeninin trend analizi için Yenilikçi Trend Analizi (ITA), MK, MMK, MMK-Yue, Ön Arındırmalı MK, Trendsiz Ön Arındırmalı MK testi uygulanmıştır. ITA trend analizine göre veri başlangıç noktasında negatif bir eğilim ortaya çıkmış ancak sonrasında önemli bir artış eğilimi ortaya çıktığı görülmüştür. MK ailesi trend analizi sonuçlarına göre istasyonlarda pozitif eğilime sahip olduğu görüşmüştür.

Sun ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, Çin'in Sarı Nehir Havzası'ndaki su kullanım özelliklerinin zamansal ve mekansal değişimlerinin ortaya koyması amaçlanmıştır. 1998-2017 yılları arasına ait su tüketim verileri kullanılmıştır. Lorentz eğrisi, Gini katsayısı ve MK eğilim testleri kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda evsel su tüketimi nüfus artışı ve ekonomik seviyenin artmasıyla birlikte artış eğilimi göstermiştir. Endüstriyel alanda suyun geri dönüşü ve kısıtlamalar sebebiyle endüstriyel su tüketiminde azalma meydana geldiği görüşmüştür.

Tokgöz (2020) yapmış olduğu çalışmada, Karadeniz Bölgesinde bulunan 16 istasyona ait 1950-2015 yılları arası sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak yıllık ve mevsimsel trendleri incelemiştir. Trend analizi için Yenilikçi Şen Yöntemi, MK ve SR testi kullanılmıştır. Testlerde güven aralığı %95 olarak belirlenmiştir. Yıllık yağış verilerine göre yapılan analizler incelendiğinde Yenilikçi Şen Yöntemine göre 15 istasyonda, MK testine göre 6 istasyon ve SR testine göre 6 istasyonda artan trend tespit edilmiştir. Yenilikçi Şen Yöntemine göre sadece 1 istasyonda azalan trend tespit edilmiştir. Yıllık sıcaklık verilerine göre yapılan analiz incelendiğinde Yenilikçi Şen Yöntemine göre tüm istasyonlarda, MK testine göre 7 istasyon ve SR testine göre 11 istasyonda artan trend tespit edilmiştir. Ayrıca üç yöntemle göre mevsimsel trend analizleri yapılmıştır.

Güçlü (2020) yapmış olduğu çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki 8 istasyondan alınmış 1966-2015 yılları arasına günlük toplam yağış verileri kullanılarak MK ve ITA yöntemleri özel bir grafik gösterimi ile yeni trend analizi metodolojisi önererek karşılaştırmıştır. Pettitt testi ile fark serilerinin değişim noktaları "yüksek" ve "düşük" değerler olarak iki alt kategori olarak tanımlanmıştır. MK trend analizi ile tespit

edilmesi mümkün olmayan iklimsel ayrımları göstermiştir. Yeni yaklaşımla tanımlanan yüksek ve düşük değerlerde farklı trend değişimleri gözlemlenmiştir.

Güney (2020), hidrolojik modeller içerisinde önemli yere sahip olan kavramsal yağış-akış modellerinin doğru performans sergilemesi için parametrelerin kalibre edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Hidrolojik modellemeler için doğadaki işleyişten esinlenerek geliştirilmiş meta-sezgisel türden algoritmalar kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise PSO algoritması pratikliği göz önünde bulundurularak çalışmada esas alınmıştır. Uygulama alanı olarak Gediz Havzasında bulunan 9 akım gözlem istasyonu kullanılmıştır. PSO yönteminin düşük popülasyon büyüklüğü ve düşük iterasyonda güvenilir sonuç verdiği görülmüştür.

Arslan (2019)'ın yapmış olduğu çalışmada, popüler turistik bölge olan Kapadokya Bölgesi'nin yaz aylarındaki buharlaşma verileri için trend analizi yapılmıştır. Bu bölgede bulunana Kırşehir, Kayseri, Niğde, Nevşehir ve Aksaray meteoroloji istasyonlarından alınan aylık buharlaşma verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada MKMK testi uygulanmıştır. Bu bölgedeki Niğde, Kayseri ve Kırşehir istasyonlarında anlamlı ve artan bir trend tespit edilmiştir. Aksaray ve Nevşehir istasyonlarında ise anlamlı olmasa da artan bir trend tespit edilmiştir.

Avşaroğlu (2019) yapmış olduğu çalışmada, Dicle Havzası'nda bulunan 16 adet akım gözlem istasyonuna ait akım verilerinin trend analizini yapmıştır. Trend analizi yöntemlerinden MK testi, SR testi, Grafiksel Şen yöntemi ve Sen Trend Eğim (STE) metodu kullanılmıştır. Trend sonuçları değerlendirilerek en düşük ve en yüksek trend değerleri ve eğilimleri belirlenmiştir.

Topçu (2017)'nin yapmış olduğu çalışmada, optimum baraj haznesini belirleyebilmek amacıyla Rippl, Minimum Akıntılar, Eklenik Farklar ve YAK optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Müteferrik Orta Akdeniz Sularında yer alan 6 adet akım gözlem istasyonundan alınmış aylık akım verileri yardımı ile çeşitli kritik dönem yöntemleri ve optimizasyon yöntemleri ile en uygun hazne kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde YAK optimizasyon yönteminin diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuç ortaya koyduğu görülmüştür.

Akyüz (2016) yapmış olduğu çalışmada, 72 adet istasyon içerisinde yapılan ön analiz sonuçlarına göre 8 adet ölçüm istasyonunun sıcaklık verileri, 7 adet ölçüm istasyonunun ise yağış verileri alınmıştır. Bu verilerin trend analizleri için parametrik olmayan MK testi, Sen'in T testi ve Mevsimsel MK testi kullanılmış ve parametrik testler içinde lineer eğilim kullanılarak trend eğilimleri belirlenmiştir. Trend analizleri

sonucunda sıcaklık verilerinin anlamlı pozitif olduğu ve mevsimsel eğilimlerine bakıldığında sonbahar ve yaz mevsiminde artışlar görülmüştür. Kış mevsimlerine bakıldığında bazı istasyonlarda artış, bazılarında ise azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Rahman ve ark. (2016), Bangladeş Meteoroloji Dairesine ait 34 adet gözlem istasyonu içerisinde analiz için uygun olan 14 adet gözlem istasyonunun 1954-2013 yılları arasındaki yağış verilerinin trend analizini yapmışlardır. Trend analizi için MK testi, SR testi ve STE Metodu kullanılmıştır. Trendin mekânsal varyasyonları Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi ve Otoresif Hareketli Ortalamalar yöntemi ile incelenmiştir. Trend analizi ile aylık, mevsimlik ve yıllık eğilimler belirlenmiştir. Trend analizleri sonuçları incelenerek ilgili trend değerleri ve trendin eğilimleri açıklanmıştır.

Soydan ve ark. (2016), Seyhan Havzası'nda bulunan iki adet akım gözlem istasyonundan elde edilen akım değerleri ve iki adet yağış gözlem istasyonundan elde edilen yağış verilerinin trend analizini yapmışlardır. MK testi ve SR testi trendin varlığının belirlenmesi için, STE Metodu trendin eğimlerinin belirlenmesinde ve MK Sıra Korelasyon testi ise trendin başlangıç yıllarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Yağış gözlem istasyonlarından alınan yağış verilerinde bir trend belirlenmemiştir. Akım gözlem istasyonlarından alınan aylık ortalama verilerin beş ayda azalan bir trend varlığı belirlenmiştir.

Nyabwanga ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada, Kenya'da bulunan Kisumu ilindeki aylık su talebi veri serisini belirlemek amacıyla hem mevsimsel hem de mevsimsel olmayarak verilerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada En Küçük Kareler Yöntemi, MKMK ve Sen'in T parametrik olmayan yöntemleri kullanılmıştır. Trendin varlığını ve büyüklüğünü belirlemek için MK ve eğilimini belirlemek için STE testi uygulanmıştır. MKMK testi sonucunda su talebinde artış olduğu, Sen'in T testi sonucunda pozitif bir eğim olduğu görülmüştür.

Göncü ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada, göl seviyesinin iklim ve insan kaynaklı su kullanımları ile ilgili faktörler nedeniyle oluşan değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Türkiye'de bulunan Eğirdir, Burdur, Sapanca ve Tuz Göl'ündeki göl seviyeleri MK ve Mevsimsel MK yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre göllerde meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Ecer (2009) yapmış olduğu çalışmada, Fırat havzasında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından işletilen 21 adet akım gözlem istasyonuna ait veriler ile Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından işletilen 38 meteoroloji gözlem istasyonuna ait

verileri kullanarak MK testi, SR testi ve STE metodu ile trend analizleri yapılmıştır. Trend analiz sonuçları incelenerek trendlerin varlığı araştırılmıştır. Testlerde güven aralığı %95 olarak belirlenmiştir.

Kim ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada, evsel su tüketim alışkanlıklarının araştırılması için 145 hane 3 yıllık bir süre ile izlenmiştir. Ölçümlerin yapılabilmesi için su musluklarının ucuna dijital debimetreler takılmıştır. Böylece konut sakinlerinin su tüketimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kore’de Kwater’da bulunan bir kamu su kaynakları yönetim firması tarafından tüketim verileri toplanmıştır. Güvenilirliği artırmak için fiziksel ve olasılık kriterleri kullanılarak filtrelenmiştir. Bu çalışmada trend analizi için MK ve SR testleri kullanılmıştır. Analiz sonucunda ekonomik düzeyin yüksek olması, eğitim düzeyinin yüksek olması, fazla kişi sayısı su tüketimini artıran bir etken olduğu ifade edilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Mevcut çalışmada Konya iline ait değişik karakteristiklere sahip 4 farklı mahallenin 2008-2017 yılları arası aylık su tüketim değerlerine ilave olarak aynı periyot içinde ölçülmüş aylık nüfus ve 13 farklı meteorolojik değişken ile birlikte gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) değerleri kullanılarak şehirselle su sarfiyatı üzerindeki trendler incelenmiştir. Su sarfiyatına etki eden önemli parametreler Faktör Analizi ile belirlendikten sonra bu parametreleri kullanılarak YAK ve PSO yöntemleriyle su tüketimi nonlineer biçimde modellenmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise Band Benzerliği yöntemiyle su tüketiminde zamansal bir etkileşimin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Konya iline ait farklı özelliklere sahip olan 4 ayrı mahalle tercih edilmiştir. Bu mahalleler Saraçoğlu, Lalebahçe, Gödene ve Yazır mahalleleridir. Bu mahallelere ait bazı karakteristikler Tablo 3.1’de verilmiştir. Bu şekilde sosyoekonomik değişkenlerin ve mahalle karakteristiklerinin su sarfiyatı üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi de çalışmanın bir diğer amacıdır.

**Tablo 3.1** Mevcut çalışmada kullanılacak çalışma alanları

Mahalle Adı	Bağlı Olunan İlçe	2020 Nüfusu	Bina Karakteristikleri	Sosyo-Ekonomik Seviye
Saraçoğlu	Karatay	7.091	Az katlı	Düşük/ Orta
Lalebahçe	Meram	6.430	Az katlı	Orta/Yüksek
Gödene	Meram	15.300	Çok katlı	Düşük/Orta
Yazır	Selçuklu	64.721	Çok katlı	Orta/Yüksek

Çalışmada kullanılması planlanan meteorolojik veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü 17245 numaralı Konya Bölge istasyonundan elde edilmiş olan 2008-2017 yılları arası aylık verilerdir.

2008-2017 yıllarına ait Meteorolojik verilerin istatistiksel özellikleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Çalışmada tercih edilen mahallelerdeki karakteristikler bir bakımdan birbirine benzer olsada başka bir bakımdan birbirinden farklıdır. Örnek olarak Yazır ve Gödene mahalleleri incelendiğinde her iki mahallede yüksek katlı binaların bulunduğu ve belirli bir alanda yoğunlaşmış nüfus yapısının görülebileceği yerleşim yerleridir. Fakat her iki mahalle arasında sosyoekonomik seviyelerde ciddi farklılıklar bulunmaktadır.



**Tablo 3.2** İstasyondaki meteorolojik verilerin istatistiksel özellikleri

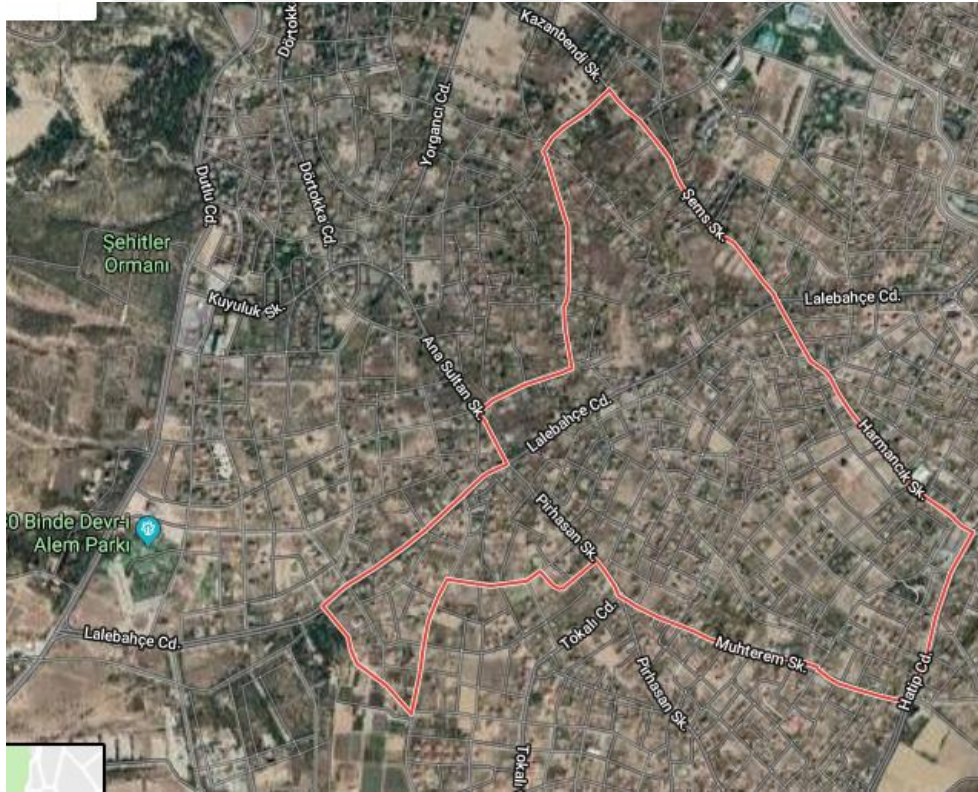
Değişkenler	Maksimum	Minimum	Ortalama
Aylık Maksimum Aktüel Basınç (hPa)	916,7	899,6	906,896
Aylık Maksimum Nispi Nem (%)	100	62	94,158
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	40,1	8,4	26,218
Aylık Maksimum Yağış (mm=kg÷m <sup>2</sup> )	46,6	0	12,208
Aylık Minimum Aktüel Basınç (hPa)	897,3	875,4	888,95
Aylık Minimum Nispi Nem (%)	37	1	14,368
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	17,6	-16,6	2,702
Aylık Ortalama Aktüel Basınç (hPa)	908,5	894,2	899,087
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	83,2	27,4	55,042
Aylık Ortalama Rüzgar Hızı (m÷sn)	1,9	0,8	1,305
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	27,9	-2,6	13,37
Aylık Ortalama Subuharı Basıncı hPa	13	3,8	7,907
Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m <sup>2</sup> ) OMGİ	114,2	0	29,541

Yazır mahallesi genel olarak orta ve yüksek gelir grubuna ait insanların yaşadığı bir mahalle iken Gödene Mahallesi, Yazır mahallesine kıyasla daha dar ve orta gelirli insanların yaşadığı bir mahalledir. Benzer farklılıklar Saraçoğlu ve Lalebahçe mahalleleri arasında da görülmektedir. Bu iki mahallede az katlı ve yoğun olmayan yerleşimler olmalarına karşılık sosyoekonomik farklılıklar bu iki mahalle içinde geçerlidir. Lalebahçe mahallesi Saraçoğlu mahallesine kıyasla daha yüksek sosyoekonomik özelliklere sahip insanları barındırmaktadır.

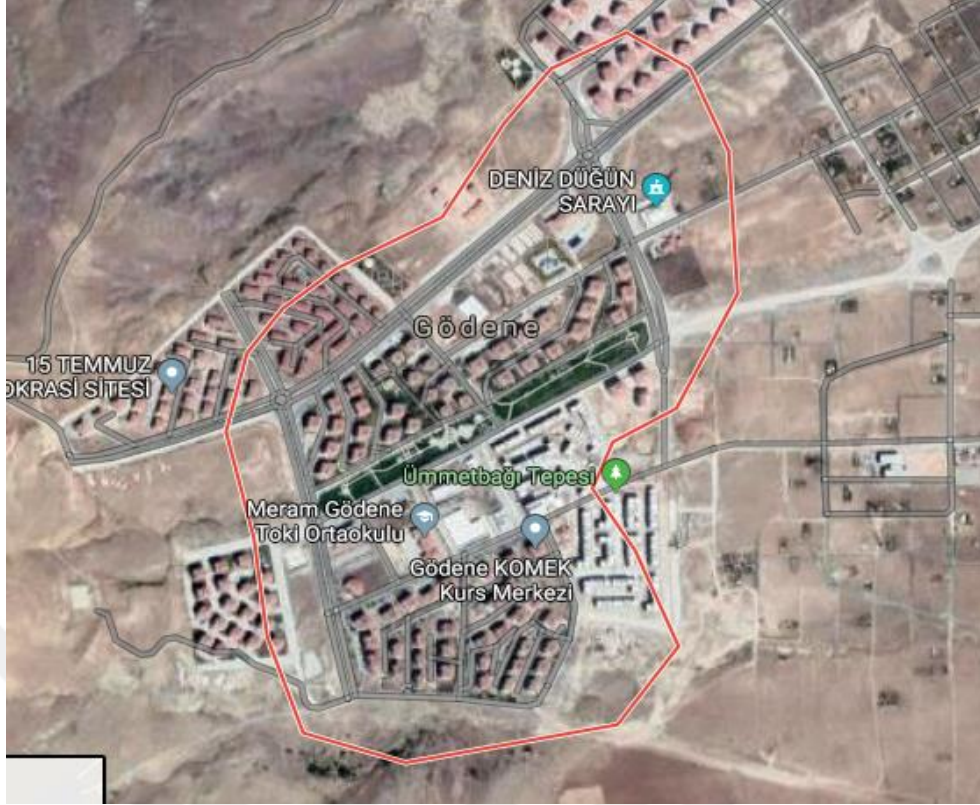
Saraçoğlu, Lalebahçe, Gödene ve Yazır mahallelerine ait uydu görüntüleri Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir (Ebad, 2020). Yine ilgili mahallelerdeki sosyoekonomik seviye hakkında fikir vermesi amacıyla Saraçoğlu, Lalebahçe, Gödene ve Yazır mahallelerine ait sokak ve cadde görünüşleri sırasıyla Şekil 3.5 (a,b,c), Şekil 3.6 (a,b,c), Şekil 3.7 (a,b,c) ve Şekil 3.8 (a,b,c)'de verilmiştir.



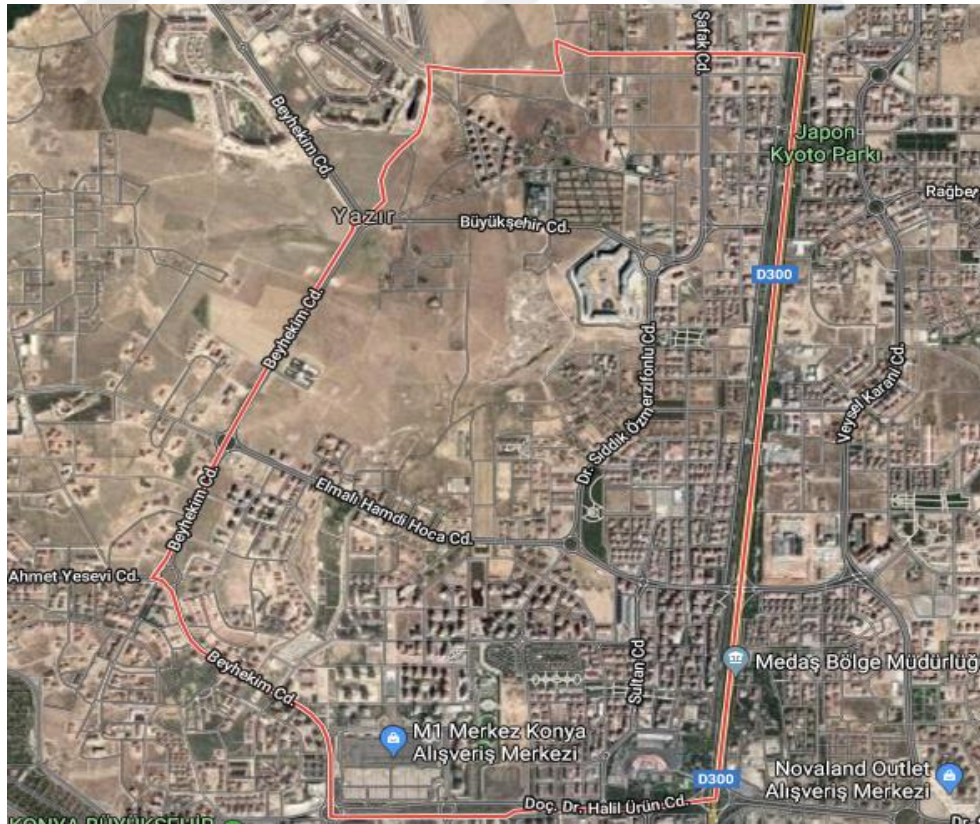
Şekil 3.1 Saraçoğlu mahallesine ait uydu görüntüsü



Şekil 3.2 Lalebağçe mahallesine ait uydu görüntüsü



Şekil 3.3 Gödene mahallesine ait uydu görüntüsü



Şekil 3.4 Yazır mahallesine ait uydu görüntüsü



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.5 Saraçoğlu Mahallesine ait bazı sokak görselleri



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.6 Lalebahçe Mahallesi'ne ait bazı sokak görselleri



(a)



(b)



(c)

**Şekil 3.7** Gödene Mahallesi'ne ait bazı sokak görselleri



(a)



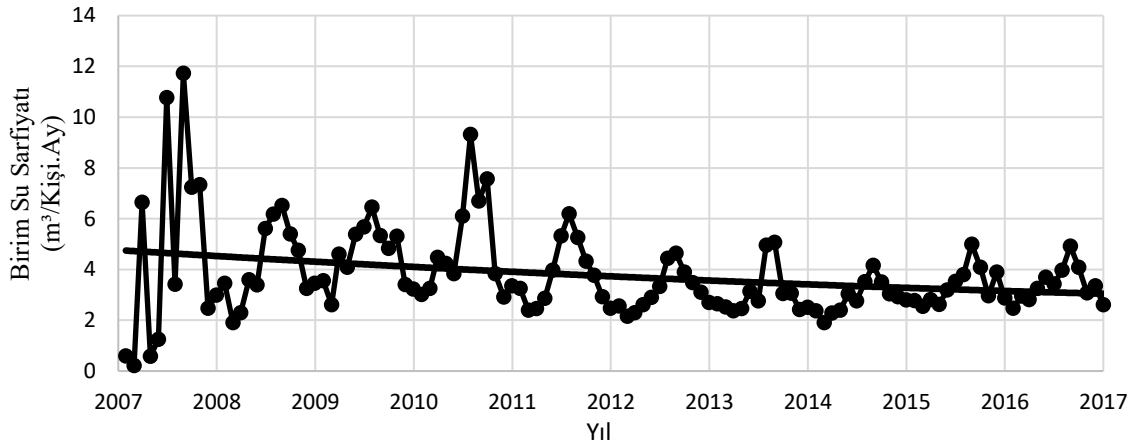
(b)



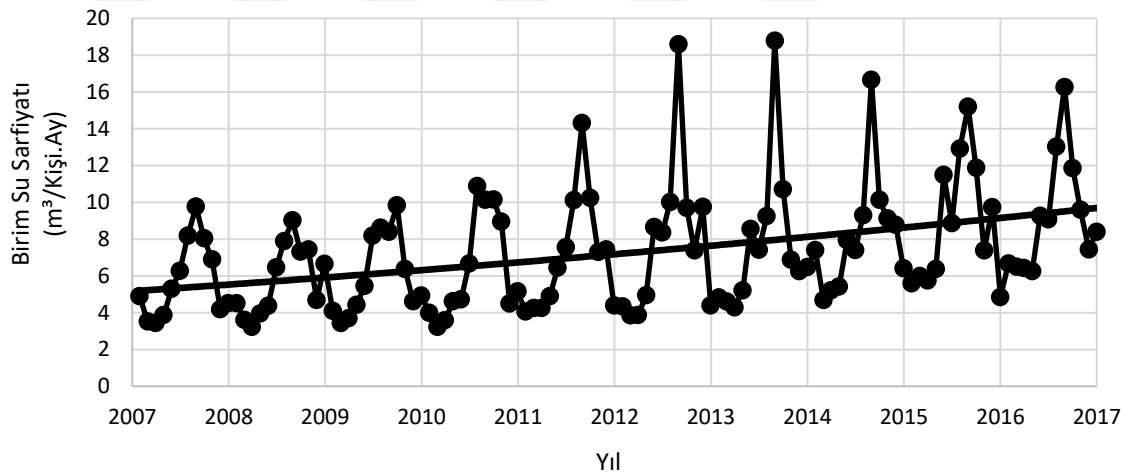
(c)

Şekil 3.8 Yazır Mahallesi'ne ait bazı sokak görselleri

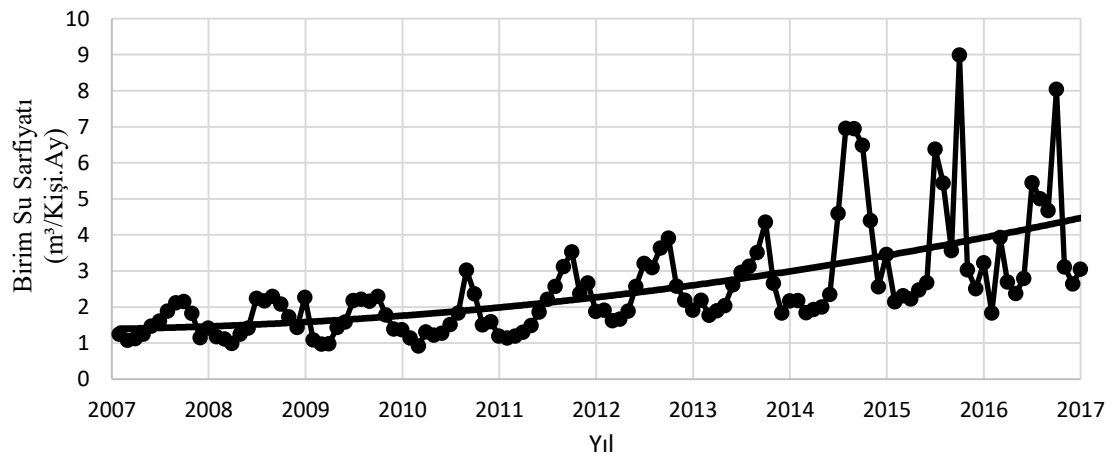
Gödene, Lalebahçe, Saraçoğlu ve Yazır mahallelerine ait birim su sarfiyatlarının zamanla değişimi Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.9 Gödene mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi

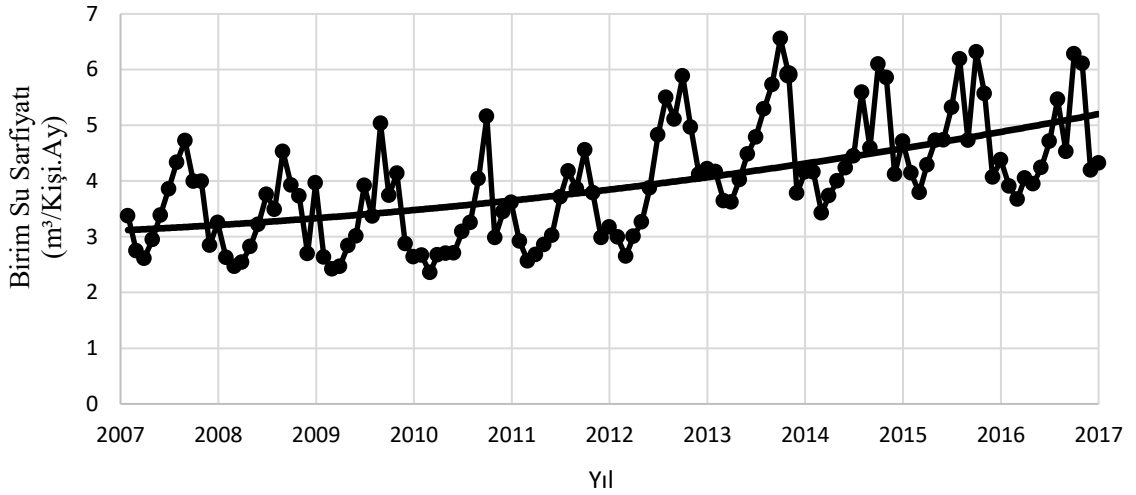


Şekil 3.10 Lalebahçe mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi



Şekil 3.11 Saraçoğlu mahallesine ait birim su sarfiyatının zamanla değişimi





Şekil 3.12 Yazır mahallesine ait birim su sarfıyatının zamanla değişimi

## 3.2. Metod

### 3.2.1. Faktör analizi

Faktör Analizi, aralarında ilişki olduğu düşünülen çok sayıda değişkenle açıklanan bir yapıyı, kendi arasında ilişkili fakat birbiri arasında ilişki bulunmayan az sayıda değişken ile aralarındaki ilişkinin anlaşılması ve yorumlanabilmesi için daha az sayıda değişkene indirgenmesini sağlayan bir yöntemdir. Faktör analizinin temel iki amacı değişken sayısını düşürmek ve değişkenler arasındaki ilişki sayesinde yeni yapılar oluşturmaktır.

Faktör Analizi gözlenen ve aralarında korelasyon bulunan X veri matrisindeki p adet değişkenden gözlenemeyen fakat değişkenlerin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan, rasgele faktörlerin ortaya çıkartılabilmesi için kullanılır. Türetilen bu yeni değişkenlere faktör adı verilir (Yılmaz, 2009).

Faktör Analizinde kullanılan veri setinin analize uygun olup olmadığını Kaise-Meyer-Olkin (KMO) ölçütü ile test edilir. Burada gözlemlenen korelasyon katsayısının değeri ile kısmi korelasyon katsayılarının büyüklüklerinin karşılaştırıldığı bir indistir. Tablo 3.3'te gösterildiği gibi KMO değerine karşılık gelen aralık ile örneklem hakkında karar verilir.

### 3.2.1.1. Faktör analizi modeli

Faktör analizinde kullanılacak N birim ve p adet değişkenli rasgele bir X matrisi olsun. X matrisinin ortama vektörü  $\mu$  ile kovaryans matrisi  $\varepsilon$  olsun. Burada X gözlem

**Tablo 3.3** KMO ölçüsü ve önerilen değer (Khalaf, 2007)

KMO ölçüsü	Önerilen değer
$\geq 0.90$	Mükemmel
0.80 +	Çok iyi
0.70 +	İyi
0.60 +	Orta
0.50 +	Kötü
$< 0.50$	Kabul edilemez

vektörü ile gözlenemeyen faktörler arasında Ortogonal Faktör Modeli ve Oblik Faktör Modeli olmak üzere iki tip faktör modeli oluşturulabilir. Faktör modellerinden ilki olan Ortogonal Faktör Modeli; X gözlem vektörü ile lineer olarak bağımlı olan ancak aralarında bağımsız olan k adet gözlemlenemeyen ortak faktör ( $F_1, F_2, \dots, F_k$ ) olduğunu ve faktörleri belirlemeye yönelik p tane özel faktör olduğunu varsayar (Yılmaz, 2009).

Bir diğer yöntem olan Oblik Faktör Modeli ise X ile eğrisel olarak ilişkili ve p adet özel faktöre sahip, k tane gözlemlenemeyen ortak faktörler ( $F_1, F_2, \dots, F_k$ ) olduğunu varsayarak faktörleri belirlemeyi amaçlar (Yılmaz, 2009).

Faktör analizi modeli Denklem 3.1'de gösterilen şekilde yazılır.

$$\begin{aligned}
 X_1 - \mu_1 &= l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1k}F_k + \varepsilon_1 \\
 X_2 - \mu_2 &= l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2k}F_k + \varepsilon_2 \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 X_p - \mu_p &= l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pk}F_k + \varepsilon_p
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Burada  $l_{ij}$  katsayısı, faktör yükü olarak ifade edilir. i. değişkenin j. Faktör üzerindeki yükünü belirtir.

Matris formunda Faktör Analizi modeli Denklem 3.2'de gösterildiği şekilde yazılır.

$$X - \mu = L \times F + \varepsilon \quad (3.2)$$

Burada X-  $\mu$  ifadesi (px1) boyutlu fark vektörü, L ifadesi (pxk) boyutlu faktör yükleri matrisi, F ifadesi (kx1) boyutlu faktör vektörü ve  $\varepsilon$  ise (px1) boyutlu hata vektörüdür.

Modelde bulunan L matrisi, p değişkenlerinin k sayıda ( $k \leq p$ ) faktörleri üzerindeki ilgili yüklemeleri veren  $l_{ij}$  katsayılarını içerir. Bu katsayılar faktör yükleri denir.  $\varepsilon_i$  hatası yalnızca  $X_i$  cevabı ile ilgilidir (Özdamar, 2004).

Ortogonal Faktör Analizi modelinin varsayımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- F faktör matrisinin beklenen değeri 0'dır. ( $E(F)=0$ )
- F matrisinin kovaryansı (Cov(F)) birim matristir. ( $Cov(F) = E[FF'] = I$ )
- $\varepsilon'$  nin beklenen değeri 0'dır. ( $E(\varepsilon)=0$ )
- $\varepsilon'$  nin kovaryansı.

$\varepsilon'$  nin kovaryansı Denklem 3.3'te gösterilen şekilde hesaplanır.

$$Cov(e) = E[ee'] = \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \cdot & \cdot \\ 0 & \Psi_2 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \Psi_p \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

K ortak faktörlü bir faktör modeli Denklem 3.4 ile hesaplanır.

$$\underset{(px1)}{X} = \underset{(px1)}{\mu} + \underset{(pxk)}{L} \times \underset{(kx1)}{F} + \underset{(px1)}{\varepsilon} \quad (3.4)$$

X'in kovaryansı, faktör modeline göre Denklem 3.5'te gösterilmiştir.

$$S = Cov(x) = LL' + \Psi_i \quad (3.5)$$

X ile F arasındaki kovaryans ise Denklem 3.6 ile belirlenmektedir.

$$Cov(X, F) = E(X - \mu)F' = L E (FF') + E(\varepsilon F') = L \quad (3.6)$$

Kullanılan her bir X değişkeninin varyansı ( $\text{Var}(X_i)$ ) Denklem 3.7 veya Denklem 3.8’de gösterildiği biçimde belirlenir.

$$\text{Var}(X_i) = \ell_{i1}^2 + \ell_{i2}^2 + \dots + \ell_{ik}^2 + \Psi_i \quad (3.7)$$

$$\sigma_{ii} = \ell_{i1}^2 + \ell_{i2}^2 + \dots + \ell_{ik}^2 + \Psi_i \quad (3.8)$$

Denklem 3.8’de gösterilen  $\sigma_{ii}$  ;  $\text{Var}(X_i)$ ’yi,  $\ell_{i1}^2 + \ell_{i2}^2 + \dots + \ell_{ik}^2$  ifadesi faktörlere bağlı varyans oranı olan ( $h_i^2$ )’yi,  $\Psi_i$  olarak denklemde yer alan ifade ise spesifik varyansı oluşturmaktadır. Faktörlere bağlı varyans oranı ( $h_i^2$ ), i. değişkenin varyansının k ortak faktör ile belirlenen (açıklanan) varyans oranını belirlemektedir ve faktör yüklerinin karelerinin toplamına eşittir (Yılmaz, 2009)

Faktörlere bağlı varyans oranı ( $h_i^2$ ) ile spesifik varyans  $\Psi_i$ ’nin toplamları  $X_i$ ’nin orijinal varyansını belirler. Diğer bir anlatımla  $X_i$ ’nin toplam varyansı, faktörlerle açıklanan varyans ve spesifik varyans biçimindeki iki kısma ayrılır.

$$\text{Var}(X_i) = \sigma_{ii} + h_i^2 + \Psi_i \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (3.9)$$

$X_i$  ile ilişkili spesifik varyans, bu değişkenin benzersizliğini temsil eden değişkenliğini gösterir.

Faktör Analizi, kovaryans matrisi ya da korelasyon matrisi kullanılarak yapılır. Veri setindeki p adet değişkenin ölçü birimleri çok farklı olduğunda, değişkenlerin varyasyon aralıkları çok farklı ve birbirinden farklı olduğunda özdeğerleri bulurken korelasyon matrisini kullanmak uygundur. Aksi takdirde kovaryans matrisinin kullanılması uygundur. Özdeğerler ve özvektörler bulunduktan sonra, her bir özdeğerin karekökü ile o özdeğerin özvektör elemanı çarpılarak faktör yükleri adı verilen  $l_{ij}$  değerleri elde edilir.

$l_{ij}$  değeri Denklem 3.10 ile ifade edilir.

$$l_{ij} = \sqrt{\lambda_i} e_i \quad (3.10)$$

Denklem 3.10’a göre L yük matrisi Denklem 3.11’de görülen şekilde elde edilir.

$$L = [\sqrt{\lambda_1} e_1 : \sqrt{\lambda_2} e_2 : \dots : \sqrt{\lambda_p} e_p] \quad (3.11)$$

Faktör sayısı  $k = p$  ise, değişkenlerin varyansı faktörlerden kaynaklanan varyans ile açıklanır. Bu nedenle, her bir değişkenin faktöre özgü varyansları 1'e eşittir. Faktör sayısı  $k < p$  ise, bir değişkenin faktöre özgü varyansı 1'den küçüktür. Spesifik varyans 0'dan büyük bir sayı olarak elde edilir.

Denklem 3.12 kullanılarak, spesifik faktör varyansı ve spesifik varyans matrisi hesaplanır. Burada  $R$ ; korelasyon matrisi,  $\Psi$ ; faktör varyansı olarak isimlendirilir. Her faktör için spesifik faktörün varyansı, o faktörü hesaplama için kullanılan özdeğere eşittir (Yılmaz, 2009).

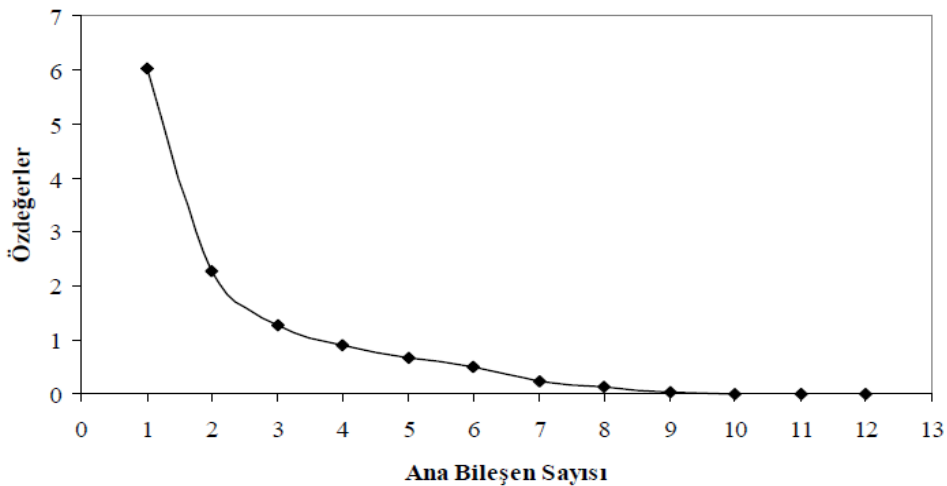
$$R = LL' + \Psi \quad (3.12)$$

### 3.2.1.2. Faktör sayısının belirlenmesi

Kaiser kriteri: R Korelasyon matrisinden elde edilen öz değerler kullanılarak, öz değerlerin 1'den büyük olması durumunda ana bileşen olarak seçilebileceğini öngörür.

2/3 açıklama payı: Ana bileşen sayısını belirlemede kullanılan bir diğer yöntemdir. Toplam varyansın en az 2/3'ünü açıklayan ana bileşen sayısıdır.

Yamaç eğimi testi (Scree test): R ya da S Korelasyon matrisinden elde edilen öz değerler büyüklük sıralamasına göre bir grafik oluşturularak grafiğin eğimi incelenir. Grafikte keskin bir kırılma ve sonrasında monotonlaşma görülüyor ise o nokta ana bileşen sayısı olarak belirlenebilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Yamaç eğimi grafiği (scree test) (Yılmaz, 2009)

### 3.2.1.3. Faktör katsayıları ve faktör skorları

Faktör skorları faktör yapısına göre her birimin tahmini değerlerini (skorları) belirler. Yukarıda açıklandığı gibi tüm değişkenler her faktör yapısında farklı ağırlıklara sahiptir. Bu değişkenlerden bir kısmı ana (majör) bir rol oynarken diğer kısmı ise yardımcı (minör) bir role sahiptir. Belirlenen faktör yükleri kullanılarak her bir değişkenin faktör yapısına göre ortak faktör puanları (skorları) hesaplanabilir (Yılmaz, 2009).

Faktör Analizi'nde, faktör skorlarını belirlemek için En Küçük Kareler Yönteminden yararlanılır. Bu yaklaşım, belirli varyansların eşit veya yaklaşık eşit olduğu varsayımına dayanmaktadır. Orijinal veri matrisi kullanılarak yapılan faktör analizinde faktör skorları ( $f_i$ ) her faktör için ayrı ayrı Denklem 3.13'te görüldüğü şekilde hesaplanır.

$$f = (LL')^{-1}L'(x_i - \bar{x}) \text{ yada } f_i = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} e'_1(x_i - \bar{x}) \\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_2}} e'_2(x_i - \bar{x}) \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_k}} e'_k(x_i - \bar{x}) \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Standart bir veri matrisi üzerinde faktör analizi yapıldığında faktör skorları ( $f_i$ ) her faktör için ayrı ayrı olarak Denklem 3.14 yardımıyla hesaplanır.

$$f = (LL')^{-1}L'(z_i) \text{ yada } f_i = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} e'_1(z_i) \\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_2}} e'_2(z_i) \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_k}} e'_k(z_i) \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Denklem 3.13 ve Denklem 3.14'te belirtilen formüllerde, orijinal veya standartlaştırılmış değişkenler dışındaki ifadeler, R matrisinin (ya da S matrisinin) özdeğerlerini veya özvektörlerini ifade eder. Bu denklemlerdeki  $(1/\sqrt{\lambda_1})e'_i$  ifadesine faktör katsayıları (b, factor score coefficient) denir. Her bir faktör için faktör katsayıları hesaplandıktan sonra her bir birim için faktör skorlarını hesaplamak daha kolaydır. Bu

katsayılar regresyon denkleminde regresyon katsayıları olarak dahil edilebilir (Yılmaz, 2009).

$F_i$  faktörü için  $b_{ij}$  faktör skor katsayıları  $i$ . faktörün belirlenmesinde kullanılan özdeğerlerin  $(1/\sqrt{\lambda_i})$  değeri kullanılarak Denklem 3.15 ile hesaplanır.

$$b_{ij} = (1/\sqrt{\lambda_i}) \times e_{ij} \quad (3.15)$$

Faktör skor katsayılarından yararlanılarak her bir birim için faktör skorları ( $f_{ij}$ ) Denklem 3.16 ile hesaplanır.

$$f_{ij} = b_{ij} \times z_{ij} \quad (3.16)$$

Faktör skorları, orijinal değişkenler yerine bu değişkenler için temsili değerler olarak kullanılan alt değişkenler olarak görülmektedir.

#### 3.2.1.4. Faktör döndürülmesi

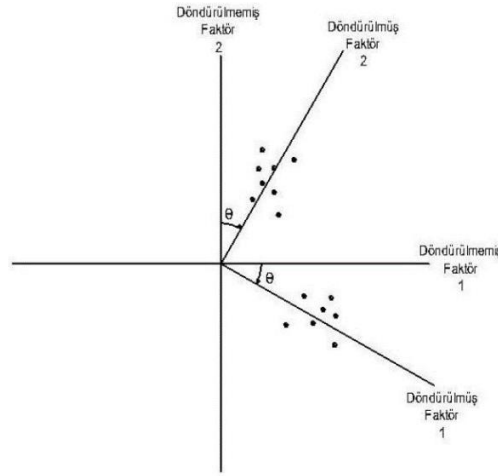
Faktör döndürmesinin amacı faktör yapısını daha basit bir hale getirerek kavramsal anlamlılığın sağlanmasıdır. Burada elde edilmiş olan faktörlerin daha iyi yorumlanmasını sağlamak için faktör döndürülmesi yapılır.

Faktör döndürülmesi, koordinat eksenlerinin dik döndürülmesi bir ortogonal dönüşümle ilişkilidir. Faktör ağırlıklarının ortogonal dönüşümü ve faktörlerin ortogonal dönüşümlerine faktör döndürülmesi denir (Şekil 3.14). Böylelikle faktör yüklemelerinin bir kısmı 0'a geri kalanın 1'e yaklaşması sağlanır. Faktör döndürmesi dik döndürme ve eğik döndürme olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Dik döndürme yönteminde eksenlerin konumu değiştirilmeden  $90^\circ$  döndürülmesidir. Eğik yöntem ise birbirine dik olmayan eksenlerin her bir faktörün birbirinden bağımsız olarak döndürülmesidir.

#### 3.2.2. Yapay Arı Kolonisi (YAK) Optimizasyon Algoritması

YAK algoritması 2015 yılında ilk olarak Derviş Karaboğa tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritmada arı kolonilerinin davranışlarından esinlenilmiştir. Koloni içerisinde işçi, gözcü ve kâşif arılar gibi besin toplamak için farklı görevlere sahip arılar

bulunmaktadır. Burada kovan içerisinde ayrılan arıların besin bulmak için ulaştığı noktalar problemin olası



Şekil 3.14 Faktörlerin döndürülmesi (Yılmaz, 2009)

çözüm noktaları olarak ifade edilir. Ulaşılan noktalardan toplanan besinlerin kaliteleri ise probleme ait amaç ya da uygunluk fonksiyonundan elde edilen sonucun değerleri olarak ifade edilmektedir. Kâşif arının kovandan ayrılışı ile besin arayışı başlar. Kâşif arılar rasgele olarak çevreyi dolaşarak çevredeki besin noktalarını gözlemler ve buradaki besin noktalarından nektar toplayarak bunların bilgisini kovanda bulunan diğer arılara bir dans aracılığıyla aktarır. Aktarılan bu bilgilerle çevrede bulunan besin noktaları kovan içerisinde bulunan diğer arılar tarafından bilindiği için daha yüksek kalitede besin noktaları arayışları başlar. Böylece yüksek kalitede besin yerlerinin keşfedilmesi amaçlanmaktadır. Bu algoritma içinde bazı kabuller yapılmaktadır. Burada her besin noktası için bir arı görevlendirilir ve böylece besin noktası sayısı ile görevli arı sayısı birbirine eşittir. Yapılan bir diğer kabule göre işçi arı sayısı ile gözcü arı sayısı birbirine eşit olmalıdır. Bir koloni içerisinde görevli arı sayısının yarısını gözcü diğer yarısını işçi arı oluşturmaktadır.

Algoritmada ilk olarak kâşif arılar rasgele dağılarak besin kaynağı aramaya başlar. Besin kaynağı bulduktan sonra kâşif arılar artık görevli arı olarak buldukları besin kaynağından nektar toplamaya başlar. Görevli arılar topladıkları nektarları kovana taşırlar ve boşaltırlar. Besin noktasında nektar bitmiş ise bu sefer görevli arılar tekrardan kâşif arı haline döner. Tekrardan ilk başta olduğu gibi besin noktası aramaya başlar. Toplanan bu nektarların bilgisine göre bölgede daha yüksek kalitede nektar keşfi yapılır. YAK algoritması en fazla nektarın bulunduğu kaynağı bulmayı amaçlar (Akay, 2009).



### **Başlangıç yiyecek kaynağı noktalarının belirlenmesi:**

YAK algoritmasında çözüme başlarken ilk olarak rasgele besin noktaları belirlenir. Bu besin noktaları probleme ait rasgele oluşturulmuş çözüm noktaları olarak temsil edilir. Burada besin noktaları bir matris veya vektör şeklinde ifade edilir ve bu vektörün satır sayısı besin kaynağı veya görevli arı sayısına, sütun sayısı ise problemin boyut sayısına eşittir. Denklem 3.17'de görüldüğü gibi belirlenen besin noktaları problemin özelliğine göre belirlenen bir alt ve üst limit aralığında rasgele bir şekilde belirlenir.

$$x_{ij} = x_j^{\min} + \text{rand}(0,1)(x_j^{\max} - x_j^{\min}) \quad i = 1 \dots \dots FN, \quad j = 1, \dots \dots D_p \quad (3.17)$$

Bu denklemde; FN yiyecek kaynağı sayısı ve  $D_p$  ise optimize edilecek parametre sayısıdır.  $x_j^{\min}$ , j. parametrenin alt sınırı,  $x_j^{\max}$  ise j. parametrenin üst sınırıdır. YAK algoritmasının herhangi bir adımında çözümün geliştirilememesi durumunda bu hedef için belirlenmiş olan sayaç değişkeninin değeri artırılır. Bir besin noktasında sayaçta belirtilen limit değerin aşılması durumunda yeni bir başlangıç çözüm noktasının belirlenmesi için kovandan kâşif arı çıkartılır. Algoritma çözüme başlamadan önce diğer besin noktaları için bu sayaç değeri sıfırlanır. Başlangıç besin noktası belirlenir ve daha sonra algoritma işçi arı, gözcü arı ve kâşif arı fazlarını kullanarak en iyi besin noktasının bulunması amaçlanır (Akay, 2009).

### **İşçi arı fazı:**

Bu fazda görevli arıların belirlemiş oldukları besin noktalarının çevresinde Denklem 3.18 kullanılarak daha kaliteli yeni besin noktaları aranır. Bulunan bu yeni besin noktalarındaki besin kalitesi yüksek veya optimum değere daha yakın ise kaynağın yeri ve maliyeti eski besin noktasının yerine hafızaya alınır. Burada bulunmuş olan yeni çözüm noktası çözümü geliştirememiş ise eski besin noktasının yeri hafızaya saklanır ve sayaç değişkeninin değeri bir artırılır.

$$v_{ij} = x_{ij} + \varphi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (3.18)$$

$x_i$  ile gösterilerin her bir kaynak için çözümün tek bir parametresi değiştirilerek  $x_i$  komşuluğunda  $v_i$  kaynağı bulunur. Denklem 3.18'de j değeri  $[1, D]$  aralığında rasgele üretilen bir tamsayıdır. Rasgele seçilen j parametresi değiştirilirken, yine rasgele

değiştirilen  $x_k$  komşu çözümünün  $j$ . parametresi ile mevcut kaynağın  $j$ . parametresinin farkları alınıp  $[-1,1]$  arasında rasgele değer alan  $\varphi_{ij}$  ile ağırlıklandırıldıktan sonra mevcut kaynağın  $j$ . parametresine eklenmektedir. Denklem 3.19'da görüldüğü gibi üretilen  $v_{ij}$  noktaları parametrenin denklemde belirtilen alt ve üst limitleri dışına çıkacak olursa bu değerler sınır değerlerine çekilir (Akay, 2009).

$$v_{ij} = \begin{cases} x_j^{\min} & v_{ij} < x_j^{\min} \\ v_{ij} & x_j^{\min} \leq v_{ij} \leq x_j^{\max} \\ x_j^{\max} & v_{ij} > x_j^{\max} \end{cases} \quad (3.19)$$

Elde edilen yeni besin noktalarına göre problemin  $f_i$  amaç fonksiyonundan elde edilen maliyet değeri kullanılarak Denklem 3.20 yardımı ile fitness (uyumluluk) değeri hesaplanır. Bu noktadan sonra  $x_i$  ve  $v_i$  noktalarına göre elde edilen uyumluluk değerleri karşılaştırılmasıyla oluşturulan yeni çözüm noktasının durumu değerlendirilir. Daha sonra bu iki çözüm noktası arasında aç gözlü (greedy) seçme işlemi uygulanarak  $v_i$  kaynağından elde edilen uygunluk değeri optimum değere yakınsa yani yeni besin yüksek kalitedeyse yeni çözüm noktası eski çözüm noktasının yerine hafızaya kaydedilir ve çözüm geliştirememeye sayacı sıfırlanır. Tam tersi durumda eski çözüm noktası hafızada saklanır ve çözüm geliştirememeye sayacı bir arttırılır.

$$\text{fitness}_i = \begin{cases} 1/(1 + f_i) & f_i \geq 0 \\ 1 + \text{abs}(f_i) & f_i < 0 \end{cases} \quad (3.20)$$

### **Gözcü arı fazı:**

İşçi arı fazı tamamlandıktan sonra toplanılan bilgiler işçi arılar tarafından tekrar kovana dönülerek gözcü arılara aktarılır. Gözcü arılar bu bilgiler yardımıyla besin noktasının komşuluğunda yeni besin noktalarının keşfine çıkar. Gözcü arılar işçi arılardan aldıkları bilgiler doğrultusunda kaynaklardaki nektar miktarı ile orantılı bir olasılıkla nokta seçer. Olasılıksal seçme işlemi, algortmada ifade edilen uygunluk değeri kullanılarak gerçekleştirilir. Bu işlem rulet tekerleği, sıralamaya dayalı, stokastik örnekleme, turnuva yöntemi ya da diğer seleksiyon türlerinden biriyle gerçekleştirilebilir. YAK algoritması yönteminde seleksiyon mekanizması rulet tekerleği yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Tekerlekte bulunan her dilimin açısı belirlenmiş olan besin noktasının uygunluk değeri ile doğru orantılıdır. Bir kaynağın seçilme olasılığı Denklem

3.21’te gösterildiği gibi kaynağın uyumluluk değerinin diğer tüm kaynakların uyumluluk değerinin toplamına oranıyla elde edilir (Akay, 2009).

$$P_i = \frac{\text{fitness}_i}{\sum_{i=1}^{FN} \text{fitness}_i} \quad (3.21)$$

Denklemdaki ifadeler  $\text{fitness}_i$  i. kaynağın uyumluluk değeri, FN besin noktası sayısı veya görevli arı sayısını,  $p_i$  ise i. kaynağın seçilme olasılığı olarak ifade edilir. Bu işlemden sonra algoritma her bir kaynak için [0,1] aralığında bir rasgele sayı üretir. Herhangi bir kaynağın seçilme olasılığı  $p_i$  değeri rasgele üretilen sayı değerinden büyük ise ilgili kaynağın gözcü arısı Denklem 3.18’i kullanarak mevcut kaynağın çevresinde yeni bir kaynak noktası belirler. Bu bulunan yeni kaynağın uyumluluk değeri hesaplanır ve optimum değere yakın olması durumunda yeni çözüm noktası değeri hafızaya kaydedilir ve çözüm geliştirememeye sayacı sıfırlanır. Tam tersi durumda eski çözüm noktasının hafızada tutulur ve çözüm geliştirememeye sayacı bir artırılır. Kovandaki bütün gözcü arıların besin kaynaklarına dağılına kadar bu işlem devam eder.

#### **Kâşif arı fazı:**

İşçi arı fazı ve gözcü arı fazı tamamlandıktan sonra kâşif arı fazına geçildiğinde bütün besin noktaları için çözüm geliştirememeye sayaçları kontrol edilir. Besin noktalarındaki sayaç değerlerine bakılarak herhangi bir noktada önceden belirlenmiş olan sınır değerlerin aşıldığı görülürse kaynaktaki nektarların bitmiş olduğu anlaşılır. Bu kaynaktaki görevli arı tekrardan kâşif arı görevine dönerek Denklem 3.17’deki denklemde belirtildiği gibi yeni bir besin noktası belirler. Denklem 3.22’de limit değeri hesabı gösterilmiştir.  $\gamma$  için 0.5 değeri önerilmiş olsa bile farklı  $\gamma$  değerleri ile daha uygun sonuçları elde etme olasılığı bulunmaktadır (Akay, 2009).

$$\text{Limit} = \gamma * FN * D_p \quad \gamma = \text{Limit katsayısı} \quad (3.22)$$

### **3.2.3. Parçacık sürü optimizasyon (PSO) algoritması**

PSO algoritması, sürü halinde hareket eden balık, kuş ve böceklerin davranışlarından esinlenerek ilk olarak Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından geliştirilmiş bir optimizasyon yöntemidir. Sürü zekasını temel alan bir algoritmadır. Yiyecek bulma ve korunma durumları için sürü olarak sergiledikleri rasgele hareketlerin

başarılı bir sonuç ortaya koyduğu görülmüştür (Özsağlam ve Çunkuş, 2008). PSO algoritması esas olarak kuş sürülerinin davranışlarından esinlenilerek oluşturulmuş sezgisel bir algoritmadır. Sürüdeki diğer kuşlar besin kaynağına yakın olduğu düşünülen kuşu (lideri) takip ederler. Bu arama sırasında liderde değişiklik olabilir. Yeni bir besin kaynağı keşfeden bir kuş lider olur ve sürü bu sefer yeni lideri takip eder. Lideri belirlemek için sürü içerisinde iletişim kurulur (Erkol, 2017).

Sürü içerisindeki her kuş bir parçacık olarak adlandırılır. Her bir parçacık bir çözümü ifade etmektedir. Her kuşun o anki pozisyonu çözümü aranan fonksiyonun girişi olarak ifade edilir. Kuşun besin arayışındaki her bir pozisyonu fonksiyona iletilir ve pozisyonlar için çözüm üretilir. Üretilen çözümün değerlendirilmesiyle bir uygunluk değeri elde edilir. Elde edilen bu uygunluk değeri çözümün sonuca ulaşmış olup olmadığını belirler. Ulaşılan sonuçların uygun olması durumunda arama işlemi sona erer aksi halde kuşlar yeni besin noktaları aramaya devam eder.

Bu sürünün hız ve pozisyon gibi başlangıç değerleri için atamalar yapılır. Kuşların hızı belirtilen hızda ve her bir iterasyonda farklı pozisyonda olmalıdır. Hız burada sabit olabilir veya değişkenlik gösterebilir. Oluşturulan her bir pozisyon için besin kaynağına yani çözüm noktasına yakın olan kuş lider olarak atanır. Her bir pozisyon için belirlenen liderin temsil ettiği pozisyondaki optimum değeri sağlayıp sağlamadığı tespit edilir. Burada yeni çözüm noktaları kriter değerlerini sağlıyorsa işlem sona erer sağlamıyorsa tekrar yeni çözüm noktası aramaya devam edilir. PSO'nun diğer yöntemlere kıyasla daha az parametre sayısına sahip olması ve basit bir yapıda olması sebebiyle yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır (Erkol, 2017).

PSO algoritmasında kuşların uzayda rasgele dağılarak yeni besin kaynakları araması sonucunda uzayda her bir parçacığın konum vektörü elde edilir. Buna göre  $d$  boyutlu bir problemde  $i$ . parçacığın konum vektörü  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}, \dots, x_{id})$  olmaktadır. Burada her bir parçacığın pozisyonu farklı çözüm kümesi olarak ifade edilir. Arama uzayının sınır değerleri  $[X_{max}, X_{min}]$  ve parçacığın konum değeri  $X_i$  tanımlanır.  $X_i$  değerinin sınır değerlerinin dışında kalması durumunda çeşitli kısıtlamalar uygulanır. Bu kısıtlamalar aşağıdaki gibi tanımlanır (Yılmaz, 2015).

Eğer  $X_i > X_{max}$  ise  $X_i = X_{max}$  ve  $V_i = 0$ ;

Eğer  $X_i < X_{min}$  ise  $X_i = X_{min}$  ve  $V_i = 0$ ;

Eğer  $X_i > X_{max}$  veya  $X_i < X_{min}$  ve  $V_i = -V_i0$ ;

Eğer  $X_i > X_{max}$  veya  $X_i < X_{min}$

ise  $X_i$  nin uygunluk değerini en kötü uygunluk değeri yap

Burada; arama uzayının üst sınırı  $X_{\max}$ , alt sınır  $X_{\min}$  olarak ifade edilir. Denklem 3.23 ve Denklem 3.24 kullanılarak sürü içinde olduğu kabul edilen p adet parçacık için başlangıç konum ve hız değerleri hesaplanır. Denklem 3.24'te belirtilen  $v_{\max}$  değeri parçacığın hız değişkeninin alabileceği maksimum değer olarak ifade edilmektedir.

$$X_i = X_{\min} + (X_{\max} - X_{\min}) * \text{random}() \quad (3.23)$$

$$v_i = v_{\max} * \text{random}() \quad (3.24)$$

Parçacığın hız değerleri pozitif veya negatif değerler olabilir ve böylece parçacığın farklı yönlerde hareket edebilmesine olanak sağlar. Hız değerlerinin istenmeyen değerler almasını önlemek için  $v_{\max}$  ve  $v_{\min}$  aralığında kalması gerekmektedir. Maksimum değer değişkenlik gösterebilir. Bazı uygulamalarda maksimum değer ile minimum değer birine eşit olarak kullanılır. Bazı uygulamalarda  $v_{\max}$  arama uzayındaki parçacığın konum vektörünün her bir boyutunun alabileceği maksimum ve minimum değer farkının %10-20'si aralığında bir değer almıştır (Denklem 3.25) (Robinson ve Rahmat-Samii, 2004).

$$v_{\max} = (X_{\max} - X_{\min}) * \%R \quad R \in [10 - 20] \quad (3.25)$$

Sürüde iterasyonlar boyunca parçacıkların konum değerleri hesaplanır ve en iyi uygunluğa sahip değer global en iyi değer  $g_{\text{best}}$  olarak adlandırılır. Daha iyi bir  $g_{\text{best}}$  elde edilmesi durumunda yeni  $g_{\text{best}}$  değeri eskisinin yerine hafızaya kaydedilir. Hafızadaki  $g_{\text{best}}$  değeri diğer parçacıkları kendine değerine doğru çeker. Sürüdeki her parçacığın nesiller boyunca sahip olduğu en iyi uygunluk değeri kişisel en iyi değer  $p_{\text{best}}$  olarak adlandırılır. Daha iyi bir  $p_{\text{best}}$  elde edilmesi durumunda yeni  $p_{\text{best}}$  değeri eskisinin yerine hafızaya kaydedilir. Parçacıkların her biri hız güncellemesi yaparken diğer parçacıkları kendi  $p_{\text{best}}$  değerine doğru çeker (Ortakçı, 2011).

Sürüdeki i. parçanın  $p_{\text{best}}$  değerleri  $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{ik}, \dots, P_{id})$  ve i. parçanın hız vektörü  $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ik}, \dots, v_{id})$  olarak tanımlanır. Denklem 3.26 ve Denklem 3.27' de yer alan formüllerde sırasıyla nesiller boyunca güncellenen i. parçacığın hız vektörü ve buna bağlı konum vektörü yer almaktadır (Ortakçı, 2011).

$$v_{ij}^{t+1} = wv_{ij}^t + c_1r_1(P_{ij} - x_{ij}) + c_2r_2(g_{\text{gbest}} - x_{ij}) \quad (3.26)$$

$$X_{ij}^{t+1} = X_{ij}^t + v_{ij}^{t+1} \quad t: \text{iterasyon sayısı}; \quad j: 1, 2, \dots, d; \quad (3.27)$$

Denklem 3.26'da t. iterasyonda i. bir parçacığın (t+1). İterasyondaki hız vektörü elde edilir. Denklem 3.26'da bulunan hız vektörü Denklem 3.27'de i. parçacığın i. iterasyondaki konum vektörünü toplayarak (t+1). İterasyondaki konum vektörü hesaplanır. Hesaplanmış olan bu konum vektörü yeni çözüm noktasını temsil eder. w değeri atalet ağırlığı, c<sub>1</sub> ve c<sub>2</sub> değerleri hızlandırma katsayılarını temsil eder. r<sub>1</sub> ve r<sub>2</sub> değerleri [0,1] değer aralığında rasgele bir değer alan ve PSO'nun rastgeleliğini sağlayan parametredir.

Genel olarak uygulamalarda atalet değerinin maksimum değeri w<sub>max</sub>= 0,9 minimum değeri ise w<sub>min</sub>= 0,4 olarak alınır. Denklem 3.28'de görüldüğü gibi iterasyon sayısı atalet ağırlığının dinamik değerini hesaplamada önemli bir rol oynar. Başlangıçta atalet ağırlığının değeri iterasyonlardan dolayı büyük değerler alacaktır fakat iterasyon ilerledikçe daha küçük değer almaya başlar (Ortakçı, 2011).

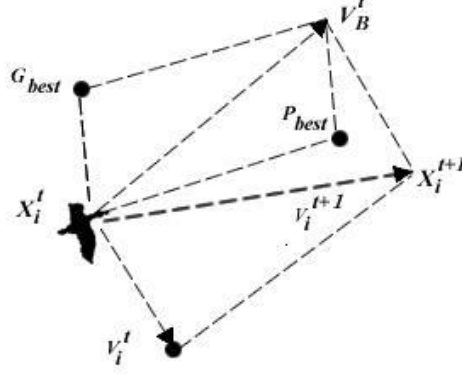
$$w = w_{\max} - \frac{(w_{\max} - w_{\min})}{\text{iterasyon sayısı}} * t \quad t: \text{halihazır iterasyon} \quad (3.28)$$

Denklem 3.26'da ikinci kısım c<sub>1</sub>r<sub>1</sub>(P<sub>ij</sub> - x<sub>ij</sub>) ifadesi kişisel hafızayı temsil etmektedir. Bu değer hafızada saklı olan en iyi konum değerine (p<sub>best</sub>) doğru çekilir. Elde edilen değer c<sub>1</sub>r<sub>1</sub> değeri ile ağırlıklandırılmıştır. Yine bu denklemdeki üçüncü kısım c<sub>2</sub>r<sub>2</sub>(g<sub>gbest</sub> - x<sub>ij</sub>) sosyal hafızayı temsil etmektedir. Bu değer hafızada saklı olan en iyi konum değerine (g<sub>best</sub>) doğru çekilir. Elde edilen değer c<sub>2</sub>r<sub>2</sub> değeri ile ağırlıklandırılmıştır.

Şekil 3.15'te X<sub>i</sub><sup>t</sup>; i. parçacığın t. iterasyondaki konumunu, v<sub>i</sub><sup>t</sup>; i. parçacığın t. iterasyondaki hızı, g<sub>best</sub>; sürüdeki en iyi konuma sahip parçacığın konumu, p<sub>best</sub>; i. parçacığın kişisel en iyi konumu, X<sub>B</sub><sup>t</sup>; t. iterasyonda g<sub>best</sub> ve p<sub>best</sub>'ün bileşkesi, X<sub>i</sub><sup>t+1</sup>; i. parçacığın (t+1). İterasyondaki konumu, V<sub>i</sub><sup>t+1</sup>; i. parçacığın (t+1). İterasyondaki hızı olarak ifade edilir.

Hızlandırma katsayıları içerisinde c<sub>1</sub> değeri parçacıkların p<sub>best</sub> değerine, c<sub>2</sub> değeri parçacıkların g<sub>best</sub> değerine doğru çekilmelerini sağlar. Hızlandırma katsayılarının büyük olması parçacıkların birbirinden uzaklaşmasını, küçük olması parçacıkların hareketlerinin kısıtlanmasına ve çözüm uzayının araştırılmasında kısıtlamalara sebep olur. Hızlandırma katsayıları her probleme göre farklılık gösterebilirken genel olarak c<sub>1</sub> ve c<sub>2</sub> değerleri 2 olarak önerilir. c = c<sub>1</sub> + c<sub>2</sub> bu ifadede c değeri ne kadar artarsa algoritmanın optimum değer etrafında yaptığı salınım miktarı artar. Hızlandırma katsayıları birbirine eşit olmak zorunda değildir (Valle ve ark., 2008). PSO

algoritmasında sonlandırma kriteri olarak kullanıcı tarafından belirtilmiş sabit bir iterasyon sayısı, belirlenmiş çalışma zamanı veya belirli bir hata değeri kabul edilir (Ortakçı, 2011).

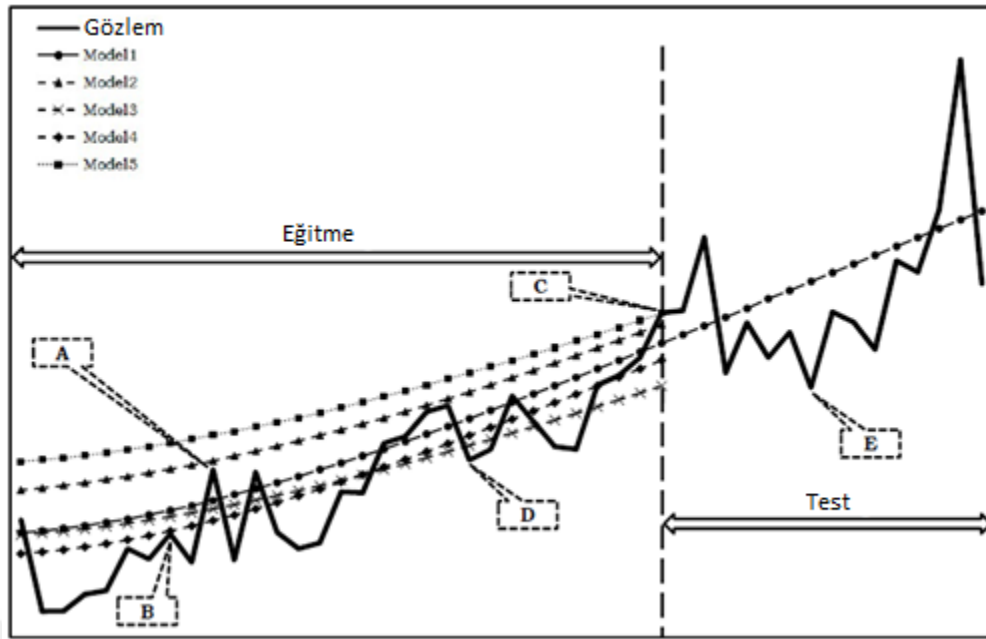


Şekil 3.15 Parçacığın pozisyon değiştirilmesi (Ortakçı, 2011).

### 3.2.4. Band Benzerliği Yöntemi

Band Benzerliği Yöntemi (BBY) ilk kez Yılmaz (2022) tarafından ortaya atılmıştır. BBY temelde herhangi bir optimizasyon algoritmasının ürettiği modeller yardımıyla üzerine çalışılan olgu için zamansal bağımlılık durumunun araştırılması ve üretilen modellerin başarısının artırılması amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem temelinde optimizasyon algoritmalarının karakteristiklerinde bulunan rastgelelik yapısından faydalanır. Örnek olarak YAK gibi optimizasyon algoritmaları yapıları gereği rastgelelik içermektedir. Bu sebeple üst üste yapılan iki çözümleme genellikle aynı çözüm noktasına ulaşmaz.

Örnek olarak Şekil 3.16' da gösterildiği gibi bir veri seti için 5 farklı model oluşturulmuş ve oluşturulan 5 farklı model içerisinde en başarılı olan ilişkinin Model 1 ile kurulduğu varsayılmıştır. Şekil 3.16 incelendiğinde A noktasında Model 2, B noktasında Model 4, C noktasında Model 5 ve D noktasında Model 3 gözlemlenmiş değerlere yakın sonuçlar üretmiştir. Herhangi bir test verisi için kurulan zamansal etkileşim modeli örnek olarak A noktasındaki zamansal etkileşime uyuyorsa ilgili test verisi için Model 2, B noktasındaki zamansal etkileşime benziyorsa Model 4 kullanılır. Eğer ilgili test verisinin zamansal etkileşimi eğitim verilerindeki herhangi bir noktayla uyuyuyorsa en başarılı model olan Model 1 kullanılır (Yılmaz, 2022).



Şekil 3.16 Band Benzerliğinin davranışı (Yılmaz, 2022)

Band Benzerliği yönteminde öncelikle test verilerinin karakterini yansıtacak bir Band Yapısı oluşturulur. Band Yapısı'na ait  $K_{ij}$  değerleri Denklem 3.29'da görüldüğü gibi hesaplanabilir. Elde olan veriler doğrultusunda normalde yapılması gereken bütün test bireylerine Model 1'in uygulanmasıdır. Bu aşamada örnek olarak E noktasının karakterini yansıtan bir bağıntı kurulur. E noktasının karakterine eğitim bireyleri içerisinde bulunan diğer A, B, C veya D noktalarından herhangi birisinin karakteri benziyorsa E noktası için ilgili noktada başarılı olan model kullanılır. Eğer eğitim bireylerindeki herhangi bir nokta E noktasının karakterine benzemiyorsa E noktası için en iyi model olan Model 1 kullanılarak çözüm üretilir. Bu şekilde bütün test bireyleri için aynı işlemler tekrar edilerek Band Benzerliği yöntemi tamamlanmış olur.

$$K_{ij} = f(x_{ij}) \quad i = 1,2,3, \dots p; \quad j = 1,2,3, \dots t \quad (3.29)$$

Burada toplamda  $p$  adet veri bulunmaktadır. Bu veri setinin  $m$  adeti eğitim aşaması,  $n$  adeti test aşamasında kullanılacağı varsayılmıştır. Burada kullanılmış olan 6 adet benzeşim modeli yer almaktadır.

Denklem 3.30'da verilerin  $r$  kadar ay önceki değerlere olan farklarına göre; Denklem 3.31'de  $r$  kadar ay önceki değerle olan değişim yüzdesine göre; Denklem 3.32'de  $r$  kadar ay önceki değerler esas alınarak değişim hızına göre; Denklem 3.33'te



standartlaştırılmış verilerin fark değerlerine göre ve son olarak Denklem 3.34'te ise standartlaştırılmış verilerin hız değerlerine göre benzeşim kurulmuştur.

$$f(x_{i,j}) = x_{i,j} - x_{i-r,j} \quad i = 1,2,3, \dots p; \quad j = 1,2,3, \dots t \quad (3.30)$$

$$f(x_{i,j}) = \frac{x_{i,j} - x_{i-r,j}}{x_{i-r,j}} \quad i = 1,2,3, \dots p; \quad j = 1,2,3, \dots t \quad (3.31)$$

$$f(x_{i,j}) = \frac{x_{i,j} - x_{i-r,j}}{r} \quad i = 1,2,3, \dots p; \quad j = 1,2,3, \dots t \quad (3.32)$$

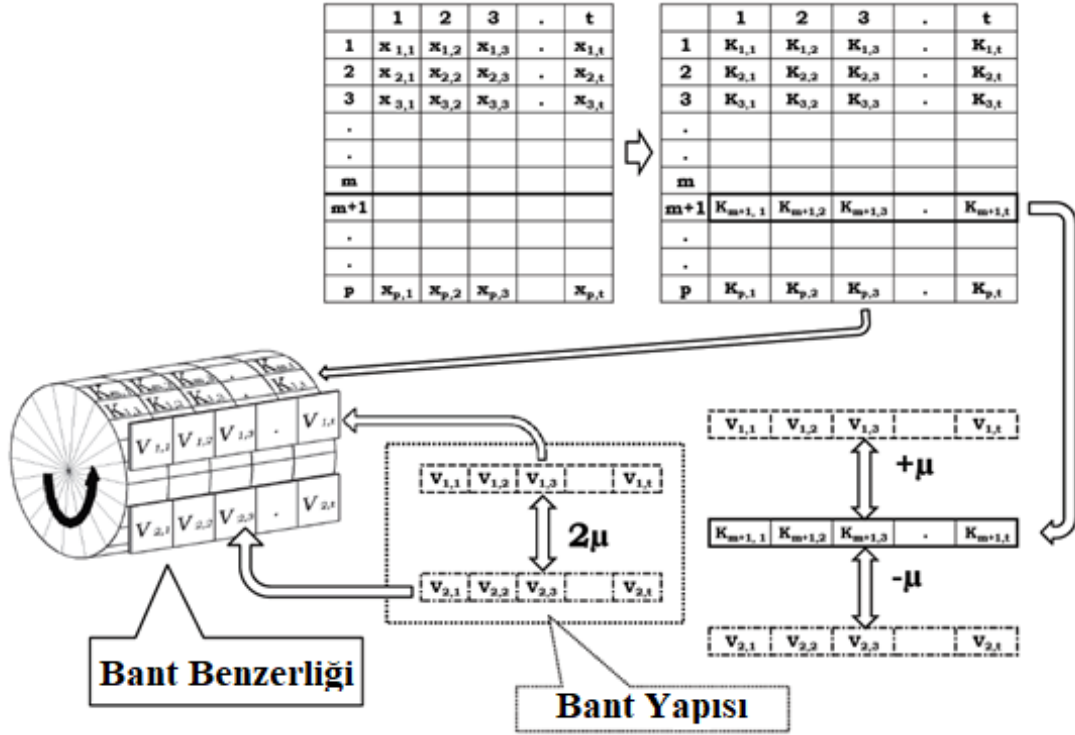
$$f(x_{i,j}) = s_{i,j} - s_{i-r,j} s_{i,j} = \frac{x_{i,j} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad i = 1,2,3, \dots p; \quad j = 1,2,3, \dots t \quad (3.33)$$

$$f(x_{i,j}) = \frac{s_{i,j} - s_{i-r,j}}{r} s_{i,j} = \frac{x_{i,j} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad i = 1,2,3, \dots p; \quad j = 1,2,3, \dots t \quad (3.34)$$

Verilerin birbirleriyle benzer olup olmadıkları  $K_{i,j}$  değerleriyle belirlenecektir. Bu Band Yapısının uzunluğu modelde kullanılan bağımsız değişken sayısı kadar olmalıdır. Band Yapısı genişliği ise kullanıcı tarafından belirlenen bir  $\mu$  değeriyle ifade edilir. Band Yapısı'nın sınırları Denklem 3.35'te gösterildiği gibi hesaplanabilir.  $\mu$  değeri verilerin özelliklerine göre  $\mu^u$  ve  $\mu^l$  değerleri arasında farklı  $\mu$  değerleri arasından en iyi sonucu verecek şekilde seçilir (Yılmaz, 2022).

$$V_{1,j} = K_{i,j} + \mu ; \quad V_{2,j} = K_{i,j} + \mu \quad i = m + 1, m + 2, \dots p; \quad j = 1,2, \dots t \quad (3.35)$$

Devamında eğitim veri setleri içerisinde Band Yapısı içerisine giren bireyler aranır. Eğer eğitim veri seti içerisinde herhangi bir birey ilgili test bireyinin Band Yapısı'nı içerisine girebiliyorsa ilgili eğitim bireyinde en başarılı olan model ilgili test bireyi için kullanılır. Eğer bütün eğitim bireyleri içerisinde hiçbir birey Band Yapısı içerisine giremiyorsa eğitim veri seti için elde edilmiş en iyi model ilgili test bireyi için kullanılır. Bütün test bireyleri için aynı işlemler tekrarlanarak Band Benzerliği yöntemi tamamlanmış olur. Band benzerliğinin nasıl çalıştığı Şekil 3.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Band Benzerliği yönteminin mekanizması (Yılmaz, 2022)

### 3.2.5. Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall (MK) Testi, Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilmiştir. Ölçümü alınmış olan değişkenlerde (zaman serileri) bir trend belirlemek için özellikle iklimbilim (klimatoloji) ve su bilimleri (hidroloji) problemlerinde yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir testtir. Serideki trendin kontrolü için iki hipotez

( $H_0$  ve  $H_1$ ) kullanılır.  $H_0$  hipotezi, zaman serisindeki verilerin birbiri ile benzer olduğunu ve bir trend olmadığını ifade eder.  $H_1$  hipotezi ise zaman serisindeki verilerin birbirinden farklı şekilde dağılmış olduğunu ve veri setinin bir trendinin var olduğunu belirtir (Yılmaz, 2019).

Zaman serisi ilk olarak  $i = 1, \dots, (n - 1)$ ' e kadar  $x_i$  veri sütun serisi ve  $j = 1, \dots, (n - 1)$ ' e kadar  $x_j$  veri sütunu ile hazırlanır. Daha sonra  $x_i$  veri seti başlangıç olarak kullanılarak Denklem 3.36'de gösterildiği gibi signum fonksiyonu kullanılarak Denklem 3.37'da gösterilen MK istatistik değeri toplamı S değeri hesaplanır. Ortaya çıkan bu S değerleri tüm veri çiftlerinin farkı ( $x_i - x_j$ ) olan değerlerin pozitif ve negatif sonuçlarının toplamını ifade etmektedir.

$$\text{sgn}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1; & \text{Eğer } x_j > x_i \\ 0; & \text{Eğer } x_j = x_i \\ -1; & \text{Eğer } x_j < x_i \end{cases} \quad (3.36)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (3.37)$$

Asimptotik olarak, normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan test istatistiği S'in varyansı Denklem 3.38 ile hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18 \quad (3.38)$$

Eğer zaman serisinde benzer değerler var ve veri uzunluğu  $n > 10$  ise S'in varyansı Denklem 3.39 ile hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = [n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t(t-1)(2t+5)]/18 \quad (3.39)$$

Burada, p veri setindeki tekrar gözlem sayılarını, t değeri bir seride tekrarlanan gözlemleri göstermektedir. Hesaplanmış varyans değerlerinden sonra MK test istatistiğinin önemli olup olmadığı Denklem 3.40'da gösterilen kritik z değeri kullanılarak belirlenir.

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Eğer } S > 0 \\ 0 & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (3.40)$$

Anlamlılık düzeyleri genel olarak normal dağılım için sıklıkla kullanılan 0.10 ( $\alpha = \%10$ ) ve 0.05 ( $\alpha = \%5$ ) olasılığına sahip çift yönlü güven aralıkları öngörülmektedir.  $|z| \leq z_\alpha$  olması durumunda  $H_0$  hipotezi kabul edilir aksi durumda hipotez reddedilir. Hipotezin reddedilmesi zaman serisinin bir trendinin olduğu anlamına gelir ve S değerinin pozitif

olması artan veya negatif olması azalan trendin varlığını gösterir (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004).

### 3.2.6. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

Bu yöntem bir veri setinin zaman içerisindeki artmaya mı veya azalmaya mı sahip olduğunu belirlemek için kullanılan parametrik olmayan bir testtir. Testte sonuçlar grafiksel olarak değerlendirilirken aynı zamanda trendin başlangıç noktası belirlenebilir (Gümüş ve Yenigün, 2006). Veri setinde bulunan verilerin gerçek değerleri yerine bir mertebe değeri ( $m_i$ ) kullanılır. Her mertebe değeri kendinden önceki mertebe değerleri ile karşılaştırılır ve kendinden küçük olan mertebe değerlerinin sayısı  $n_i$  ile ifade edilen bir sayı olarak tanımlanır. Denklem 3.41'de görüldüğü gibi  $n_i$  değerlerinin toplamları test istatistiği ( $t$ ) olarak ifade edilir (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004).

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (3.41)$$

Bunun ortalaması;

$$E(t) = i(i - 1)/4 \quad (3.42)$$

varyansı;

$$\text{Var}(t) = i(i - 1)(2i + 5)/72 \quad (3.43)$$

ile hesaplanır. MKMK Test istatistik değeri  $u(t)$  Denklem 3.44 ile hesaplanır.

$$u(t) = [t - E(t)]/\sqrt{\text{Var}(t)} \quad (3.44)$$

Geriye doğru MKMK ( $u'(t)$ ) Test istatistiği yine aynı şekilde hesaplanır. Veriler bu kez Denklem 3.46'da gösterildiği gibi sondan başa doğru sıralanır ve numaralandırılır. Bu veri seti  $i'$  olarak ifade edilir. Veri setindeki her bir veri için mertebe değeri verilir. Her bir mertebe değeri kendinden önceki kendinden küçük mertebe değerleri sayısı ( $n_i$ ) hesaplanır. Denklem 3.45'te yer alan eşitlikte  $u(t)$  ve  $u'(t)$  test istatistik değerleri için kullanılan mertebe değerlerinin sayısının toplamı, kullanılan mertebe değerinin bir

eksiğine eşit olduğunu ifade etmektedir. Yine aynı şekilde  $n_i$  değerlerinin toplamları test istatistiği (t) olarak Denklem 3.47’de görüldüğü gibi ifade edilir.

$$n_i + n'_i = m_i - 1 \quad (3.45)$$

$$i' = (n + 1) - i \quad (3.46)$$

$$t' = \sum_{i=1}^n n'_i \quad (3.47)$$

Denklem 3.44’te gösterildiği gibi geri doğru MKMK Test istatistiği  $u(t)=u'(t)$ ’dir (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004).

Test istatistiği (u(t)) değerinin anlamlılık seviyesine karşılık gelen kritik değere ulaşması durumunda trendin güvenilirlik düzeyinin anlamlı olduğunu gösterir. Grafikselleştirme yaparken test istatistik değeri olarak hesaplanan u(t) ve u'(t) değerleri grafikte değişim noktasına kadar birbirine yaklaşır ve trendin başladığı noktadan itibaren birbirinden uzaklaşır. Trendin olmaması durumunda iki eğri birbirine birçok kez yakın salınımlar yapar. Bulunan sonuçlara göre test istatistiği değerleri pozitif olması artış eğiliminde olduğunu negatif değerlerin olması durumunda ise azalış eğiliminde olduğu görülür (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004).

### 3.2.7. Spearman’ın Rho Testi

Spearman’ın Rho Testi lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Testin amacı iki gözlem serisi arasında bir korelasyon olup olmadığını belirlemektir. Bu test sıra istatistiklerine dayanır. Sıra istatistiği  $R_{xi}$  verilerin küçükten büyüğe ya da büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. SR Test istatistiği ( $r_s$ ) Denklem 3.48’de gösterildiği gibi hesaplanır (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004).

$$r_s = 1 - 6[\sum_{i=1}^n (R_{xi} - i)^2]/(n^3 - n) \quad (3.48)$$

Bu denklemde  $R_{xi}$ ; i. verinin sıra numarası, i; verilerin sırasını ve n; toplam veri sayısını ifade eder.  $n > 30$  olduğu durumdan  $r_s$  değeri normale yaklaştığından dolayı normal dağılım tabloları kullanılır.  $r_s$ ’in test istatistiği Z değeri Denklem 3.49’da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (3.49)$$

Bu işlemlerden sonra seçilmiş  $\alpha$  anlamlılık seviyesinde standart normal dağılım tablosundan bir  $z_\alpha$  değeri tespit edilir. Test istatistiği ( $Z$ ) değeri  $z_\alpha$  değeri ile karşılaştırılır. Burada  $|z| > z_\alpha$  olması durumunda  $H_0$  hipotezi reddedilir ve belirli bir trendin olduğu sonucu ortaya çıkar. Tersini olması durumunda  $H_0$  hipotezi kabul edilir ve bir trendin olmadığı ortaya çıkar.  $Z$  değerinin pozitif olması artan bir trend, negatif olması ise azalan bir trend olması anlamına gelmektedir.

### 3.2.8. Sen'in Trend Eğim Testi

Sen (1968) tarafından geliştirilmiş parametrik olmayan testtir. Zaman serisinden lineer bir trend mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) parametrik olmayan bir yöntemle belirlenebilir. Bu metot veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen ve eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilmektedir (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004).  $j$  ve  $k$  zamanlarındaki veriler  $x_j$  ve  $x_k$  olmak üzere ( $j > k$  şartı ile),  $N$  ( $n$  zaman periyotlarının sayısı);

$$N = n(n - 1)/2 \quad (3.50)$$

$Q_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ) değeri Denklem 3.51 ile hesaplanır.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{(j - k)} \quad (3.51)$$

Hesaplanan  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu  $N$  adet  $Q_i$  değerinin medyanı buradaki bahsedilen lineer trend eğim parametresini tahmin etmek için kullanılan bir istatistiktir. Burada  $N$  sayısının tek olması durumunda Denklem 3.52, çift olması durumunda ise Denklem 3.53 yardımıyla gözlemlerin birim zamandaki değişimi hesaplanır.

$$Q = Q_{(N+1)/2} \quad (3.52)$$

$$Q = \left[ \frac{1}{2} (Q_{N/2} Q_{(N+2)/2}) \right] \quad (3.53)$$

Hesaplama sonunca  $Q$  medyan değerinin pozitif olması artan yönde, negatif olması durumunda azalan yönde trendin olduğunu gösterir.

### 3.2.9. Verilerin modellenmesi

Verilerin modellenmesi için Tablo 3.4'te gösterildiği gibi her değişkene bir sembol verilmiştir.

**Tablo 3.4** Modellemede kullanılacak değişkenler ve sembolleri

Değişkenler	Sembol
Aylık Maksimum Aktüel Basınç (hPa)	F <sub>1</sub>
Aylık Maksimum Nispi Nem (%)	F <sub>2</sub>
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	F <sub>3</sub>
Aylık Maksimum Yağış (mm=kg÷m <sup>2</sup> )	F <sub>4</sub>
Aylık Minimum Aktüel Basınç (hPa)	F <sub>5</sub>
Aylık Minimum Nispi Nem (%)	F <sub>6</sub>
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	F <sub>7</sub>
Aylık Ortalama Aktüel Basınç (hPa)	F <sub>8</sub>
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	F <sub>9</sub>
Aylık Ortalama Rüzgar Hızı (m÷sn)	F <sub>10</sub>
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	F <sub>11</sub>
Aylık Ortalama Subuharı Basıncı hPa	F <sub>12</sub>
Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m <sup>2</sup> ) OMGİ	F <sub>13</sub>
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (TL)	F <sub>14</sub>
Nüfus (kişi)	F <sub>15</sub>
Su Tüketimi (m <sup>3</sup> )	F <sub>16</sub>

Modelin oluşturulmasında kullanılan bağımsız değişkenler  $i=1,2,\dots,n$  ise model Denklem 3.54'deki gibi elde edilir.

$$Y_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_1^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_2^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \dots + \eta_n \times \beta_n \times F_n^{\alpha_n \times \gamma_n} \quad (3.54)$$

$Y_m$ : Model sonucu elde edilmiş olan su tüketim verileri

$Y_g$ : Gözlenmiş su tüketim verileri (evsel sarfiyat)

Oluşturulan modellerin başarıları için  $Y_m$  ile  $Y_g$  arasındaki Determinasyon katsayısı ( $R^2$ ), Nash-Sutcliffe Etkinlik katsayısı (NSE), Ortalama Karesel Hata (Mean

Square Error, MSE) ve  $MSE/R^2$  değerleri hesaplanacaktır. Bu değerler Denklem 3.55, Denklem 3.56 ve Denklem 3.57 ile hesaplanır.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^N (Y_{i\text{gözlem}} - \bar{Y}_{\text{gözlem}})(Y_{i\text{tahmin}} - \bar{Y}_{\text{tahmin}})]^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{i\text{gözlem}} - \bar{Y}_{\text{gözlem}})^2 \sum_{i=1}^N (Y_{i\text{tahmin}} - \bar{Y}_{\text{tahmin}})^2} \quad (3.55)$$

$\bar{Y}$ ; n elemanlı veri setinin ortalaması

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{i\text{gözlem}} - Y_{i\text{tahmin}})^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{i\text{gözlem}} - \bar{Y}_{\text{gözlem}})^2} \quad (3.56)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{i\text{gözlem}} - Y_{i\text{tahmin}})^2 \quad (3.57)$$



## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Trend Analizi Sonuçları

2008 ile 2017 yılları arasına ait aylık toplam su tüketim değerleri kullanılarak trendleri belirlemek amacıyla parametrik olmayan MK, MKMK, SR ve STE Metodu uygulanmıştır. Çalışmada dört mahalleye ait 10 yıllık toplam 120 adet aylık veri kullanılmıştır. Konya iline ait 4 mahallenin MK, SR ve STE Metodu sonuçları Tablo 4.1’de özet olarak gösterilmiştir.

**Tablo 4.1** Konya iline ait 4 mahalleye ait trend analiz sonuçları

İstasyon Adı	Spearman’ın Rho Testi	Mann-Kendall Testi	Sen’in Trend Eğim Metodu	Anlamlılık Seviyesi $\alpha=0.05$	Trend
Yazır	10,632	14,147	1252,7	1,96	Artan ↑
Gödene	9,845	11,93	323,7	1,96	Artan ↑
Saraçoğlu	2,765	2,95	23,88	1,96	Artan ↑
Lalebahçe	3,303	3,54	40,66	1,96	Artan ↑

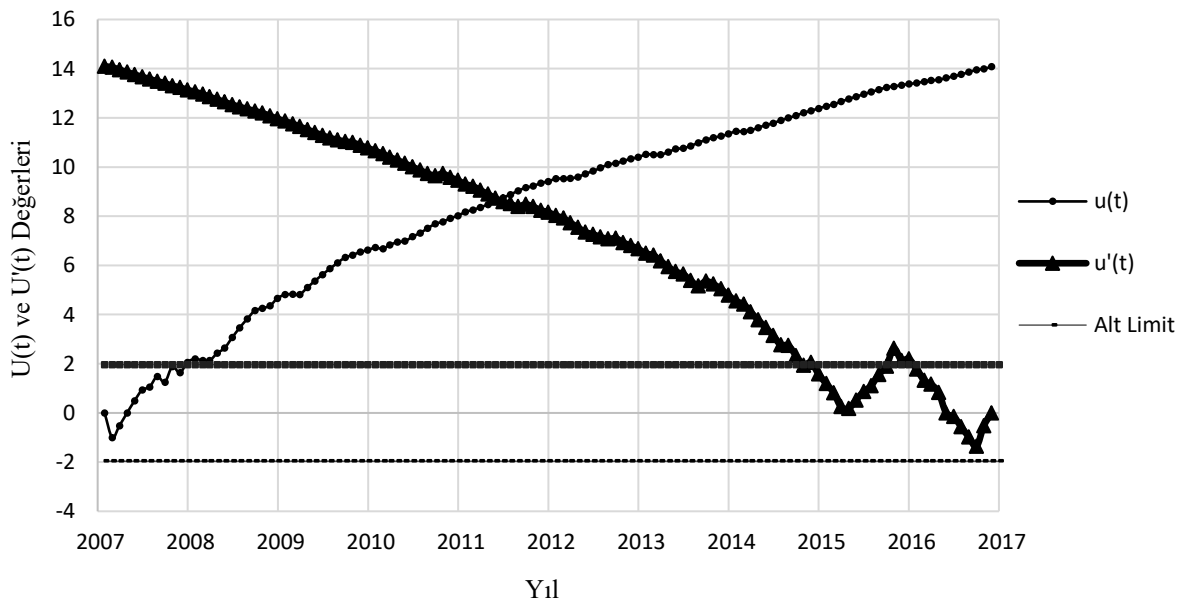
Dört mahalleye ait trend analiz sonuçları incelendiğinde Konya Meram ilçesinde bulunan 17245 nolu Konya Bölge istasyonu 10 yıllık verilerinin test istatistiğinin %95 güven aralığında hesap sonucu;

MK Trend analizi için elde edilen Z istatistiği değerlerine bakıldığında, dört mahalle için  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{1-\alpha/2}$  değerinden büyük olduğu görülmüştür. Trendin olmadığı şeklinde kurulan sıfır hipotezi  $H_0$  reddedilmektedir. İncelemiş olduğumuz dört mahalle için artan bir trendin olduğu görülmektedir.

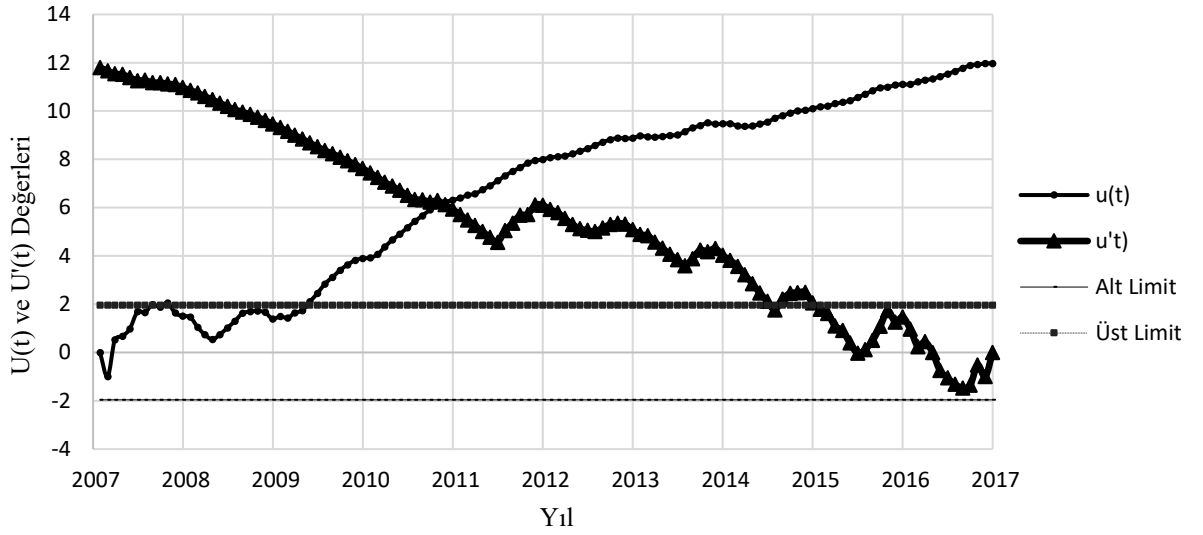
SR Trend analizi için elde edilen Z istatistiği değerlerine bakıldığında, dört mahalle için  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{1-\alpha/2}$  değerinden büyük olduğu görülmüştür. Trendin olmadığı şeklinde kurulan sıfır hipotezi  $H_0$  reddedilmektedir. İncelemiş olduğumuz dört mahalle için artan bir trendin olduğu görülmektedir.

STE Metodu analizi için elde edilen Q medyan değeri, Sen'in önerdiği parametrik olmayan bir teknik kullanılarak iki taraflı test ile %100  $(1-\alpha)$  güven aralığında test edilir ve gerçek eğim hakkında karar verilir. İncelemiş olduğumuz dört mahalle için Z değerleri 0'dan büyük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir ve artan bir trendin olduğu görülmektedir.

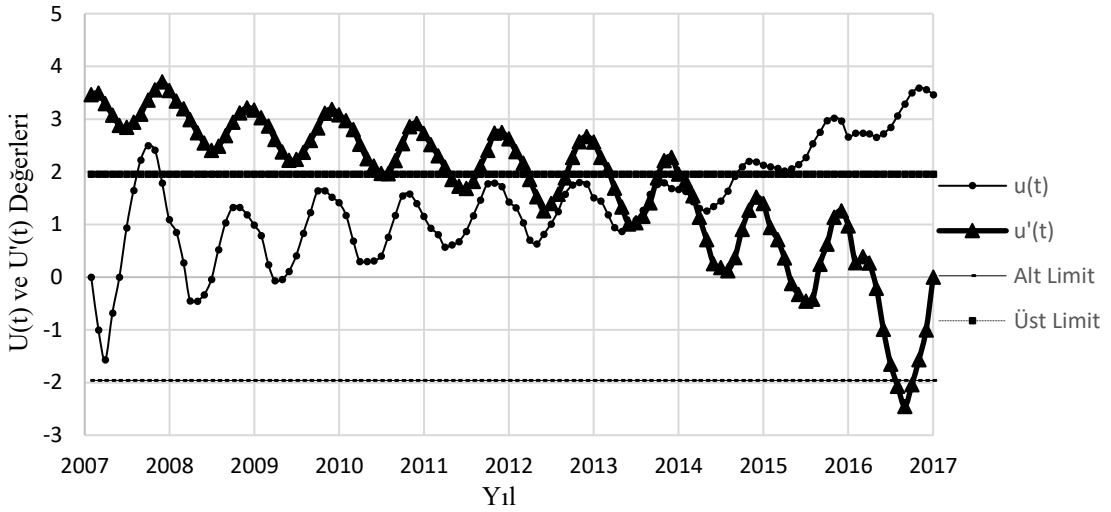
Dört mahallenin MKMK analizi için elde edilen grafikler Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde  $u(t)$  ve geriye doğru test istatistiği olarak hesaplanan  $u'(t)$ , değişimin başladığı yerden itibaren bir kesişim noktası oluşturduğu görülmektedir. Bu nedenle dört mahalleye ait MKMK grafikleri incelendiğinde Yazır mahallesi için trendin 2011-2012 yılları arasında başladığı ve artan bir trendin olduğunu göstermektedir. Gödene mahallesi için trendin 2010-2011 yılları arasında başladığı ve artan bir trendin olduğunu göstermektedir. Lalebahçe mahallesi için trendin 2014-2015 yılları arasında başladığı ve artan bir trendin olduğunu göstermektedir. Saraçoğlu mahallesi için trendin 2014-2015 yılları arasında başladığı ve artan bir trendin olduğunu göstermektedir.



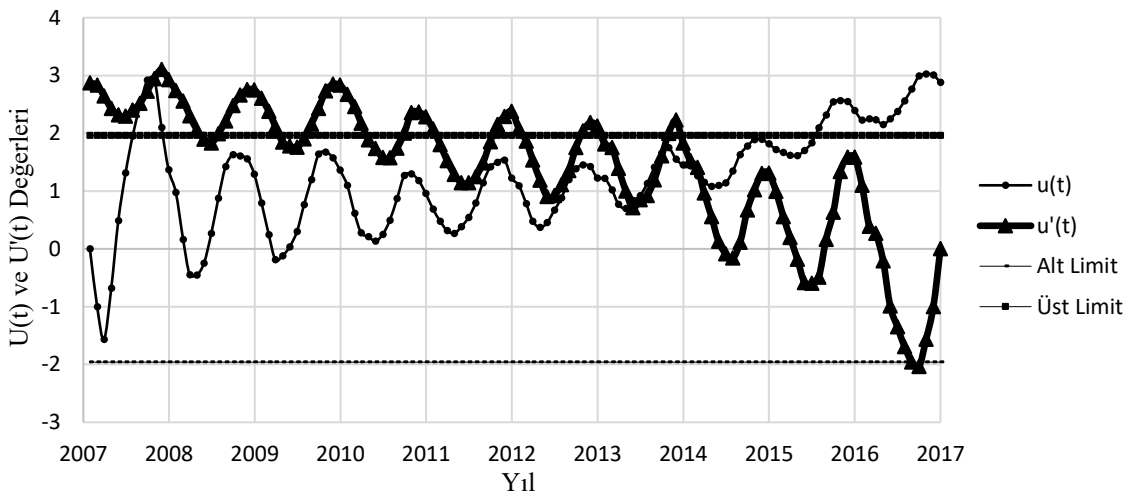
Şekil 4.1 Yazır mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyonu İstatistiği grafiği



Şekil 4.2 Gödene mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi grafiği



Şekil 4.3 Lalebahçe mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi grafiği



Şekil 4.4 Saraçoğlu mahallesine ait Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi grafiği

Trend analizi sonuçlarını incelediğimizde dört mahalle için artan trend ortaya çıkmıştır. Bu dört mahalle içerisinde Yazır ve Gödene mahallelerindeki yoğun nüfus ve yüksek katlı yapılaşma tarzı trend değerleri sonucunun yüksek olması ile açıklanmaktadır. Lalebahçe ve Saraçoğlu mahallelerinde seyrek nüfus ve az katlı yapılaşma tarzına sahip bu mahalleler diğer iki mahalleye kıyasla trend değerlerinin küçük olması nüfus ve yapılaşma tarzının trend üzerinde etkisini göstermiştir. Spearman'ın Rho ve Mann Kendall test değerleri sonuçlarına bakıldığında dört mahalle arasındaki farkı açık bir şekilde göstermektedir.

## 4.2. Faktör Analizi Sonuçları

### 4.2.1. Yazır mahallesi için faktör analizi sonuçları

Faktör analizi boyut sayısının indirgenmesinde kullanılan etkili bir yöntem olup, işlemlerin daha akıcı bir şekilde yürütülmesini sağlar. Yazır mahallesine ait faktör analizi sonuçları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2** Yazır mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin Ölçütü	0,783
Bartlett test istatistiği	2773,212
Serbestlik derecesi	120
P değeri ( $\alpha=0,05$ )	0

KMO değeri Yazır mahallesi için 0,783 olarak bulunmuştur. Tablo 4.2'de gösterildiği gibi KMO değerinin 0.7'nin üzerinde çıkması Yazır mahallesine ait verilerin Faktör Analizine uygun olduğunu göstermektedir.  $p = 0 < \alpha = 0.05$  olduğundan  $\alpha=0.05$  anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu sonucu ortaya çıkar.

Tablo 4.3'te yer alan Pearson korelasyon matrisindeki değişkenler incelendiğinde, değişkenlerin birbiri arasındaki ilişki hakkında yorum yapılabilir.

Tablo 4.3 incelendiğinde Nüfus ( $F_{15}$ ) ve GSYH ( $F_{14}$ ) parametrelerinin diğer değişkenlere oranla su tüketimi üzerinde yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Bu sonuca bakıldığında Yazır mahallesi için nüfus ve sosyoekonomik seviyenin su tüketimi üzerinde önemli birer faktör olduğu görülmüştür.

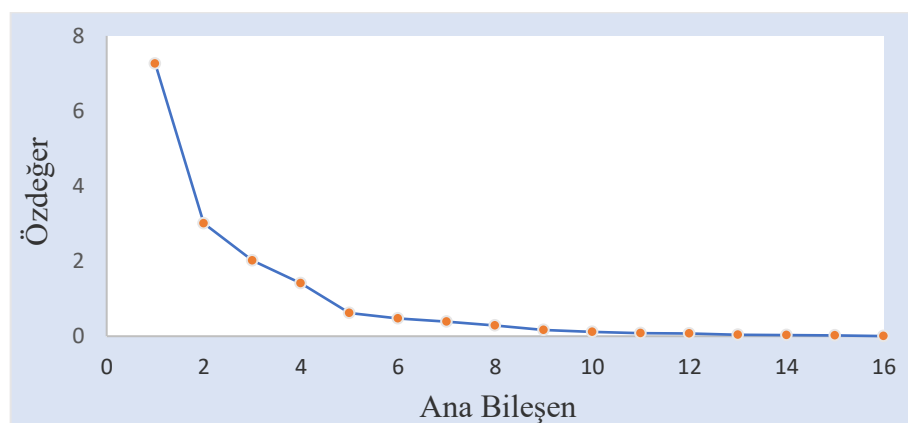
**Tablo 4.3** Yazır mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi

	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>	F <sub>15</sub>	F <sub>16</sub>
F <sub>1</sub>	1,000	0,452	-0,809	0,132	-0,140	0,547	-0,829	0,764	0,703	-0,599	-0,840	-0,766	0,144	0,084	0,083	0,028
F <sub>2</sub>	0,452	1,000	-0,556	0,497	-0,205	0,432	-0,582	0,321	0,667	-0,383	-0,595	-0,324	0,491	-0,065	-0,063	-0,138
F <sub>3</sub>	-0,809	-0,556	1,000	-0,222	0,329	-0,722	0,940	-0,538	-0,888	0,552	0,977	0,832	-0,333	0,029	0,006	0,104
F <sub>4</sub>	0,132	0,497	-0,222	1,000	-0,155	0,297	-0,230	0,066	0,423	-0,279	-0,244	0,001	0,859	0,124	0,036	0,067
F <sub>5</sub>	-0,140	-0,205	0,329	-0,155	1,000	-0,145	0,377	0,343	-0,293	-0,112	0,367	0,361	-0,213	0,193	0,145	0,233
F <sub>6</sub>	0,547	0,432	-0,722	0,297	-0,145	1,000	-0,616	0,489	0,811	-0,557	-0,665	-0,368	0,361	0,026	-0,041	-0,045
F <sub>7</sub>	-0,829	-0,582	0,940	-0,230	0,377	-0,616	1,000	-0,506	-0,853	0,533	0,978	0,867	-0,359	0,038	0,038	0,123
F <sub>8</sub>	0,764	0,321	-0,538	0,066	0,343	0,489	-0,506	1,000	0,496	-0,645	-0,550	-0,460	-0,002	0,185	0,116	0,148
F <sub>9</sub>	0,703	0,667	-0,888	0,423	-0,293	0,811	-0,853	0,496	1,000	-0,634	-0,886	-0,569	0,528	-0,056	-0,063	-0,140
F <sub>10</sub>	-0,599	-0,383	0,552	-0,279	-0,112	-0,557	0,533	-0,645	-0,634	1,000	0,554	0,379	-0,255	-0,182	-0,090	-0,103
F <sub>11</sub>	-0,840	-0,595	0,977	-0,244	0,367	-0,665	0,978	-0,550	-0,886	0,554	1,000	0,873	-0,352	0,021	0,015	0,107
F <sub>12</sub>	-0,766	-0,324	0,832	0,001	0,361	-0,368	0,867	-0,460	-0,569	0,379	0,873	1,000	-0,096	-0,033	-0,047	0,036
F <sub>13</sub>	0,144	0,491	-0,333	0,859	-0,213	0,361	-0,359	-0,002	0,528	-0,255	-0,352	-0,096	1,000	0,080	0,015	0,026
F <sub>14</sub>	0,084	-0,065	0,029	0,124	0,193	0,026	0,038	0,185	-0,056	-0,182	0,021	-0,033	0,080	1,000	0,850	0,957
F <sub>15</sub>	0,083	-0,063	0,006	0,036	0,145	-0,041	0,038	0,116	-0,063	-0,090	0,015	-0,047	0,015	0,850	1,000	0,898
F <sub>16</sub>	0,028	-0,138	0,104	0,067	0,233	-0,045	0,123	0,148	-0,140	-0,103	0,107	0,036	0,026	0,957	0,898	1,000

Aylık ortalama su buharı basıncı (F<sub>12</sub>) parametresinin; aylık maksimum aktüel basınç (F<sub>1</sub>), aylık maksimum sıcaklık (F<sub>3</sub>), aylık minimum sıcaklık (F<sub>7</sub>) ve aylık ortalama sıcaklık (F<sub>11</sub>) ile yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir.

Aylık ortalama nispi nem (F<sub>9</sub>) parametresinin; aylık maksimum sıcaklık (F<sub>3</sub>), aylık minimum sıcaklık (F<sub>7</sub>), aylık ortalama sıcaklık (F<sub>11</sub>) ve aylık minimum nispi nem (F<sub>6</sub>) ile yüksek bir korelasyon içerisinde olduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde nispi nem üzerinde sıcaklık parametrelerinin etkili olduğu gözlemlenebilmektedir.

Tablo 4.4'te görüldüğü gibi yapılan çalışma sonucunda ilk 4 faktörün toplam varyansın %85,612'sini açıkladığı görülmüştür. Bu sebeple % açıklama payı kriterinde istenen %67 sınırı aşılmıştır. Özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği (Şekil 4.5) incelendiğinde 5. faktörden sonra eğimin değişmediği görülmektedir. Özdeğerlere bakıldığında 4 faktörün %85,612'sini açıkladığı göz önünde bulundurulduğunda belirlemiş olduğumuz 4 ana bileşen uygun gözükmemektedir. Ana bileşen sayısı 4 olarak belirlenmiştir.

**Şekil 4.5** Yazır mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği

**Tablo 4.4** Yazır mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları

No	Özdeğerler	Açıklama pay (%)	Birikimli açıklama payı (%)
1	7,2613	45,383	45,383
2	3,0080	18,800	64,183
3	2,0171	12,607	76,790
4	1,4115	8,822	85,612
5	0,6143	3,840	89,451
6	0,4746	2,966	92,417
7	0,3892	2,433	94,850
8	0,2896	1,810	96,660
9	0,1639	1,024	97,684
10	0,1188	0,742	98,427
11	0,0845	0,528	98,955
12	0,0759	0,474	99,429
13	0,0383	0,239	99,668
14	0,0295	0,184	99,852
15	0,0199	0,124	99,977
16	0,0037	0,023	100,000

Yapılan çalışma sonucunda Yazır mahallesi için faktör yapısı matrisi Tablo 4.5'te verilmiştir. Tablo 4.5'te görüldüğü gibi faktör yapısı matrisinde yükü 0.70 üzeri olan parametrelerin yanında yapı içerisinde bir adet mevsimsel etki bulunması için minimum aktüel basınç ( $F_5$ ) parametresi denklemin içerisine alınmıştır. Yazır mahallesi için kurulan  $Y_m$  modeli Denklem 4.1 'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.5** Yazır mahallesine ait faktör yapısı matrisi

	1	2	3	4
$F_1$	0,858	0,125	-0,321	0,020
$F_2$	0,669	-0,107	0,350	0,112
$F_3$	-0,953	0,054	0,125	0,136
$F_4$	0,382	0,065	0,835	0,155
$F_5$	-0,291	0,382	-0,217	0,746
$F_6$	0,755	0,010	0,072	0,206
$F_7$	-0,946	0,084	0,112	0,193
$F_8$	0,629	0,315	-0,392	0,479
$F_9$	0,934	-0,085	0,147	0,071
$F_{10}$	-0,676	-0,246	0,057	-0,420
$F_{11}$	-0,969	0,060	0,116	0,168
$F_{12}$	-0,773	0,008	0,361	0,382
$F_{13}$	0,455	0,002	0,819	0,044
$F_{14}$	0,022	0,949	0,107	-0,166
$F_{15}$	-0,002	0,904	0,052	-0,275
$F_{16}$	-0,068	0,965	0,081	-0,172

$$Y_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_5^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_{14}^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{15}^{\alpha_3 \times \gamma_3} \quad (4.1)$$

#### 4.2.2 Gödene mahallesi için faktör analizi sonuçları

Yapılan analiz sonucunda Gödene mahallesine ait faktör analizi sonuçları Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.6** Gödene mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin Ölçütü	0,786
Bartlett test istatistiği	2796,418
Serbestlik derecesi	120
P değeri ( $\alpha=0,05$ )	0

KMO değeri Gödene mahallesi için 0,786 olarak bulunmuştur. Tablo 4.6'da gösterildiği gibi KMO değerinin 0.7'nin üzerinde çıkması Gödene mahallesine ait verilerin Faktör Analizine uygun olduğunu anlaşılmaktadır.  $p < \alpha = 0.05$  olduğundan  $\alpha=0.05$  anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu söylenebilir.

Tablo 4.7'de yer alan Pearson korelasyon matrisindeki değişkenler incelendiğinde, değişkenler arasındaki ilişki hakkında yorum yapılabilir.

Tablo 4.7 incelendiğinde nüfus ( $F_{15}$ ) ve GSYH ( $F_{14}$ ) parametrelerinin diğer değişkenlere oranla su tüketimi üzerinde yüksek bir ilişki içerisinde olduğu açık şekilde görülmektedir. Bu sonuca bakıldığında Gödene mahallesi için nüfus ve sosyoekonomik seviyenin su tüketimini etkileyen önemli birer faktör olduğu söylenebilir.

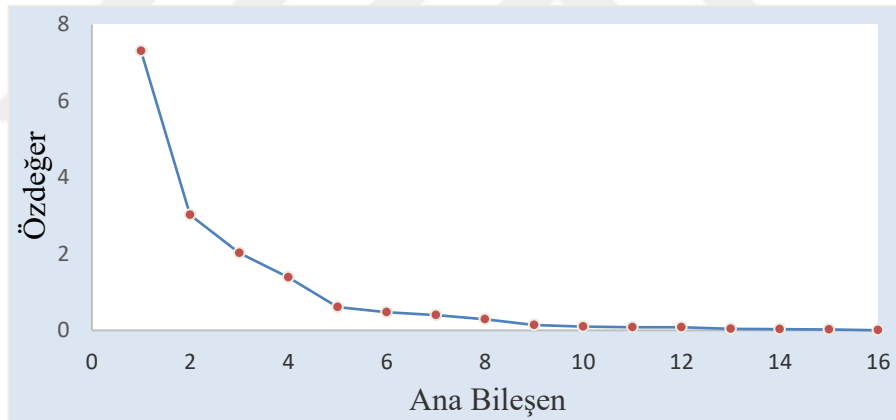
Aylık ortalama su buharı basıncı ( $F_{12}$ ) parametresinin; aylık maksimum aktüel basınç ( $F_1$ ), aylık maksimum sıcaklık ( $F_3$ ), aylık minimum sıcaklık ( $F_7$ ) ve aylık ortalama sıcaklık ( $F_{11}$ ) ile yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir.

Aylık ortalama nispi nem ( $F_9$ ) parametresinin; aylık maksimum sıcaklık ( $F_3$ ), aylık minimum sıcaklık ( $F_7$ ), aylık ortalama sıcaklık ( $F_{11}$ ) ve aylık minimum nispi nem ( $F_6$ ) ile yüksek korelasyon değeri ortaya çıktığı ve yüksek bir ilişki içerisinde olduğu, görülmektedir. Yine aynı şekilde nispi nem üzerinde sıcaklık parametrelerinin etkili olduğu gözlemlenebilmektedir.

**Tablo 4.7** Gödene mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi

	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>	F <sub>15</sub>	F <sub>16</sub>
F <sub>1</sub>	1,000	0,452	-0,809	0,132	-0,140	0,547	-0,829	0,764	0,703	-0,599	-0,840	-0,766	0,144	0,084	0,109	-0,070
F <sub>2</sub>	0,452	1,000	-0,556	0,497	-0,205	0,432	-0,582	0,321	0,667	-0,383	-0,595	-0,324	0,491	-0,065	-0,035	-0,207
F <sub>3</sub>	-0,809	-0,556	1,000	-0,222	0,329	-0,722	0,940	-0,538	-0,888	0,552	0,977	0,832	-0,333	0,029	0,018	0,235
F <sub>4</sub>	0,132	0,497	-0,222	1,000	-0,155	0,297	-0,230	0,066	0,423	-0,279	-0,244	0,001	0,859	0,124	0,115	0,021
F <sub>5</sub>	-0,140	-0,205	0,329	-0,155	1,000	-0,145	0,377	0,343	-0,293	-0,112	0,367	0,361	-0,213	0,193	0,177	0,301
F <sub>6</sub>	0,547	0,432	-0,722	0,297	-0,145	1,000	-0,616	0,489	0,811	-0,557	-0,665	-0,368	0,361	0,026	-0,016	-0,168
F <sub>7</sub>	-0,829	-0,582	0,940	-0,230	0,377	-0,616	1,000	-0,506	-0,853	0,533	0,978	0,867	-0,359	0,038	0,035	0,251
F <sub>8</sub>	0,764	0,321	-0,538	0,066	0,343	0,489	-0,506	1,000	0,496	-0,645	-0,550	-0,460	-0,002	0,185	0,168	0,071
F <sub>9</sub>	0,703	0,667	-0,888	0,423	-0,293	0,811	-0,853	0,496	1,000	-0,634	-0,886	-0,569	0,528	-0,056	-0,063	-0,271
F <sub>10</sub>	-0,599	-0,383	0,552	-0,279	-0,112	-0,557	0,533	-0,645	-0,634	1,000	0,554	0,379	-0,255	-0,182	-0,059	0,043
F <sub>11</sub>	-0,840	-0,595	0,977	-0,244	0,367	-0,665	0,978	-0,550	-0,886	0,554	1,000	0,873	-0,352	0,021	0,012	0,239
F <sub>12</sub>	-0,766	-0,324	0,832	0,001	0,361	-0,368	0,867	-0,460	-0,569	0,379	0,873	1,000	-0,096	-0,033	-0,041	0,142
F <sub>13</sub>	0,144	0,491	-0,333	0,859	-0,213	0,361	-0,359	-0,002	0,528	-0,255	-0,352	-0,096	1,000	0,080	0,073	-0,032
F <sub>14</sub>	0,084	-0,065	0,029	0,124	0,193	0,026	0,038	0,185	-0,056	-0,182	0,021	-0,033	0,080	1,000	0,896	0,873
F <sub>15</sub>	0,109	-0,035	0,018	0,115	0,177	-0,016	0,035	0,168	-0,063	-0,059	0,012	-0,041	0,073	0,896	1,000	0,938
F <sub>16</sub>	-0,070	-0,207	0,235	0,021	0,301	-0,168	0,251	0,071	-0,271	0,043	0,239	0,142	-0,032	0,873	0,938	1,000

Özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği (Şekil 4.6) incelendiğinde 5. faktörden sonra eğimin değişmediği görülmektedir. Özdeğerlere bakıldığında 4 faktörün %85,827'sini açıkladığı göz önünde bulundurulduğunda belirlemiş olduğumuz 4 ana bileşen uygun gözükmemektedir. Ana bileşen sayımı 4 olarak belirlenmiştir.

**Şekil 4.6** Gödene mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği

Tablo 4.8'de görüldüğü gibi yapılan çalışma sonucunda ilk 4 faktörün toplam varyansın %85,8267'sini açıkladığı görülmüştür. Bu sebeple % açıklama payı kriterinde istenen %67 sınırı aşılmıştır.

Gödene mahallesi için hesaplanan faktör yapısı matrisi Tablo 4.9'da verilmiştir. Tablo 4.9'da görüldüğü gibi faktör yapısı matrisinde yükü 0.70 üzeri olan parametrelerin yanında yapı içerisinde bir adet mevsimsel etki bulunması için minimum aktüel basınç (F<sub>1</sub>) parametresi denklemin içerisine alınmıştır. Gödene mahallesi için kurulan Y<sub>m</sub> modeli Denklem 4.2'de gösterilmiştir.



$$Y_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_5^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_{14}^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{15}^{\alpha_3 \times \gamma_3} \quad (4.2)$$

**Tablo 4.8** Gödene mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları

No	Özdeğerler	Açıklama pay (%)	Birikimli açıklama payı (%)
1	7,3033	45,6453	45,6453
2	3,0174	18,8585	64,5038
3	2,0227	12,6420	77,1458
4	1,3889	8,6809	85,8267
5	0,6112	3,8200	89,6467
6	0,4749	2,9681	92,6148
7	0,3970	2,4811	95,0959
8	0,2870	1,7934	96,8894
9	0,1406	0,8785	97,7679
10	0,1015	0,6346	98,4025
11	0,0817	0,5106	98,9131
12	0,0776	0,4851	99,3982
13	0,0397	0,2479	99,6461
14	0,0295	0,184	99,852
15	0,0199	0,124	99,977
16	0,0037	0,023	100,000

**Tablo 4.9** Gödene mahallesine ait faktör yapısı matrisi

	1	2	3	4
F <sub>1</sub>	-0,854	0,152	-0,325	-0,003
F <sub>2</sub>	-0,670	-0,061	0,355	0,113
F <sub>3</sub>	0,954	0,041	0,119	0,136
F <sub>4</sub>	-0,379	0,128	0,830	0,155
F <sub>5</sub>	0,299	0,396	-0,245	0,725
F <sub>6</sub>	-0,755	0,029	0,068	0,212
F <sub>7</sub>	0,948	0,065	0,104	0,198
F <sub>8</sub>	-0,622	0,343	-0,411	0,450
F <sub>9</sub>	-0,936	-0,060	0,149	0,080
F <sub>10</sub>	0,673	-0,231	0,078	-0,436
F <sub>11</sub>	0,970	0,041	0,109	0,173
F <sub>12</sub>	0,772	0,005	0,354	0,397
F <sub>13</sub>	-0,453	0,057	0,818	0,050
F <sub>14</sub>	0,003	0,935	0,066	-0,183
F <sub>15</sub>	0,014	0,941	0,068	-0,260
F <sub>16</sub>	0,235	0,934	0,040	-0,183

### 4.2.3. Lalebahçe mahallesi için faktör analizi sonuçları

Yapılan analizler sonucunda Lalebahçe mahallesine ait faktör analizi sonuçları Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.10** Lalebahçe mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin Ölçütü	0,811
Bartlett test istatistiği	2512,422
Serbestlik derecesi	120
P değeri ( $\alpha=0,05$ )	0

KMO değeri Lalebahçe mahallesi için 0,811 olarak bulunmuştur. Tablo 4.10'da gösterildiği gibi KMO değeri Yazır ve Gödene mahallesine kıyasla 0.8'in üzerinde çıkması Lalebahçe mahallesine ait verilerin Faktör Analizine uygun olduğunu göstermektedir.  $p = 0 < \alpha = 0.05$  olduğundan  $\alpha=0.05$  anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu sonucu ulaşılmıştır.

Tablo 4.11'de yer alan Pearson korelasyon matrisindeki değişkenler incelendiğinde, değişkenlerin birbiri arasındaki ilişki hakkında yorum yapılabilir.

Tablo 4.11 incelendiğinde Aylık ortalama su buharı basıncı ( $F_{12}$ ), aylık minimum sıcaklık ( $F_7$ ) ve aylık minimum aktüel basıncı ( $F_5$ ) parametrelerinin diğer değişkenlere oranla su tüketimi üzerinde yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Bu sonuca bakıldığında Lalebahçe mahallesi için mevsimsel etkilerin su tüketimi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir.

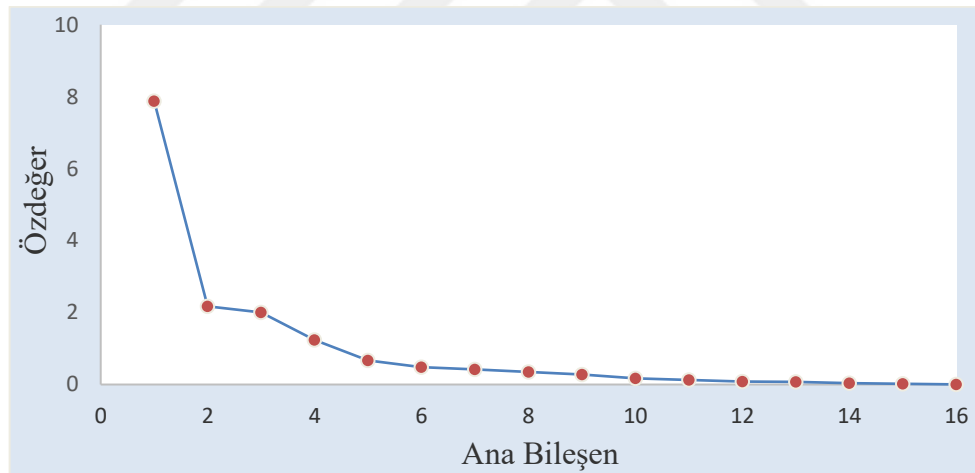
Aylık ortalama su buharı basıncı ( $F_{12}$ ) parametresinin; aylık maksimum aktüel basınç ( $F_1$ ), aylık maksimum sıcaklık ( $F_3$ ), aylık minimum sıcaklık ( $F_7$ ) ve aylık ortalama sıcaklık ( $F_{11}$ ) ile yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir.

Aylık ortalama nispi nem ( $F_9$ ) parametresinin; aylık maksimum sıcaklık ( $F_3$ ), aylık minimum sıcaklık ( $F_7$ ), aylık ortalama sıcaklık ( $F_{11}$ ) ve aylık minimum nispi nem ( $F_6$ ) ile yüksek korelasyon değeri ortaya çıkardığı ve yüksek bir ilişki içerisinde olduğu, görülmektedir. Yine aynı şekilde nispi nem üzerinde sıcaklık parametrelerinin etkili olduğu gözlemlenebilmektedir.

**Tablo 4.11** Lalebahçe mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi

	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>	F <sub>15</sub>	F <sub>16</sub>
F <sub>1</sub>	1,000	0,452	-0,809	0,132	-0,140	0,547	-0,829	0,764	0,703	-0,599	-0,840	-0,766	0,144	0,084	0,036	-0,595
F <sub>2</sub>	0,452	1,000	-0,556	0,497	-0,205	0,432	-0,582	0,321	0,667	-0,383	-0,595	-0,324	0,491	-0,065	-0,049	-0,612
F <sub>3</sub>	-0,809	-0,556	1,000	-0,222	0,329	-0,722	0,940	-0,538	-0,888	0,552	0,977	0,832	-0,333	0,029	-0,025	0,762
F <sub>4</sub>	0,132	0,497	-0,222	1,000	-0,155	0,297	-0,230	0,066	0,423	-0,279	-0,244	0,001	0,859	0,124	0,095	-0,266
F <sub>5</sub>	-0,140	-0,205	0,329	-0,155	1,000	-0,145	0,377	0,343	-0,293	-0,112	0,367	0,361	-0,213	0,193	0,075	0,429
F <sub>6</sub>	0,547	0,432	-0,722	0,297	-0,145	1,000	-0,616	0,489	0,811	-0,557	-0,665	-0,368	0,361	0,026	0,106	-0,437
F <sub>7</sub>	-0,829	-0,582	0,940	-0,230	0,377	-0,616	1,000	-0,506	-0,853	0,533	0,978	0,867	-0,359	0,038	-0,023	0,807
F <sub>8</sub>	0,764	0,321	-0,538	0,066	0,343	0,489	-0,506	1,000	0,496	-0,645	-0,550	-0,460	-0,002	0,185	0,137	-0,291
F <sub>9</sub>	0,703	0,667	-0,888	0,423	-0,293	0,811	-0,853	0,496	1,000	-0,634	-0,886	-0,569	0,528	-0,056	0,019	-0,731
F <sub>10</sub>	-0,599	-0,383	0,552	-0,279	-0,112	-0,557	0,533	-0,645	-0,634	1,000	0,554	0,379	-0,255	-0,182	-0,262	0,333
F <sub>11</sub>	-0,840	-0,595	0,977	-0,244	0,367	-0,665	0,978	-0,550	-0,886	0,554	1,000	0,873	-0,352	0,021	-0,024	0,814
F <sub>12</sub>	-0,766	-0,324	0,832	0,001	0,361	-0,368	0,867	-0,460	-0,569	0,379	0,873	1,000	-0,096	-0,033	-0,045	0,690
F <sub>13</sub>	0,144	0,491	-0,333	0,859	-0,213	0,361	-0,359	-0,002	0,528	-0,255	-0,352	-0,096	1,000	0,080	0,064	-0,369
F <sub>14</sub>	0,084	-0,065	0,029	0,124	0,193	0,026	0,038	0,185	-0,056	-0,182	0,021	-0,033	0,080	1,000	0,617	0,278
F <sub>15</sub>	0,036	-0,049	-0,025	0,095	0,075	0,106	-0,023	0,137	0,019	-0,262	-0,024	-0,045	0,064	0,617	1,000	0,170
F <sub>16</sub>	-0,595	-0,612	0,762	-0,266	0,429	-0,437	0,807	-0,291	-0,731	0,333	0,814	0,690	-0,369	0,278	0,170	1,000

Özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği (Şekil 4.7) incelendiğinde 5. faktörden sonra eğimin değişmediği görülmektedir. Özdeğerlere bakıldığında 4 faktörün %83,048'sini açıkladığı göz önünde bulundurulduğunda belirlemiş olduğumuz 4 ana bileşen uygun gözükmemektedir. Ana bileşen sayımı 4 olarak belirlenmiştir.

**Şekil 4.7** Lalebahçe mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği

Lalebahçe mahallesi için özdeğerlerin toplam varyansı açıklama payları Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Tablo 4.12'de görüldüğü gibi yapılan çalışma sonucunda ilk 4 faktörün toplam varyansın %83,048'sini açıkladığı görülmüştür. Bu sebeple % açıklama payı kriterinde istenen %67 sınırı aşılmıştır. Equamax yöntemiyle faktör döndürmesi yapılmıştır.

**Tablo 4.12** Lalebahçe mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları

No	Özdeğerler	Açıklama pay (%)	Birikimli açıklama payı (%)
1	7,878	49,237	49,237
2	2,169	13,555	62,792
3	2,002	12,512	75,304
4	1,239	7,744	83,048
5	0,670	4,190	87,238
6	0,478	2,989	90,227
7	0,416	2,601	92,828
8	0,351	2,192	95,020
9	0,275	1,717	96,737
10	0,172	1,074	97,811
11	0,125	0,784	98,595
12	0,086	0,536	99,131
13	0,076	0,477	99,608
14	0,040	0,248	99,855
15	0,020	0,122	99,978
16	0,004	0,022	100,000

Tablo 4.13’de görüldüğü gibi faktör yapısı matrisinde yükü 0.70 üzeri olan parametreler denklemin içerisine alınmıştır. Burada  $F_3$  (Aylık maksimum sıcaklık) ve  $F_{11}$  (Aylık ortalama sıcaklık) değişkenlerinin değerleri de 0.7’nin üzerinde çıkmış olsa da bu değişkenler  $F_7$  ile yüksek derecede ilişki içerisinde oldukları için modele dahil edilmemişlerdir. Lalebahçe mahallesi için kurulan  $Y_m$  modeli Denklem 4.3 ‘de gösterilmiştir.

$$Y_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_5^{\alpha_1 \times Y_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_7^{\alpha_2 \times Y_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{12}^{\alpha_3 \times Y_3} \quad (4.3)$$

#### 4.2.4. Saraçoğlu mahallesi için faktör analizi sonuçları

Yapılan analizler sonucunda Saraçoğlu mahallesine ait faktör analizi sonuçları Tablo 4.14’te gösterilmiştir.

**Tablo 4.13** Lalebahçe mahallesine ait döndürülmüş faktör yapısı matrisi

	1	2	3	4
F <sub>1</sub>	-0,621	0,675	0,081	0,030
F <sub>2</sub>	-0,319	0,315	0,629	-0,171
F <sub>3</sub>	0,782	-0,497	-0,283	0,038
F <sub>4</sub>	0,045	0,024	0,925	0,108
F <sub>5</sub>	0,707	0,519	-0,221	0,076
F <sub>6</sub>	-0,362	0,545	0,415	0,021
F <sub>7</sub>	0,824	-0,439	-0,284	0,039
F <sub>8</sub>	-0,154	0,919	-0,020	0,104
F <sub>9</sub>	-0,578	0,511	0,549	-0,081
F <sub>10</sub>	0,180	-0,737	-0,287	-0,210
F <sub>11</sub>	0,818	-0,478	-0,294	0,035
F <sub>12</sub>	0,876	-0,325	0,045	-0,052
F <sub>13</sub>	-0,093	-0,017	0,929	0,068
F <sub>14</sub>	-0,033	0,053	0,042	0,888
F <sub>15</sub>	0,072	0,108	0,025	0,884
F <sub>16</sub>	0,734	-0,224	-0,354	0,307

**Tablo 4.14** Saraçoğlu mahallesine ait Bartlett küresellik testi ve KMO Ölçütü sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin Ölçütü	0,802
Bartlett test istatistiği	2571,375
Serbestlik derecesi	120
P değeri ( $\alpha=0,05$ )	0

KMO değeri Saraçoğlu mahallesi için 0,802 olarak bulunmuştur. Tablo 4.14'te gösterildiği gibi KMO değeri Yazır ve Gödene mahallesine kıyasla 0.8'nin üzerinde çıkması Saraçoğlu mahallesine ait verilerin Faktör Analizine uygun olduğunu göstermektedir.  $p < \alpha = 0.05$  olduğundan  $\alpha=0.05$  anlamlılık düzeyinde  $H_0$  hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu sonucu ortaya çıkar. Tablo 4.15'de yer alan Pearson korelasyon matrisindeki değişkenler incelendiğinde, değişkenlerin birbiri arasındaki ilişki hakkında yorum yapılabilir.

Tablo 4.15 incelendiğinde Aylık ortalama su buharı basıncı (F<sub>12</sub>), aylık minimum sıcaklık (F<sub>7</sub>) ve aylık minimum aktüel basıncı (F<sub>5</sub>) parametrelerinin diğer değişkenlere oranla su tüketimi üzerinde yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Bu sonuca bakıldığında Saraçoğlu mahallesi için mevsimsel etkilerin su tüketimi üzerinde diğer değişkenlere kıyasla daha fazla etkili olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.15** Saraçoğlu mahallesine ait ana bileşenler analizi için Pearson korelasyon matrisi

	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>	F <sub>15</sub>	F <sub>16</sub>
F <sub>1</sub>	1,000	0,452	-0,809	0,132	-0,140	0,547	-0,829	0,764	0,703	-0,599	-0,840	-0,766	0,144	0,084	-0,068	-0,584
F <sub>2</sub>	0,452	1,000	-0,556	0,497	-0,205	0,432	-0,582	0,321	0,667	-0,383	-0,595	-0,324	0,491	-0,065	-0,020	-0,562
F <sub>3</sub>	-0,809	-0,556	1,000	-0,222	0,329	-0,722	0,940	-0,538	-0,888	0,552	0,977	0,832	-0,333	0,029	-0,068	0,780
F <sub>4</sub>	0,132	0,497	-0,222	1,000	-0,155	0,297	-0,230	0,066	0,423	-0,279	-0,244	0,001	0,859	0,124	-0,176	-0,203
F <sub>5</sub>	-0,140	-0,205	0,329	-0,155	1,000	-0,145	0,377	0,343	-0,293	-0,112	0,367	0,361	-0,213	0,193	-0,178	0,494
F <sub>6</sub>	0,547	0,432	-0,722	0,297	-0,145	1,000	-0,616	0,489	0,811	-0,557	-0,665	-0,368	0,361	0,026	-0,022	-0,426
F <sub>7</sub>	-0,829	-0,582	0,940	-0,230	0,377	-0,616	1,000	-0,506	-0,853	0,533	0,978	0,867	-0,359	0,038	-0,064	0,815
F <sub>8</sub>	0,764	0,321	-0,538	0,066	0,343	0,489	-0,506	1,000	0,496	-0,645	-0,550	-0,460	-0,002	0,185	-0,121	-0,226
F <sub>9</sub>	0,703	0,667	-0,888	0,423	-0,293	0,811	-0,853	0,496	1,000	-0,634	-0,886	-0,569	0,528	-0,056	0,023	-0,719
F <sub>10</sub>	-0,599	-0,383	0,552	-0,279	-0,112	-0,557	0,533	-0,645	-0,634	1,000	0,554	0,379	-0,255	-0,182	0,065	0,318
F <sub>11</sub>	-0,840	-0,595	0,977	-0,244	0,367	-0,665	0,978	-0,550	-0,886	0,554	1,000	0,873	-0,352	0,021	-0,045	0,824
F <sub>12</sub>	-0,766	-0,324	0,832	0,001	0,361	-0,368	0,867	-0,460	-0,569	0,379	0,873	1,000	-0,096	-0,033	-0,059	0,735
F <sub>13</sub>	0,144	0,491	-0,333	0,859	-0,213	0,361	-0,359	-0,002	0,528	-0,255	-0,352	-0,096	1,000	0,080	-0,108	-0,323
F <sub>14</sub>	0,084	-0,065	0,029	0,124	0,193	0,026	0,038	0,185	-0,056	-0,182	0,021	-0,033	0,080	1,000	-0,767	0,231
F <sub>15</sub>	-0,068	-0,020	-0,068	-0,176	-0,178	-0,022	-0,064	-0,121	0,023	0,065	-0,045	-0,059	-0,108	-0,767	1,000	-0,184
F <sub>16</sub>	-0,584	-0,562	0,780	-0,203	0,494	-0,426	0,815	-0,226	-0,719	0,318	0,824	0,735	-0,323	0,231	-0,184	1,000

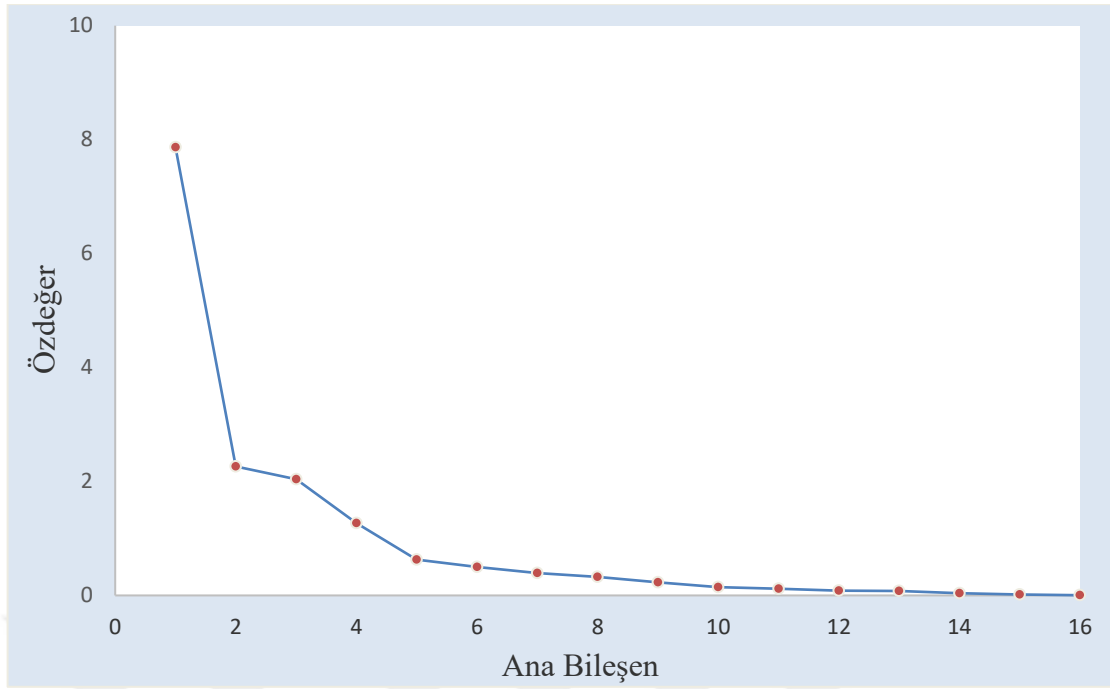
Aylık ortalama su buharı basıncı (F<sub>12</sub>) parametresinin; aylık maksimum aktüel basınç (F<sub>1</sub>), aylık maksimum sıcaklık (F<sub>3</sub>), aylık minimum sıcaklık (F<sub>7</sub>) ve aylık ortalama sıcaklık (F<sub>11</sub>) ile yüksek bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir.

Aylık ortalama nispi nem (F<sub>9</sub>) parametresinin; aylık maksimum sıcaklık (F<sub>3</sub>), aylık minimum sıcaklık (F<sub>7</sub>), aylık ortalama sıcaklık (F<sub>11</sub>) ve aylık minimum nispi nem (F<sub>6</sub>) ile yüksek korelasyon değeri ortaya çıktığı ve yüksek bir ilişki içerisinde olduğu, görülmektedir. Yine aynı şekilde nispi nem üzerinde sıcaklık parametrelerinin etkili olduğu gözlemlenebilmektedir.

Özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği (Şekil 4.8) incelendiğinde 5. faktörden sonra eğimin değişmediği görülmektedir. Özdeğerlere bakıldığında 4 faktörün %83,965'ini açıkladığı göz önünde bulundurulduğunda belirlemiş olduğumuz 4 ana bileşen uygun gözükmemektedir. Ana bileşen sayımı 4 olarak belirlenmiştir.

Saraçoğlu mahallesi için özdeğerlerin toplam varyansı açıklama payları Tablo 4.15'de verilmiştir. Tablo 4.16'da görüldüğü gibi yapılan çalışma sonucunda ilk 4 faktörün toplam varyansın %83,965'ini açıkladığı görülmüştür. Bu sebeple % açıklama payı kriterinde istenen %67 sınırı aşılmıştır.

Tablo 4.17'de görüldüğü gibi faktör yapısı matrisinde yükü 0.70 üzeri olan parametreler denklemin içerisine alınmıştır. Fakat diğer üç mahallede de 3 girişi bir çıkışlı model kullanıldığı için bu mahallede de yük değeri yüksek çıkan ilk üç parametre giriş olarak modele dahil edilmiştir. Saraçoğlu mahallesi için kurulan Y<sub>m</sub> modeli Denklem 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Saraçoğlu mahallesine ait elde edilen özdeğerlere ait yamaç eğimi grafiği

Tablo 4.16 Saraçoğlu mahallesine ait özdeğerler ve toplam varyansı açıklama payları

No	Özdeğerler	Açıklama pay (%)	Birikimli açıklama payı (%)
1	7,863	49,141	49,141
2	2,265	14,154	63,295
3	2,038	12,738	76,033
4	1,269	7,933	83,965
5	0,630	3,938	87,903
6	0,502	3,138	91,041
7	0,394	2,461	93,503
8	0,324	2,023	95,526
9	0,229	1,430	96,955
10	0,148	0,924	97,880
11	0,119	0,744	98,623
12	0,081	0,509	99,132
13	0,076	0,476	99,609
14	0,041	0,253	99,862
15	0,018	0,115	99,977
16	0,004	0,023	100,000

**Tablo 4.17** Saraçoğlu mahallesine ait faktör yapısı matrisi

	1	2	3	4
<b>F<sub>1</sub></b>	-0,825	0,033	0,404	0,099
<b>F<sub>2</sub></b>	-0,462	0,600	0,138	-0,084
<b>F<sub>3</sub></b>	0,922	-0,227	-0,194	0,049
<b>F<sub>4</sub></b>	-0,032	0,922	0,011	0,130
<b>F<sub>5</sub></b>	0,487	-0,175	0,712	0,125
<b>F<sub>6</sub></b>	-0,543	0,398	0,405	-0,047
<b>F<sub>7</sub></b>	0,942	-0,222	-0,121	0,035
<b>F<sub>8</sub></b>	-0,460	-0,035	0,805	0,128
<b>F<sub>9</sub></b>	-0,753	0,509	0,272	-0,090
<b>F<sub>10</sub></b>	0,431	-0,277	-0,657	-0,073
<b>F<sub>11</sub></b>	0,952	-0,232	-0,157	0,023
<b>F<sub>12</sub></b>	0,932	0,113	-0,002	-0,059
<b>F<sub>13</sub></b>	-0,146	0,917	-0,072	0,074
<b>F<sub>14</sub></b>	0,023	0,021	0,121	0,935
<b>F<sub>15</sub></b>	-0,056	-0,103	-0,051	-0,920
<b>F<sub>16</sub></b>	0,839	-0,230	0,156	0,204

$$Y_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_1^{\alpha_1 \times Y_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_{11}^{\alpha_2 \times Y_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{12}^{\alpha_3 \times Y_3} \quad (4.4)$$

Yapılan faktör analizi sonuçları incelendiğinde Yazır ve Gödene mahallelerindeki yoğun nüfus ve çok katlı yapılaşma tarzı su tüketimiyle yüksek bir ilişki sergilediğini göstermiştir. Lalebahçe ve Saraçoğlu mahalleleri için seyrek nüfus ve az katlı yapılaşma tarzının etkisi su tüketimi üzerindeki etkinin daha düşük olduğunu göstermiştir. Lalebahçe ve Saraçoğlu mahallelerinde su tüketimi üzerinde mevsimsel etkilerin (sıcaklık, aktüel basınç) daha etkili olduğunu göstermiştir. Nüfus yoğunluğu ve yapılaşma tarzının etkileri yapılan faktör analizi sonucunda su tüketimi üzerindeki etkileri göstermiştir.

### 4.3. Yapay Arı Kolonisi (YAK) Optimizasyon Algoritması Sonuçları

#### 4.3.1. Yazır mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları

YAK yönteminde farklı denemeler sonucunda arı sayısı 6 olarak belirlenmiştir. Orijinal kodlamada olduğu gibi tek komşuluklu yapı tercih edilmiştir. Bütün çözümlenmelerde iterasyon sayısı 5000'dir. Nonlineer çözümlenmeden dolayı problemin boyut sayısı  $3 \times 4 = 12$ 'dir. 120 aylık veri setinin ilk 84 ayı eğitimde sonraki 36 ayı ise testte kullanılmıştır. Arama uzayının alt limiti  $l_b = 0$  üst limiti  $u_b = 2$  olarak belirlenmiştir.



İleride BBY’de kullanılmak kullanılacak modellerin belirlenmesi amacıyla çoklu çalıştırma yapılmış olup algoritma 100 kere çalıştırılmış ve daha sonra BBY’de kullanılmak üzere en iyi 10 model seçilmiştir. Amaç fonksiyonu olarak MSE/R<sup>2</sup> minimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Burada Y (Yazır) için gözlemlenen su tüketim değerleri Y<sub>g</sub> olsun, model sonucu elde edilen su tüketim değerleri Y<sub>m</sub> olsun. Y<sub>m</sub> Denklem 4.5’deki gibi oluşturulmuştur.

$$Y_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_5^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_{14}^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{15}^{\alpha_3 \times \gamma_3} \quad (4.5)$$

$\eta_i$  ve  $\beta_i$  değerleri için [0,2] aralığında arama yapılmış olup sürekli değişken olarak tasarlanmıştır.  $\alpha_i$  ve  $\gamma_i$  değişkenleri için aşağıdaki işlem uygulanarak bu değişkenler kesiklileştirilmiştir.

Eğer  $\eta_i < 1$ ;  $\eta_i = -1$

Eğer  $\eta_i \geq 1$ ;  $\eta_i = +1$

Eğer  $\gamma_i < 1$ ;  $\gamma_i = -1$

Eğer  $\gamma_i \geq 1$ ;  $\gamma_i = +1$

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen 100 model arasında en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları Tablo 4.18’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.18** Yazır mahallesi için en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları

Katsayılar ( $\beta$ )			Üsler ( $\alpha$ )			Toplama/Çıkartma ( $\eta$ )			Çarpım/Bölüm ( $\gamma$ )		
0,975	1,277	0,917	1,331	0,962	1,153	-1	1	1	-1	1	1

En iyi modele ait katsayılar Denklem 4.5’te yerine koyulmasıyla elde edilen formül Denklem 4.6’da gösterilmiştir.

$$Y_m = -0,975 \times F_5^{-1,331} + 1,277 \times F_{14}^{0,962} + 0,917 \times F_{15}^{1,153} \quad (4.6)$$

Yapılan çalışmalar sonucunda 100 adet model üretilmiş olup üretilen modellere ait performans kriterlerinin istatistiki bilgileri Tablo 4.19’da verilmiştir.

**Tablo 4.19** Yazır mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler

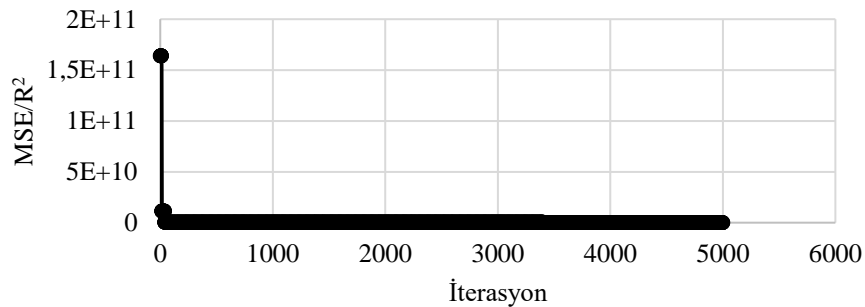
	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,699	-1,008	1,03E+08	1,12E+08	0,473	-26,540	207379320
Maksimum	0,920	0,894	1,95E+09	2,22E+09	0,629	0,236	7,474E+09
Ortalama	0,699	-1,008	1,03E+08	1,12E+08	0,473	-26,540	207379320
Std.Sapma	0,063	0,308	2,99E+08	3,52E+08	0,053	4,954	1,345E+09

Üretilen 100 adet model içerisinde MSE/R<sup>2</sup> değerine göre en küçükten büyüğe doğru yapılmış sıralama doğrultusunda en başarılı 10 model ilerde BBY’de kullanılmak üzere seçilmiştir ve model bilgileri Tablo 4.20’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.20** Yazır mahallesi için YAK yöntemine ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	0,975	1,277	0,917	1,331	0,962	1,153	-1	1	1	-1	1	1
<b>Model 2</b>	0,920	1,368	1,211	0,125	0,790	1,166	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 3</b>	1,451	0,261	1,643	1,450	0,587	1,141	-1	1	1	-1	-1	1
<b>Model 4</b>	1,236	0,260	1,645	1,264	1,117	1,142	1	-1	1	-1	-1	1
<b>Model 5</b>	0,865	0,780	1,541	0,683	1,712	1,148	1	-1	1	1	-1	1
<b>Model 6</b>	0,439	0,501	1,693	1,163	1,873	1,139	1	-1	1	1	-1	1
<b>Model 7</b>	1,430	0,755	1,200	0,015	0,024	1,173	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 8</b>	0,257	1,684	1,805	1,518	0,677	1,126	1	-1	1	1	-1	1
<b>Model 9</b>	0,368	0,638	1,461	0,181	1,135	1,151	1	-1	1	1	-1	1
<b>Model 10</b>	0,712	1,291	1,646	0,946	1,279	1,144	-1	-1	1	1	-1	1
		Eğitim				Test						
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,876	0,871	1,03E+08	1,12E+08	4,84E-01	-3,79E+00	2,07E+08					
<b>Max</b>	0,920	0,894	1,26E+08	1,43E+08	5,13E-01	2,36E-01	1,30E+09					
<b>Ort</b>	0,883	0,877	1,19E+08	1,35E+08	4,88E-01	-2,41E+00	9,26E+08					
<b>Std.S.</b>	0,013	0,007	6,65E+06	9,08E+06	8,33E-03	1,06E+00	2,88E+08					

Yapılan çalışmaya ait en başarılı modelin yakınsama grafiği Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



**Şekil 4.9** Yazır mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği

MSE/R<sup>2</sup> değerlerinin iterasyonlar boyunca değişimini gösteren yakınsama grafiği (Şekil 4.9) YAK algoritmasının çözümü iyileştirdiğini göstermektedir.

Şekil 4.10'da YAK algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir.

#### 4.3.2. Gödene mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları

Gödene mahallesi için Yazır mahallesinde olduğu gibi algoritma 100 kez çalıştırılarak 100 model oluşturulmuştur.

Bu aşamada G (Gödene) için gözlemlenen su tüketim değerleri G<sub>g</sub> olsun, model sonucu elde edilen su tüketim değerleri G<sub>m</sub> olsun. G<sub>m</sub> Denklem 4.7'deki gibi oluşturulmuştur.

$$G_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_5^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_{14}^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{15}^{\alpha_3 \times \gamma_3} \quad (4.7)$$

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen 100 model arasında en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları Tablo 4.21'de gösterilmiştir.

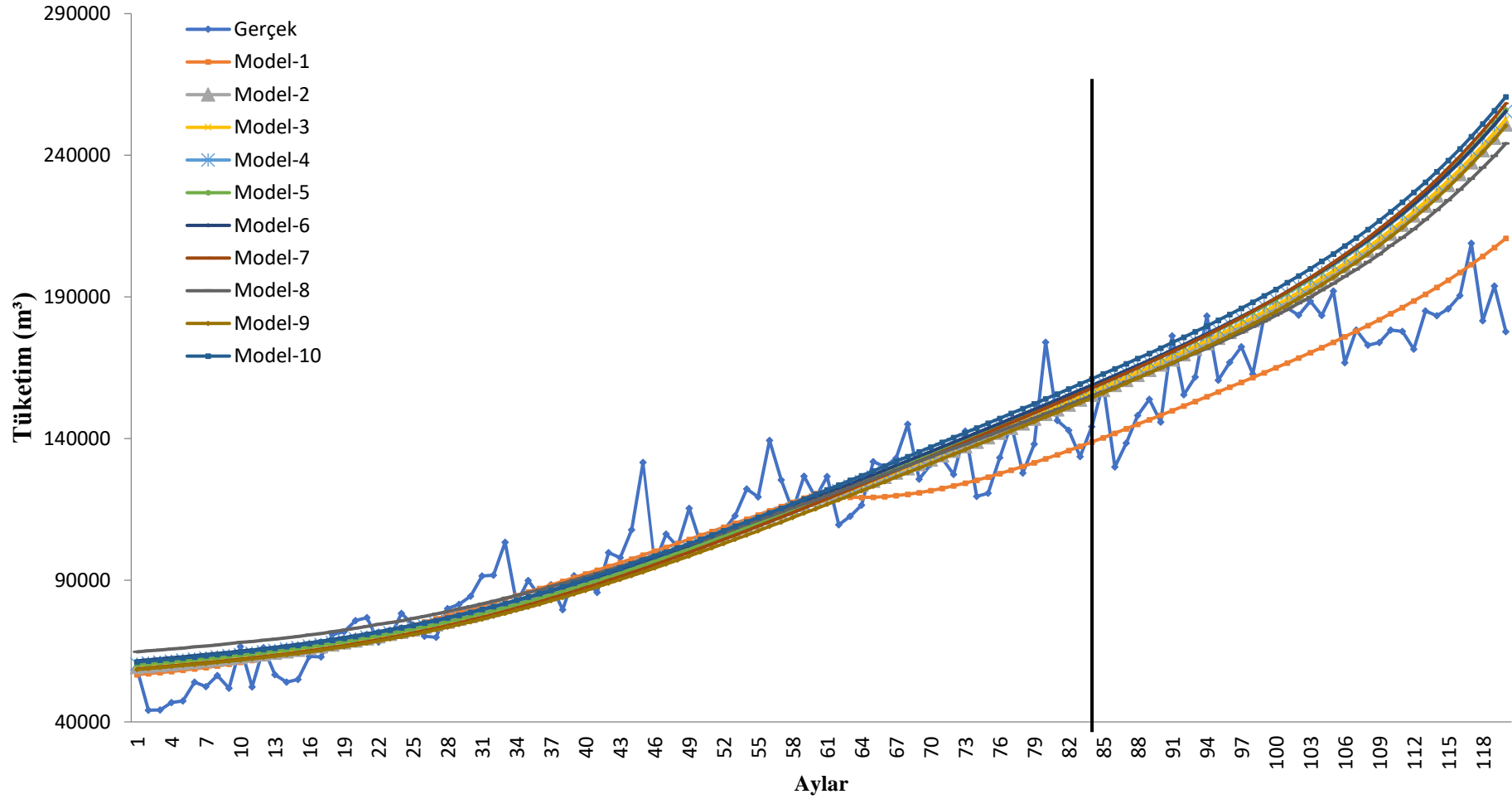
**Tablo 4.21** Gödene mahallesi için en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları

Katsayılar ( $\beta$ )			Üsler ( $\alpha$ )			Toplama/Çıkartma ( $\eta$ )			Çarpım/Bölüm ( $\gamma$ )		
1,787	1,788	1,149	1,045	1,035	0,939	1	1	-1	1	1	-1

En iyi modele ait katsayılar Denklem 4.7'de yerine koyulmasıyla elde edilen formül Denklem 4.8'da gösterilmiştir.

$$G_m = 1,787 \times F_5^{1,045} + 1,788 \times F_{14}^{1,035} - 1,149 \times F_{15}^{-0,939} \quad (4.8)$$

Yapılan çalışmalar sonucunda 100 adet model üretilmiş olup üretilen modellere ait istatistiki bilgiler Tablo 4.22'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Yazır mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen en iyi 10 modele ait eğitime test zaman serisi grafikleri

**Tablo 4.22** Gödene mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistik bilgileri

	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,779	0,318	18989930	22273492,61	0,307	-9,662	15849592
Maksimum	0,855	0,842	81891880	101981870,1	0,424	0,191	2,09E+08
Ortalama	0,844	0,731	32284435	38434322,13	0,376	-1,054	40229751
Std.Sapma	0,017	0,110	13270278	16449270,18	0,021	1,712	33523798

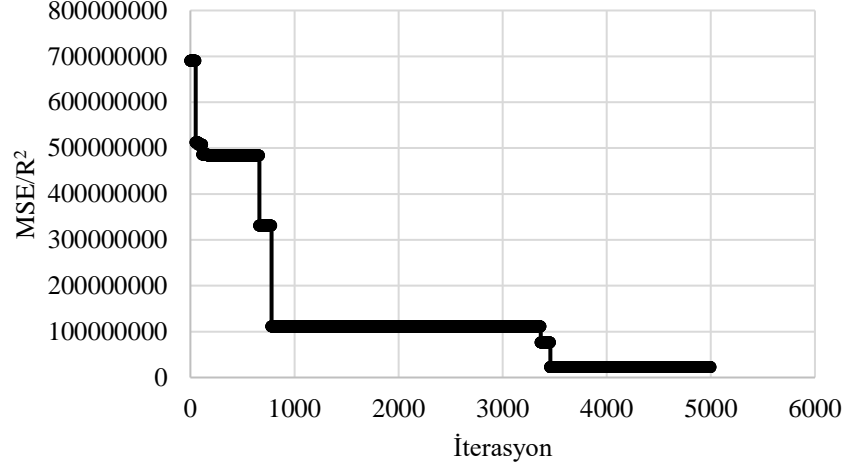
Üretilen 100 adet model içerisinde MSE/R<sup>2</sup> değerine göre en küçükten büyüğe doğru yapılmış sıralama doğrultusunda en başarılı 10 model ilerde BBY’de kullanılmak üzere seçilmiştir ve model bilgileri Tablo 4.23’de gösterilmiştir.

MSE/R<sup>2</sup> değerlerinin iterasyonlar boyunca değişimini gösteren yakınsama grafiği (Şekil 4.11) YAK algoritmasının çözümü iyileştirdiğini göstermektedir.

Şekil 4.12’de YAK algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.

**Tablo 4.23** Gödene mahallesi için YAK yöntemine ait en başarılı 10 model ve istatistik değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	1,787	1,788	1,149	1,045	1,035	0,939	1	1	-1	1	1	-1
<b>Model 2</b>	0,969	0,775	0,721	1,050	1,091	0,949	-1	1	1	-1	1	1
<b>Model 3</b>	0,523	1,963	0,842	1,128	1,030	0,643	-1	1	1	-1	1	-1
<b>Model 4</b>	0,154	1,854	1,372	0,757	1,033	0,133	-1	1	1	-1	1	1
<b>Model 5</b>	0,073	1,887	0,596	0,716	1,036	1,207	-1	1	-1	-1	1	-1
<b>Model 6</b>	1,117	1,907	1,870	1,079	1,034	1,914	1	1	1	1	1	-1
<b>Model 7</b>	0,935	1,649	1,036	1,902	1,048	1,937	1	1	1	-1	1	-1
<b>Model 8</b>	1,716	0,445	0,547	1,063	1,172	0,906	1	1	1	1	1	-1
<b>Model 9</b>	1,206	1,867	1,124	0,698	1,032	1,331	-1	1	-1	1	1	-1
<b>Model 10</b>	0,858	1,625	1,986	0,595	1,052	0,233	1	1	-1	1	1	1
	Eğitim				Test							
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,844	0,821	1,90E+07	2,23E+07	3,29E-01	-1,40E-01	1,72E+07					
<b>Max</b>	0,853	0,842	2,15E+07	2,53E+07	3,93E-01	1,22E-01	2,23E+07					
<b>Ort</b>	0,851	0,827	2,07E+07	2,44E+07	3,80E-01	5,49E-02	1,85E+07					
<b>Std.S.</b>	0,003	0,007	8,72E+05	1,00E+06	1,76E-02	8,41E-02	1,65E+06					



Şekil 4.11 Gödene mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği

### 4.3.3. Lalebahçe mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları

Lalebahçe mahallesi faktör analizi sonuçlarında Yazır ve Gödene mahallelerinden farklı olarak Aylık Minimum Sıcaklık ( $F_7$ ) parametresi modele girmiştir. Sıcaklık parametrelerinde (-) negatif değerler olduğu için nonlinear modellemede matematiksel problemlerin önüne geçmek amacıyla veriler normleştirilmiştir.

Bu aşamada L (Lalebahçe) için gözlemlenen su tüketim değerleri  $L_g$  olsun, model sonucu elde edilen su tüketim değerleri  $L_m$  olsun.  $L_m$  Denklem 4.9'daki gibi oluşturulmuştur.

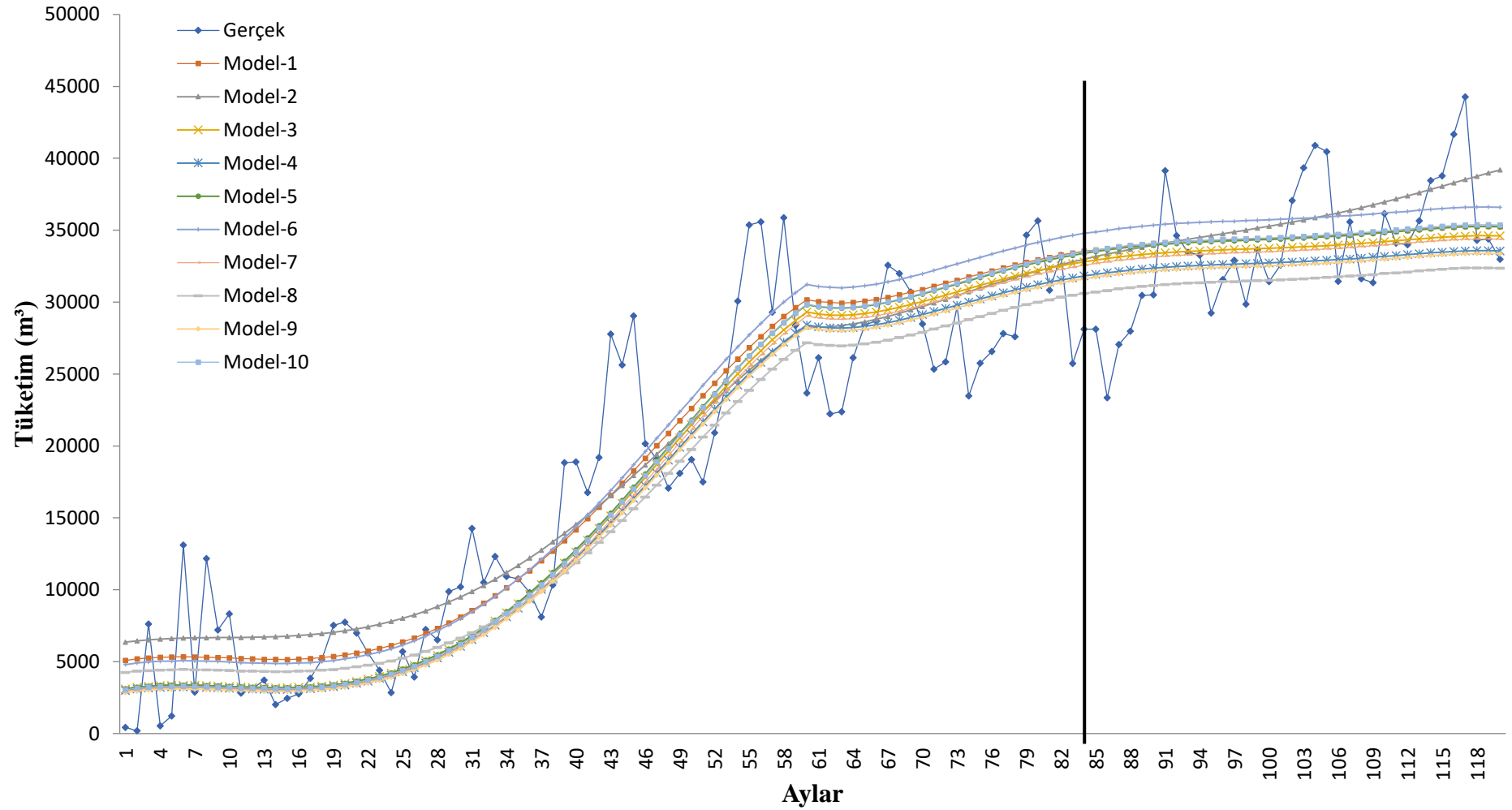
$$L_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_5^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_7^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{12}^{\alpha_3 \times \gamma_3} \quad (4.9)$$

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen 100 model arasında en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları Tablo 4.24' de gösterilmiştir.

Tablo 4.24 Lalebahçe mahallesi için en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları

Katsayılar ( $\beta$ )			Üsler ( $\alpha$ )			Toplama/Çıkartma ( $\eta$ )			Çarpım/Bölüm ( $\gamma$ )		
0,048	0,829	0,019	0,279	1,822	1,359	-1	1	-1	1	1	1

En iyi modele ait katsayılar Denklem 4.9'da yerine koyulmasıyla elde edilen formül Denklem 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Gödene mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen iyi 10 modele ait eğitime test zaman serisi grafikleri

$$L_m = -0,048 \times F_5^{0,279} + 0,829 \times F_7^{1,822} - 0,019 \times F_{12}^{1,359} \quad (4.10)$$

Üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler Tablo 4.25' da verilmiştir.

**Tablo 4.25** Lalebahçe mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler

	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,221	-1,884	0,014	0,018	0,262	-2,768	0,020
Maksimum	0,792	0,761	0,169	0,289	0,770	0,684	0,239
Ortalama	0,590	0,042	0,056	0,101	0,597	-0,149	0,073
Std.Sapma	0,121	0,552	0,032	0,062	0,095	0,757	0,048

Üretilen 100 adet model içerisinde MSE/R<sup>2</sup> değerine göre en küçükten büyüğe doğru yapılmış sıralama doğrultusunda en başarılı 10 model ileride BBY'de kullanılmak üzere seçilmiştir ve model bilgileri Tablo 4.26'da gösterilmiştir.

Yapılan çalışmaya ait en başarılı modelin yakınsama grafiği Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

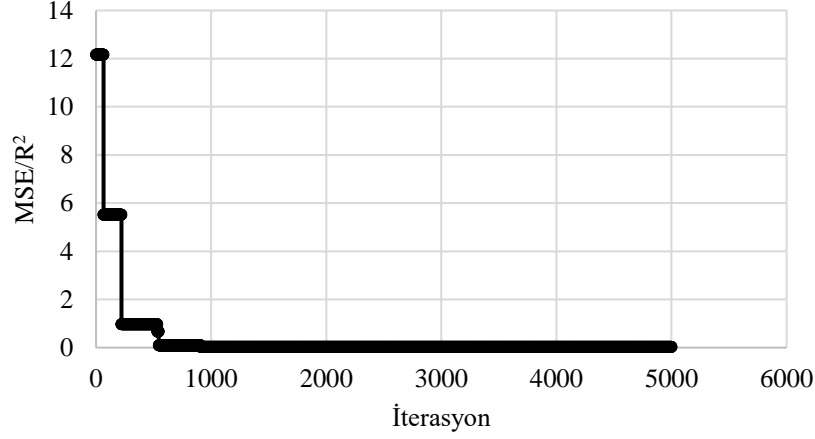
MSE/R<sup>2</sup> değerlerinin iterasyonlar boyunca değişimini gösteren yakınsama grafiği (Şekil 4.13) YAK algoritmasının çözümü iyileştirdiğini göstermektedir.

Şekil 4.14'te YAK algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.

**Tablo 4.26** Lalebahçe mahallesi için YAK'a ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	0,048	0,829	0,019	0,279	1,822	1,359	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 2</b>	0,048	0,829	0,019	0,279	1,822	1,359	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 3</b>	0,021	0,512	0,295	0,973	1,774	1,289	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 4</b>	0,283	1,027	0,091	0,753	1,504	1,548	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 5</b>	0,147	0,631	0,432	0,070	1,339	1,468	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 6</b>	0,097	0,639	0,028	1,953	0,933	0,313	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 7</b>	0,162	0,632	0,177	1,702	1,653	1,882	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 8</b>	0,101	0,335	0,269	1,378	1,869	0,258	1	1	1	1	1	1
<b>Model 9</b>	0,416	0,706	0,271	1,649	1,663	1,035	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 10</b>	0,248	0,507	0,538	0,054	1,860	1,193	-1	1	1	-1	1	1
	Eğitim				Test							
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,675	0,542	1,40E-02	1,79E-02	6,45E-01	-5,96E-02	2,13E-02					
<b>Max</b>	0,785	0,761	2,68E-02	3,92E-02	7,55E-01	6,64E-01	6,73E-02					
<b>Ort</b>	0,732	0,648	2,07E-02	2,85E-02	7,05E-01	3,58E-01	4,07E-02					
<b>Std.S.</b>	0,038	0,079	4,64E-03	7,41E-03	4,19E-02	2,58E-01	1,64E-02					





Şekil 4.13 Lalebahçe mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği

#### 4.3.4. Saraçoğlu mahallesi için YAK optimizasyon algoritması sonuçları

Saraçoğlu mahallesi faktör analizi sonuçlarında Yazır ve Gödene mahallelerinden farklı olarak Aylık Minimum Sıcaklık ( $F_7$ ) parametresi modele girmiştir. Sıcaklık parametrelerinde (-) negatif değerler olduğu için nonlinear modellemede matematiksel problemlerin önüne geçmek amacıyla veriler normleştirilmiştir.

Bu aşamada S (Saraçoğlu) için gözlemlenen su tüketim değerleri  $S_g$  olsun, model sonucu elde edilen su tüketim değerleri,  $S_m$  olsun.  $S_m$  Denklem 4.11'deki gibi oluşturulmuştur.

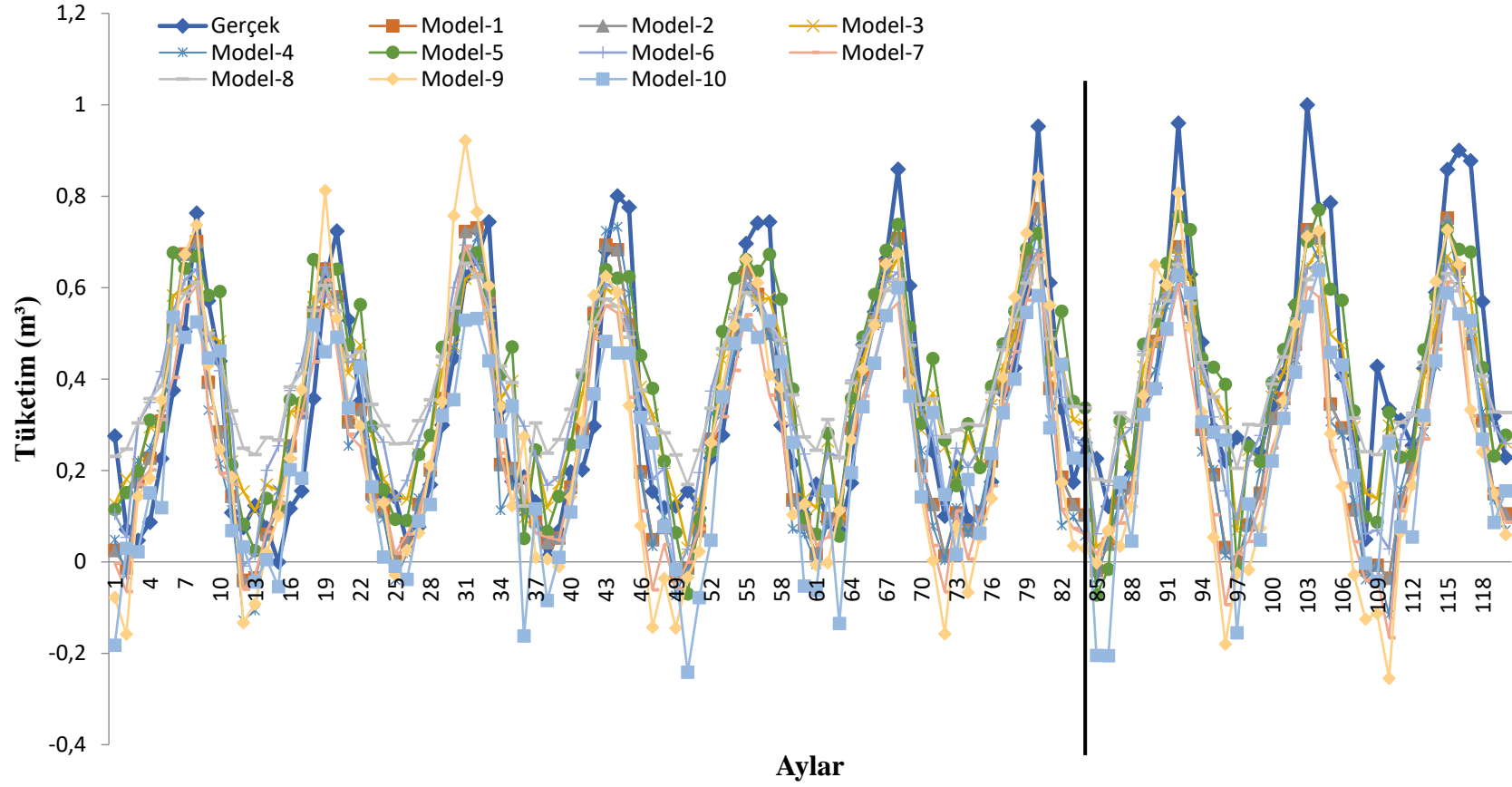
$$S_m = \eta_1 \times \beta_1 \times F_1^{\alpha_1 \times \gamma_1} + \eta_2 \times \beta_2 \times F_{11}^{\alpha_2 \times \gamma_2} + \eta_3 \times \beta_3 \times F_{12}^{\alpha_3 \times \gamma_3} \quad (4.11)$$

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen 100 model arasında en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları Tablo 4.27'de gösterilmiştir.

Tablo 4.27 Saraçoğlu mahallesi için en iyi modele ait  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  ve  $\gamma$  katsayıları

Katsayılar ( $\beta$ )			Üsler ( $\alpha$ )			Toplama/Çıkartma ( $\eta$ )			Çarpım/Bölüm ( $\gamma$ )		
0,537	0,102	0,066	1,424	0,070	0,446	1	1	-1	1	-1	1

En iyi modele ait katsayılar Denklem 4.11'de yerine koyulmasıyla elde edilen formül Denklem 4.12'da gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Lalebağçe mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen en iyi 10 modele ait eğitime test zaman serisi grafikleri

$$Y_m = 0,537 \times F_1^{1,424} + 0,102 \times F_{11}^{-0,070} - 0,066 \times F_{12}^{0,446} \quad (4.12)$$

Üretilen 100 adet model için performans kriterlerine ait istatistiki bilgiler Tablo 4.28’de verilmiştir.

**Tablo 4.28** Saraçoğlu mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler

	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,204	-3,768	0,018	0,025	0,000	-105,950	0,013
Maksimum	0,754	0,657	0,255	0,357	0,796	0,725	5,093
Ortalama	0,580	-0,088	0,058	0,104	0,575	-2,522	0,168
Std.Sapma	0,122	0,814	0,044	0,070	0,183	11,843	0,564

Üretilen 100 adet model içerisinde MSE/R<sup>2</sup> değerine göre en küçükten büyüğe doğru yapılmış sıralama doğrultusunda en başarılı 10 model ileride BBY’de kullanılmak üzere seçilmiştir ve model bilgileri Tablo 4.29’da gösterilmiştir.

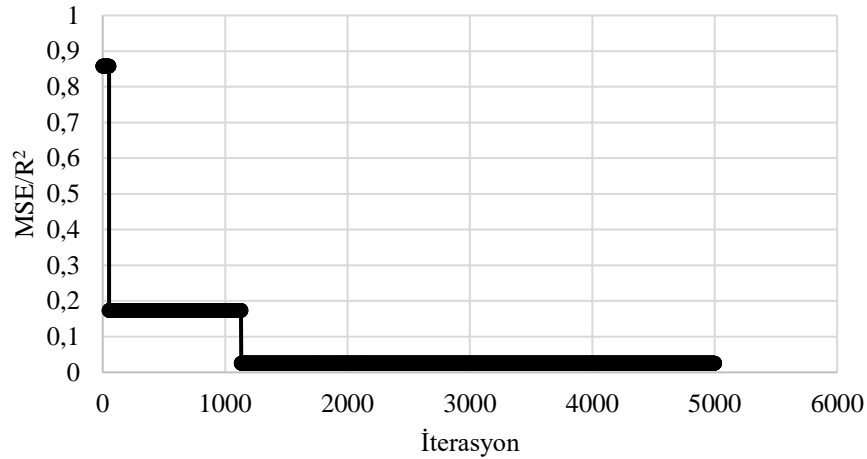
Yapılan çalışmaya ait en başarılı modelin yakınsama grafiği Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

MSE/R<sup>2</sup> değerlerinin iterasyonlar boyunca değişimini gösteren yakınsama grafiği (Şekil 4.15) YAK algoritmasının çözümü iyileştirdiğini göstermektedir.

Şekil 4.16’da YAK algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.

**Tablo 4.29** Saraçoğlu mahallesi için YAK’ a ait en başarılı 10 model ve istatistiki değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	0,537	0,102	0,066	1,424	0,070	0,446	1	1	-1	1	-1	1
<b>Model 2</b>	0,271	0,525	0,001	1,960	0,874	0,716	1	1	-1	1	1	-1
<b>Model 3</b>	0,299	0,569	0,111	1,900	1,108	1,021	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 4</b>	0,452	0,133	0,039	1,985	0,084	1,304	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 5</b>	0,097	0,639	0,028	1,953	0,933	0,313	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 6</b>	1,126	0,332	0,183	1,629	1,706	0,870	1	-1	1	1	1	1
<b>Model 7</b>	0,420	0,667	0,026	1,470	1,212	0,232	1	1	-1	1	1	-1
<b>Model 8</b>	1,203	0,493	0,412	1,812	0,712	1,251	1	-1	1	1	1	1
<b>Model 9</b>	0,148	0,515	0,122	1,268	0,633	0,583	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 10</b>	0,328	0,820	0,003	1,544	1,670	0,229	1	1	-1	1	1	1
	Eğitim						Test					
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,610	0,501	1,84E-02	2,52E-02	6,39E-01	1,14E-02	1,31E-02					
<b>Max</b>	0,730	0,657	2,67E-02	3,90E-02	7,66E-01	7,25E-01	4,71E-02					
<b>Ort</b>	0,673	0,579	2,25E-02	3,36E-02	7,03E-01	2,92E-01	3,37E-02					
<b>Std.S.</b>	0,044	0,046	2,49E-03	4,08E-03	4,29E-02	2,27E-01	1,08E-02					



Şekil 4.15 Saraçoğlu mahallesi için YAK algoritmasına ait yakınsama grafiği

#### 4.4. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması Sonuçları

##### 4.4.1. Yazır mahallesi için PSO algoritması sonuçları

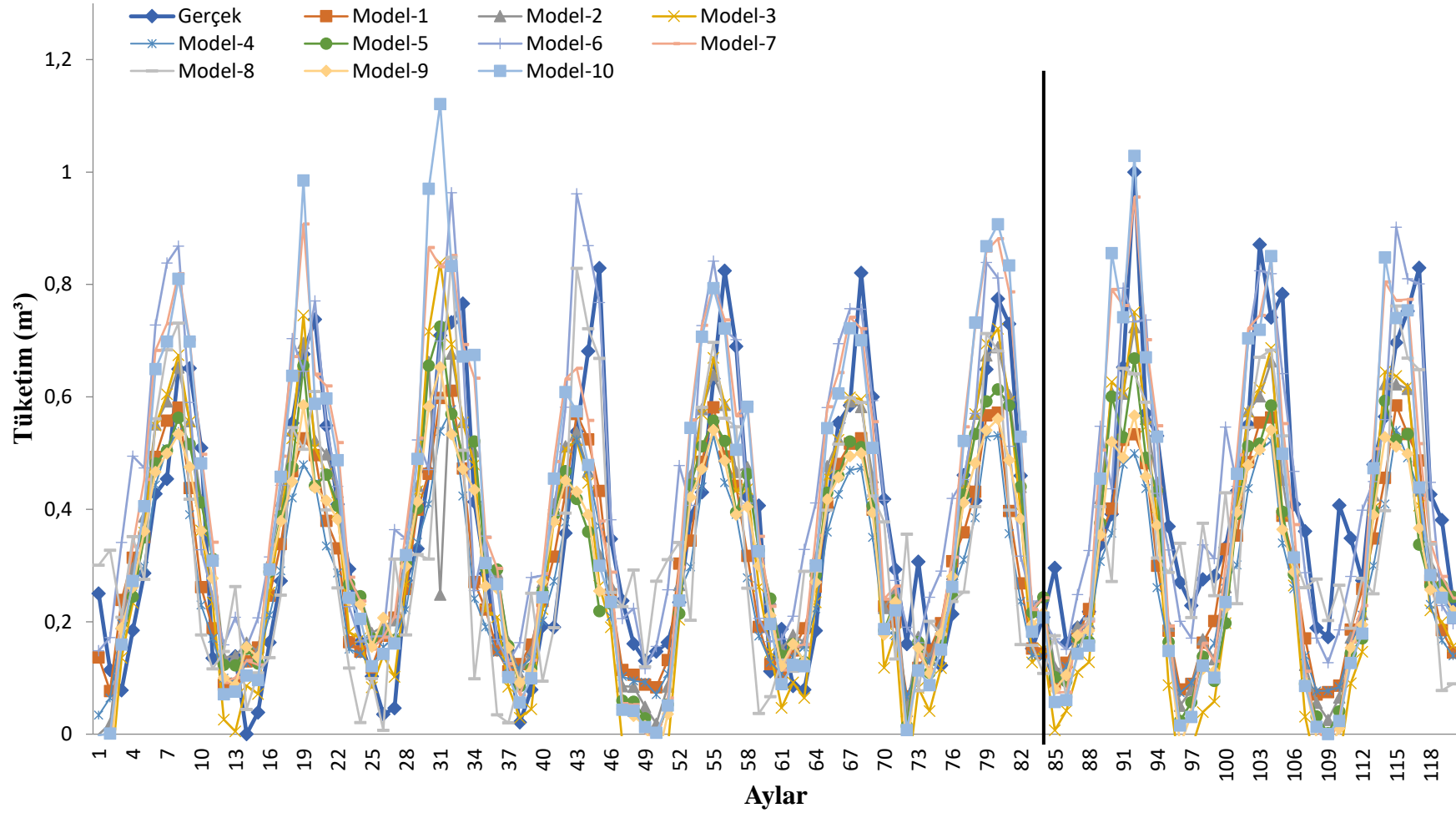
PSO yönteminde ise 6 adet parçacık kullanılmış olup hızlandırma katsayıları için  $c_1=c_2=2$  kabul edilmiştir.  $w$  atalet ağırlığı 0.9-0.4 aralığında iterasyonlar boyunca iteratif olarak azalacak şekilde belirlenmiştir. PSO algoritması da YAK yönteminde olduğu gibi 100 kere çalıştırılarak 100 adet model üretilmiştir. Her bir çalışma 5000 iterasyondan oluşmaktadır.  $l_b$  ve  $u_b$  için  $[0,2]$  aralığında arama yapılmıştır. Amaç fonksiyonu olarak MSE/R<sup>2</sup> minimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiksel bilgiler Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30 Yazır mahallesi için PSO algoritmasıyla elde edilen 100 adet modele ait istatistiksel bilgiler

	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,060	-83,313	175980618,7	200822350,8	0,000	-943,921	188425929,9
Maksimum	0,924	0,819	81929179097	164984000000	0,638	0,306	256454000000
Ortalama	0,820	-9,708	10405067641	14268992073	0,506	-110,734	30324753597
Std.Sapma	0,143	9,570	9299212877	19902085418	0,123	104,715	28419810953

PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait sonuçlar Tablo 4.31'de verilmiştir.

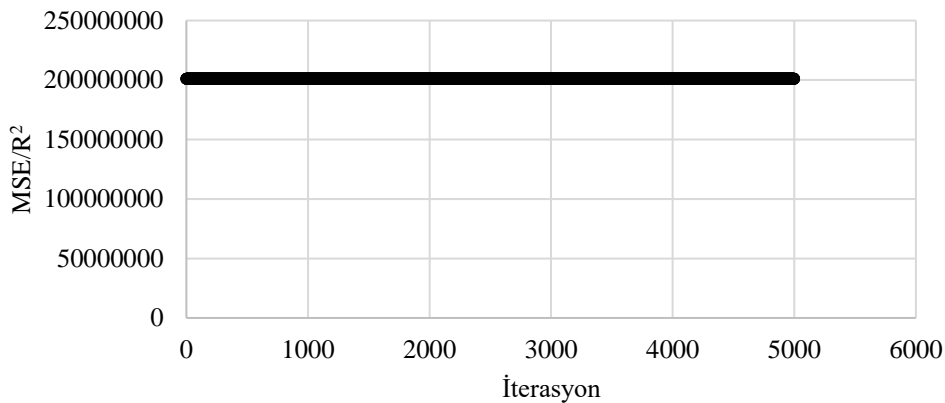


Şekil 4.16 Saraçoğlu mahallesi için YAK yöntemiyle elde edilen en iyi 10 modele ait eğitime test zaman serisi grafikleri

**Tablo 4.31** Yazır mahallesi için PSO yöntemine ait en iyi 10 model ve istatistiki değerleri

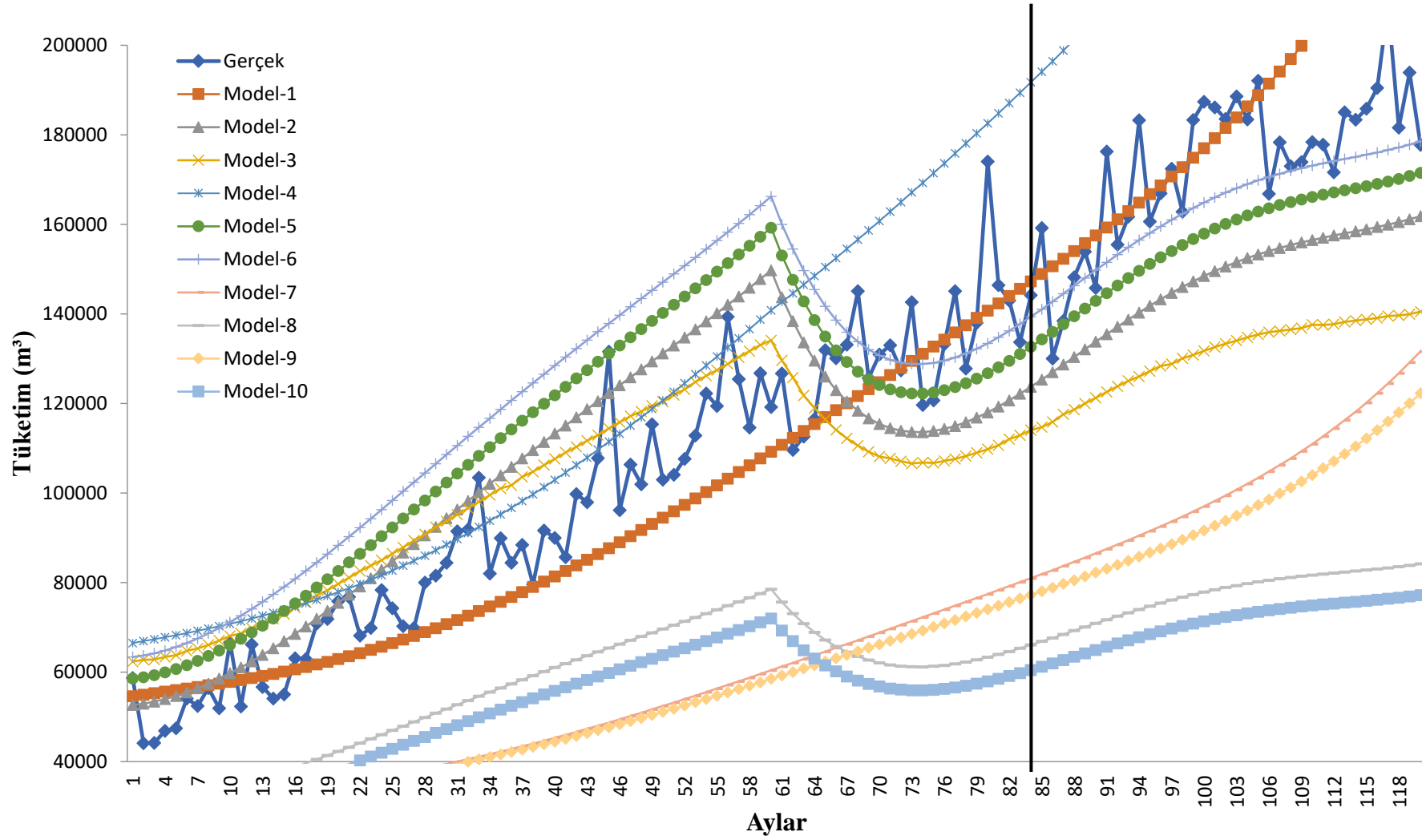
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	0,703	1,379	1,083	0,226	0,167	1,176	-1	-1	1	1	-1	1
<b>Model 2</b>	1,183	0,621	0,188	1,148	1,135	1,129	-1	1	-1	-1	1	-1
<b>Model 3</b>	1,498	0,636	1,820	1,424	1,109	0,789	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 4</b>	0,760	1,770	0,486	1,358	0,749	1,279	1	1	1	-1	1	1
<b>Model 5</b>	0,612	1,110	1,594	0,099	1,087	0,440	-1	1	1	-1	1	1
<b>Model 6</b>	0,463	1,798	1,172	1,736	1,047	1,367	-1	1	-1	-1	1	-1
<b>Model 7</b>	1,501	1,182	0,669	0,888	0,100	1,164	1	-1	1	1	1	1
<b>Model 8</b>	0,460	1,098	0,442	0,419	1,024	0,186	-1	1	1	-1	1	-1
<b>Model 9</b>	1,061	0,658	1,305	0,432	0,029	1,094	-1	-1	1	1	-1	1
<b>Model 10</b>	1,889	0,922	1,280	1,396	1,032	0,413	-1	1	-1	-1	1	1
	Eğitim						Test					
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,689	-1,818	1,76E+08	2,01E+08	4,83E-01	-3,82E+01	1,88E+08					
<b>Max</b>	0,880	0,819	2,74E+09	3,74E+09	6,34E-01	3,06E-01	1,06E+10					
<b>Ort</b>	0,773	-0,302	1,27E+09	1,63E+09	5,71E-01	-1,43E+01	4,14E+09					
<b>Std.S.</b>	0,085	1,087	1,06E+09	1,33E+09	7,10E-02	1,37E+01	3,72E+09					

PSO yöntemine ait en başarılı modele ait yakınsama grafiği Şekil 4.17’de verilmiştir.

**Şekil 4.17** Yazır mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği

Yukarıdaki Şekil 4.17’de gösterildiği üzere PSO algoritması çözümü geliştirememiş olup. Başarılı bir performans sergileyememiştir.

Şekil 4.18’de PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.



Şekil 4.18 Yazır mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitime test zaman serisi grafikleri

#### 4.4.2. Gödene mahallesi için PSO algoritması sonuçları

PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler Tablo 4.32’de verilmiştir.

**Tablo 4.32** Gödene mahallesi için PSO algoritmasıyla elde edilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler

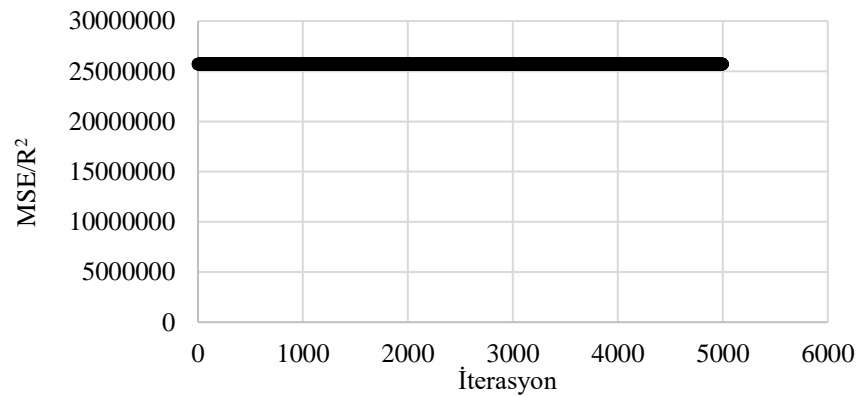
	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,086	-176,653	21856025	25695292	0,001	-4704,010	17225494
Maksimum	0,888	0,818	21300000000	27686030105	0,484	0,120	92133257442
Ortalama	0,086	-176,653	21856025	25695292	0,001	-4704,010	17225494
Std.Sapma	0,151	24,587	2950000000	3853188397	0,067	655,048	12827114864

PSO yöntemine ait en iyi 10 modele ait sonuçlar Tablo 4.33’de verilmiştir.

**Tablo 4.33** Gödene mahallesi için PSO yöntemine ait en iyi 10 model ve istatistiki değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	1,478	1,390	0,981	1,481	1,068	1,157	-1	1	-1	-1	1	-1
<b>Model 2</b>	0,219	0,271	1,580	1,470	1,265	1,990	-1	1	1	1	1	-1
<b>Model 3</b>	0,028	1,749	0,183	0,935	0,975	0,645	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 4</b>	0,179	1,547	1,322	0,636	1,695	0,940	1	-1	1	-1	-1	1
<b>Model 5</b>	0,505	0,128	1,516	0,594	1,213	1,409	-1	1	-1	-1	1	-1
<b>Model 6</b>	0,718	0,131	1,120	0,435	1,707	0,912	-1	1	1	-1	-1	1
<b>Model 7</b>	1,498	0,636	1,820	1,424	1,109	0,789	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 8</b>	1,032	1,468	1,514	1,216	0,194	0,848	-1	1	1	-1	1	1
<b>Model 9</b>	0,115	0,376	1,100	0,138	0,671	0,805	1	1	1	1	-1	1
<b>Model 10</b>	1,167	1,340	0,846	0,205	0,769	0,029	-1	1	1	1	1	-1
	Eğitim						Test					
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,788	-2,093	2,19E+07	2,57E+07	1,49E-03	-5,22E+01	1,72E+07					
<b>Max</b>	0,864	0,818	3,71E+08	4,30E+08	3,83E-01	1,20E-01	1,04E+09					
<b>Ort</b>	0,827	-0,517	1,82E+08	2,21E+08	3,15E-01	-2,00E+01	4,12E+08					
<b>Std.S.</b>	0,030	0,891	1,07E+08	1,29E+08	1,09E-01	1,75E+01	3,42E+08					

PSO yöntemine ait en başarılı modele ait yakınsama grafiği Şekil 4.19’ da verilmiştir.



**Şekil 4.19** Gödene mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği



Şekil 4.19’da gösterildiği üzere PSO algoritması çözümü geliştirememiş olup başarılı bir performans sergileyememiştir.

Şekil 4.20’de PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiş. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.

#### 4.4.3. Lalebahçe mahallesi için PSO algoritması sonuçları

PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler Tablo 4.34’te verilmiştir.

**Tablo 4.34** Lalebahçe mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler

	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	1,13E-06	-2,50E+09	0,041	0,1278	0,000	-8243,290	0,061
Maksimum	0,788	0,305	147077397	2,63E+11	0,768	0,033	523,404
Ortalama	0,230	-2,70E+07	1595759	2,64E+09	0,347	-159,535	10,192
Std.Sapma	0,254	2,52E+08	14746343	2,63E+10	0,219	829,686	52,674

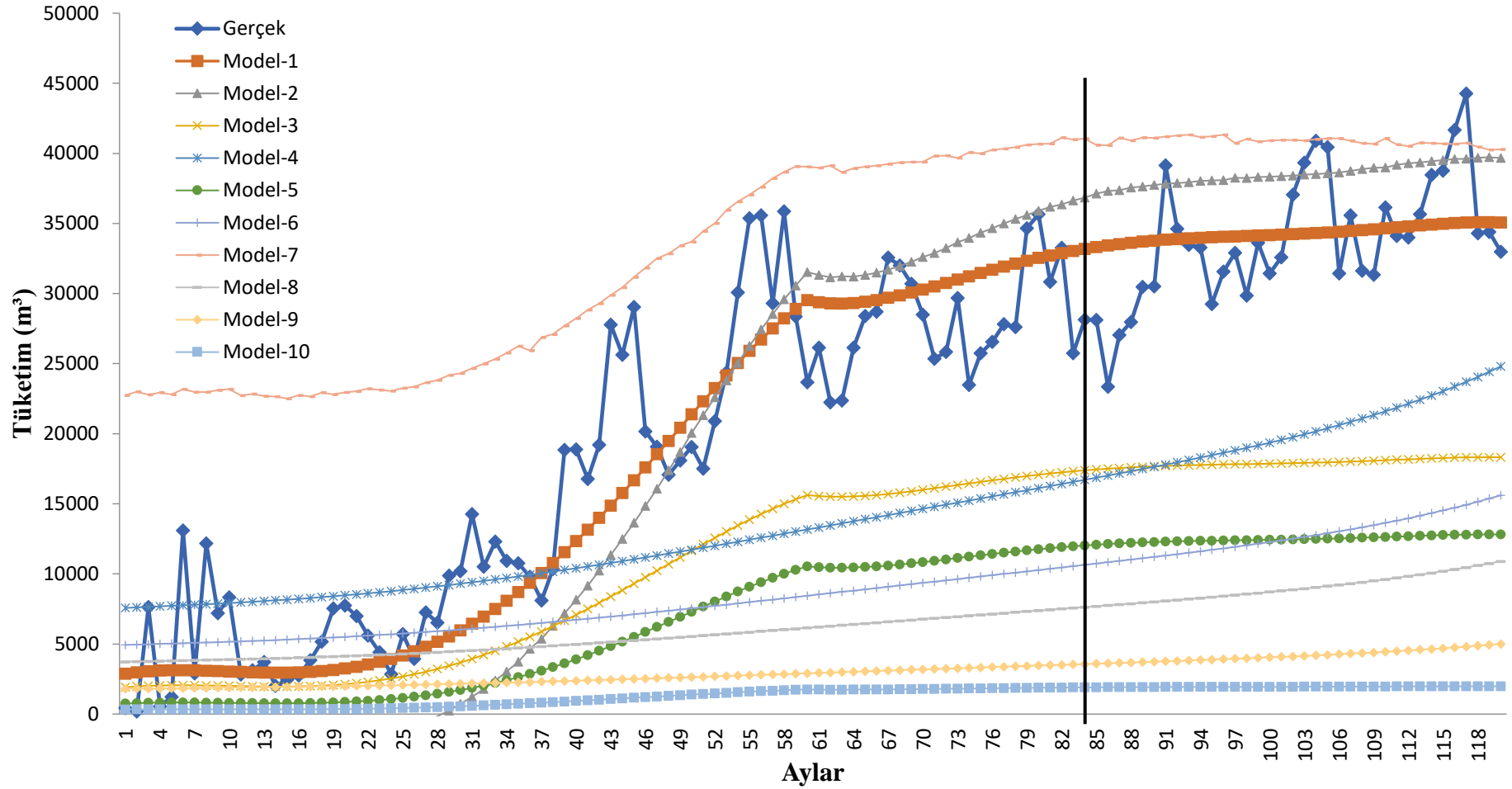
PSO yöntemine ait en iyi 10 modele ait sonuçlar Tablo 4.35’de verilmiştir.

**Tablo 4.35** Lalebahçe mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 model ve istatistiki değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	0,988	0,498	0,011	0,184	0,046	0,908	1	-1	-1	1	-1	1
<b>Model 2</b>	0,360	0,963	0,348	1,886	1,391	0,106	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 3</b>	0,814	1,910	0,798	0,487	0,709	0,456	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 4</b>	1,516	1,874	0,003	0,826	1,756	1,133	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 5</b>	1,893	1,774	1,979	0,004	1,744	0,238	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 6</b>	1,167	1,340	0,846	0,205	0,769	0,029	-1	1	1	1	1	-1
<b>Model 7</b>	1,822	0,011	1,059	1,292	0,341	1,526	1	-1	-1	1	1	1
<b>Model 8</b>	0,998	0,737	0,837	0,342	1,162	1,407	1	1	-1	1	1	1
<b>Model 9</b>	0,200	0,492	0,108	1,224	1,936	0,268	1	-1	-1	1	1	1
<b>Model 10</b>	0,052	1,399	0,718	1,186	0,514	1,755	-1	1	-1	1	1	1
	Eğitim					Test						
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,311	-5,850	4,07E-02	1,28E-01	2,23E-01	-7,86E+00	6,14E-02					
<b>Max</b>	0,758	0,305	4,02E-01	5,63E-01	7,68E-01	3,30E-02	5,63E-01					
<b>Ort</b>	0,508	-2,018	1,77E-01	3,53E-01	5,04E-01	-2,19E+00	2,02E-01					
<b>Std.S.</b>	0,165	1,587	9,30E-02	1,46E-01	1,79E-01	2,14E+00	1,36E-01					

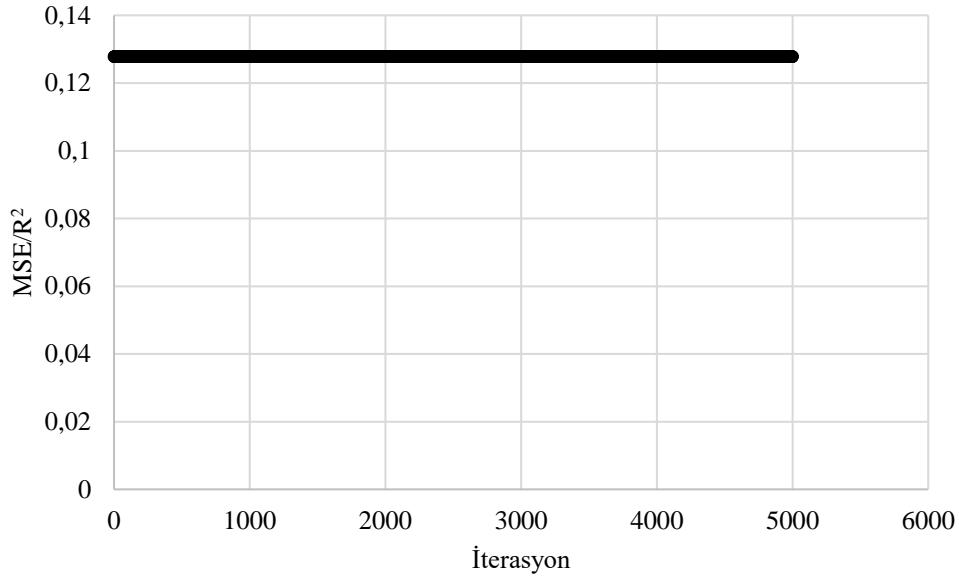
PSO yöntemine ait en başarılı modele ait yakınsama grafiği Şekil 4.21’de verilmiştir.

Şekil 4.21’de gösterildiği üzere PSO algoritması çözümü geliştirememiş olup başarılı bir performans sergileyememiştir.



Şekil 4.20 Gödene mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri

Şekil 4.22’de PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.



Şekil 4.21 Lalebahçe mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği

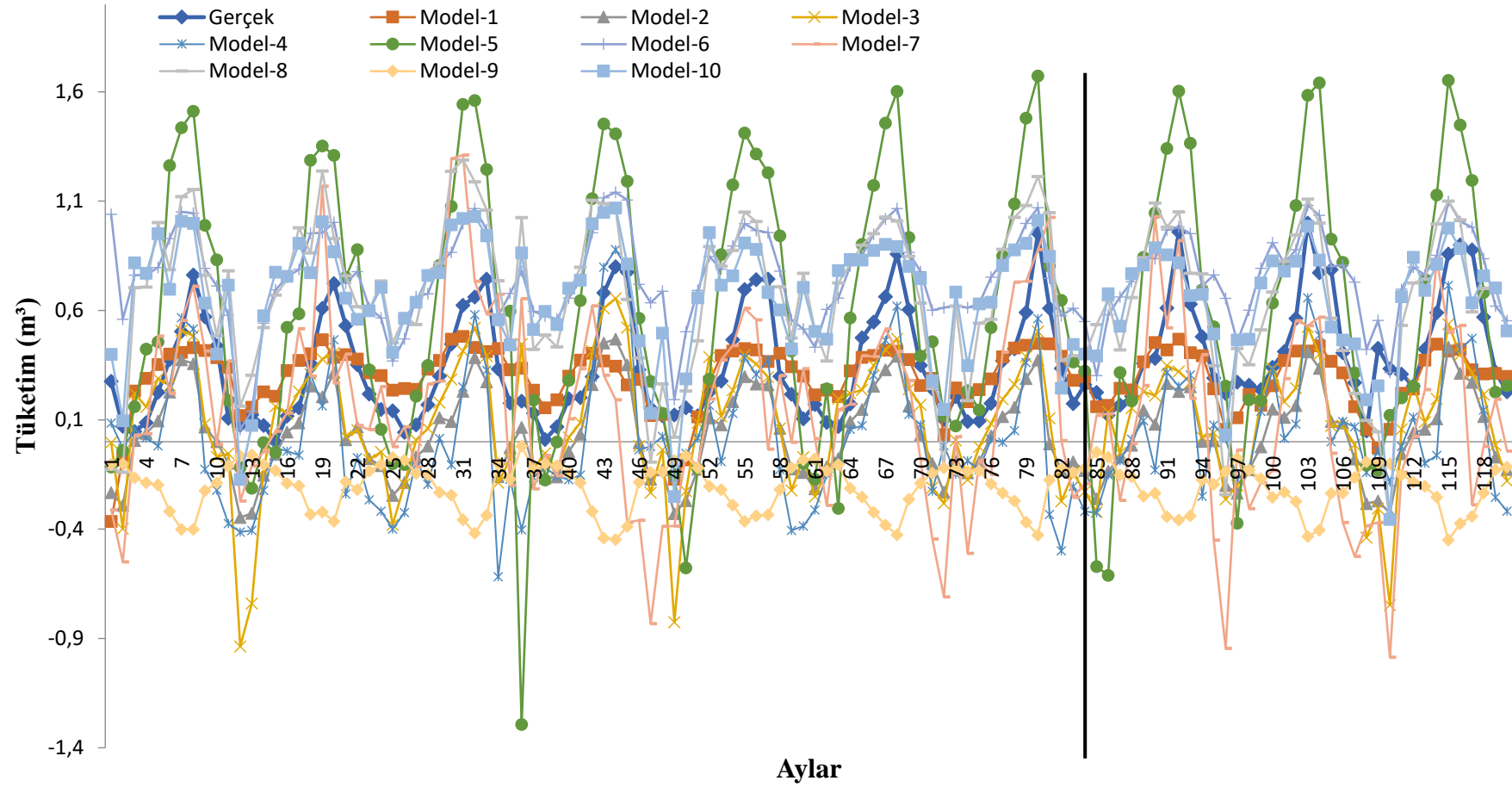
#### 4.4.4. Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritması sonuçları

Saraçoğlu mahallesi için yapılan PSO çalışmalarında üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler Tablo 4.36’da gösterilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda üretilen 100 adet model içerisinde en başarılı 10 modele ait sonuçlar ise Tablo 4.37’de verilmiştir.

**Tablo 4.36** Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen 100 adet modele ait istatistiki bilgiler

	Eğitim				Test		
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE
Minimum	0,001	-5459839	0,066	0,087	0,002	-2,2E+14	0,050
Maksimum	0,757	-0,226	292386	17453470,48	0,790	-5,6E-02	1,06E+13
Ortalama	0,285	-89880,2	4813,326	405318,801	0,313	-2,4E+12	1,15E+11
Std.Sapma	0,233	580644,4	31094,73	2252193,39	0,250	2,2E+13	1,06E+12

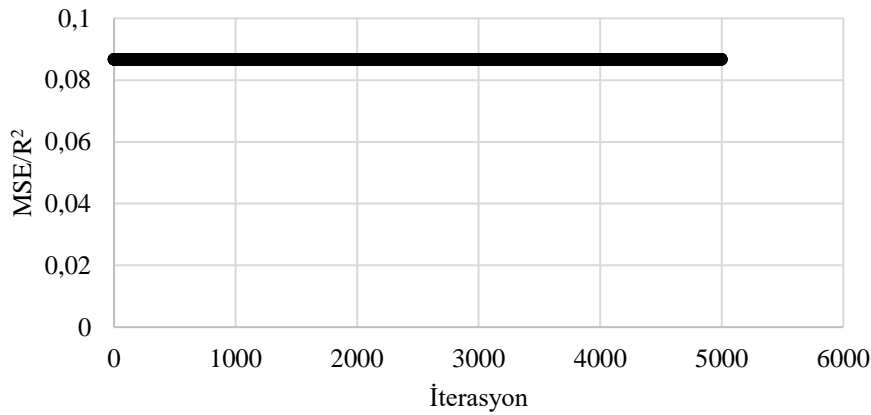


Şekil 4.22 Lalebahçe mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri

**Tablo 4.37** Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 model ve istatistiki değerleri

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$
<b>Model 1</b>	1,870	0,823	0,643	1,433	0,127	0,500	1	-1	1	1	1	1
<b>Model 2</b>	1,167	1,340	0,846	0,205	0,769	0,029	-1	1	1	1	1	-1
<b>Model 3</b>	1,893	1,774	1,979	0,004	1,744	0,238	-1	1	1	1	1	1
<b>Model 4</b>	0,450	1,312	0,668	1,409	0,045	0,036	-1	1	-1	1	-1	1
<b>Model 5</b>	1,269	1,073	0,389	1,103	0,528	1,425	1	-1	1	1	1	1
<b>Model 6</b>	0,054	0,590	1,069	0,401	1,259	0,295	-1	-1	1	-1	1	1
<b>Model 7</b>	0,071	1,201	1,507	0,866	1,525	1,684	1	1	-1	-1	1	1
<b>Model 8</b>	0,252	1,353	1,137	1,555	1,170	1,131	-1	1	-1	1	1	1
<b>Model 9</b>	0,333	0,531	0,788	0,735	1,578	0,269	1	-1	1	1	1	1
<b>Model 10</b>	1,822	0,011	1,059	1,292	0,341	1,526	1	-1	-1	1	1	1
	Eğitim				Test							
	R <sup>2</sup>	NSE	MSE	MSE/R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	NSE	MSE					
<b>Min</b>	0,275	-5,535	6,56E-02	8,67E-02	4,02E-02	-2,49E+04	5,03E-02					
<b>Max</b>	0,757	-0,226	3,50E-01	5,43E-01	7,90E-01	-5,63E-02	1,18E+03					
<b>Ort</b>	0,481	-2,268	1,75E-01	3,76E-01	4,32E-01	-2,49E+03	1,19E+02					
<b>Std.S.</b>	0,144	1,547	8,28E-02	1,37E-01	2,32E-01	7,46E+03	3,55E+02					

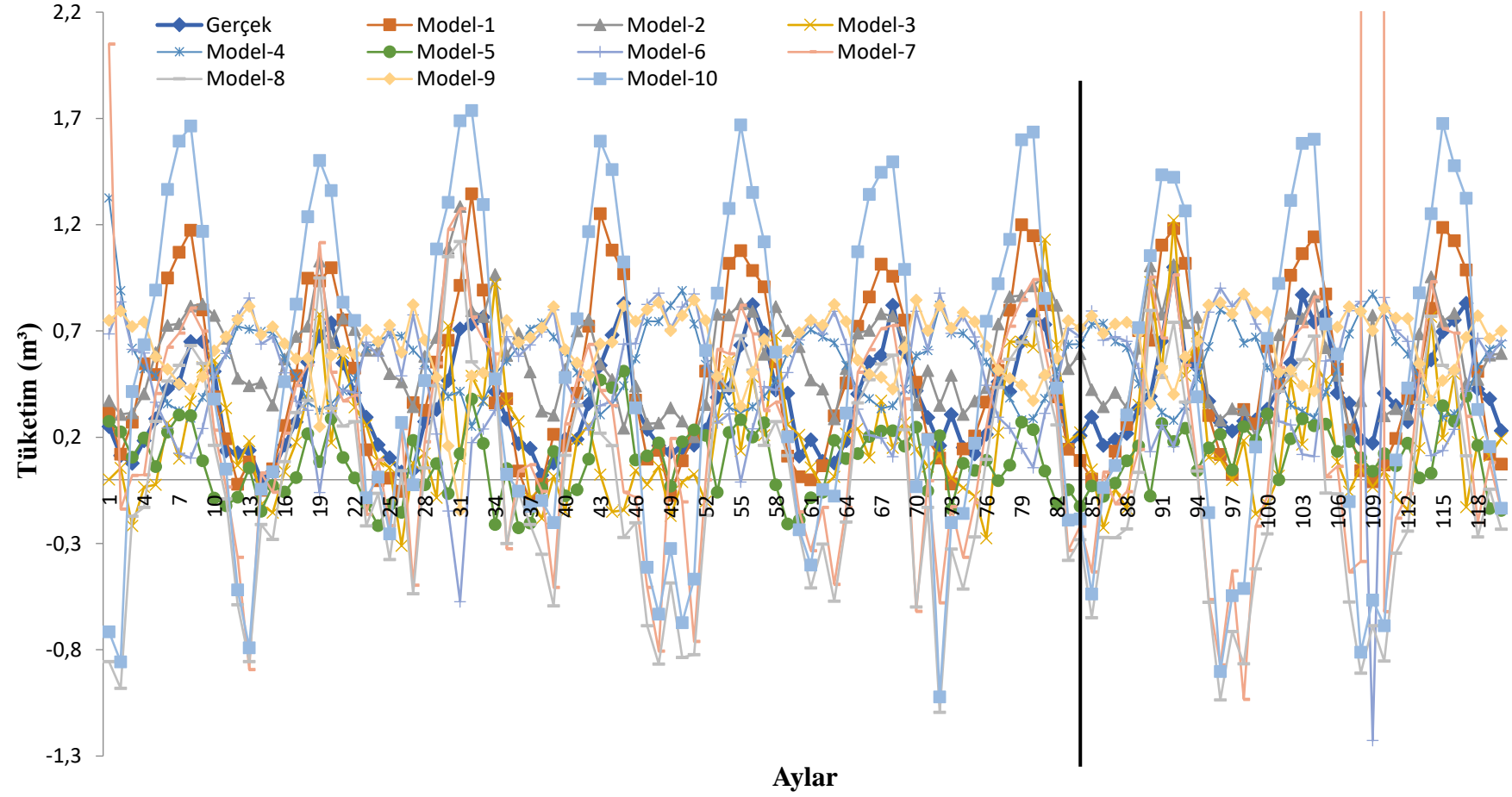
PSO yöntemine ait en başarılı modele ait yakınsama grafiği Şekil 4.23'te verilmiştir.

**Şekil 4.23** Saraçoğlu mahallesi için PSO ile üretilen en başarılı modele ait yakınsama grafiği

Yukarıdaki Şekil 4.23'te gösterildiği üzere PSO algoritması çözümü geliştirememiş olup başarılı bir performans sergileyememiştir.

Şekil 4.24'te PSO algoritmasıyla üretilen en iyi 10 modele ait eğitim-test zaman serisi grafikleri gösterilmiştir. Toplamda algoritma için 120 adet aylık veri kullanılmıştır. İlk 84 veri eğitime, geri kalan veriler ise test için kullanılmıştır.

PSO algoritması genel olarak su tüketim davranışlarının modellenmesinde başarısız olmuştur. İlk ürettiği başlangıç noktalarına göre elde ettiği çözümleri iterasyonlar boyunca geliştirememiş olduğu PSO analizi ile elde edilen yakınsama grafiklerindedir görülmektedir. Modeller için üretilen yakınsama grafiklerinde incelendiğinde modellerin hiçbirinde iyileştirme yaptığı görülmemiştir. YAK yöntemi



Şekil 4.24 Saraçoğlu mahallesi için PSO algoritmasıyla üretilen iyi 10 modele ait eğitim test zaman serisi grafikleri

PSO yöntemine göre daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple zamansal etkileşim mekanizması YAK yöntemleriyle elde edilen modeller üzerinden uygulanacaktır.

#### 4.5. BBY Sonuçları

Mevcut çalışma kapsamında daha önce açıklandığı gibi YAK ve PSO yöntemleriyle nonlinear su tüketim modelleri oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda PSO yöntemiyle elde edilen çözümlerinde başarı sağlanamadığı ve PSO yönteminin çözümü iyileştiremediği görülmüştür. Buna karşılık YAK yöntemi ile başarılı modeller üretilmiş olup YAK yönteminin çözümü iyileştirdiği Şekil 4.9, Şekil 4.11, Şekil 4.13 ve Şekil 4.15’de görülmektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak araştırılmak istenen zamansal etkileşim mekanizmasının aranmasında YAK yöntemiyle elde edilen modeller kullanılacak ve PSO yöntemi modelleri bu aşamada değerlendirme dışı bırakılacaktır.

Yapılan çalışmalarda zamansal etkileşimin aranmasında kullanılan  $K_{i,j}$  değerleri Eşitlik 3.30-3.34’de görüldüğü gibi 5 farklı şekilde oluşturulmuş olup benzerlik yapısının aranmasında en fazla 12 aylık değişim esas alınmıştır. Eşitlik 3.30, Eşitlik 3.31, Eşitlik 3.32, Eşitlik 3.33 ve Eşitlik 3.34 sırasıyla Benzeşim Modeli 1 (BM1), Benzeşim Modeli 2 (BM2), Benzeşim Modeli 3 (BM3), Benzeşim Modeli 4 (BM4) ve Benzeşim Modeli 5 (BM5) olarak isimlendirilmiştir.

Üzerinde çalışılan mahallelere ait zamansal etkileşim mekanizmasının belirlenmesine yönelik yapılan BBY analizi sonuçları aşağıda verilmiştir.

##### 4.5.1. Yazır mahallesi için BBY sonuçları

Yazır mahallesi için daha önce açıklandığı gibi YAK yöntemiyle 100 farklı nonlinear model üretilmiş, üretilen en başarılı 10 model BBY’de kullanılmak üzere seçilmiş ve Tablo 4.20’te gösterilmiştir. BBY sonucunda her bir benzeşim modeli için kullanılan Band genişliklerinin aranmasında esas alınan üst ve alt sınır değerleri olan  $\mu^u$  ve  $\mu^l$  değerleri, bu değerler arasında yapılan aramada kullanılan aralık sayısı olan  $h$  değeri ve en başarılı sonucun elde edildiği Band genişliği değeri olan  $\mu^{best}$  değerleri Yazır mahallesi için Tablo 4.38’de verilmiştir. Tablo 4.38’de kullanılan bütün benzeşim modellerine ait BBY sonucunda elde edilen Test  $R^2$  (BBY  $R^2$ ), Test NSE (BBY NSE) ve

Test MSE (BBY MSE) değerleri gösterilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda BBY sonucunda elde edilen sonuç değerlerinin sadece YAK yöntemiyle elde edilen en iyi modelden daha başarılı olması yeterli görülmemiş bunun yanında BBY yönteminde kullanılan 10 adet modelin grup başarısından da daha iyi olma şartı aranmıştır.

YAK yöntemiyle elde edilen modellerin içerisinde en başarılı 10 model için Test  $R^2$  değeri en yüksek 0.513 olarak, Test NSE değeri en yüksek 0.236 olarak ve Test MSE değeri ise en düşük  $2.074 \times 10^8$  olarak elde edilmişti (Tablo 4.20). Tablo 4.38'de hücreleri dolgu renkli olan çözümlerde BBY sonucunda YAK yönteminin grup başarısının (10 adet modelin içerisindeki en başarılı sonuçların) üzerine çıkıldığı görülmektedir. Yazır mahallesi BBY sonuçlarında BM3'ün diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar ürettiği ve en başarılı sonucun BM3'e ait 12 aylık değişim hızına göre elde edildiği görülmektedir. BBY yönteminde çalışmanın başarılı olmasının ön şartı analiz sonucunun hem en iyi modele hem de modellerin grup başarılarına göre daha iyi olmasıdır. Yazır mahallesi özelinde elde edilen en başarılı test modeli bütün değerlendirme kriterlerinde en iyi sonuçları üretmiş olduğu için kıyaslamada en başarılı modele ait performans değerleri kullanılmıştır. BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm olan BM3'e ait 12 aylık değişim hızı sonuçlarının model başarısını ne kadar arttırdığı Tablo 4.39'da gösterilmiştir. BBY yöntemi yardımıyla modelin Test  $R^2$  değeri %31 oranında artarken, TestNSE değeri %81 oranında artmış ve TestMSE değeri ise %25 oranında azalmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak gerek model başarısının gerekse de BBY başarısının özellikle NSE kapsamında düşük kalması sonuçların anlamlılığı bakımında olumsuz bir durum oluşturuyor olsa da BBY yönteminin yine de model başarısını ciddi bir şekilde arttırmış olduğu da bir gerçektir. Diğer taraftan en yüksek başarının 12 aylık değişim hızında elde edilmesi de bu mahalle özelinde ilgili fenomenin hatırlama kapasitesinin daha büyük olduğunu göstermektedir.

BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm için test bireylerinin zaman serisi grafiği Şekil 4.25'de gösterilmiştir. Şekil 4.25 incelendiğinde en başarılı modele göre sonuçların önemli derecede iyileştiği görülebilmektedir.

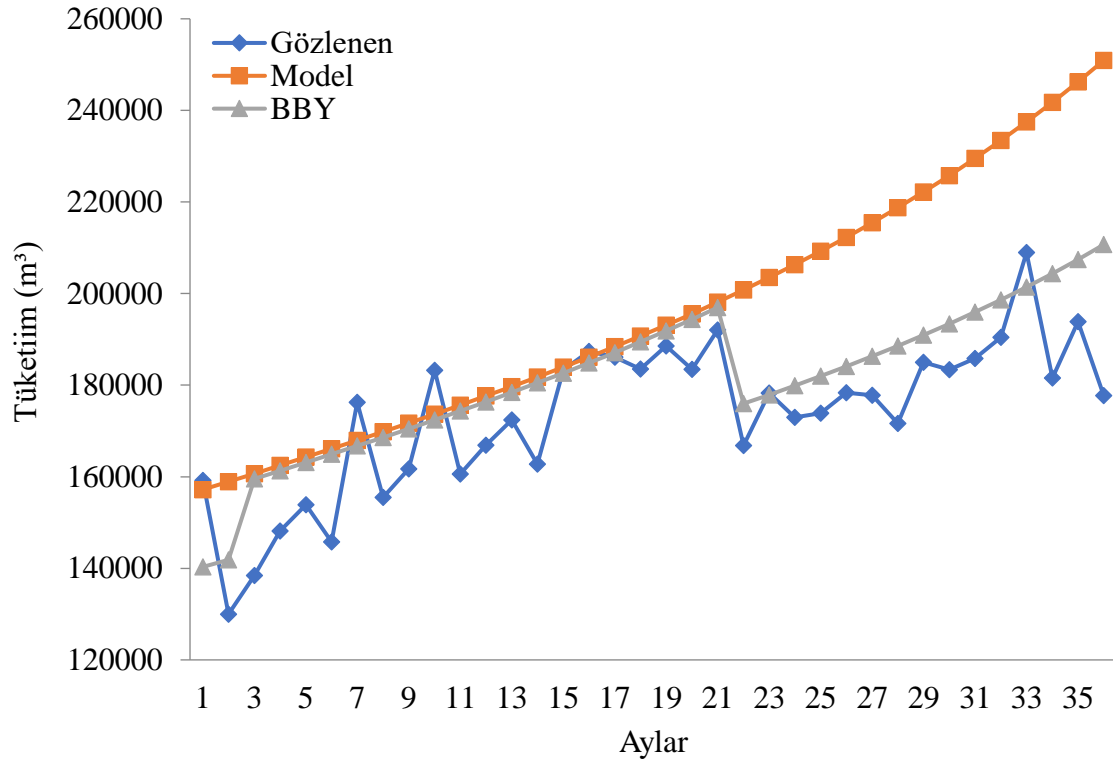


Tablo 4.38 Yazır Mahallesi İçin YAK Modelleri ile Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BM1</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=2000$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,513	0,542	0,513	0,513	0,513	0,538	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
	BBY NSE	0,236	0,256	0,236	0,236	0,236	0,306	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236
	BBY MSE	2,07E+08	201969640,3	2,07E+08	2,07E+08	2,07E+08	1,88E+08	2,07E+08	2,07E+08	2,07E+08	2,07E+08	2,07E+08	2,07E+08
	$\mu^{best}$	26	166	78	112	144	196	200	200	200	200	200	200
<b>BM2</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=20$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,526	0,568	0,540	0,532	0,570	0,529	0,536	0,513	0,569	0,532	0,513	0,551
	BBY NSE	-1,942	0,242	-1,487	0,225	0,107	-0,663	-1,266	0,236	-0,146	-0,314	0,236	-2,039
	BBY MSE	7,98E+08	205782122,6	6,75E+08	2,1E+08	2,42E+08	4,51E+08	6,15E+08	2,07E+08	3,11E+08	3,57E+08	2,07E+08	8,25E+08
	$\mu^{best}$	0,6	0,4	1,6	0,8	0,6	1,6	1,8	0,6	5	6,4	0,6	11,4
<b>BM3</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=100$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,534	0,513	0,535	0,535	0,549	0,560	0,673
	BBY NSE	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236	0,298	0,236	0,352	0,352	0,379	0,350	0,428
	BBY MSE	2,07E+08	207379320,3	2,07E+08	2,07E+08	2,07E+08	1,91E+08	2,07E+08	1,76E+08	1,76E+08	1,69E+08	1,76E+08	1,55E+08
	$\mu^{best}$	26	26	26	27	28	31	32	46	47	66	99	100
<b>BM4</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=100$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,519	0,621	0,513	0,658	0,513	0,533	0,569	0,625	0,513	0,537	0,637	0,651
	BBY NSE	0,293	-0,918	0,236	-0,196	0,236	0,280	0,322	0,110	0,236	0,305	0,352	-0,223
	BBY MSE	1,92E+08	520547128,6	2,07E+08	3,24E+08	2,07E+08	1,95E+08	1,84E+08	2,42E+08	2,07E+08	1,89E+08	1,76E+08	3,32E+08
	$\mu^{best}$	4	31	9	44	10	22	27	61	16	22	61	94
<b>BM4</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=50$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,519	0,621	0,513	0,658	0,513	0,533	0,569	0,625	0,544	0,537	0,625	0,651
	BBY NSE	0,293	-0,918	0,236	-0,196	0,236	0,280	0,322	0,110	-1,926	0,305	0,328	-0,223
	BBY MSE	1,92E+08	520547128,6	2,07E+08	3,24E+08	2,07E+08	1,95E+08	1,84E+08	2,42E+08	7,94E+08	1,89E+08	1,82E+08	3,32E+08
	$\mu^{best}$	4	15,5	3	11	2	3,5	3,5	7,5	14	2	5,5	8

**Tablo 4.39** Yazır Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi

En Başarılı Modele Göre	YAK Sonucunda		BBY Sonucunda	Modelin Test Başarısını Artırma Oranı
	R <sup>2</sup>	0.513	0.673	%31
	NSE	0.236	0.428	%81
	MSE	2.074x10 <sup>8</sup>	1.55x10 <sup>8</sup>	%25

**Şekil 4.25** Yazır Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği

#### 4.5.2. Gödene mahallesi için BBY sonuçları

Gödene mahallesi için daha önce açıklandığı gibi YAK yöntemiyle 100 farklı nonlineer model üretilmiş ve üretilen en başarılı 10 model BBY’de kullanılmak üzere seçilmiştir (Tablo 4.23). BBY sonucunda her bir benzeşim modeli için kullanılan Band genişliklerinin aranmasında esas alınan üst ve alt sınır değerleri olan  $\mu^u$  ve  $\mu^l$  değerleri, bu değerler arasında yapılan aramada kullanılan aralık sayısı olan  $h$  değeri ve en başarılı sonucun elde edildiği Band genişliği değeri olan  $\mu^{best}$  değerleri Tablo 4.40’da verilmiştir. Tablo 4.40’da kullanılan bütün benzeşim modellerine ait BBY sonucunda elde edilen Test R<sup>2</sup> (BBY R<sup>2</sup>), Test NSE (BBY NSE) ve Test MSE (BBY MSE) değerleri gösterilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda BBY ile elde edilen sonuç değerlerinin sadece YAK yöntemiyle elde edilen en iyi modelden daha başarılı olması yeterli

görülmemiş bunun yanında BBY yönteminde kullanılan 10 adet modelin grup başarısından da daha iyi olma şartı aranmıştır.

YAK yöntemiyle elde edilen modellerin içerisinde Test  $R^2$  değeri en yüksek 0.393 olarak, Test NSE değeri en yüksek 0.122 olarak ve Test MSE değeri ise en düşük  $1.72 \times 10^7$  olarak elde edilmiştir. Tablo 4.40'da hücreleri dolgu renkli olan çözümlerde BBY sonucunda YAK yönteminin grup başarısının (10 adet modelin içerisindeki en başarılı sonuçların) üzerine çıkıldığı görülmektedir. Gödene mahallesi BBY sonuçlarında BM4'ün diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar ürettiği ve en başarılı sonucun BM4'e ait 4 aylık değişim hızına göre elde edildiği görülmektedir. BBY yönteminde çalışmanın başarılı olmasının ön şartı analiz sonucunun hem en iyi modele hem de modellerin grup başarılarına göre daha iyi olmasıdır. BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm olan BM4'e ait 4 aylık değişim hızı sonuçlarının model başarısını ne kadar arttırdığı Tablo 4.41'de en başarılı modele ve modellerin grup başarılarına göre gösterilmiştir. BBY yöntemi yardımıyla modelin Test $R^2$  değeri %1 oranında artarken TestNSE değeri %163 oranında artmış ve TestMSE değeri ise %23 oranında azalmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak gerek model başarısının gerekse de BBY başarısının özellikle NSE kapsamında düşük kalması sonuçların anlamlılığı bakımında olumsuz bir durum oluşturuyor olsa da BBY yönteminin yine de model başarısını ciddi bir şekilde arttırmış olduğu da bir gerçektir. Diğer taraftan en yüksek başarının 4 aylık değişim hızında elde edilmesi de bu mahalle özelinde ilgili fenomenin hatırlama kapasitesinin daha küçük olduğunu göstermektedir.

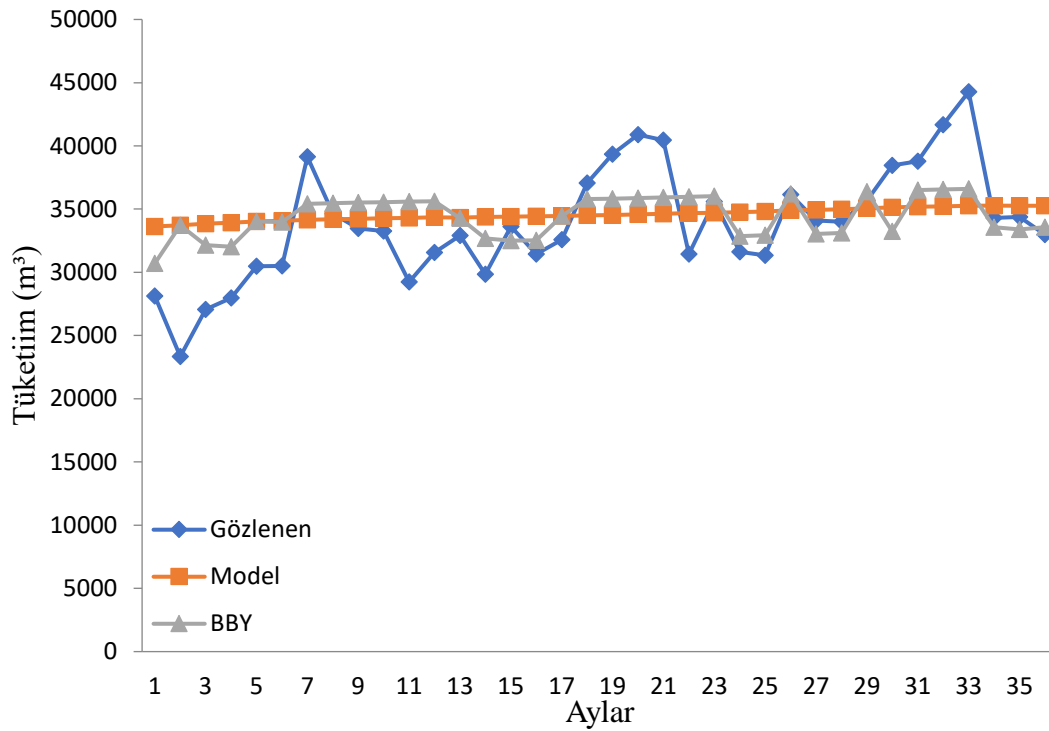
BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm için test bireylerinin zaman serisi grafiği Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Şekil 4.26 incelendiğinde en başarılı modele göre sonuçların önemli derecede iyileştiği görülebilmektedir.

Tablo 4.40 Gödene Mahallesi İçin YAK Modelleri İle Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BM1</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=2000$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,446	0,446	0,446	0,450	0,446	0,446	0,438	0,457	0,399	0,453	0,393	0,430
	BBY NSE	-0,041	-0,041	-0,041	0,235	-0,041	-0,041	0,104	0,144	0,184	0,233	0,100	0,237
	BBY MSE	20382551	20382551	20382551	14987654	20382551	20382551	17551416	16765079	15983187	15017939	17622975	14944728
	$\mu^{best}$	320	620	900	660	1440	1760	100	120	40	100	1140	100
<b>BM2</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=20$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,390	0,434	0,393	0,447	0,397	0,434	0,401	0,474	0,469	0,393	0,409	0,448
	BBY NSE	-0,064	0,150	0,100	0,157	0,107	0,144	0,168	0,263	0,206	0,100	0,218	0,280
	BBY MSE	20836246	16640007	17622975	16505911	17488879	16757072	16289513	14432836	15547615	17622975	15306775	14101635
	$\mu^{best}$	20	1,4	2,8	2	2,4	0,6	2,2	1,4	2,4	4,2	1,2	1,6
<b>BM3</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=100$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438	0,438
	BBY NSE	0,324	0,324	0,324	0,324	0,270	0,270	0,270	0,270	0,324	0,324	0,324	0,324
	BBY MSE	13242877	13242877	13242877	13242877	14286590	14286590	14286590	14286590	13242877	13242877	13242877	13242877
	$\mu^{best}$	20	19	17	16	15	14	13	12	11	10	10	9
<b>BM4</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=100$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,402	0,526	0,393	0,396	0,393	0,393	0,393	0,393	0,393	0,393	0,393	0,393
	BBY NSE	0,106	0,131	0,100	0,321	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	BBY MSE	17503354	17016549	17622975	13288063	17622975	17622975	17622975	17622975	17622975	17622975	17622975	17622975
	$\mu^{best}$	4	10	9	93	14	3	6	18	18	9	13	13
<b>BM4</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=50$ Aralık=100	BBY R <sup>2</sup>	0,402	0,526	0,393	0,404	0,393	0,393	0,393	0,393	0,393	0,441	0,418	0,441
	BBY NSE	0,106	0,131	0,100	0,313	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-0,025	-0,003	-0,025
	BBY MSE	17503354	17016549	17622975	13444899	17622975	17622975	17622975	17622975	17622975	20065924	19639355	20065924
	$\mu^{best}$	4,5	5	3	37,5	2,5	0,5	0,5	2	2	50	40,5	50

**Tablo 4.41** Gödene Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi

Modellerin Grup Başarısına Göre	YAK Sonucunda		BBY Sonucunda	Modelin Test Başarısını Artırma Oranı
	R <sup>2</sup>	0,393	0,396	%1
En İyi Modele Göre	NSE	0,122	0,321	%163
	MSE	1,72 x10 <sup>7</sup>	1,33 x10 <sup>7</sup>	%23
	R <sup>2</sup>	0,393	0,396	%1
En İyi Modele Göre	NSE	0,100	0,321	%221
	MSE	1,76 x10 <sup>7</sup>	1,33 x10 <sup>7</sup>	%25

**Şekil 4.26** Gödene Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği

### 4.5.3. Lalebahçe mahallesi için BBY sonuçları

Lalebahçe mahallesi için daha önce açıklandığı gibi YAK yöntemiyle 100 farklı non-linear model üretilmiş ve üretilen en başarılı 10 model BBY’de kullanılmak üzere seçilmiştir (Tablo 4.26). BBY sonucunda her bir benzeşim modeli için kullanılan Band genişliklerinin aranmasında esas alınan üst ve alt sınır değerleri olan  $\mu^u$  ve  $\mu^l$  değerleri, bu değerler arasında yapılan aramada kullanılan aralık sayısı olan  $h$  değeri ve en başarılı sonucun elde edildiği Band genişliği değeri olan  $\mu^{best}$  değerleri Tablo 4.42’ de verilmiştir. Tablo 4.42’de kullanılan bütün benzeşim modellerine ait BBY sonucunda elde edilen Test R<sup>2</sup> (BBY R<sup>2</sup>), Test NSE (BBY NSE) ve Test MSE (BBY MSE) değerleri gösterilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda BBY ile elde edilen sonuç değerlerinin

sadece YAK yöntemiyle elde edilen en iyi modelden daha başarılı olması yeterli görülmemiş bunun yanında BBY yönteminde kullanılan 10 adet modelin grup başarısından da daha iyi olma şartı aranmıştır.

YAK yöntemiyle elde edilen modellerin içerisinde Test  $R^2$  değeri en yüksek 0.755 olarak, Test NSE değeri en yüksek 0.664 olarak ve Test MSE değeri ise en düşük 0.021349 olarak elde edilmiştir. Tablo 4.42’de hücreleri dolgu renkli olan çözümlerde BBY sonucunda YAK yönteminin grup başarısının (10 adet modelin içerisindeki en başarılı sonuçların) üzerine çıktığı görülmektedir. Lalebahçe mahallesi BBY sonuçlarında BM3’ün diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar ürettiği ve en başarılı sonucun BM3’e ait 2 aylık değişim hızına göre elde edildiği görülmektedir. BBY yönteminde çalışmanın başarılı olmasının ön şartı analiz sonucunun hem en iyi modele hem de modellerin grup başarılarına göre daha iyi olmasıdır. BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm olan BM3’e ait 2 aylık değişim hızı sonuçlarının model başarısını ne kadar arttırdığı Tablo 4.43’te gösterilmiştir. Modellerin grup başarılarına göre BBY yöntemi yardımıyla modelin Test $R^2$  değeri %9 oranında artarken TestNSE değeri %14 oranında artmış ve TestMSE değeri ise %28 oranında azalmıştır. Diğer taraftan en yüksek başarının 2 aylık değişim hızında elde edilmesi de bu mahalle özelinde ilgili fenomenin hatırlama kapasitesinin daha küçük olduğunu göstermektedir.

BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm için test bireylerinin zaman serisi grafiği Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Şekil 4.27 incelendiğinde en başarılı modele göre sonuçların önemli derecede iyileştiği görülebilmektedir.

#### 4.5.4. Saraçoğlu mahallesi için BBY sonuçları

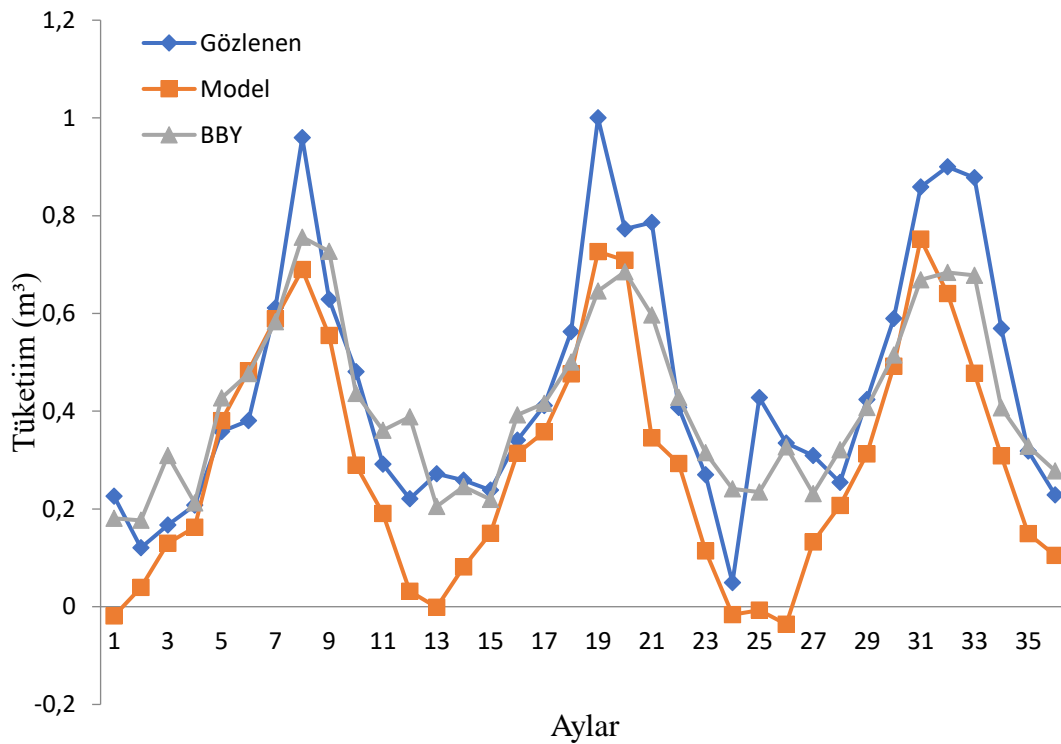
Saraçoğlu mahallesi için daha önce açıklandığı gibi YAK yöntemiyle 100 farklı nonlineer model üretilmiş ve üretilen en başarılı 10 model BBY’de kullanılmak üzere seçilmiştir. BBY sonucunda her bir benzeşim modeli için kullanılan Band genişliklerinin aranmasında esas alınan üst ve alt sınır değerleri olan  $\mu^u$  ve  $\mu^l$  değerleri, bu değerler arasında yapılan aramada kullanılan aralık sayısı olan  $h$  değeri ve en başarılı sonucun elde edildiği Band genişliği değeri olan  $\mu^{best}$  değerleri Tablo 4.44’de verilmiştir. Tablo 4.44’de kullanılan bütün benzeşim modellerine ait BBY sonucunda elde edilen Test  $R^2$  (BBY  $R^2$ ), Test NSE (BBY NSE) ve Test MSE (BBY MSE) değerleri gösterilmektedir.

**Tablo 4.42** Lalebahçe Mahallesi İçin YAK Modelleri İle Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BM1</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=2$ <b>Aralık=100</b>	BBY R <sup>2</sup>	0,760	0,761	0,774	0,812	0,777	0,766	0,798	0,767	0,755	0,779	0,778	0,756
	BBY NSE	0,355	0,389	0,438	0,583	0,434	0,445	0,443	0,651	0,381	0,427	0,383	0,381
	BBY MSE	0,040959	0,03878	0,035681	0,026487	0,035904	0,035235	0,035377	0,022131	0,03927	0,036351	0,039145	0,039314
	$\mu^{best}$	0,04	0,06	0,04	0,14	0,06	0,06	0,1	0,4	0,02	0,02	0,04	0,02
<b>BM2</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=20$ <b>Aralık=100</b>	BBY R <sup>2</sup>	0,781	0,831	0,755	0,852	0,767	0,758	0,755	0,759	0,768	0,755	0,774	0,755
	BBY NSE	0,437	0,506	0,381	0,668	0,495	0,509	0,381	0,372	0,344	0,381	0,377	0,381
	BBY MSE	0,035745	0,031365	0,03927	0,021099	0,032039	0,031172	0,03927	0,039839	0,041657	0,03927	0,039531	0,03927
	$\mu^{best}$	10	10,8	6,2	19,4	12,8	18,6	5,2	10,2	9,8	1,2	7	1,4
<b>BM3</b> $\mu^l=0$ $\mu^u=1$ <b>Aralık=100</b>	BBY R <sup>2</sup>	0,790	0,826	0,793	0,789	0,828	0,824	0,801	0,754	0,748	0,744	0,747	0,744
	BBY NSE	0,632	0,759	0,651	0,657	0,731	0,750	0,692	0,676	0,617	0,616	0,617	0,616
	BBY MSE	0,023343	0,01531	0,022169	0,0218	0,017047	0,015849	0,019535	0,020551	0,024291	0,024389	0,024327	0,024389
	$\mu^{best}$	0,41	0,19	0,25	0,16	0,09	0,07	0,07	0,06	0,1	1	0,06	1

**Tablo 4.43** Lalebahçe Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi

		YAK Sonucunda	BBY Sonucunda	Modelin Test Başarısını Artırma Oranı
Modellerin Grup Başarısına Göre	R <sup>2</sup>	0,755	0,826	%9
	NSE	0,664	0,759	%14
	MSE	0,021	0,015	%28
En İyi Modele Göre	R <sup>2</sup>	0,755	0,826	%9
	NSE	0,381	0,759	%99
	MSE	0,039	0,015	%62

**Şekil 4.27** Lalebahçe Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği

Yapılan çalışmalar sonucunda BBY ile elde edilen sonuç değerlerinin sadece YAK yöntemiyle elde edilen en iyi modelden daha başarılı olması yeterli görülmemiş bunun yanında BBY yönteminde kullanılan 10 adet modelin grup başarısından da daha iyi olma şartı aranmıştır.

YAK yöntemiyle elde edilen modellerin içerisinde Test R<sup>2</sup> değeri en yüksek 0.766 olarak, Test NSE değeri en yüksek 0.725 olarak ve Test MSE değeri ise en düşük 0.013091 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.29). Tablo 4.44’de hücreleri dolgu renkli olan çözümlerde BBY sonucunda YAK yönteminin grup başarısının (10 adet modelin içerisindeki en başarılı sonuçların) üzerine çıktığı görülmektedir. Saraçoğlu mahallesi BBY sonuçlarında BM3’ün diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar ürettiği ve en



başarılı sonucun BM3'e ait 9 aylık değişim hızına göre elde edildiği görülmektedir. BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm olan BM3'e ait 9 aylık değişim hızı sonuçlarının model başarısını ne kadar arttırdığı Tablo 4.45'de gösterilmiştir. Modellerin grup başarılarına göre BBY yöntemi yardımıyla modelin TestR<sup>2</sup> değeri %3 oranında artarken TestNSE değeri %3 oranında artmış ve TestMSE değeri ise %8 oranında azalmıştır.

BBY sonucunda elde edilen en başarılı çözüm için test bireylerinin zaman serisi grafiği Şekil 4.28'te gösterilmiştir. Şekil 4.28 incelendiğinde en başarılı modele göre sonuçların önemli derecede iyileştiği görülebilmektedir.

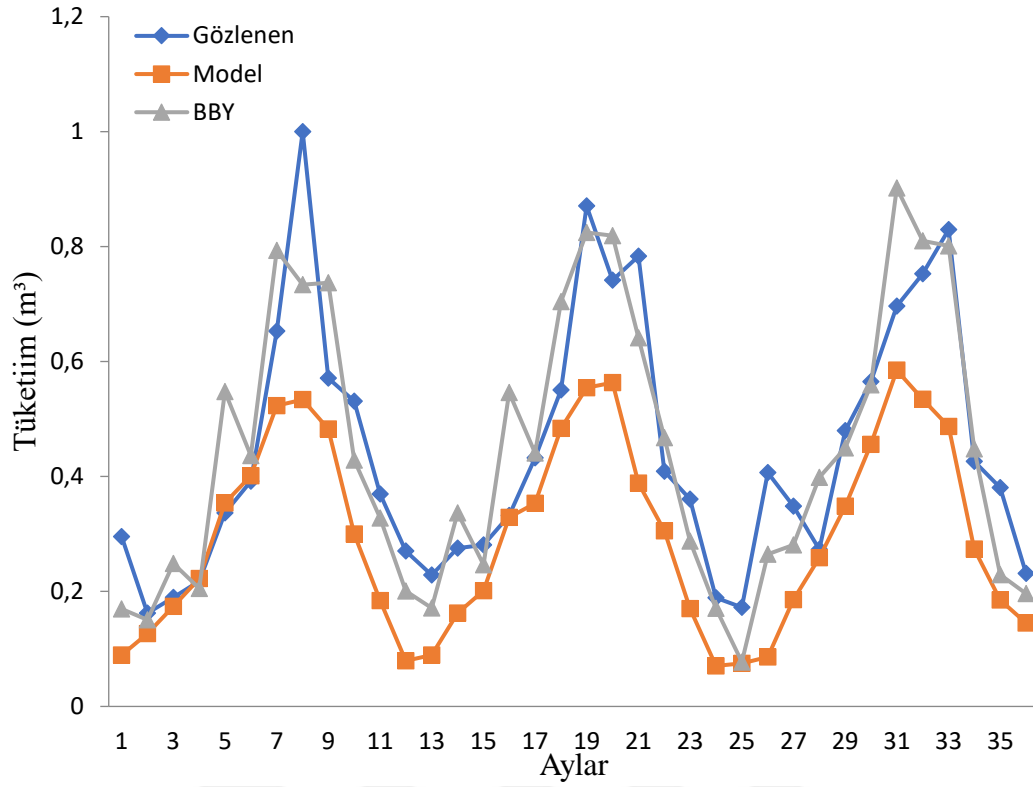


**Tablo 4.44** Saraçoğlu Mahallesi İçin YAK Modelleri İle Gerçekleştirilmiş BBY Sonuçları

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BM1</b> $\mu^1=0$ $\mu^u=2$ <b>Aralık=100</b>	BBY R <sup>2</sup>	0,743	0,779	0,820	0,822	0,838	0,758	0,797	0,838	0,859	0,768	0,798	0,787
	BBY NSE	0,286	0,484	0,488	0,647	0,635	0,436	0,597	0,502	0,570	0,309	0,401	0,519
	BBY MSE	0,033991	0,024579	0,024356	0,016831	0,017399	0,026859	0,019198	0,023705	0,020453	0,032903	0,028516	0,022894
	$\mu^{best}$	2	0,22	0,3	0,3	0,2	1,06	0,14	0,16	0,56	0,06	0,04	0,06
<b>BM2</b> $\mu^1=0$ $\mu^u=20$ <b>Aralık=100</b>	BBY R <sup>2</sup>	0,809	0,743	0,773	0,748	0,744	0,743	0,750	0,753	0,754	0,781	0,780	0,784
	BBY NSE	0,499	0,286	0,444	0,302	0,239	0,286	0,304	0,277	0,281	0,348	0,430	0,459
	BBY MSE	0,023873	0,033991	0,026481	0,033253	0,036235	0,033991	0,033164	0,03443	0,034215	0,031029	0,027122	0,025762
	$\mu^{best}$	19,4	2,6	13,2	14,8	14,4	6,8	8	9,2	4	11	8,2	8,6
<b>BM3</b> $\mu^1=0$ $\mu^u=1$ <b>Aralık=500</b>	BBY R <sup>2</sup>	0,805	0,840	0,783	0,789	0,766	0,766	0,766	0,775	0,787	0,799	0,795	0,766
	BBY NSE	0,422	0,644	0,695	0,483	0,725	0,725	0,725	0,342	0,745	0,729	0,675	0,725
	BBY MSE	0,027527	0,016944	0,014519	0,024599	0,013091	0,013091	0,013091	0,03132	0,012165	0,012922	0,015467	0,013091
	$\mu^{best}$	0,062	0,086	0,3	0,156	1	1	1	0,008	0,086	0,032	0,014	1

**Tablo 4.45** Saraçoğlu Mahallesi BBY sonucu model başarısının değişimi

		YAK Sonucunda	BBY Sonucunda	Modelin Test Başarısını Artırma Oranı
Modellerin Grup Başarısına Göre	R <sup>2</sup>	0,766	0,787	%3
	NSE	0,725	0,745	%3
	MSE	0,013	0,012	%8
En İyi Modele Göre	R <sup>2</sup>	0,743	0,787	%6
	NSE	0,286	0,745	%160
	MSE	0,034	0,012	%65



Şekil 4.28 Saraçoğlu Mahallesi BBY sonucu test bireylerinin zaman serisi grafiği

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Mevcut çalışmada Konya iline ait farklı karakterlere sahip 4 ayrı mahalle üzerinde su tüketimi nonlinear olarak modellenmiş, su tüketiminin trendleri araştırılmış ve son olarak su tüketimi fenomeni içerisinde zamansal bir etkileşimin olup olmadığı incelenmiştir.

Öncelikli olarak su tüketimi üzerinde etkili olan parametreler incelendiğinde yapılaşma tarzının bu konuda ana etken olduğu görülmüştür. Yapılan faktör analizi sonuçlarına göre Yazır ve Gödene mahalleleri gibi diğer iki mahalleye kıyasla daha yoğun ve yüksek katlı yerleşim merkezlerinde ana faktörler ağırlıklı olarak nüfus ve kişi başı gelir gibi demografik ve sosyoekonomik seviyeyi belirleyici parametreler olurken; daha seyrek ve az katlı yapılaşmanın olduğu ve bahçe kullanımının yoğunlukta olduğu Saraçoğlu ve Lalebahçe mahallelerinde su tüketimine etki eden ana parametreler aktüel basınç, sıcaklık ve su buharı basıncı gibi meteorolojik parametreler olmuştur.

Diğer taraftan yapılan trend analizi çalışmaları sonucunda Yazır ve Gödene mahallelerinde yüksek bir artan trend görülmekte iken; Lalebahçe ve Saraçoğlu mahallelerinde ise artan trend görülmektedir. Faktör analizi sonuçlarına paralel olarak bu aşamada da özellikle yapılaşma tarzı bakımından birbirinden farklı olan mahalleler birbirinden ayrılmıştır.

Benzer şekilde yapılaşma tarzı optimizasyon algoritmalarının ürettiği modellerde modellerin başarısı bakımından da kendisini göstermiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda özellikle YAK yöntemiyle elde edilen modellerde Saraçoğlu ve Lalebahçe mahalleleri için üretilen modellerin performans kriterleri, Yazır ve Gödene mahalleleri için elde edilen modellerin performans kriterlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Dolayısıyla özellikle meteorolojik parametrelerin etkili olduğu, düşük katlı ve bahçe kullanımının yaygın olduğu mahallelerde modellerin daha başarılı olduğu görülmüştür. Bahsedilen sebeplerden dolayı mevcut çalışmanın ilk önemli çıktısı yapılaşma tarzının su tüketimi üzerinde belirgin bir etkisinin olduğu yönünde oluşmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ikinci bulgu kullanılan optimizasyon algoritmaları içerisinde PSO yönteminin YAK yöntemine kıyasla belirgin bir şekilde başarısız olduğudur. Özellikle yakınsama grafikleri incelendiğinde PSO yönteminin ilk ürettiği başlangıç noktalarını iyileştirememiş olduğu belirgin bir şekilde gözükmemektedir.

Yapılan çalışmanın önemli çıktılarından bir diğeri de üzerinde çalışılan mahallelerde zamansal etkileşim mekanizmalarının var olduğunun ortaya çıkartılması olmuştur. Özellikle Yazır ve Gödene mahallelerinde BBY, YAK yöntemiyle elde edilen sonuçları belirgin bir şekilde arttırmıştır. Diğer taraftan Lalebahçe ve Saraçoğlu mahallelerinde de BBY'nin algoritma başarılarını az da olsa bir miktar arttırmış olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle Yazır ve Gödene mahallelerinde BBY, YAK yöntemiyle elde edilen NSE değerlerini neredeyse iki katına çıkartmıştır. Yani özellikle bu iki mahallede zamansal etkileşim kendisini kuvvetli bir şekilde göstermiştir. Bu kapsamda bu iki mahallenin hafıza özellikleri incelendiğinde Yazır mahallesi için BBY en başarılı sonucu 12 aylık değişime göre elde ederken Gödene mahallesinin 4 aylık değişime göre elde ettiği görülmektedir. Dolayısıyla iki mahalle arasında hafıza uzunluğunun belirgin bir şekilde ayrıştığı görülmektedir.

Burada bahsedilen farklılaşmanın altında yatan sebebin bu iki mahalle arasındaki demografik farklılaşma olduğu; Gödene mahallesine kıyasla çok daha büyük olan Yazır mahallesinin daha büyük bir hafızaya sahip olduğu ve daha eski dönemlerdeki değişimleri hatırlayabildiği ve bu kapsamda özellikle demografik özelliklerin su tüketim fenomenindeki hafıza özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir.

## 5.2 Öneriler

Mevcut çalışmada tercih edilen mahalleler arasındaki farklılıkları niteleyecek sayısal değerler mevcut olmayıp bu mahalleler arasındaki farklılıklar bilimsel gözlemlere dayanmaktadır. Bu açıdan bakılacak olursa özellikle sayısal değerler kullanılarak aralarındaki farklılıkların ifade edilebileceği çalışma alanları üzerinde yapılacak çalışmanın daha kuvvetli deliller ortaya koyacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan mevcut çalışmada metasezgisel optimizasyon algoritmalarından bilindik iki yöntem olan YAK ve PSO yöntemleri tercih edilmiştir. Bu algoritmaların yapısı gereği farklı yöntemlerin farklı problemlerde her zaman için daha başarılı sonuç üretme olasılığı vardır. Dolayısıyla farklı yöntemlerin denenmesi ile bilimsel açıdan daha kapsamlı bir çalışma yürütülebilir.

Bu sayılanlara ilave olarak BBY, fenomenlerin içerisindeki zamansal etkileşim mekanizmalarının ortaya çıkartılmasında kullanılan ve yeni ortaya atılmış bir yöntemdir. Farklı fenomenlerde de BBY'nin uygulanmasıyla önemli bulguların elde edilebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adelodun, B., Odey, G., Cho, H., Lee, S., Adeyemi, K.A. and Choi, K.S., 2022, Spatial-Temporal Variability of Climate Indices in Chungcheong Provinces of Korea: Application of Graphical Innovative Methods for Trend Analysis, *Atmospheric Research*, 280(4):106420.
- Arslan, O., 2019, Kapadokya Bölgesi'nin Yaz Ayları Buharlaştırma Verileri İçin Trend Analizi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 8, Sayı 2, s. 948-953.
- Avşaroğlu, Y., 2019, Dicle Havzası Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.
- Akay, B., 2009, Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony) Algoritmasının Performans Analizi, Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Akyüz, D. E., 2016, İstanbul'daki İklim Değişikliğinin Katını İçin Hidrometeorolojik Veriler ile Eğilim Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Bouizrou, I., Aqnouy, M. and Bouadila, A., 2022, Spatio-Temporal Analysis Of Trends And Variability İn Precipitation Across Morocco: Comparative Analysis Of Recent And Old Non-Parametric Methods, *Journal of African Earth Sciences*, 196(1):104691.
- Büyükyıldız, M. ve Berktaş, A., 2004, Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 19, Sayı 2, s. 23-38.
- Ebad, O.Z., 2020, Şehirsel Su Sarfiyatına Etki Eden Değişkenlerin Konya İline Ait Bazı Mahalleler Üzerinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya.
- Ecer, R., 2009, İklim Değişikliği ve GAP Bölgesindeki Su Kaynaklarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.
- Erkol, H.O., 2017, GA ve PSO ile Kontrol Parametrelerinin Optimizasyonu, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, s. 179-185.
- Göncü, S., Albek, E.A. ve Albek, M., 2017, Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri Su Seviyelerinin Nonparametrik İstatistik Yöntemler ile Eğilim Analizi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 17, Sayı 2, s. 555-570.

- Güçlü, S.Y., 2020, Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann- Kendall test and ITA, *Journal of Hydrology*, Cilt 584:124674.
- Gümüş, V. Ve Yenigün, K., 2006, Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi, *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, İstanbul.
- Güney, H. M., 2020, Hibrit Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması ile Hidrolojik Model Kalibrasyonu, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Grespan, A., Garcia, J., Brikalski, M.P., Henning, E. and Kalbusch, A., 2022, Assessment of Water Consumption in Households Using Statistical Analysis and Regression Trees, *Sustainable Cities and Society*, Cilt 87:104186.
- Karaman, S. ve Gökalp, Z., 2010, Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, s. 59-66.
- Khalaf, K. 2007. Faktör Analizi ve Bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Kendall, M.G., 1975, Rank correlation methods, *Charles Griffin*: London, UK.
- Kennedy, J. and Eberhart, R., 1995, Particle Swarm Optimizastion, *Proc. IEEE International Conference on Neural Networks IV*, 1942-1948.
- Kim, S.H, Choi, S.H., Koo, J.Y., Choi, S.I. and Hyun, I.H., 2007, Trend analysis of domestic water consumption depending upon social, cultural, economic parameters, *Water Supply*, Cilt 7, Sayı 5-6, s. 61-68.
- Mann, H., 1945, Nonparametric tests against trend, *Econometrica* 13(3): 245-259.
- Nyabwanga, R.N., Otumba, E.O., Onyango, F. and Otieno, S., 2015, Statistical Trend Analysis of Residential Water Demand in Kisumu City, Kenya, *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, Cilt 4, Sayı 3, s. 112-117.
- Ortakçı, Y., 2011, Parçacık Sürü Optimizasyonu Yöntemlerinin Uygulamalarla Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- Özdamar, K., 2004, Paket Programlar ile İtatistiksel Veri Analizi-2, 5. Baskı, *Kaan Kitapevi*, Eskişehir.
- Özsağlam, M.Y. ve Çunkuş, M., 2008, Optimizasyon Problemlerinin Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması, *Politeknik Dergisi*, Cilt 11, Sayı 4, s. 299-305.

- Rahman, M. A., Yunsheng, L. and Sultana, N., 2016, Analysis and Prediction of Rainfall Trends Over Bangladesh Using Mann Kendall, Spearman's Rho Test and ARIMA Model, *Meteorology and Atmospheric Physics*, Cilt 129, Sayı 4, s. 409-424.
- Robinson, J. And Rahmat-Samii, Y., 2004, Particle swarm optimization in electromagnetics, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 52(2), 397-407.
- Shahfahad, Naikoo, M., W., Talukdar, S., Das, T. and Rahman, A., 2022, Identification of Homogenous Rainfall Regions with Trend Analysis Using Fuzzy Logic and Clustering Approach Coupled with Advanced Trend Analysis Techniques in Mumbai City, *Urban Climate*, 46 (6): 101306.
- Sen, P.K., 1968, Estimates of regression coefficient based on kendall's tau, *Journal of the american statistical association*, 63: 1379-1389.
- Soydan, N. G., Gümüş, V., Şimşek, O., Gerger, R. ve Ağun, B., 2016, Seyhan Havzası Aylık Ortalama Akım ve Yağış Verilerinin Trend Analizi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, Cilt 7, Sayı 2, s. 319-327.
- Sun, J., Wang, X., Shahid, S., Yin, Y. and Li, E., 2022, Spatiotemporal Changes in Water Consumption Structure of the Yellow River Basin, China, *Physics and Chemistry of the Earth*, 46 (6): 101306.
- Tokgöz, S., 2020, Karadeniz Bölgesinde Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi ile Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Samsun.
- Topçu, F., 2017, Orta Akdeniz Bölgesi Akarsuları İçin Optimum Hazne Kapasitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Isparta.
- Valle, Y.D., Vanayagamoorthy, G.K., Mohagheghi, S., Hernandez, J.C. and Harley, R.G., 2008, Particle swarm optimization: basic concepts, variants and applications in power system, *IEEE Transactions on Evolutionary Computations*, 12(2), 171-195.
- Yılmaz, V., 2009, Türkiye Akarsu Su Kalitesi Parametrelerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Yılmaz, V., 2015, Su Dağıtım Şebekelerinin Meta-sezgisel Yöntemlerle Optimizasyonu, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Yılmaz, V., 2022, The use of band similarity in urban water demand forecasting as a new method, *Water Supply*, 22 (1): 1004–1019.



- Yılmaz, M., 2019, Türkiye Akarsu Havzalarındaki Yıllık Anlık Maksimum Akımların Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Wu, S., Zhao, W., Yao, J., Jin, J., Zhang, M. and Jiang, G., 2022, Precipitation Variations in The Tai Lake Basin from 1971 to 2018 Based on Innovative Trend Analysis, *Ecological Indicators*, 139 (10): 108868.

