

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI VE YAPAY SİNİR AĞLARI
KULLANILARAK HANE GÜÇ TÜKETİMİ TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜLİN SERT İRİ

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. EMRE DANDIL

BİLECİK, 2022

10451884

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI VE YAPAY SİNİR AĞLARI
KULLANILARAK HANE GÜÇ TÜKETİMİ TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜLİN SERT İRİ

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. EMRE DANDIL

BİLECİK, 2022

10451884

BİLECİK SEYH EDEBALI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCES
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

**PREDICTION OF HOUSEHOLD POWER CONSUMPTION USING
GRASSHOPPER OPTIMIZATION ALGORITHM AND ARTIFICIAL NEURAL
NETWORKS**

MASTER'S THESIS

TÜLİN SERT İRİ

THESIS ADVISOR
ASSOC. PROF. DR. EMRE DANDIL

BİLECİK, 2022

10451884

BEYAN

“Çekirge Optimizasyon Algoritması ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Hane Güç Tüketimi Tahmini ” adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR		☐	DESTEK ALINMAMIŞTIR
☒		☐	☒
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/.....	

Tülin SERT İRİ

...../...../2022

İmza

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yazılmasında, çalışmamı sahiplenerek takip eden danışmanım Sayın Doç. Dr. Emre DANDIL' a değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak bu günlere ulaşmamda üzerimdeki haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim aileme, hayatımın her aşamasında yanımda olan desteğini, sevgisini hiçbir zaman eksik ettirmeyen eşim Kemal İRİ' ye ve yüzündeki gülümsemesiyle tüm yorgunluğumu üzerimden alan sevgili oğlum Ali İRİ' ye teşekkür ederim.

Bunun yanında, tez kapsamında yararlanılan UCI makine öğrenmesi deposunda yayınlanan kişisel hane elektrik güç tüketimi verisetini hazırlayan ve paylaşan ekibe teşekkürlerimi sunuyorum.

Tülin SERT İRİ

22/03/2022

ÖZET

ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI VE YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK HANE GÜÇ TÜKETİMİ TAHMİNİ

Hibrit zeki sistemler farklı yapay zeka yöntem veya tekniklerinin birleştirilmesi ile ortaya çıkan zeki teknolojilerdir. Bu sistemlerde genellikle yapay sinir ağları (YSA), bulanık mantık ve evrimsel algoritmaların birlikte kullanımı uygulanmaktadır ve deneysel analizlerde bu sistemler ile daha başarılı sonuçlar elde etmek mümkün olmaktadır. Özellikle sürü-tabanlı optimizasyon algoritmalarının YSA ile entegre edilmesi ile sınıflandırma, tahmin, eğri kestirimi gibi birçok problem kolaylıkla çözülebilmektedir. Çekirge optimizasyon algoritması (ÇOA)' da YSA ile birleştirilerek oluşturulan son yıllarda yaygın olarak kullanılan başat meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarından birisidir. Bu çalışmada, ÇOA ile YSA tabanlı bir hibrit zeki sistem (ÇOA-YSA) önerilmektedir. Çalışmada çok katmanlı ileri yönlü bir YSA mimarisi ÇOA ile eğitilerek, ağın en uygun ağırlıkları belirlenmiştir. Geliştirilen ÇOA-YSA hibrit zeki sistemi ile öncelikle doğrusal olmayan özel veya (XOR) problemi çözülmüş, daha sonra açık bir veriseti üzerinde hane için elektrik güç tüketimi tahmin edilmiştir. Hane için güç tüketiminin tahmininde yürütülen deneysel çalışmalarda, tez çalışmasında önerilen ÇOA-YSA hibrit zeki sistemi ile hesaplanan RMSE, MAPE ve R^2 hata ölçüm sonuçları, Parçacık Sürü Optimizasyonu tabanlı YSA (PSO-YSA) ve Geriye Yayılım Algoritması tabanlı YSA (GYA-YSA) hibrit zeki sistemleri ile ulaşılan RMSE, MAPE ve R^2 hata ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. ÇOA-YSA sisteminde, 2007 Haziran ayı için hane güç tüketimi tahmininde ortalama RMSE, MAPE ve R^2 hata ölçütleri sırası ile 2.7712, 0.9447, 0.8345 olarak hesaplanmıştır. Yine ÇOA-YSA hibrit zeki sistemi kullanılarak hane güç tüketimi tahmininde, 2008 Mayıs ayı için ortalama RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri sırası ile 2.0856, 1.1418, 0.9248 olarak; 2009 Haziran ayı için ortalama RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri sırası ile 3.705, 1.5597, 0.9249 olarak; 2010 Ocak ayı için ortalama RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri sırası ile 3.1996, 1.6493, 0.8782 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada yürütülen deneysel analizlerdeki bulgular, tez çalışmasında önerilen ÇOA-YSA hibrit zeki sisteminin başarımlı performansının RMSE ve MAPE hata ölçüm kriterleri için PSO-YSA ile GYA-YSA yöntemlerine göre yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Hibrit Zeki Sistem, Optimizasyon, Çekirge Optimizasyon Algoritması, Yapay Sinir Ağları, XOR, Hane Güç Tüketimi

ABSTRACT

PREDICTION OF HOUSEHOLD POWER CONSUMPTION USING GRASSHOPPER OPTIMIZATION ALGORITHM AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Hybrid intelligent systems are technologies that are created by combining different artificial intelligence methods or techniques. In these systems, artificial neural networks (ANN), fuzzy logic and evolutionary algorithms are generally used together, and it is possible to obtain more successful results with these systems in experimental analysis. Especially by integrating swarm-based optimization algorithms with ANN, many problems such as classification, estimation, and curve estimation can be easily solved. Grasshopper optimization algorithm (GOA) is one of the dominant meta-heuristic optimization algorithms that have been widely used in recent years, which is created by combining with ANN. In this study, a hybrid intelligent system (GOA-ANN) based on GOA and ANN is proposed. In the study, a multi-layer feed-forward ANN architecture is trained with GOA and the optimal weights of the network are determined. With the developed GOA-ANN hybrid intelligent system, firstly the non-linear XOR problem is solved, and then the electrical power consumption for the household is estimated on a publicly-available dataset. In the experimental studies conducted for the prediction of household power consumption, RMSE, MAPE and R^2 error measurement results calculated with the GOA-ANN hybrid intelligent system proposed in the thesis study, RMSE, MAPE and R^2 error measurement results of Particle Swarm Optimization based ANN (PSO-ANN) and Backpropagation Algorithm based ANN (BPA-ANN) hybrid intelligent systems are compared. In the GOA-ANN system, the average RMSE, MAPE and R^2 error criteria in the household power consumption estimation for June 2007 are calculated as 2.7712, 0.9447, 0.8345 respectively. In addition, in the house power consumption estimation using the GOA-ANN hybrid intelligent system, the average RMSE, MAPE and R^2 criteria for May 2008 are 2.0856, 1.1418, 0.9248 respectively. The average RMSE, MAPE and R^2 criteria for June 2009 are 3.705, 1.5597, 0.9249 respectively. Moreover, the average RMSE, MAPE and R^2 criteria for January 2010 are calculated as 3.1996, 1.6493 and 0.8782 respectively. The findings in the experimental analyzes carried out in the study show that the performance of the GOA-ANN hybrid intelligent system proposed in the thesis study is higher than the PSO-ANN and BPA-ANN methods for the RMSE and MAPE measurement criteria.

Keywords: Hybrid Intelligent System, Optimization, Grasshopper Optimization Algorithm, Artificial Neural Networks, XOR, House Power Consumption

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür özetleri.....	3
1.2. Tezin amacı ve organizasyonu	6
1.3. Araştırma sorusu ve hipotez	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	7
2.1. Veriseti	7
2.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)	13
2.3. Geriye Yayılım Algoritması	17
2.3.1. İleri hesaplama	18
2.3.2. Geriye Yayılım (Geri Hesaplama)	18
2.4. Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA)	19
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	25
4. SONUÇ VE TARTIŞMA	97
KAYNAKÇA	99

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. ÇOA ile yapılan bazı hibrit çalışma örnekleri.....	5
Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan verisetindeki özelliklerin detayları	7
Tablo 2.2. Verisetinde 16 Aralık 2006 tarihi için ölçülen bazı veriler	8
Tablo 2.3. Verisetinde 20 Mayıs 2007 tarihi için ölçülen bazı veriler	9
Tablo 2.4. Verisetinde 5 Ağustos 2008 tarihi için ölçülen bazı veriler	10
Tablo 2.5. Verisetinde 20 Eylül 2009 tarihi için ölçülen bazı veriler	11
Tablo 2.6. Verisetinde 10 Ocak 2010 tarihi için ölçülen bazı veriler.....	12
Tablo 2.7. 15 Mayıs 2010 tarihi için ölçülen bazı veriler.....	13
Tablo 2.8. Geriye yayılım algoritması.....	17
Tablo 2.9. Çekirge Optimizasyon Algoritmasının avantaj ve dezavantajları.....	20
Tablo 2.10. ÇOA' nın mekanizmasının sözde kodlarla ifade edilmesi	23
Tablo 3.1. ÇOA-YSA yöntemi ile 100 iterasyon sonucunda XOR probleme için elde edilen skorlar.....	26
Tablo 3.2. 2007 yılı 07 Ocak ve 12 Haziran için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar	31
Tablo 3.3. 2008 yılı belirlenen günler için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar	54
Tablo 3.4. 2009 yılı 10 Ocak ve 24 Haziran için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar	59
Tablo 3.5. 2010 yılı belirlenen günler için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar	78
Tablo 3.6. 2010 yılı belirlenen günlerde RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA için Alt Sayaç1, Alt Sayaç2 ve Alt Sayaç3 için deneysel sonuçlar.....	96

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli	14
Şekil 2.2. İleri yönlü bir YSA' nın matematiksel modeli	15
Şekil 2.3. İleri beslemeli bir YSA' nın yapısı, nöron, bias, ağırlık ve çıkış katmanı.....	16
Şekil 2.4. Çekirgeler ve konfor alanındaki etkileşimler.....	21
Şekil 3.1. 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	27
Şekil 3.2. 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	28
Şekil 3.3. 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	28
Şekil 3.4. 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	29
Şekil 3.5. 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	30
Şekil 3.6. 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	30
Şekil 3.7. 1 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	32
Şekil 3.8. 1 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	32
Şekil 3.9. 1 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	33
Şekil 3.10. 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	34
Şekil 3.11. 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	35
Şekil 3.12. 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	35
Şekil 3.13. 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	36
Şekil 3.14. 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	37
Şekil 3.15. 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	37
Şekil 3.16. 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	39
Şekil 3.17. 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	40
Şekil 3.18. 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması.....	41
Şekil 3.19. 15 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	42
Şekil 3.20. 15 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	43

Şekil 3.21. 15 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması.....	44
Şekil 3.22. 30 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	45
Şekil 3.23. 30 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	45
Şekil 3.24. 30 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması.....	46
Şekil 3.25. 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	47
Şekil 3.26. 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	48
Şekil 3.27. 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	49
Şekil 3.28. 15 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	50
Şekil 3.29. 15 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	50
Şekil 3.30. 15 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	51
Şekil 3.31. 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	52
Şekil 3.32. 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	52
Şekil 3.33. 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	53
Şekil 3.34. 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	55
Şekil 3.35. 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	56
Şekil 3.36. 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	56
Şekil 3.37. 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	57
Şekil 3.38. 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	58
Şekil 3.39. 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	58
Şekil 3.40. 1 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	60
Şekil 3.41. 1 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	60
Şekil 3.42. 1 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	61
Şekil 3.43. 15 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	62
Şekil 3.44. 15 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	62
Şekil 3.45. 15 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	63
Şekil 3.46. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	64

Şekil 3.47. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması.....	64
Şekil 3.48. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	65
Şekil 3.49. 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	66
Şekil 3.50. 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	66
Şekil 3.51. 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması.....	67
Şekil 3.52. 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	68
Şekil 3.53. 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	68
Şekil 3.54. 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması.....	69
Şekil 3.55. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması.....	70
Şekil 3.56. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	70
Şekil 3.57. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması.....	71
Şekil 3.58. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	72
Şekil 3.59. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	72
Şekil 3.60. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	73
Şekil 3.61. 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	74
Şekil 3.62. 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	74
Şekil 3.63. 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	75
Şekil 3.64. 30 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması	76
Şekil 3.65. 30 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması	76
Şekil 3.66. 30 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması	77
Şekil 3.67. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması	79
Şekil 3.68. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması	80
Şekil 3.69. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması	81

Şekil 3.70. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması	82
Şekil 3.71. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması	83
Şekil 3.72. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması	84
Şekil 3.73. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması	85
Şekil 3.74. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması	86
Şekil 3.75. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması	86
Şekil 3.76. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması	88
Şekil 3.77. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması	89
Şekil 3.78. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması	90
Şekil 3.79. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması	91
Şekil 3.80. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması	91
Şekil 3.81. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması	92
Şekil 3.82. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması	93
Şekil 3.83. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması	94
Şekil 3.84. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması	95

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

GOA	: Çekirge Optimizasyon Algoritması (Grasshopper Optimization Algorithm)
ÇOA	: Çekirge Optimizasyon Algoritması
ANN	: Artificial Neural Networks (Yapay Sinir Ağları)
YSA	: Yapay Sinir Ağı
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
YAK	: Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony)
GA	: Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)
EYA	: Emperyalist Yarışmacı Algoritmayı (Imperialist Competitor Algorithm)
GAG	: Global Aktif Güç
GRG	: Global Reaktif Güç
GYA	: Geriye Yayılım Algoritması (Back Propagation Algorithm-BPA)
G_i	: Yapay Sinir Ağına Giriş Değeri
A₁	: Yapay Sinir Ağına Giriş Değerinin Ağırlığı
NET	: Sinir hücresine gelen net bilgi
X_i	: i. çekirgenin pozisyonu
S_i	: Sosyal Etkileşim
G_i	: Yerçekimi kuvveti
A_i	: Rüzgar Akımı
d_{ij}	: i'nci ve j'nci çekirgeler arası mesafeyi
$\widehat{d}_{ij}$	: i'nci çekirgeden j'nci çekirgeye birim vektörü
S_i	: Sosyal etkileşim
S	: Sosyal kuvvet
g	: Yer çekimi sabiti
$\widehat{e}_g$	: Dünyanın merkezine doğru birim vektör
u	: Çekilme sabiti
$\widehat{e}_w$	: Rüzgar yönüne doğru birim vektör
ub_d	: D'nci boyutta alt sınır
lb_d	: D'nci boyutta üst sınır
$\widehat{T}_d$	: D'nci boyutta en iyi çözüm

I	: Mevcut iterasyon
L	: Maksimum iterasyon sayısı
MSE	: Ortalama Karesel Hata (mean squared error)
RMSE	: Ortalama Karesel Hataların Karekökü (Root mean squared error)
R^2	: Varyans
WI	: Wilmott İndeksi (Wilmott Index)
MAPE	: Ortalama mutlak yüzde hata (Mean Absolute Percentage Error)
MAE	: Ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error)
NSE	: Nash Sutcliffe verimliliği (Nash Sutcliffe efficiency)
PBIAS	: Yüzde Bias (Percent bias)
CA	: Kültürel Algoritma (Cultural algorithm)
CSO	: Kedi sürüsü optimizasyonu (Cat swarm optimization)
PSS	: Güç sistemi sabitleyicisi (Power system stabilizer)
ABC	: Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Artificial bee colony algorithm)
FOPID	: Kesir Dereceli Oransal-İntegral-Türev
ANN	: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network)
B_i	: Yapay Sinir ağı ağırlıkları
$f(x)$	: Aktivasyon İşlevi Fonksiyonu
B_{mn}	: İlgili nöronun bağlantı ağırlığı değerleri
N_i	: Yapay sinir ağı düğümleri
IGOA	: Geliştirilmiş çekirge optimizasyonu algoritması (Improved grasshopper optimization algorithm)
ANFIS	: Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)

1. GİRİŞ

Birden fazla zeki hesaplama yönteminin birlikte kullanımı ile oluşturulan hibrit zeki sistemler, geleneksel hesaplama yöntemlerine göre daha esnektir ve önemli avantajlara sahiptir. Hibrit zeki sistemler genel olarak bulanık mantık, sezgisel optimizasyon algoritmaları gibi tekniklerin, yapay sinir ağları (YSA), uyarlanabilir sinirsel-bulanık çıkarım sistemleri (ANFIS) ve uzman sistemler gibi yöntemlerle birleştirilmesinden meydana gelmektedir (Medsker, 2012). Özellikle veri sınıflandırma, sonuç tahmini ve eğri kestirimi gibi problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan hibrit zeki sistemler, en uygun sonuçlara yakınsama yapabilme özelliği gibi güçlü kabiliyetlere sahiptir (Sert İri ve Dandıl, 2021: 287-296) .

Optimizasyon, bir problem durumunda belirli kurallar ile en iyi çözümü bulma işlemidir. Başka bir deyişle istenilen sonucu elde edebilmek için girişlerin ne olacağının belirlenmesidir. Bu süreçte en uygun çözümler arasından belirlenen amaca göre en iyi olan çözüm, optimum çözüm olarak adlandırılmaktadır (Mirjalili vd, 2017:805). Problemlerin çözümü aşamasında farklı teknikler kullanılmaktadır. Optimizasyon işlemlerinde kullanılan analitik yöntemler tekniği, toleranslar dahilinde optimum sonucu vermektedir. Dezavantaj olarak boyutu büyük olan problemlerde, sonuç almak çok uzun sürmekte ya da alınamamaktadır. Sonuç alabilmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır (Kuşoğlu, 2021: 1).

Doğadaki canlılardan ilham alınarak tasarlanan sezgisel algoritmaların çoğu biyoloji tabanlıdır. Hayvanlardan esinlenerek sürü zekasını taklit eden algoritmalar kaynağını biyoloji bilimine dayandırmaktadır. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), kuş ve balık sürülerinden ilham almıştır (Doğan, 2019). Karınca Koloni Algoritması, karıncaların yiyecek arama esnasında en kolay ve kısa yolu bulma davranışlarını taklit ederken, Gri Kurt Optimizasyon algoritması, gri kurtların avlanma esnasında göstermiş olduğu davranışları benzetmektedir. Diğer taraftan, Yapay Arı Koloni algoritması, arıların bal yaparken göstermiş oldukları davranışları taklit etmektedir. Çekirge Optimizasyonu Algoritması (ÇOA) ise çekirge sürüsü davranışlarının taklit edilmesi ile oluşmuştur (Kaçtı vd., 2020: 954). Ayrıca Sinüs Kosinüs Algoritması, Henry Gaz Çözünürlük Optimizasyonu Algoritması, Stokastik Fraktal Arama Algoritması, Böbrek Esintili Algoritma, Atom Arama Optimizasyon Algoritması gibi pek çok sezgisel üstü algoritmalar da mevcuttur (Kaçtı, 2021: 2).

Meta sezgisel algoritmalar doğadaki canlılardan esinlenerek, popülasyon tabanlı olması sebebi ile dinamik, birden fazla amaca uyum sağlama özelliğine sahiptir. Optimizasyon işlemlerinde yapay sinir ağları (YSA) yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunun

yanı sıra YSA, mühendislik, sınıflandırma, tahmin yürütme, çıkarımda bulunma gibi problemlerde de yoğun olarak kullanılan başarılı bir öğrenme metodudur (Dandıl ve Gürgen, 2017). Hibrit zeki kombinasyonlar zeki kontrol, robotik uygulamaları, örüntü tanıma, medikal teşhis, zaman serisi analizi, karmaşık optimal kontrol gibi birçok alanda uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda bulanık mantık, yapay sinir ağları, biyolojik temelli optimizasyon algoritmaları gibi esnek hesaplama paradigmaları bulunmaktadır. Bu doğrultuda Dandıl ve Gürgen çalışmalarında (Dandıl ve Gürgen, 2017). Fotovoltaik panel güç çıkışlarının tahmin edilmesi için parçacık sürü optimizasyonu (PSO) ve klonal seçim algoritması tabanlı YSA ile karşılaştırmalı bir hibrit zeki sistem önermişlerdir. Banharnsakun (Banharnsakun, 2017) ise çalışmasında, kaldırım yüzeylerindeki sorunları tespit etmek ve sınıflandırmak için yapay arı kolonisi (YAK) tabanlı bir YSA hibrit modelini önermişlerdir. Moayedi vd. (Moayedi vd., 2019) ise çalışmalarında, toprak kayması duyarlılık haritalaması tahmini için YSA ile birlikte PSO algoritmasına dayalı bir zeki sistem önermişlerdir. Bir başka çalışmada, Le vd. (Le vd., 2019) akıllı şehir planlaması için binaların enerji etkinliklerinin tahmin edilmesinde PSO, YAK, genetik algoritma (GA) ve emperyalist yarışmacı algoritmayı (EYA), YSA ile birleştirerek karşılaştırmalı bir esnek hesaplama metodolojisi sunmuşlardır.

Son yıllarda, güncel bir sezgisel algoritma olan çekirge optimizasyon algoritması (ÇOA) ile sınırlı sayıda olsa da bazı hibrit esnek hesaplama yönetimlerinin geliştirildiği görülmektedir. ÇOA son yıllarda optimizasyon problemlerinde sıklıkla olarak kullanılan önemli sezgisel algoritmalarından birisidir. Bu çalışmalardan birisinde, Umar vd. (Umar vd., 2019), ÇOA ve YSA' yı birlikte kullanarak epilepsi hastalığının tespiti için bir yöntem önermişlerdir. Bir diğer çalışmada ise, Kandiri vd. (Kandiri vd., 2021) betonlarda baskı kuvvetlerinin tahmin edilmesinde, içinde ÇOA' nın da olduğu farklı optimizasyon algoritmalarını YSA ile birlikte kullanmışlardır.

Bu tez çalışmasında, ÇOA ile YSA' nın birlikte kullanımı ile geliştirilmiş bir hibrit zeki sistem (ÇOA-YSA) önerilmektedir. Çalışmada çok katmanlı ileri yönlü bir YSA mimarisi ÇOA ile eğitilerek, ağın en uygun ağırlıkları belirlenmiştir. Geliştirilen ÇOA-YSA yöntemi ile öncelikle doğrusal olmayan XOR problemi çözülmüş, daha sonra açık bir veriseti üzerinde hane için elektrik güç tüketiminin tahmini yapılmıştır.

1.1. Literatür özetleri

2017 yılında ÇOA' nın ortaya çıkmasından itibaren konu ile ilgili pek çok çalışma önerilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları sadece ÇOA kullanarak optimizasyon problemlerinin çözümü şeklinde iken, bazıları ise ÇOA' nın başka esnek hesaplama yöntemleri ile birleştirilerek hibrit yöntemler olarak geliştirilmesi şeklindedir.

Mirjalili vd. (2017) çalışmasında çok amaçlı ÇOA ve sorunlarını çalışmıştır. Bu algoritma çok amaçlı problemleri çözmek için tasarlanmış ve sistemin performansını doğrulamak için bilinen test fonksiyonları kullanılmıştır.

Luo vd. (2018) ÇOA kullanarak çok amaçlı optimizasyon problemlerini çözmek için finansal stres tahmini çalışması yapmış ve Gauss mutasyon mekanizması kullanılarak yüksek performanslı ve daha hızlı olan IGOA (Geliştirilmiş Çekirge Optimizasyonu Algoritması)' yı geliştirmişlerdir.

Moayedi vd. (2019) ise çalışmalarında ÇOA ve gri kurt optimizasyonu (GKO) ile hibrit yöntemleri kullanarak konut binalarının ısıtma yükünün (HL-Heating load) sinirsel değerlendirmesini çalışmışlardır. Çalışmalarında, sekiz etki HL faktörünü, cam alan dağılımı, bağıl kompaktlık, toplam yükseklik, yüzey alanı, çatı alanı, duvar alanı, yönlendirme ve cam alan gibi değerler veri setinde kullanılan parametreler olmuştur. Daha sonra ÇOA ve GWO algoritmalarının karşılaştırma analizleri yapılmıştır.

Abualigah ve Diabat (2020) kapsamlı bir ÇOA araştırmasını yaparak; sonuçlar, varyantlar ve uygulamalar üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada ikili, kaotik ve çok amaçlı durumlar için ÇOA modifikasyonları ve hibritleştirilmesi, detaylı bir şekilde işlenmiştir.

Hekimoğlu (2020) çalışmasında kesir dereceli oransal-integral-türev (FOPID) kontrolör yapılı güç sistemi kararlı kılıcısının (PSS) gürbüz tasarımında ÇOA kullanılmasını önermiştir. Çalışmasında problemleri ÇOA ile çözmüş ve sonuçlarını GA (Genetik Algoritma), ABC (Yapay Arı Koloni Algoritması) ve ayrıca önerilen ÇOA klasik yapılı çalışmalar ile karşılaştırmıştır ve hibrit ÇOA-FOPIDPSS performansının en yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sahoo vd. (2021) ANFIS modelini, meta-sezgisel GKO ve ÇOA ile entegre ederek Hindistan'da Mahanadi Nehri'nin havzasının taşkın tahmin işlemlerini yapmışlardır. Önerilen meta-sezgisel yöntemler, çeşitli girdilerle geleneksel bir ANFIS modeli ile karşılaştırılarak değerlendirmiş ve sonuçlar, ANFIS-ÇOA' nın bağımsızdan daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışmada, RMSE (Ortalama Karesel Hataların Karekökü), MSE

(Ortalama kare hata) ve WI (Wilmott İndeksi) hata ölçütlerini kullanarak ANFIS, ANFIS-GWO ve ANFIS-ÇOA modellerinin sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Fattahi ve Hasanipanah (2020) maden patlatmada kayaç mesafesini tahmin etmek için ANFIS-ÇOA ve ANFIS-CA (Kültürel Algoritma-Cultural algorithm) kullanarak Malezya'da bulunan üç taş ocağı sahasından toplanan verilerle ANFIS-CA ve ANFIS-ÇOA modellerinin performansını, istatistiksel fonksiyonların hesaplamalarıyla MSE (Ortalama kare hata -mean squared error) ve R^2 (Varyans)' ye göre karşılaştırılmıştır.

Seifi vd. (2020) İran'daki yeraltı suyu seviyelerini hibrit sistemlerle analiz ederek ÇOA, PSO, GA gibi modellerle ANFIS yöntemini birleştirerek hibrit bir çalışma önermişlerdir. Bu algoritmaların performansını değerlendirmek için RMSE, MAE (Ortalama mutlak hata-Mean Absolute Error), NSE (Nash Sutcliffe verimliliği-Nash Sutcliffe efficiency), PBIAS (Yüzde Bias-Percent bias) endeksleri kullanılarak sonuçlar ANFIS-ÇOA'nın diğer hibrit modellerden daha başarılı olduğunu göstermişlerdir.

Penghui vd. (2020) toprak sıcaklığı tahmini için geliştirilmiş bir hibrit yapay zeka modeli geliştirmişlerdir. 2010 yılı ile 2018 yılları arasındaki verileri kullanarak ANFIS-ÇOA, ANFIS-PSO ve ANFIS-GA gibi hibrit modelleri kullanarak, performans karşılaştırması yapmışlardır.

Ewees vd. (2020) demir cevherinin fiyat oynaklıklarını doğru bir şekilde tahmin etmek için yeni bir model önermişlerdir. Sistemin kaotik davranışını öğrenmek için eğitici olarak kullanılan kaotik yapıda bir ÇOA kullanmışlar ve önerilen modeli YSA ile hibrit bir şekilde tasarlayıp (CÇOA-YSA) sonuçlarını klasik YSA, ÇOA-YSA, PSO-YSA, GA-YSA karşılaştırmışlar ve hibrit CÇOA-YSA modelinin diğer modellere göre başarılı olduğunu doğrulamışlardır.

Literatürde ÇOA'nın meta-sezgisel ve makine öğrenmesi yöntemleri gibi diğer optimizasyon algoritmaları ile çeşitli hibritleştirilmesi bulunabilir. Bu çalışmaların %50'sinden fazlası meta-sezgisel ile hibritleştirme önermektedir ve bunların yaklaşık %26'sı makine öğrenme tekniği olarak YSA kullanmaktadır. Meraihi vd. (2021) çalışmasında derinlemesine bir literatür incelemesi yaparak ÇOA'nın modifiye edilmiş versiyonlarını detaylı bir şekilde göstermiştir. ÇOA ile yapılan bazı hibrit çalışma örnekleri Tablo 1.1' de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. ÇOA ile yapılan bazı hibrit çalışma örnekleri

Referans Çalışma	Yöntem	ÇOA ile yapılan hibrit optimizasyonlar
Alphonsa vd. (2019)	Genetik Algoritma ile Hibritleştirme	GA ve ÇOA birleştirilerek hibrit ÇOA-GA tasarlanmıştır
Jia vd. (2019)	Diferansiyel Evrim Algoritması ile Hibritleştirme	Test fonksiyonları ve sonuçları, DE, ÇOA, Modifiye ÇOA (MGOA), PSO ile karşılaştırıp GOA _j DE' nin yüksek performansını göstermiştir.
Dahiya vd. (2020)	Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Hibritleştirme	Çeşitli algoritmalar ile karşılaştırma işlemleri yapılmış ve HAGOA(Hibrit arı koloni ve çekirge optimizasyonu algoritması) en iyi sonucu vermiştir.
Teng vd. (2019)	Gri Kurt Optimizasyonu ile Hibritleştirme	Gri kurt ve çekirge optimizasyon algoritmasının gücünden yararlanarak gri kurt çekirge hibrit algoritması (GWGHA) olarak adlandırılan etkili bir hibrit meta-sezgisel algoritma tasarlanmıştır.
Yue vd. (2020)	Yarasa Algoritması ile Hibritleştirme	GA, BA ve standart ÇOA ile karşılaştırarak BGOA hibrit sistem tasarlanmıştır.
Guo vd. (2020)	Yerçekimi Arama Algoritması ile Hibritleştirme	ÇOA diğer algoritmalarla Benchmark test fonksiyonları ile karşılaştırmış ve HGOA'nın iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.
Bansal vd. (2020)	Hibrit ÇOA ve Kedi Sürüsü Optimizasyon Algoritması	Kedi Sürüsü Optimizasyon Algoritması ile ÇOA hibritleştirilmiştir.
Amaireh vd. (2019)	Karınca Aslanı Optimizasyon Algoritması ile Hibritleştirme	ÇOA ve ALO yöntemlerinin hibritleştirilmesi önerilmiştir
Dahiya vd. (2019)	Salp Sürü Algoritması ile Hibritleştirme	ÇOA ve SSA hibritleştirilmesi önerilmiştir
Zhang vd. (2019)	Öğretme-Öğrenme Temelli Optimizasyon ile Hibritleştirme	ÇOA ve TLBO (Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon-Teaching-Learning-Based Optimization) hibritleştirilmesi önerilmiştir
Yue vd. (2020)	İstilacı Ot Optimizasyon Algoritması ile Hibritleştirme	ÇOA ve İstilacı Ot Optimizasyon (IWO) hibritleştirilmesi önerilmiştir.
Motlagh ve Foroud (2021)	Destek Vektör Makinesi ile Çekirge Optimizasyon Algoritması	Güç kalitesi sorunlarını tanımlamak için ÇOA-SVM hibritleştirilmesi sağlanmıştır
Barman ve Choudhury (2018)	Destek Vektör Regresyonlu Çekirge Optimizasyon Algoritması	ÇOA ve Destek Vektör Regresyonu (SVR) hibritleştirilmesi sunulmuştur
Talaat vd. (2020)	Sinir Ağı ile Çekirge Optimizasyon Algoritması	YSA ve ÇOA'yı hibritleştirmişlerdir. Çok katmanlı ileri besleme kombinasyonuna dayalı bir hibrit yaklaşım (MFFNNGOA) önerilmiştir

Kaynak : (Meraihi vd., 2021: 12-13)

1.2. Tezin amacı ve organizasyonu

Bu çalışmanın amacı çekirge sürüsü optimizasyon tabanlı yapay sinir ağları ile oluşturulmuş bir hibrit zeki sistem sayesinde hane için elektrik güç tüketimini tahmin etmektir. Böylece yapay sinir ağları ile çekirge optimizasyon algoritmasının ortak kullanımı ile sistem tasarlanarak bir hibrit zeki sistem (ÇOA - YSA) önerilmektedir.

Birinci bölümde tezin konusu hakkında giriş yapılmıştır ve literatür özetleri sunulmuştur. Tezin amacı ve organizasyonu açıklanıp, araştırma sorusu ve hipotez başlıkları ele alınarak birinci bölüm sonlandırılmıştır.

İkinci bölümde ise tezin materyal ve yönteminden bahsedilmiştir. Bu bölümde, çalışmada kullanılan veriseti, yapay sinir ağları ve geri yayılım algoritması ile çekirge optimizasyonu algoritması detaylı olarak anlatılmaktadır.

Üçüncü bölümde ise tezde yürütülen deneysel çalışmalar ve analizler karşılaştırmalı grafikler ile birlikte verilmiş ve sonuçlar tablo halinde değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölüm ile sonuç ve tartışma verilerek tez çalışmasının organizasyonu tamamlanmıştır.

1.3. Araştırma sorusu ve hipotez

Çekirge sürülerinden ilham alıp optimizasyon problemlerinin çözümünden esinlenilerek “ÇOA ile YSA eğitilerek hibrit bir sistem oluşturulursa, performansı nasıl olur?” hipotezinden yola çıkarak hane güç tüketiminin tahmini için deneysel çalışmalar yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veriseti

Çalışma kapsamında önerilen ÇOA-YSA yönteminin etkinliğini belirlemek için açık bir veriseti olan ve UCI makine öğrenmesi deposunda yayınlanan kişisel hane elektrik güç tüketimi veriseti (UCI, 2021) kullanılmıştır. Bu veriseti Fransa'nın Sceaux şehrindeki Aralık 2006 ile Kasım 2010 arasında 47 aylık olmak üzere toplamda 2075259 adet elektriksel ölçümleri içermektedir. Verisetinde bulunan ölçüm özelliklerinin detayları Tablo 2.1' de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan verisetindeki özelliklerin detayları

Özellik	Birim/Gösterim	Açıklaması
tarih	GG/AA/YYYY	Gün/Ay/Yıl
zaman	SS:DD:SS	Saat/Dakika/Saniye
global aktif güç (GAG)	kilowatt	Hane için dakikadaki ortalama aktif güç
global reaktif güç (GRG)	kilowatt	Hane için dakikadaki ortalama reaktif güç
gerilim	volt	Dakikadaki ortalama gerilim
global akım	amper	Hane için dakikadaki ortalama akım yoğunluğu
alt sayaç 1	watt-saat	Mutfak için watt-saat aktif enerji
alt sayaç 2	watt-saat	Çamaşırhane için watt-saat aktif enerji
alt sayaç 3	watt-saat	Su ısıtıcı ve klima için watt-saat aktif enerji

Tablo 2.1' de tarih gün/ay/yıl, zaman saat/dakika/saniye şeklinde, hane için tüketilen aktif ve reaktif güçler, akım ve gerilim değerleri, mutfak, çamaşır ve su ısıtıcısı-klima için sayaç verileri yer almaktadır.

2006-2010 yılları arasından seçilen bazı veriler aşağıda tablolar şeklinde gösterilmiştir. Bu verilerdeki her bir sütun, Tablo 2.1' de sunulan özellikleri sırasıyla temsil etmektedir. Burada, alt sayaçlar hane için farklı kullanımlara ait watt-saat türünden yaklaşık güç tüketimlerini göstermektedir. Verisetinden 12 Aralık 2006 tarihi için ölçülen bazı veriler Tablo 2.2' de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Verisetinde 16 Aralık 2006 tarihi için ölçülen bazı veriler

Tarih	Zaman	GAG (kilowatt)	GRG (kilowatt)	Gerilim (volt)	Akım (amper)	Alt sayaç 1 (watt-saat)	Alt sayaç 2 (watt-saat)	Alt sayaç 3 (watt-saat)
16.12.2006	17:24:00	4.216	0.418	234.84	18.4	0	1	17
16.12.2006	17:25:00	5.36	0.436	233.63	23	0	1	16
16.12.2006	17:26:00	5.374	0.498	233.29	23	0	2	17
16.12.2006	17:27:00	5.388	0.502	233.74	23	0	1	17
16.12.2006	17:28:00	3.666	0.528	235.68	15.8	0	1	17
16.12.2006	17:29:00	3.52	0.522	235.02	15	0	2	17
16.12.2006	17:30:00	3.702	0.52	235.09	15.8	0	1	17
16.12.2006	17:31:00	3.7	0.52	235.22	15.8	0	1	17
16.12.2006	17:32:00	3.668	0.51	233.99	15.8	0	1	17
16.12.2006	17:33:00	3.662	0.51	233.86	15.8	0	2	16
16.12.2006	17:34:00	4.448	0.498	232.86	19.6	0	1	17
16.12.2006	17:35:00	5.412	0.47	232.78	23.2	0	1	17
16.12.2006	17:36:00	5.224	0.478	232.99	22.4	0	1	16
16.12.2006	17:37:00	5.268	0.398	232.91	22.6	0	2	17
16.12.2006	17:38:00	4.054	0.422	235.24	17.6	0	1	17
16.12.2006	17:39:00	3.384	0.282	237.14	14.2	0	0	17
16.12.2006	17:40:00	3.27	0.152	236.73	13.8	0	0	17
16.12.2006	17:41:00	3.43	0.156	237.06	14.4	0	0	17
16.12.2006	17:42:00	3.266	0	237.13	13.8	0	0	18
16.12.2006	17:43:00	3.728	0	235.84	16.4	0	0	17
16.12.2006	17:44:00	5.894	0	232.69	25.4	0	0	16
16.12.2006	17:45:00	7.706	0	230.98	33.2	0	0	17
16.12.2006	17:46:00	7.026	0	232.21	30.6	0	0	16
16.12.2006	17:47:00	5.174	0	234.19	22	0	0	17
16.12.2006	17:48:00	4.474	0	234.96	19.4	0	0	17
16.12.2006	17:49:00	3.248	0	236.66	13.6	0	0	17
16.12.2006	17:50:00	3.236	0	235.84	13.6	0	0	17
16.12.2006	17:51:00	3.228	0	235.6	13.6	0	0	17
16.12.2006	17:52:00	3.258	0	235.49	13.8	0	0	17
16.12.2006	17:53:00	3.178	0	235.28	13.4	0	0	17
16.12.2006	17:54:00	2.72	0	235.06	11.6	0	0	17
16.12.2006	17:55:00	3.758	0.076	234.17	16.4	0	0	17
16.12.2006	17:56:00	4.342	0.09	233.77	18.4	0	0	16
16.12.2006	17:57:00	4.512	0	233.62	19.2	0	0	17
16.12.2006	17:58:00	4.058	0.2	234.68	17.6	0	0	17

Verisetinden 20 Mayıs 2007 tarihi için belirlenen zaman aralığında hane güç tüketimi, akım, gerilim alt sayaç gibi ölçülen bazı değerleri Tablo 2.3' te gösterilmiştir. Bu verilerdeki her bir sütun, Tablo 2.1' de sunulan özellikleri sırasıyla temsil etmektedir.

Tablo 2.3. Verisetinde 20 Mayıs 2007 tarihi için ölçülen bazı veriler

Tarih	Zaman	GAG (kilowatt)	GRG (kilowatt)	Gerilim (volt)	Akım (amper)	Alt sayaç 1 (watt-saat)	Alt sayaç 2 (watt-saat)	Alt sayaç 3 (watt-saat)
20.05.2007	01:54:00	0.224	0	234.12	1	0	0	0
20.05.2007	01:55:00	0.218	0.046	234.22	1	0	0	0
20.05.2007	01:56:00	0.218	0.046	234.35	1	0	0	0
20.05.2007	01:57:00	0.218	0.046	234.12	1	0	0	0
20.05.2007	01:58:00	0.218	0.046	234.19	1	0	0	0
20.05.2007	01:59:00	0.218	0.046	233.69	1	0	0	0
20.05.2007	02:00:00	0.218	0.046	233.69	1	0	0	0
20.05.2007	02:01:00	0.218	0.046	234.06	1	0	0	0
20.05.2007	02:02:00	0.218	0.046	234.26	1	0	0	0
20.05.2007	02:03:00	0.218	0.046	233.81	1	0	0	0
20.05.2007	02:04:00	0.22	0.046	234.75	1	0	0	0
20.05.2007	02:05:00	0.22	0	234.94	1	0	0	0
20.05.2007	02:06:00	0.22	0.046	234.58	1	0	0	0
20.05.2007	02:07:00	0.218	0.046	234.38	1	0	0	0
20.05.2007	02:08:00	0.218	0.046	234.19	1	0	0	0
20.05.2007	02:09:00	0.218	0.046	234.12	1	0	0	0
20.05.2007	02:10:00	0.22	0.046	234.66	1	0	0	0
20.05.2007	02:11:00	0.22	0.046	234.68	1	0	0	0
20.05.2007	02:12:00	0.288	0	234.04	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:13:00	0.328	0.074	233.66	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:14:00	0.324	0.072	232.98	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:15:00	0.326	0.076	234.12	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:16:00	0.324	0.078	234.75	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:17:00	0.324	0.078	234.97	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:18:00	0.322	0.078	235.07	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:19:00	0.322	0.078	235.02	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:20:00	0.32	0.076	234.62	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:21:00	0.318	0.076	234.4	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:22:00	0.318	0.076	234.38	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:23:00	0.316	0.076	234.54	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:24:00	0.316	0.076	234.39	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:25:00	0.314	0.074	233.73	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:26:00	0.314	0.076	234.31	1.4	0	0	0
20.05.2007	02:27:00	0.346	0.098	234.54	1.6	0	0	0
20.05.2007	02:28:00	0.4	0.192	234.71	1.8	0	0	0
20.05.2007	02:29:00	0.4	0.192	234.76	1.8	0	2	0
20.05.2007	02:30:00	0.44	0.222	234.81	2.2	0	1	0

Verisetinden 5 Ağustos 2008 tarihi için 09:20' de başlayan 9:43' e kadar olan zaman aralığı güç tüketimi olarak ölçülen bazı veriler Tablo 2.4' te görünmektedir. Bu verilerdeki her bir sütun, Tablo 2.1' de sunulan özellikleri sırasıyla temsil etmektedir.

Tablo 2.4. Verisetinde 5 Ağustos 2008 tarihi için ölçülen bazı veriler

Tarih	Zaman	GAG (kilowatt)	GRG (kilowatt)	Gerilim (volt)	Akım (amper)	Alt sayaç 1 (watt-saat)	Alt sayaç 2 (watt-saat)	Alt sayaç 3 (watt-saat)
5.08.2008	09:20:00	3.476	0.052	236.19	14.6	37	0	18
5.08.2008	09:21:00	1.328	0	238.16	5.8	3	0	18
5.08.2008	09:22:00	1.226	0	237.97	5	1	0	18
5.08.2008	09:23:00	1.22	0	238.11	5	0	0	18
5.08.2008	09:24:00	1.246	0	238.42	5.2	1	0	18
5.08.2008	09:25:00	1.218	0	238.94	5	0	0	18
5.08.2008	09:26:00	1.212	0	238.41	5	0	0	18
5.08.2008	09:27:00	1.212	0	238.46	5	0	0	18
5.08.2008	09:28:00	1.214	0	238.68	5	0	0	18
5.08.2008	09:29:00	1.216	0	238.89	5	0	0	18
5.08.2008	09:30:00	1.22	0	239.2	5	0	0	18
5.08.2008	09:31:00	1.22	0	239.16	5	0	0	18
5.08.2008	09:32:00	1.216	0	238.79	5	0	0	19
5.08.2008	09:33:00	1.21	0	238.25	5	0	0	18
5.08.2008	09:34:00	1.208	0	237.88	5	0	0	18
5.08.2008	09:35:00	1.208	0	238.21	5	0	0	18
5.08.2008	09:36:00	1.208	0	238.24	5	0	0	18
5.08.2008	09:37:00	1.21	0	238.24	5	0	0	18
5.08.2008	09:38:00	1.208	0	238.19	5	0	0	18
5.08.2008	09:39:00	1.206	0	238	5	0	0	18
5.08.2008	09:40:00	1.206	0	237.87	5	0	0	17
5.08.2008	09:41:00	1.204	0	237.7	5	0	0	18
5.08.2008	09:42:00	1.206	0	237.5	5	0	0	18
5.08.2008	09:43:00	1.226	0	238.13	5	0	0	18
5.08.2008	09:44:00	1.276	0	237.71	5.4	0	0	18
5.08.2008	09:45:00	1.322	0.086	237.13	5.6	0	0	18
5.08.2008	09:46:00	1.308	0.09	237.51	5.4	0	0	18
5.08.2008	09:47:00	1.302	0.088	237.29	5.4	0	0	18
5.08.2008	09:48:00	1.356	0.148	236.66	5.8	0	0	18
5.08.2008	09:49:00	1.37	0.186	236.84	5.8	0	0	17
5.08.2008	09:50:00	1.39	0.198	236.54	5.8	0	0	18
5.08.2008	09:51:00	1.454	0.3	236.03	6.2	0	1	18
5.08.2008	09:52:00	1.47	0.302	236.78	6.2	0	1	18
5.08.2008	09:53:00	1.472	0.304	237.27	6.2	0	2	17
5.08.2008	09:54:00	1.474	0.304	237.58	6.2	0	1	18
5.08.2008	09:55:00	1.472	0.306	237.78	6.2	0	1	18

Verisetinde 20 Eylül 2009 tarihi 01:11 ile başlayan 01:38' de biten dakikalar için ölçülen bazı veriler Tablo 2.5' te temsili olarak gösterilmiştir. Deneysel çalışmalarda bir günün tüm dakikaları göze alınarak işlem yapılmıştır. Bu verilerdeki her bir sütun, Tablo 2.1' de sunulan özellikleri sırasıyla temsil etmektedir.

Tablo 2.5. Verisetinde 20 Eylül 2009 tarihi için ölçülen bazı veriler

Tarih	Zaman	GAG (kilowatt)	GRG (kilowatt)	Gerilim (volt)	Akım (amper)	Alt sayaç 1 (watt-saat)	Alt sayaç 2 (watt-saat)	Alt sayaç 3 (watt-saat)
20.09.2009	01:11:00	6.038	0.388	236.91	25.6	37	0	18
20.09.2009	01:12:00	5.252	0.422	236.93	22.6	19	0	18
20.09.2009	01:13:00	3.154	0.282	239.57	13.2	1	0	18
20.09.2009	01:14:00	2.99	0.264	239.84	12.4	1	0	18
20.09.2009	01:15:00	2.934	0.264	239.74	12.2	1	0	19
20.09.2009	01:16:00	2.832	0.266	239.89	11.8	2	0	18
20.09.2009	01:17:00	2.826	0.266	239.76	11.8	1	0	18
20.09.2009	01:18:00	2.698	0.266	239.71	11.2	1	0	18
20.09.2009	01:19:00	1.986	0.268	240.56	8.4	1	0	19
20.09.2009	01:20:00	1.854	0.27	240.77	7.8	1	0	18
20.09.2009	01:21:00	1.76	0.272	240.95	7.4	2	0	19
20.09.2009	01:22:00	1.704	0.272	240.76	7.2	1	0	18
20.09.2009	01:23:00	1.686	0.274	240.87	7	1	0	18
20.09.2009	01:24:00	1.694	0.274	240.87	7	1	0	19
20.09.2009	01:25:00	1.76	0.272	240.82	7.4	1	0	18
20.09.2009	01:26:00	1.812	0.274	241.16	7.6	1	0	19
20.09.2009	01:27:00	1.808	0.274	241.12	7.6	2	0	18
20.09.2009	01:28:00	1.826	0.274	241.23	7.6	1	0	18
20.09.2009	01:29:00	1.798	0.274	241.19	7.4	1	0	19
20.09.2009	01:30:00	1.784	0.274	241.58	7.4	1	0	18
20.09.2009	01:31:00	1.714	0.278	241.85	7.2	1	0	19
20.09.2009	01:32:00	1.708	0.276	241.69	7.2	1	0	18
20.09.2009	01:33:00	1.706	0.278	241.88	7	2	0	19
20.09.2009	01:34:00	1.764	0.256	242.18	7.2	1	0	19
20.09.2009	01:35:00	1.77	0.254	242.07	7.4	1	0	18
20.09.2009	01:36:00	1.774	0.254	242.14	7.4	1	0	19
20.09.2009	01:37:00	1.738	0.254	242.22	7.2	1	0	18
20.09.2009	01:38:00	1.636	0.256	242.37	6.8	2	0	19
20.09.2009	01:39:00	1.592	0.258	242.41	6.6	1	0	19
20.09.2009	01:40:00	1.552	0.236	242.36	6.4	1	0	18
20.09.2009	01:41:00	1.522	0.22	242.53	6.2	1	0	19
20.09.2009	01:42:00	1.532	0.22	242.6	6.4	1	0	19
20.09.2009	01:43:00	1.534	0.22	242.65	6.4	1	0	18
20.09.2009	01:44:00	1.532	0.22	242.7	6.4	2	0	19
20.09.2009	01:45:00	1.538	0.222	243.17	6.4	1	0	19
20.09.2009	01:46:00	1.534	0.222	243.11	6.4	1	0	18
20.09.2009	01:47:00	1.542	0.22	242.71	6.4	1	0	19

Verisetinden 10 Ocak 2010 tarihi 00:00 ile 00:19 saatleri için ölçülen bazı veriler Tablo 2.6’ da gösterilmiştir. Bu verilerdeki her bir sütun, Tablo 2.1’ de sunulan özellikleri sırasıyla temsil etmektedir.

Tablo 2.6. Verisetinde 10 Ocak 2010 tarihi için ölçülen bazı veriler

Tarih	Zaman	GAG (kilowatt)	GRG (kilowatt)	Gerilim (volt)	Akım (amper)	Alt sayaç 1 (watt-saat)	Alt sayaç 2 (watt-saat)	Alt sayaç 3 (watt-saat)
10.01.2010	00:00:00	1.808	0.114	249.04	7.2	0	1	20
10.01.2010	00:01:00	1.784	0.11	249.17	7	0	0	19
10.01.2010	00:02:00	1.798	0.116	248.97	7.2	0	0	20
10.01.2010	00:03:00	1.774	0.11	248.63	7	0	0	20
10.01.2010	00:04:00	1.792	0.116	248.65	7.2	0	0	19
10.01.2010	00:05:00	1.764	0.106	248.04	7	0	0	20
10.01.2010	00:06:00	1.778	0.112	247.58	7.2	0	0	19
10.01.2010	00:07:00	1.766	0.11	248.35	7	0	0	20
10.01.2010	00:08:00	1.79	0.118	248.75	7.2	0	1	20
10.01.2010	00:09:00	1.732	0.048	248.88	6.8	0	0	19
10.01.2010	00:10:00	1.696	0	248.72	6.8	0	0	20
10.01.2010	00:11:00	1.676	0	248.74	6.6	0	0	20
10.01.2010	00:12:00	1.698	0	248.87	6.8	0	0	19
10.01.2010	00:13:00	1.76	0	249.09	7	0	0	20
10.01.2010	00:14:00	1.97	0.086	250.1	7.8	0	1	20
10.01.2010	00:15:00	1.924	0.078	248.88	7.6	0	0	19
10.01.2010	00:16:00	2.032	0.074	248.08	8.2	0	0	20
10.01.2010	00:17:00	1.858	0.148	247.9	7.4	0	0	19
10.01.2010	00:18:00	2.106	0.226	247.72	8.4	0	0	20
10.01.2010	00:19:00	2.136	0.224	247.37	8.6	0	0	19
10.01.2010	00:20:00	1.602	0.092	247.14	6.4	0	1	20
10.01.2010	00:21:00	1.706	0.084	246.7	6.8	0	0	19
10.01.2010	00:22:00	1.842	0.084	246.42	7.4	0	0	19
10.01.2010	00:23:00	1.884	0.086	246.77	7.6	0	0	20
10.01.2010	00:24:00	1.856	0.054	247.23	7.4	0	0	19
10.01.2010	00:25:00	1.824	0	247.37	7.2	0	1	20
10.01.2010	00:26:00	1.794	0	246.79	7.2	0	0	19
10.01.2010	00:27:00	1.796	0	245.47	7.2	0	0	19
10.01.2010	00:28:00	1.524	0	246.05	6.2	0	0	19
10.01.2010	00:29:00	1.428	0	246.75	5.8	0	0	20
10.01.2010	00:30:00	1.4	0	247.24	5.6	0	0	19
10.01.2010	00:31:00	1.4	0	246.51	5.6	0	1	19
10.01.2010	00:32:00	1.366	0	245.25	5.4	0	0	19
10.01.2010	00:33:00	1.38	0	244.78	5.6	0	0	20
10.01.2010	00:34:00	1.36	0	244.69	5.4	0	0	19

Verisetinden 15 Mayıs 2010 tarihi 20:28 ile 20:51 saatleri için ölçülen bazı temsili veriler Tablo 2.7’ de gösterilmiştir. Bu verilerdeki her bir sütun, Tablo 2.1’ de sunulan özellikleri sırasıyla temsil etmektedir.

Tablo 2.7. 15 Mayıs 2010 tarihi için ölçülen bazı veriler

Tarih	Zaman	GAG (kilowatt)	GRG (kilowatt)	Gerilim (volt)	Akım (amper)	Alt sayaç 1 (watt-saat)	Alt sayaç 2 (watt-saat)	Alt sayaç 3 (watt-saat)
15.05.2010	20:28:00	3.578	0.404	236.59	15.6	16	0	18
15.05.2010	20:29:00	3.914	0.36	235.27	17.4	15	0	18
15.05.2010	20:30:00	3.472	0.37	236.7	15	13	0	17
15.05.2010	20:31:00	3.094	0.382	238.6	13.4	12	0	19
15.05.2010	20:32:00	2.89	0.392	239.63	12.6	11	0	18
15.05.2010	20:33:00	3.21	0.39	239.91	14.2	9	0	18
15.05.2010	20:34:00	2.798	0.402	241.21	12	9	0	19
15.05.2010	20:35:00	2.7	0.408	241.21	11.6	7	0	18
15.05.2010	20:36:00	2.668	0.408	240.86	11.4	7	0	18
15.05.2010	20:37:00	2.934	0.404	240.72	12.8	6	0	19
15.05.2010	20:38:00	2.962	0.402	240.44	12.8	7	0	23
15.05.2010	20:39:00	3.16	0.452	241.23	13.6	8	0	28
15.05.2010	20:40:00	3.194	0.44	240.42	13.8	8	0	29
15.05.2010	20:41:00	3.298	0.506	239.43	14.2	8	0	28

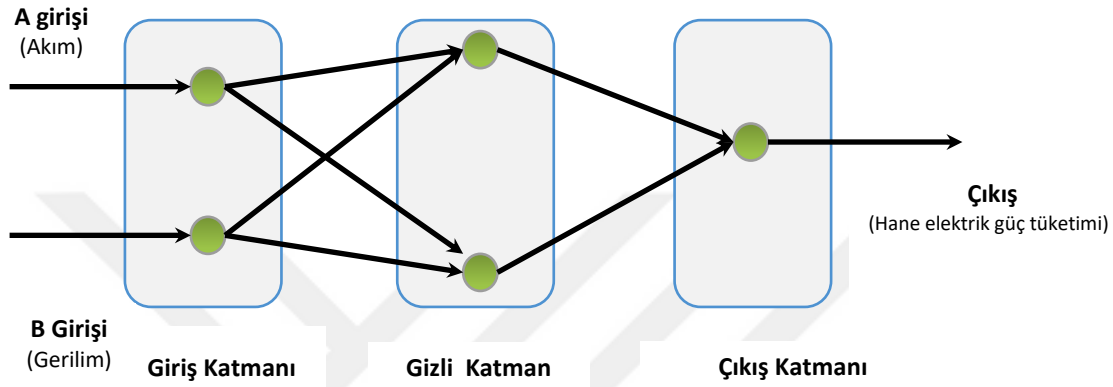
2.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA beynin yapısındaki nöronların çalışma sistemine dayanan ve nöronların birbirine bağlanarak oluşturduğu öğrenme modelini benzeten bir yöntemdir (Dandıl ve Gürgeç, 2017, Çevik ve Dandıl, 2012). YSA, insan beyni taklit edilerek bilgisayar üzerinde çalışma yapılarak ortaya çıkmıştır. İnsan beynindeki sinir hücrelerinin yapısı modellenerek YSA' nın yapısı oluşturulur (Bulut ve Başoğlu, 2017:577). İnsan beynindeki sinirlerin öğrenmesi, öğrenilen konunun saklanması ve bu bilgiler sayesinde yeni öğrenmelerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır (Elmas, 2003). YSA' lar beyne benzer şekilde öğrenme ve öğrendiği verilere göre karar alma sistemlerinden oluşur. Tek ve çok katmanlı olmak üzere temelde ikiye ayrılırlar.

Özellikle belirli bir matematiksel modeli olmayan fakat elde örnek verilerin olduğu, problemlerin çözülmesinde, modellemede, görüntü işleme, sınıflandırma, kümeleme, tahmin uygulamalarında, tıp alanında vb. kullanılmaktadır (Tan ve Bora, 2017:686). YSA son dönemlerde pek çok alanda aktif olarak kullanıldığı gibi bilimsel alanlarda da tahmin alanında sıkça kullanılan bir yöntem haline gelmiştir.

YSA uygulamaları genellikle örüntü tanıma, örüntü eşleştirme, sınıflandırma, ilişki kurma, doğrusal olmayan sinyalleri işleme, zaman serileri analizleri, doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesi gibi çalışmalarda aktif olarak kullanılır. Ayrıca tıp, finans, mühendislik, güvenlik veri madenciliği alanlarında da uygulamaları mevcuttur.

YSA sınıflandırma, eğri kestirimi, tahmin yapma gibi birçok problemde yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel bir makine öğrenmesi yöntemi olan YSA' da, genel olarak çok katmanlı ve ileri beslemeli ağ modeli kullanılmakta olup, ağın eğitilmesi ve öğrenmesinin sağlanması için ise geriye yayılım algoritmasından (GYA) yararlanılmaktadır. Bu çalışmada da, Şekil 2.1' de gösterildiği gibi birden fazla katmanlı ileri beslemeli bir YSA modeli kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda, ağın ağırlıkları hem GYA hem de meta-sezgisel algoritmalar olan PSO ve ÇOA ile geliştirilen hibrit zeki sistemlerle ayrı ayrı belirlenmiştir.

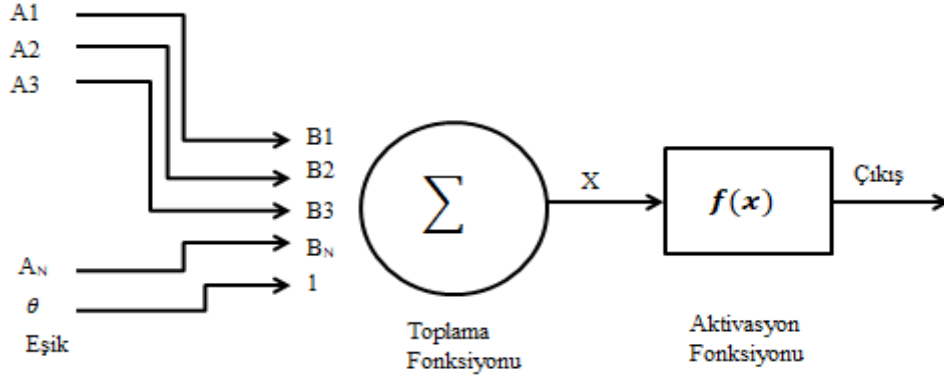


Şekil 2.1. Çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli

Bu çalışmada kullanılan YSA modeli giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katman içerecek şekilde oluşturulmuştur. İlk katmanı olan giriş katmanında verisetindeki akım ve gerilim değerleri kullanılırken, çıkış katmanında ise hane için güç tüketimi (alt sayaç 1, alt sayaç 2 ve alt sayaç 3) tahmin edilmiştir. YSA ağının performansı ortalama karesel hata baz alınarak hesaplanmıştır. Önerilen YSA' nın eğitimi (en uygun ağırlık değerlerinin hesaplanması) hem GYA, hem de PSO ve ÇOA yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2.2' de YSA' ya gelen datalar girdi olarak adlandırılır. Girdiler A1, A2, A3 olarak, B'ler ise ağırlıklar olarak adlandırılır ve YSA birimine gelen datanın etkinliğini gösterir. Sinir hücrelerine gelen net bilgiyi Toplama İşlevi Fonksiyonu (NET) ile hesaplar. Net değeri hesaplamak için birçok farklı formüllerden faydalanır ancak en çok kullanılan Denklem (2.1)' de gösterilen toplam ağırlık formülüdür. Burada G_i i. giriş birimini, A_i ise bu giriş birimi değerinin ağırlığını ve NET ise formülün toplama sonucunu gösterir (Hocaoğlu vd., 2015:35).

$$NET = \sum_i^n G_i * A_i \quad (2.1)$$

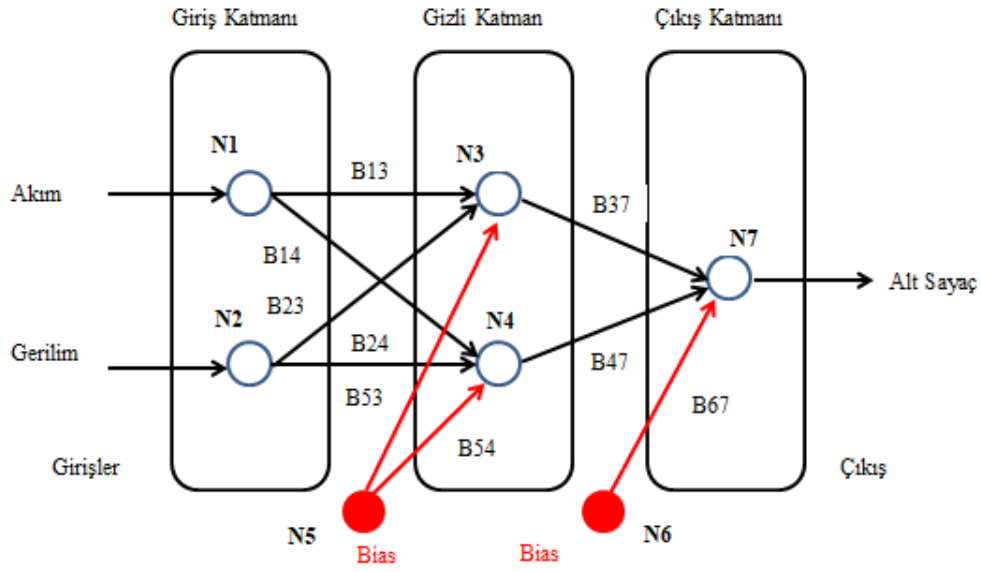


Şekil 2.2. İleri yönlü bir YSA' nın matematiksel modeli

YSA' daki aktivasyon fonksiyonu $f(x)$ nörona girdisi yapılan net girişleri hesaplayarak oluşan sonuç değerini bulmak için kullanılır. Aktivasyon fonksiyonlarının sigmoid fonksiyonu, sinüs fonksiyonu, lineer fonksiyon, step fonksiyon ve eşik değer fonksiyonu gibi değişik gösterimleri mevcuttur (Khalaf, 2020: 48).

Genel olarak YSA' nın amacı, katmana iletilen data değerlerine göre yeni bir sonuç değeri oluşturmaktır. Bunu yapabilmek için bir ağ, problem olan sorunun farklı örnekleri ile eğitilerek (öğrenme), bu sorunun beklenen sonucu üretebilir.

YSA' da hücreleri en basit anlamda üç katmandan oluşur. Bunlar, giriş, gizli ve çıkış katmanı olarak adlandırılır ve her katman kendi içinde ağı oluştururlar. Bu üç katmandan birincisi olan giriş katmanı, kendisine iletilen katmandaki giriş değerlerini bir sonraki katman olan gizli katmana iletmekle görevlidir. İkinci katman olan gizli katman, birinci katman girişinden gelen değerleri analiz ederek bir sonraki katman olan çıkış katmanına iletir. Farklı YSA ağlarında yapısına, çalışma sistemine, kullanım alanına göre vs. bir ya da daha fazla gizli katman olabilir. Üç katmanlı bir YSA' nın son katmanı olan çıkış katmanı ise gizli katmandan gelen analiz edilmiş değerleri son katman olan çıkışa yönlendirir. Çıkış katmanı sonucunda elde edilen veri YSA sonucunda olmasını beklediğimiz sonuçtur. YSA' nın yapısı Şekil 2.3' teki gibidir.



Şekil 2.3. İleri beslemeli bir YSA' nın yapısı, nöron, bias, ağırlık ve çıkış katmanı

Şekil 2.3' teki YSA' nın katmanlar arasında ilişki kurulan bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine ağırlık eğitilmesi(öğrenme) denir. Öncelikle ilk aşamada bu katman ağırlıkları başlangıçta genellikle amaçsız olarak rastgele belirlenir. Girdi değerlerine bias (eşik) değerlerinin de dahil edilmesinden sonra çıkan sonuç ifadesine bakılarak olabilecek değişiklikler gerçekleştirilip ağırlık ifadeleri yeni gerçek durumuna erişir. Buna da ağırlık eğitilmesi (öğrenme) denilir (Khalaf, 2020). Ağırlık eğitmek için literatürde birçok değişik öğrenme modelleri mevcuttur. YSA' nın en çok kullanılan modelleri ise algılayıcılar, adaline, çok katmanlı algılayıcı modelleri (hatayı geriye yayma modelleri-backpropagation), hopfield ağları, bolztman makinesi, elman ağı, radyal temelli ağlardır (Çevik ve Dandıl, 2012: 21).

Bu çalışmada giriş katmanı akım ve gerilim olmak üzere iki nörona sahipken, çıkış katmanında ise alt sayaç olmak üzere bir tane nöron bulunmaktadır. Eğitim sonrasında akım ve gerilim değerleri ağırlık verildiğinde alt sayaç tahmin edebilir. Ağırlık performansı RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri ile hesaplanmıştır. Giriş katmanında bulunan akım ve gerilim değerlerine belirlenen yılların ilgili ayları için hesaplanan ortalama değerler sunulmaktadır. Çıkış katmanında ise belirlenen tarihler için YSA tarafından tahmin edilen alt sayaç değeri hesaplanmaktadır.

2.3. Geriye Yayılım Algoritması

Çok katmanlı YSA uygulamalarında aktif olarak tercih edilen bir algoritmadır. Amaç hatanın en küçük değerde hesaplanması için ağırlıkların belirlenmesidir. Bu çalışmada, elektrik tüketimi çıkışlarının tahmin edilmesi ve elde edilen değerlerin PSO ve ÇOA ile ortaya çıkan değerlerle mukayese etmek için geriye yayılım algoritması kullanılmıştır.

YSA' ya iletilen giriş değerlerine (akım ve gerilim) karşılık, ağırlık değerleri (alt sayac1, alt sayac2 ve alt sayac 3) hesaplanır. Çıkması arzu edilen değer ile hesaplanan çıktı değerleri mukayese edilerek çıkan hata ilk katmanlara doğru ilgili birimler üzerine dağıtılarak sonraki deneklerde hatanın minimize edilmesi amaçlanır. Yani çıkıştan girişe doğru hataları azaltarak geriye doğru bir yayılım gösterir.

$$\text{Hata} = \text{Çıkması Arzu Edilen Değer} - \text{Çıkan Gerçek Değer}$$

olarak bulunur.

Var olan ağırlık ilk önce çıkış katmanı ile gizli katman arasındaki bağlantı ağırlık değerleri güncellenir. Geriye doğru güncelleme yapıldıktan sonra gizli katman arası çıkışlar ve son olarak da giriş katmanı ile gizli katman bağlantı ağırlık değerleri yeniden belirlenir. Geriye yayılım algoritması Tablo 2.8' de gösterildiği gibidir.

Tablo 2.8. Geriye yayılım algoritması

1. Eğitim planlaması yapılır
2. YSA yapısı hazırlanır:
Giriş değerleri, ara katman değerleri, çıkış değerleri
Öğrenme ve momentum değerleri belirlenir
3. Random bağlantı ağırlıkları(Bi) küçük olacak şekilde ve bias ağırlıkları belirlenir
En az hata değeri belirlenir (Enhata)
4. İşlemlerin her basamağında girişler uygulanarak katmanlar arasına dağıtılır ve hata hesaplanır
Hata < Enhata denetimi yapılır
5. Son katmanda ortaya çıkan hata ara katman ve ilk katman yönünde geriye doğru yayılır ve ağırlıklar yeniden belirlenir.
6. 4'ten 5'e kadar olan basamaklar durum yerine getirilinceye kadar tekrarlanır

Kaynak: (Dandıl ve Gürgen, 2017 : 8-10)

2.3.1. İleri hesaplama

Şekil 2.3' deki ileri yönlü bir YSA' da katmana gelen verilerin hesaplanması için ağ üzerinde N3 nöronunun sonuç değeri Eşitlik 2.2 ve Eşitlik 2.3 formülleri hesaplanarak bulunur.

$$N3net = N1 * B13 + N2 * B23 + Bias * B53 \quad (2.2)$$

$$\text{Çıkış}_{N3} = \frac{1}{1+e^{-N3net}} \quad (2.3)$$

Şekil 2.3' deki YSA üzerinde N4 nöronunun sonuç değeri Eşitlik 2.4 ve Eşitlik 2.5 formülleri hesaplanarak bulunur. N7 nöronunun sonuç değeri ise Eşitlik 2.6 ve Eşitlik 2.7 formülleri hesaplanarak bulunur.

$$N4net = N1 * B14 + N2 * B24 + Bias * B5 \quad (2.4)$$

$$\text{Çıkış}_{N4} = \frac{1}{1+e^{-N4net}} \quad (2.5)$$

$$N7net = N3net * B37 + N4net * B47 + Bias * B67 \quad (2.6)$$

$$\text{Çıkış}_{N7} = \frac{1}{1+e^{-N7net}} \quad (2.7)$$

Son Eşitlik 2.7' de hesaplanan Çıkış_{N7} sonuç değeri geri yayılım algoritması tarafından hesaplanan alt sayaç değerini göstermektedir.

2.3.2. Geriye Yayılım (Geri Hesaplama)

Basit, uygulanması kolay ve en çok kullanılan algoritmalarından birisidir.

İleri hesap işlemi bittikten sonraki süreçte çıkan hata değerinin YSA katmanlarındaki her bir nörona dağıtılarak ağırlıklarının (B_{nn} -ilgili nöronun bağlantı ağırlığı değerleri) yeni değerlerinin revize edilmesi zorunludur (Dandıl ve Gürgeç, 2017 : 8-10).

Eşitlik 2.8' e göre çok katmanlı ileri yönlü YSA' larda ağırlık değerleri (B) sürekli revize edilerek yeni değeri belirlenir. Burada amaç geriye yayılım algoritmasının ΔB değerini hesaplayarak en uygun ağırlık değerlerini bulmaktır.

$$\Delta B_{yeni} = B_{13eski} + \Delta B_{13} \quad (2.8)$$

Geriye yayılımda en küçük kareler yöntemiyle hata fonksiyonu hesaplanır. En_{hata} olarak adlandırdığımız hata fonksiyonu Eşitlik 2.9' da gösterilmektedir. Gerçek hata g ile, B ağırlıklarıyla elde edilen değer y ile gösterilirse;

$$En_{hata} = \frac{1}{2} e^2 = \frac{1}{2} (g - y)^2 \quad (2.9)$$

Son olarak B ağırlıklarının değerini hesaplamak için Eşitlik 2.10 kullanılmaktadır. Formülde belirtilen η katsayısı 0-1 aralığında öğrenme katsayısını göstermektedir (Dandıl ve Gürgen., 2017 : 8-10).

$$\Delta B = -\eta \frac{\partial En_{hata}}{\partial B} \quad (2.10)$$

YSA' da durdurma komutu eylemini yerine getirinceye dek belirlenen iterasyonda ağdaki ağırlıklar Eşitlik 2.8, Eşitlik 2.9 ve Eşitlik 2.10'a göre kademeli bir şekilde yenilenerek, ağın sonucunda oluşan hata değeri en aza indirilmeye çalışır. Hata istenilen en makul değer oluncaya kadar bu adımlar sürekli tekrarlanır (Keleşoğlu, 2006:3937). Durma şartı yerine getirildiğinde son ağırlıklar (B) ağın ağırlıkları olarak belirlenir ve ilgili giriş değerlerine göre, çıkıştaki alt sayaç değeri belirlenir (Dandıl ve Gürgen., 2017 : 8-10).

2.4. Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA)

ÇOA çekirgelerin doğal hareketlerinden esinlenilerek geliştirilmiş ve son yıllarda optimizasyon problemlerinin çözümünde başta olan bir meta-sezgisel algoritmadır (Saremi ve Lewis, 2017:30-47). Çok amaçlı bir ÇOA Seyedali Mirjalili tarafından 2017 yılında önerilmiştir.

Çekirgeler doğada tek başlarına görülse de, canlılar içerisinde en geniş sürülerden birisidir. ÇOA, çekirgeler arasındaki itme ve çekim kuvvetlerinin taklit edilmesini sağlamaktadır. İtme kuvveti ile çekirgelerin arama alanını keşfetmeleri sağlanırken, çekim kuvvetleri ile çekirgeler için gelecek vaat eden bölgelerden yararlanmaya olanak tanınır. ÇOA ile optimizasyon sürecinde, arama ve sömürme aşamalarının dengelenmesi için çekirgelerin konfor bölgesini azaltan bir katsayı kullanılmaktadır (Hekimoğlu, 2020:169). Böylece ÇOA ile en optimum sonucun bulunması daha kolay olmaktadır.

ÇOA yeni ve popüler bir optimizasyon algoritmasıdır. Geniş uygulama yelpazesi, avantajlarından biridir ve bu algoritma, yüksek keşif yeteneğine sahiptir. ÇOA' nın avantajlı yönleri olduğu gibi olumsuz özellikleri de mevcuttur. Ancak uygulama alanına göre dezavantajları avantajlarının gerisinde kalabilmektedir, bu nedenle çalışmamızın odak noktası olmuştur. Algoritmanın bazı avantaj ve dezavantajları Tablo 2.9 ' da listelenmiştir.

Tablo 2.9. Çekirge Optimizasyon Algoritmasının avantaj ve dezavantajları

Avantaj	Dezavantaj
Kolay uygulanması	Teorik yakınsama özelliği yok
Mantıklı ve güzel sonuçlar vermesi	Arama alanından yararlanmanın sakıncaları
Esnek ve ölçeklenebilir olması	Yeni optimizasyon problemlerini çözmek için ayarlama ve modifikasyon gerektirir
Basitlik, sağlamlık	Bazı karmaşık optimizasyon tekniklerinde erken yakınsama
Diğer meta-sezgisel ve tekniklerle melezleştirme	
Arama alanında keşfetme konusunda güçlü yeteneğe sahip olması	

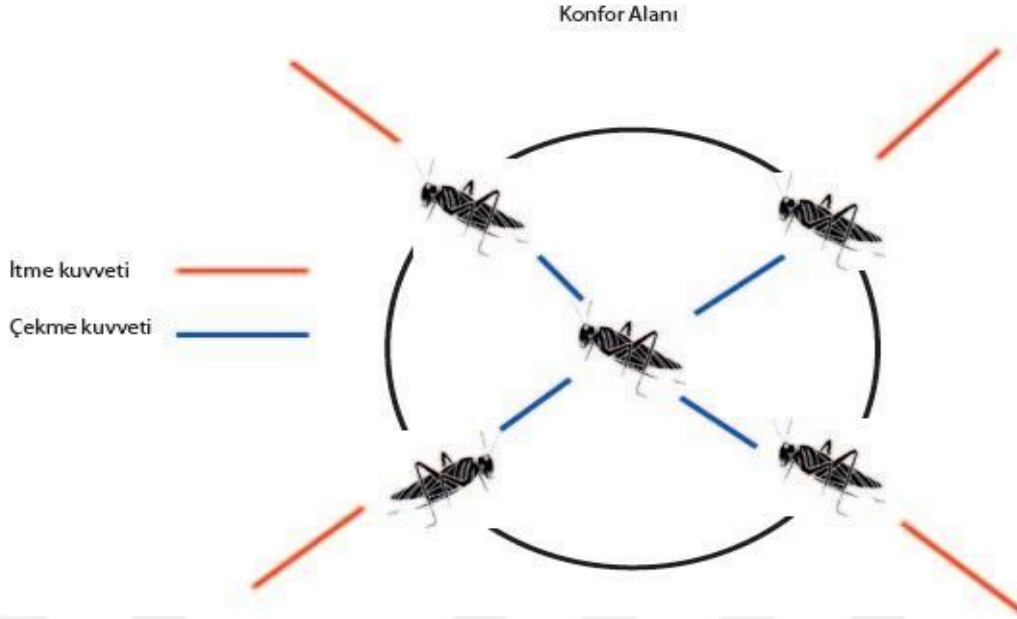
Kaynak : (Luo vd., 2018)

Yakın zamanda geliştirilen bu algoritma kısıtlamalı ve kısıtlamasız optimizasyon problemlerini çözmede etkilidir. Günümüzde gerek biyolojik ve gerekse sosyal sistemlerden esinlenerek birçok hesaplama ya da çözüm metodu geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir.

Çekirge optimizasyon algoritmasının öne çıkan özellikleri şunlardır:

- Doğrusal olmayan, karmaşık, dinamik ve büyük ölçekli sorunları çözmede başarılıdır.
- 2017 yılından bu yana yakın zamanda önerilmiştir.
- Popülasyon tabanlıdır.
- Uygulaması basittir ve sadece birkaç parametre değişikliği ile kolayca ayarlanabilir.
- Yinelemeler boyunca, parametre kademeli olarak azaltılır. Bu nedenle ÇOA önce arama alanını araştırır ve ardından kullanır. Kararlı hal salınımlarını azaltmak önemlidir (Kaçtı vd., 2020:958).
- ÇOA tek modlu, çok modlu ve bileşik matematik problemlerinin optimizasyonunda çok etkilidir.

Tüm bu özelliklerinden sonra ÇOA diğer algoritmalarla göre başarılı keşfetme ve sömürme yetisine sahip olması, yerel optimuma yakalanmaması, global optimum çözüme hızlıca ulaşması ve problemin karmaşıklığından etkilenmemesidir (Hekimoğlu, 2020:169). Bu avantajlı özelliklerinin çokluğundan ötürü bizim çalışmamızda kullanmak istediğimiz algoritma ÇOA olmuştur.



Şekil 2.4. Çekirgeler ve konfor alanındaki etkileşimler

Şekil 2.4’ te çekirgeler ve konfor alanındaki etkileşim gösterilmektedir. ÇOA’ nda çekirgelerin yiyecek ararken gösterdikleri sürü davranışlarının çekirgeler arasındaki itme ve çekme kuvvetine etkisi baz alınır. İtme kuvveti çekirgelerin arama alanını genişletmelerine izin verirken, çekim kuvveti ise bekledikleri durumu bulup sömürmeleri açısından önemlidir. ÇOA, optimizasyon algoritmasında keşif ve sömürü süreçlerini dengede tutmak için bir katsayı belirlenmiştir. Bu sayede, yerel optimumda karşılaşılan sorunların önüne geçilerek global optimumun kesin bir tahmin yürütmek daha kolay olmaktadır. Bulundukları duruma göre en iyi çözümün bulunması durumunda sürü tarafından takip edilmesi gereken hedef belirlenmiş olur (Kaçtı,2021).

ÇOA’ da çekirgelerin hareketi sosyal etkileşim, yerçekimi kuvveti ve rüzgar akımı olmak üzere üç faktörden etkilenir (Hekimoğlu, 2020). X_i , i’nci çekirgenin pozisyonunu göstermek üzere, Eşitlik (2.10)’ da sunulmuştur. Burada S_i sosyal etkileşimi, G_i yerçekimi kuvvetini ve A_i ise rüzgar akımını göstermektedir (Xiaofeng vd., 2020)

$$X_i = S_i + G_i + A_i \quad (2.10)$$

Sosyal etkileşimi gösteren S_i Eşitlik (2.11)’ de sunulmuştur. Burada d_{ij} , i.’ nci ve j.’ nci çekirgeler arası mesafeyi, $\widehat{d}_{ij}$ ise i’ nci çekirgeden j’ nci çekirgeye birim vektörü ifade etmektedir. Ayrıca s fonksiyonu f ve l parametreleri ile sosyal kuvveti tanımlamaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1, j \neq i}^N s(d_{ij}) \widehat{d}_{ij} \quad (2.11)$$

$$d_{ij} = |x_j - x_i| \quad (2.12)$$

$$\widehat{d}_{ij} = \frac{(x_j - x_i)}{d_{ij}} \quad (2.12)$$

$$s(r) = f e^{\frac{-r}{l}} - e^{-r} \quad (2.13)$$

Çekirgenin yerçekimi kuvveti Eşitlik (2.14) ile ifade edilmektedir. Burada g yerçekimi sabiti, $\widehat{e}_g$ ise dünyanın merkezine doğru birim vektör için kullanılmaktadır.

$$G_i = -g \widehat{e}_g \quad (2.14)$$

Çekirge için rüzgar akımı ise Eşitlik (2.15)' deki ifadeden hesaplanmaktadır. Burada, u çekilme sabitini, $\widehat{e}_w$ ise rüzgar yönüne doğru birim vektörü göstermektedir.

$$A_i = u \widehat{e}_w \quad (2.15)$$

Eşitlik (2.11) daha açık bir ifade ile Eşitlik (2.16)' deki gibi ifade edilebilir. Burada, N çekirge sayısını temsil etmektedir.

$$X_i = \sum_{j=1, j \neq i}^N s(|x_j - x_i|) \frac{(x_j - x_i)}{d_{ij}} - g \widehat{e}_g + u \widehat{e}_w \quad (2.16)$$

Sonuç olarak, Eşitlik (2.17), ÇOA' nın açık matematiksel modelini göstermektedir. Burada, ub_d ve lb_d D ' nci boyutta alt ve üst sınırları göstermektedir. Bunun yanında, $\widehat{T}_d$ D ' nci boyutta en iyi çözümü temsil etmektedir. c parametresi ise daha optimum sonuç için Eşitlik (2.18) ile güncellenebilir. Burada l mevcut iterasyonu, L ise maksimum iterasyon sayısını göstermektedir. Çekirgelerin yinelemeler (iterasyonlar) boyunca hedefi ÇOA' nın durum güncelleme denklemi Eşitlik (2.17)' daki gibidir (Kaçtı, 2021).

$$X_i^d = c \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N c \frac{ub_d - lb_d}{2} s(|x_j^d - x_i^d|) \frac{(x_j - x_i)}{d_{ij}} \right) + \widehat{T}_d \quad (2.17)$$

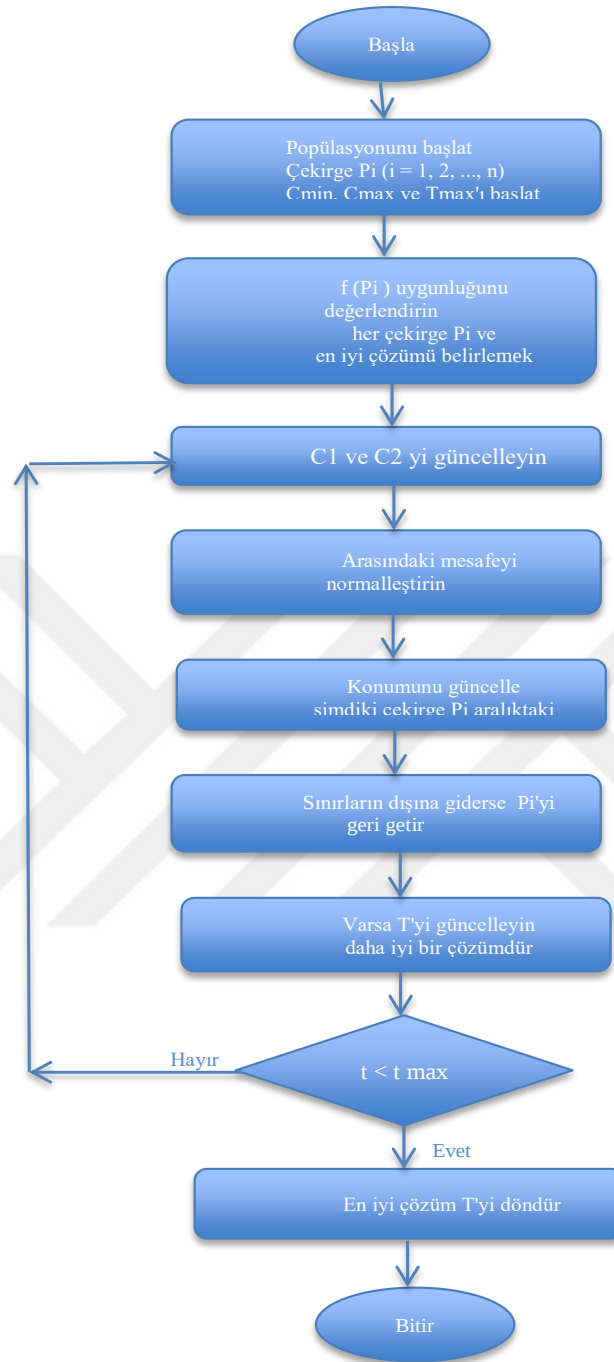
$$c = cmax - l \frac{cmax - cmin}{L} \quad (2.18)$$

Çekirge optimizasyon algoritmasının sözde kodlarla ifade edilmiş hali Tablo 2.10’ da detaylıca gösterilmektedir.

Tablo 2.10. ÇOA’ nın mekanizmasının sözde kodlarla ifade edilmesi

1:	Begin
2:	Başlangıç X_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) sürüsünü oluştur
3:	c_{max} , c_{min} ve <i>maksimum iterasyon sayısı</i> ni belirle
4:	Her arama ajanının uygunluk değerinin hesapla
5:	T =en iyi arama ajanı
6:	while ($l \leq \text{maksimum iterasyon sayısı}$)
7:	c değerini Eşitlik 2.18’e göre güncelle
8:	for (her arama ajanı için)
9:	çekirgeler arası mesafeleri normalize et
10:	Eşitlik 2.17’ye göre mevcut arama ajanının pozisyonunu güncelle
11:	sınır taşması varsa mevcut arama ajanını kullan
12:	end for
13:	eğer daha iyi çözüm varsa T ’yi güncelle
14:	$l=l+1$
15:	end while
16:	return T
17:	end

Şekil 2.5’ te görüldüğü gibi ÇOA’ sında başlangıç parametre değerleri girilerek popülasyon başlatılır. Her çekirge konfor bölgesi için en iyi çözümü belirler ve aralarındaki mesafeyi normalleştirerek günceller. Konumunu güncellediğinde sınırları dışına giderse konfor alanına geri getirilir. En iyi çözüm bulununcaya kadar döngü devam ettirilir.



Şekil 2.5. ÇOA' nın akış diyagramı ile gösterimi

Kaynak: (Meraihi vd., 2021: 6)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Gerçekleştirilen çalışma üzerindeki tüm deneysel analizler i7 işlemcili 2.4 GHz ve Windows 10 işletim sistemine sahip bir bilgisayarda MATLAB programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen yöntem için tüm deneysel analizler YSA modeli üzerinde yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan ileri yönlü üç katmanlı YSA yapısı üzerindeki toplam dokuz ağırlık değeri sırasıyla GYA, PSO ve ÇOA algoritmaları ile hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda bu hibrit yöntemler için sırasıyla GYA-YSA (Geri Yayılım Algoritması-Yapay Sinir Ağı), PSO-YSA (Parçacık Sürü Algoritması-Yapay sinir ağı) ve ÇOA-YSA (Çekirge Optimizasyon Algoritması- Yapay Sinir Ağı) adlandırmaları kullanılmıştır.

GYA çok katmanlı YSA yapıları için ağı eğitilmesi aşamasında tercih edilen uygulaması kolay bir modeldir. Bu algoritmanın öğrenme kuralında, ağı çıkışındaki toplam hatayı minimuma indirerek hesaplanması ile ağırlıklar için en uygun değerlerin belirlenmesi hedeflenir (Kahramanli ve Allahverdi, 2008: 82-89).

PSO popülasyon tabanlı meta-sezgisel bir algoritmadır ve karınca, balık ve kuş gibi sürü halinde yaşayan bazı hayvanların yiyecek araması aşamasında sergiledikleri davranışlardan ilham almaktadır (Kennedy ve Eberhart, 1995). PSO algoritmasında, tüm parçacıklar için en uygun konumların belirlenmesi amaçlanır ve mekanizma başlangıçta rastgele parçacıklarla başlatılır. PSO’ da, parçacıkların yenilenerek güncellenmesi ile problem için en uygun çözümün bulunması sağlanır.

Ağı eğitimi aşamasında ilk ağırlık değerleri rastgele belirlenmiş olup, bu ağırlıklar GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA yaklaşımlarının yapısına göre optimum değerlere ulaştırılmıştır. YSA’ nın çıkış katmanı bulunan sonuçların ortalaması alınarak son çıkış değerlerine ulaşılmıştır. PSO’ da parçacık sayısı, maksimum nesil sayısı ve iterasyon sayısı parametreleri sırasıyla 30, 100 ve 100 olarak; c1 ve c2 sabit katsayıları ise 2.0 olarak belirlenmiştir. ÇOA’ da ise arama ajanı sayısı, maksimum nesil sayısı ve iterasyon sayısı yine 30, 100 ve 100 olarak, cmax ve cmin değerleri ise sırasıyla 1.0 ve 0.00004 olarak uygulanmıştır. GYA’ da ise epok sayısı 100 olarak alınmıştır.

Çalışmada, deneysel analizler ile elde edilen tahmin değerlerinin gerçek ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak sonuçlarının doğruluğunu değerlendirmek için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), Ortalama Karesel Hataların Karekökü (RMSE) ve Varyans (R^2) kriterleri kullanılmıştır. Bu üç istatistiksel ölçüt sırasıyla Eşitlik (3.1), Eşitlik (3.2) ve Eşitlik

(3.3)' te gösterilmiştir. Burada, tahmini yapılan ölçüm sonucu sayısını, V_i ve V_j ise sırasıyla tahmin edilen ve gerçek ölçüm sonuçlarını göstermektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{i(tahmin\ edilen)} - V_{i(ölçülen)})^2}{n}} \quad (3.1)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |V_{i(tahmin\ edilen)} - V_{i(ölçülen)}|}{n} \quad (3.2)$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n |V_{i(tahmin\ edilen)} - V_{i(ölçülen)}|^2}{\sum_{i=1}^n (V_{i(gerçek)})^2} \right) \quad (3.3)$$

Deneyisel analizlerde öncelikle, bu çalışmada önerilen hibrit zeki sistemin (ÇOA-YSA) doğrusal olmayan XOR problemini çözmesi sağlanmıştır. ÇOA-YSA yöntemi ile 100 iterasyon sonucunda elde edilen skorlar Tablo 3.1' de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. ÇOA-YSA yöntemi ile 100 iterasyon sonucunda XOR probleme için elde edilen skorlar

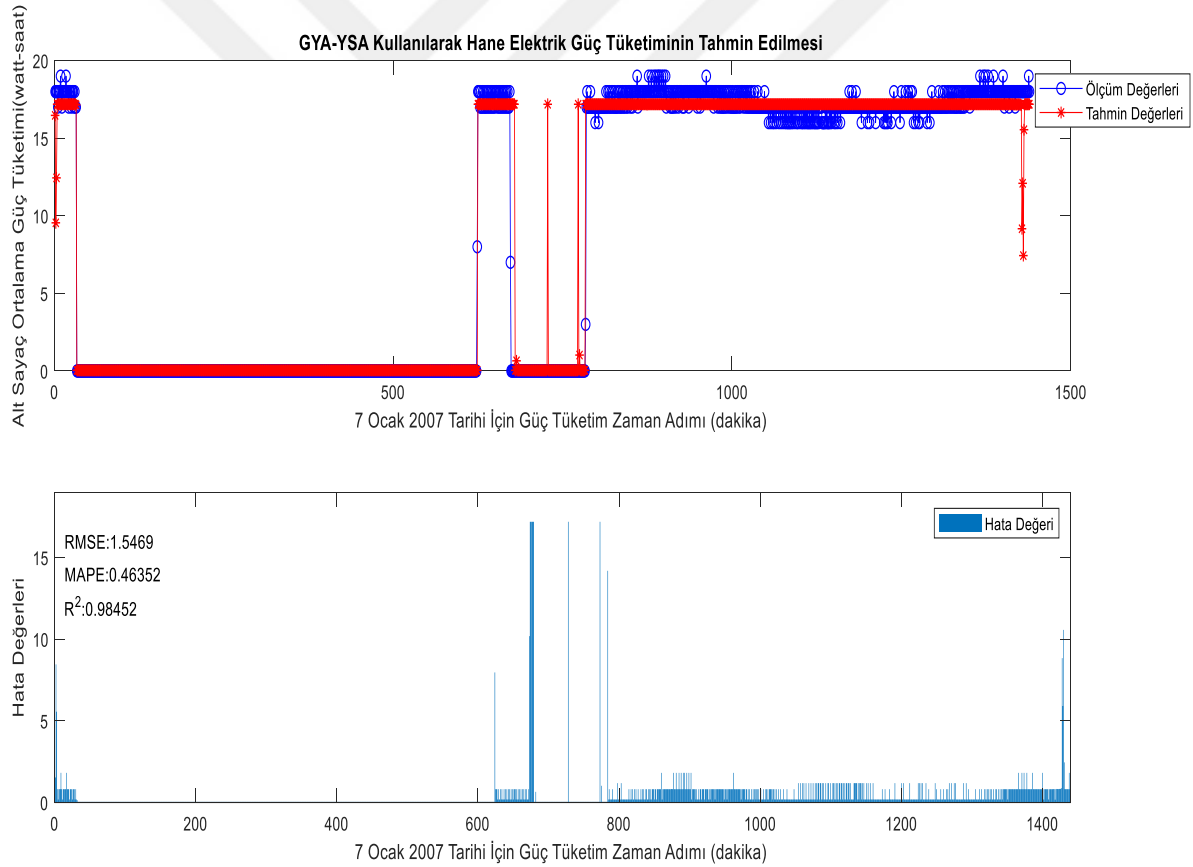
Gerçek değer	Tahmin değeri
0	0.0045
1	0.9998
1	1.0002
0	-0.0045

Deneyisel çalışmalar kapsamında, 2006 ve 2010 yılları arasında Ocak, Mayıs, Haziran ve Eylül aylarının belirlenen günleri için hane elektrik güç tüketimini ÇOA-YSA, GYA-YSA ve PSO-YSA hibrit yöntemleri ile skorlar ve hata değişim grafikleri sırasıyla Şekil i olarak gösterilmiştir. Bu grafiklerdeki RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri dikkate alındığında ÇOA-YSA hibrit zeki sisteminin, diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğu görülmektedir.

Çalışmada verisetindeki akım ve gerilim giriş değerleri kullanılarak çıkışta güç değeri hesaplanmıştır. Çıkış olarak alt sayaç3 (su ısıtıcısı ve klima) watt-saat aktif enerji değeri değişkenlik gösterdiği için tercih edilmiştir. 30 Ocak 2010, 30 Mayıs 2010 ve 1 Eylül 2010 tarihleri için alt sayaç1 (Mutfak) ve alt sayaç2 (Çamaşırhane) değerleri ile de deneyisel çalışmalar yapılmış sonuçlar Tablo 3.6' da gösterilmiştir.

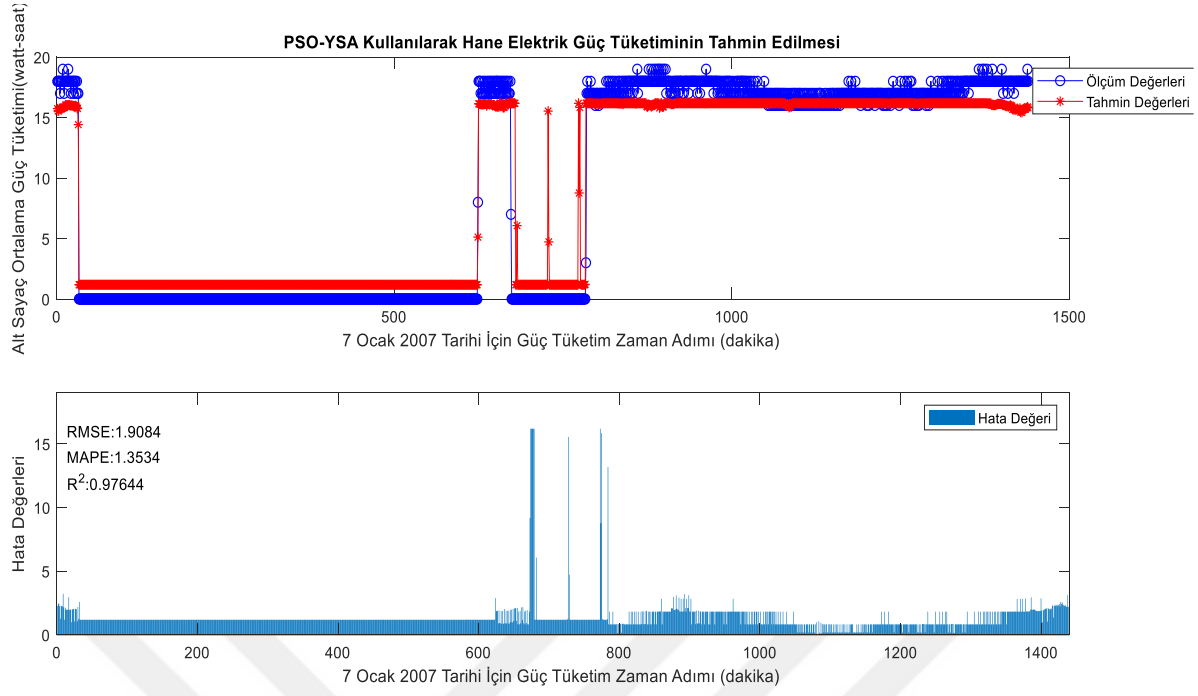
Bu çalışmada 2006 ile 2010 yılları arasında seçilen bazı yıllara ait 07 Ocak 2007, 12 Haziran 2007, 1 Ocak 2008, 15 Ocak 2008, 30 Ocak 2008, 1 Mayıs 2008, 15 Mayıs 2008, 30 Mayıs 2008, 1 Eylül 2008, 15 Eylül 2008, 30 Eylül 2008, 10 Ocak 2009, 24 Haziran 2009, 1 Ocak 2010, 15 Ocak 2010, 30 Ocak 2010, 1 Mayıs 2010, 15 Mayıs 2010, 30 Mayıs 2010, 1 Eylül 2010, 15 Eylül 2010, 30 Eylül 2010 günleri test edilerek deneysel çalışmalar yapılmıştır.

07 Ocak 2007 ve 12 Haziran 2007 tarihlerine ait GYO-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sonuç grafikleri aşağıdaki Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. Grafiklerden elde edilen değerler sayesinde oluşturulan sonuçlar ise Tablo 3.2’ de gösterilmektedir.

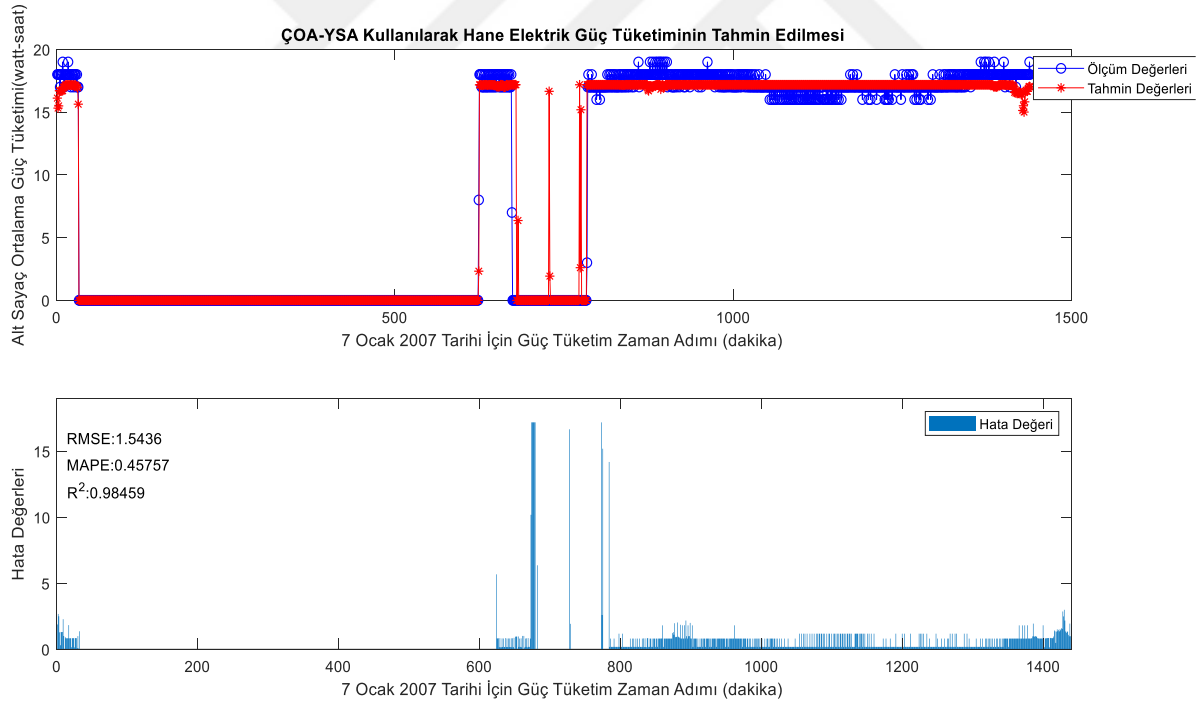


Şekil 3.1. 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.3’ te 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanmasına ait sonuçlar gösterilmiştir. ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 1.5436, MAPE değeri 0.45757 ve R^2 değeri 0.98459 olarak hesaplanmıştır.



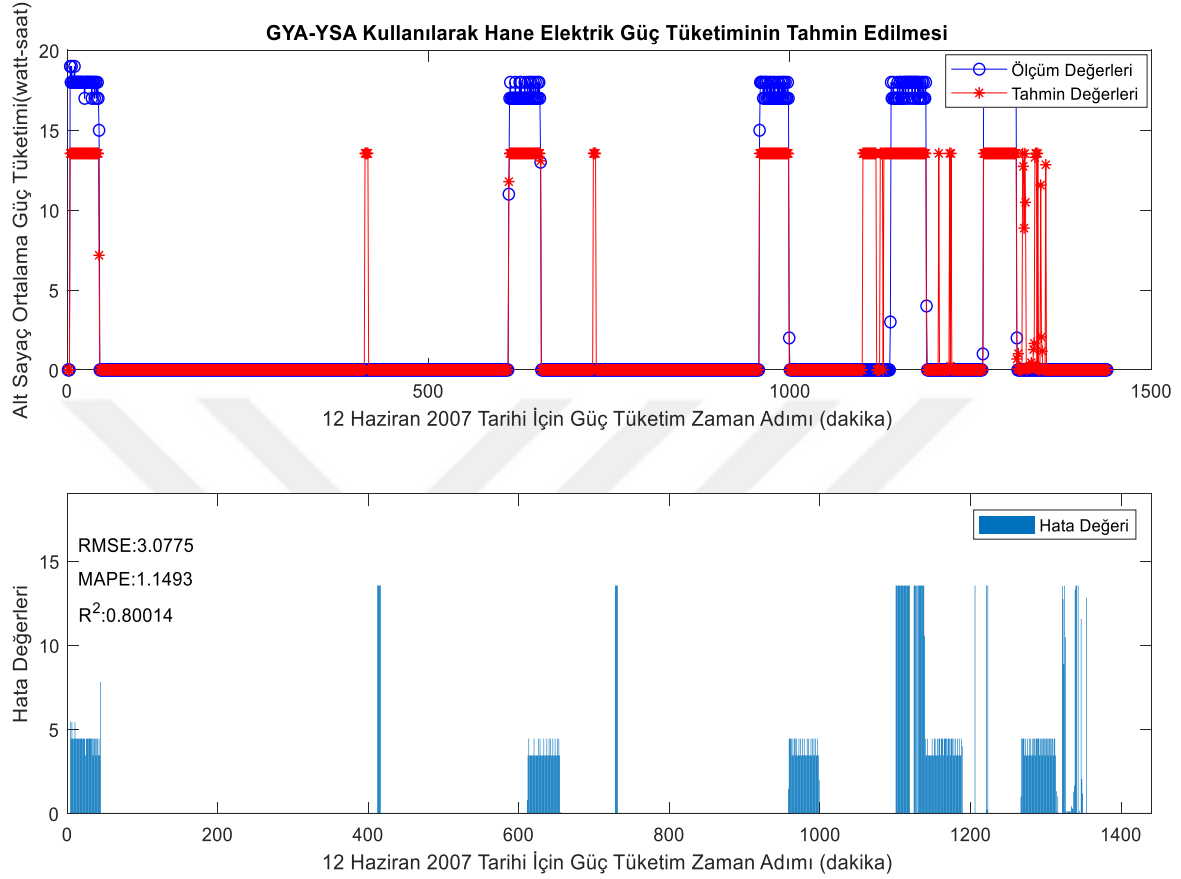
Şekil 3.2. 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.3. 07 Ocak 2007 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

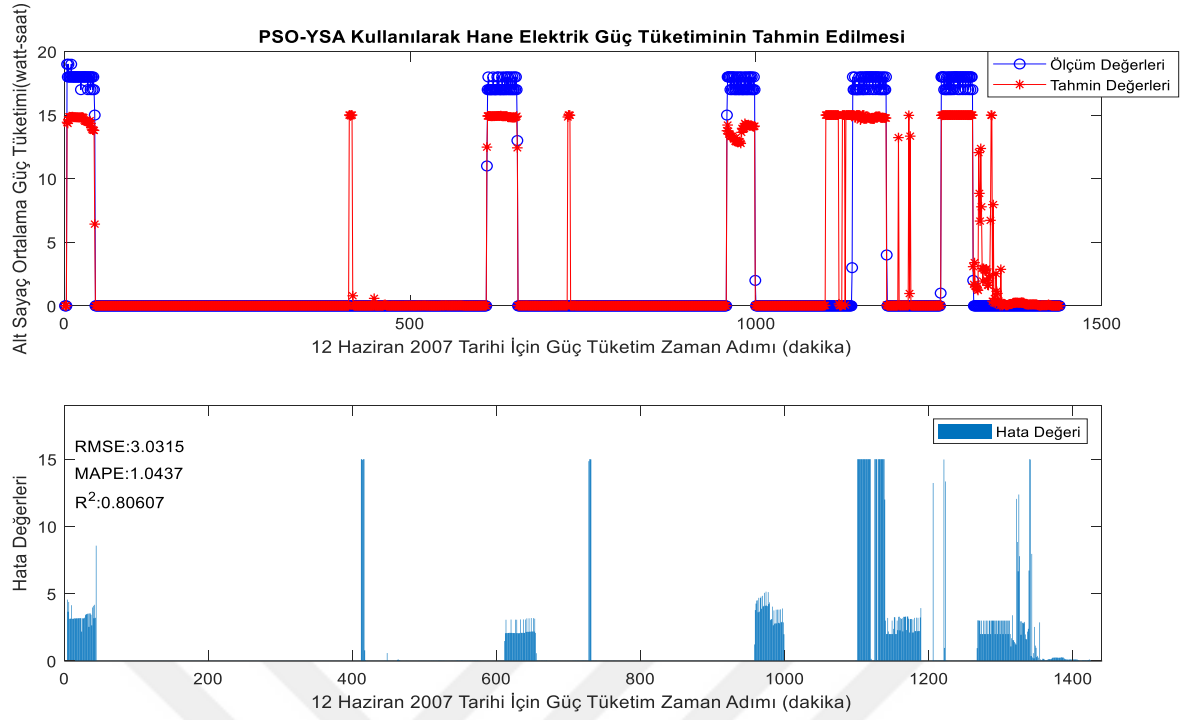
07 Ocak kış aylarına ait grafiklerden sonra verisetinden rastgele belirlenen 12 Haziran 2007 yaz aylarına ait hane güç tüketim verileri hesaplanmıştır. 12 Haziran 2007 tarihlerine ait sonuç grafikleri aşağıdaki Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç

tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. Grafiklerden elde edilen değerler sayesinde oluşturulan sonuçlar ise Tablo 3.2.' de gösterilmektedir.

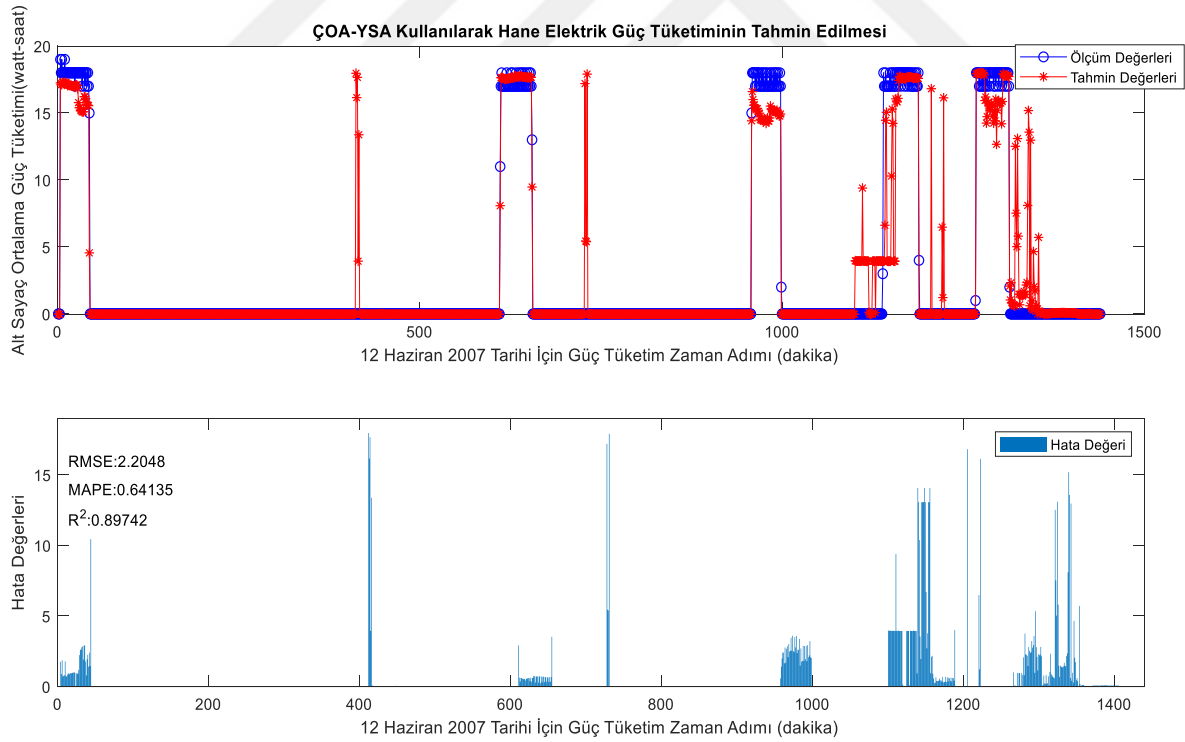


Şekil 3.4. 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.4' teki 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 3.0775, MAPE değeri 1.1493 ve R^2 değeri 0.80014 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.5' teki 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 3.0315, MAPE değeri 1.0437 ve R^2 değeri 0.80607 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.6' daki 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 2.2048, MAPE değeri 0.64135 ve R^2 değeri 0.89742 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.6. 12 Haziran 2007 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Yukarıdaki Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 grafiklere göre 7 Ocak ve 12 Haziran aylarına ait GYA - YSA, PSO - YSA ve ÇOA - YSA hibrit yöntem karşılaştırma verileri

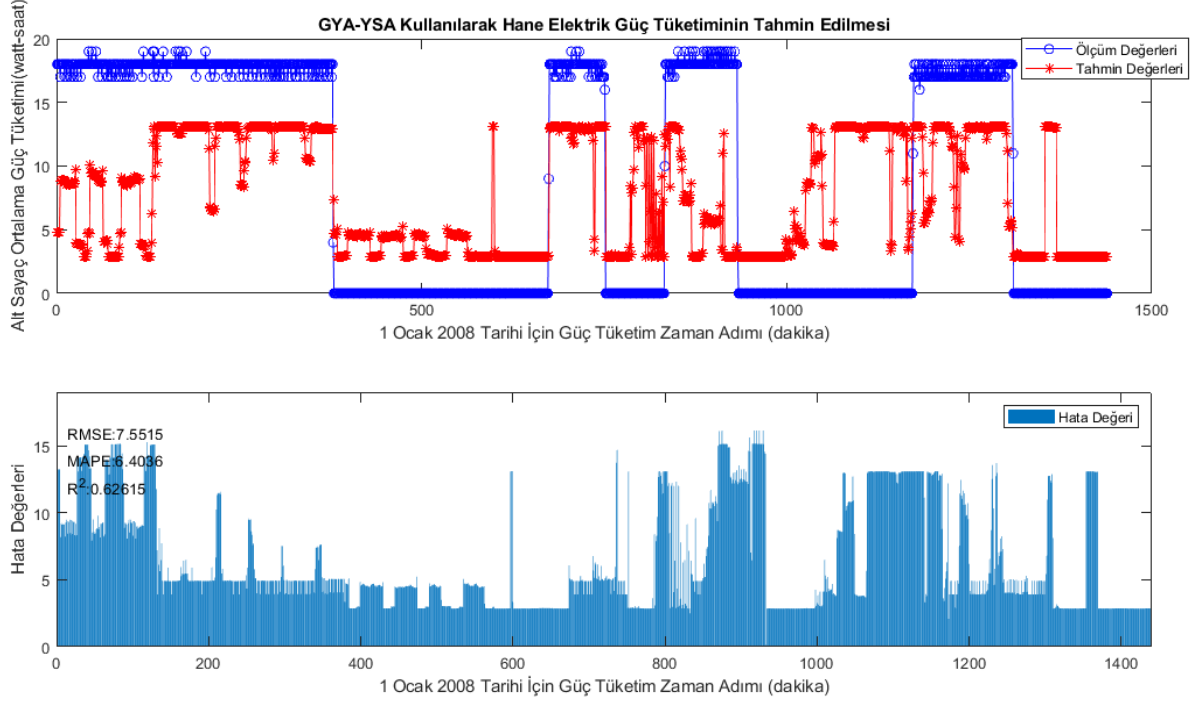
Tablo 3.2’ de gösterilmektedir. Tablodaki değerlere göre ÇOA-YSA hibrit yöntem 07 Ocak 2007 tarihi için RMSE, MAPE, R^2 değerleri sırası ile 1.5436, 0.44757, 0.98459 olarak ölçülmüş ve diğer iki GYA-YSA ve PSO-YSA yöntemlerine göre RMSE ve MAPE kriteri için daha az hata ölçüm sonuçları vermiştir.

Tablo 3.2. 2007 yılı 07 Ocak ve 12 Haziran için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar

07 Ocak 2007								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
1.5469	0.46352	0.98452	1.9084	1.3534	0.97644	1.5436	0.44757	0.98459
12 Haziran 2007								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
3.0775	1.1493	0.80014	3.0315	1.0437	0.80607	2.2048	0.64135	0.89742

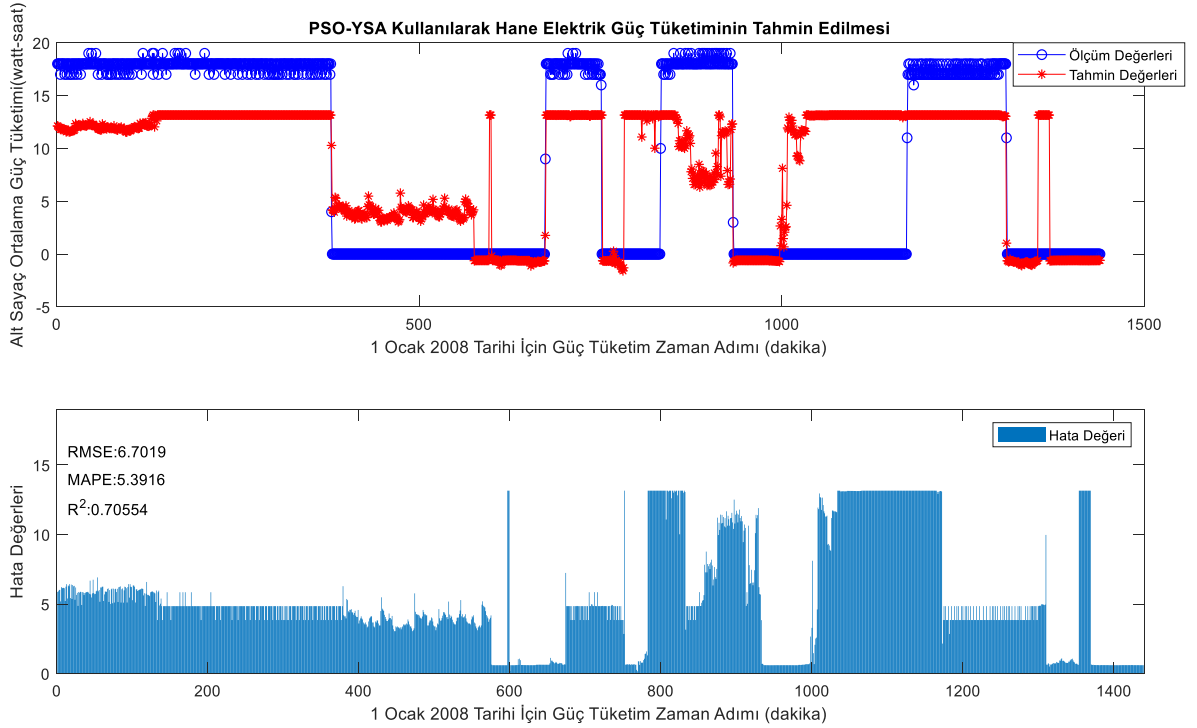
Tablo 3.2’ ye göre 07 Ocak ve 12 Haziran 2007 tarihli deneysel çalışmalar sonucunda ÇOA-YSA, RMSE ve MAPE’ ye göre daha az hata ile sonuç vermiştir.

2008 yılı Ocak, Mayıs ve Eylül aylarına ait belirlenen günlerde deneysel çalışmalar yapılmıştır. 01 Ocak 2008 tarihine ait Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 grafiklerinde GYA - YSA, PSO - YSA ve ÇOA - YSA hibrit yöntem hane güç tüketim verileri incelenmektedir. Şekiller sırası ile GYA - YSA, PSO - YSA ve ÇOA - YSA yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3’ te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.

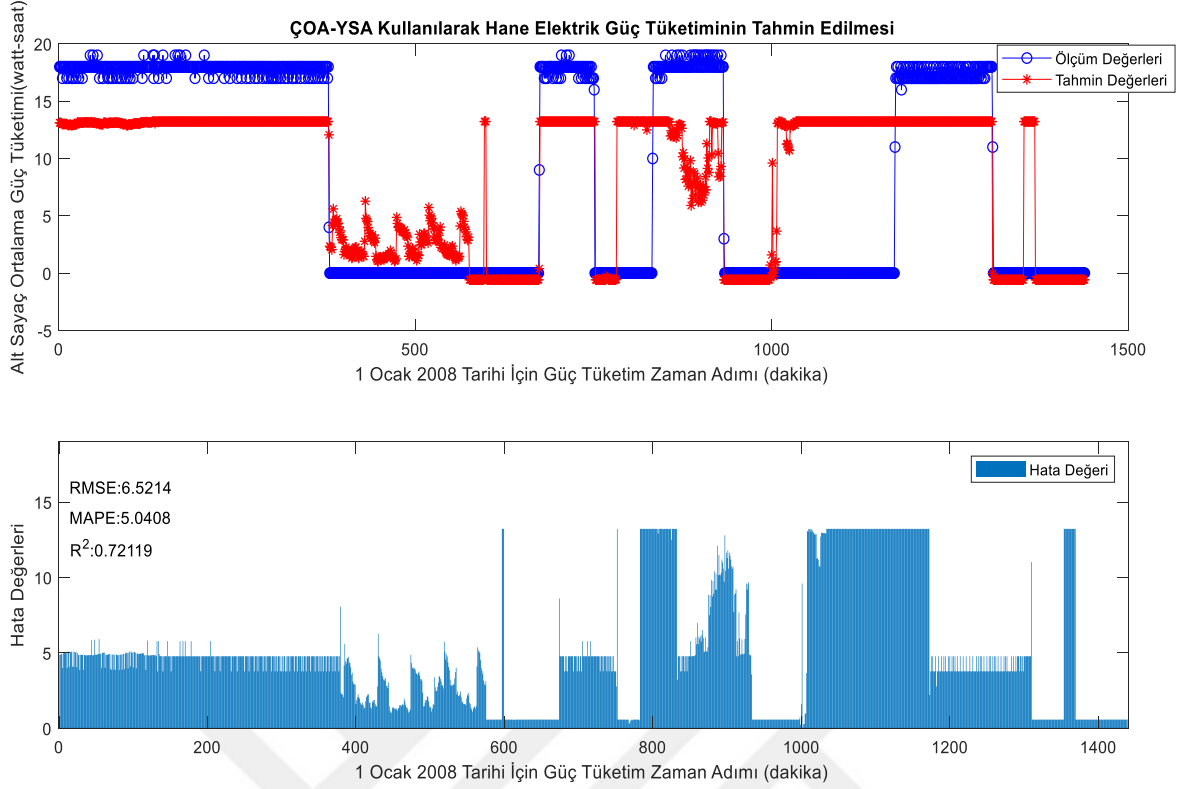


Şekil 3.7. 1 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.7’ de 1 Ocak 2008 tarihinde GYA - YSA yöntemi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile oldukça yüksek olan 7.5515, 6.4086 ve 0.62615 gibi yüksek hata değerleri olarak hesaplanmıştır.



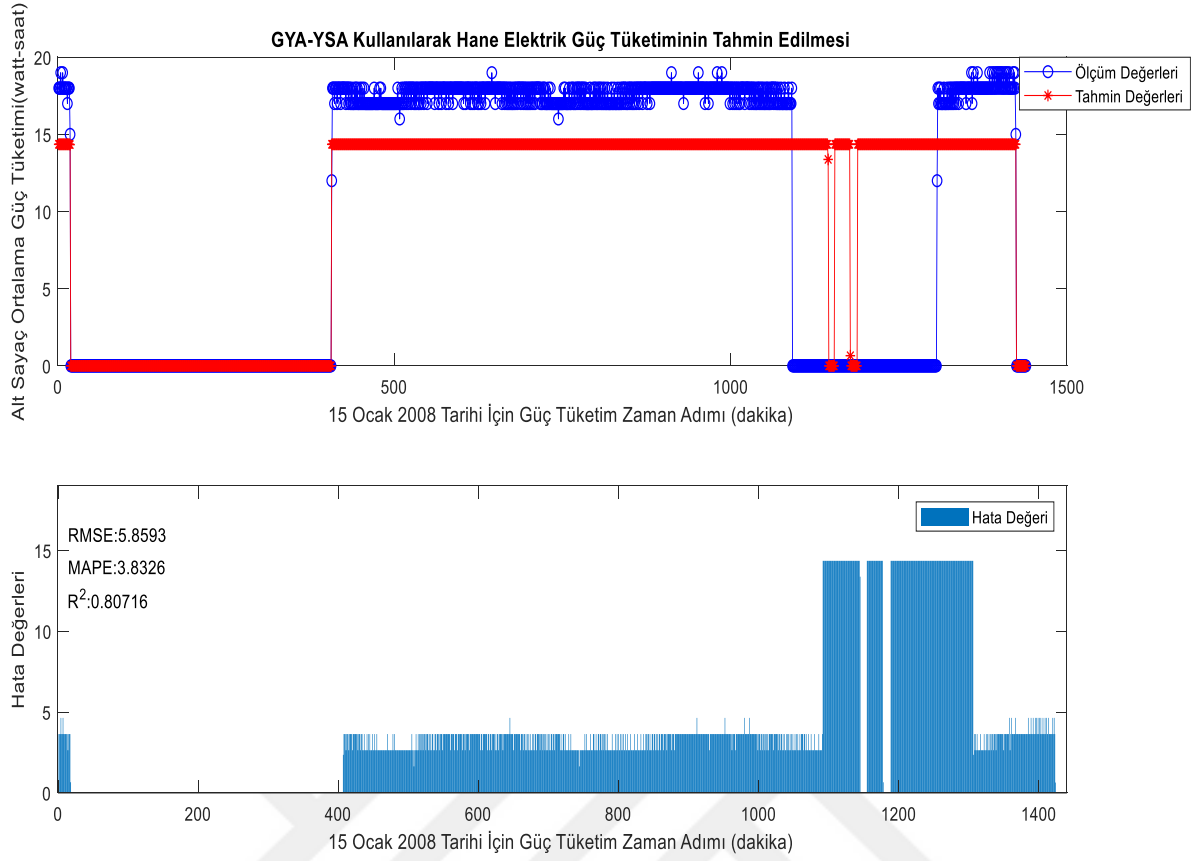
Şekil 3.8. 1 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.9. 1 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

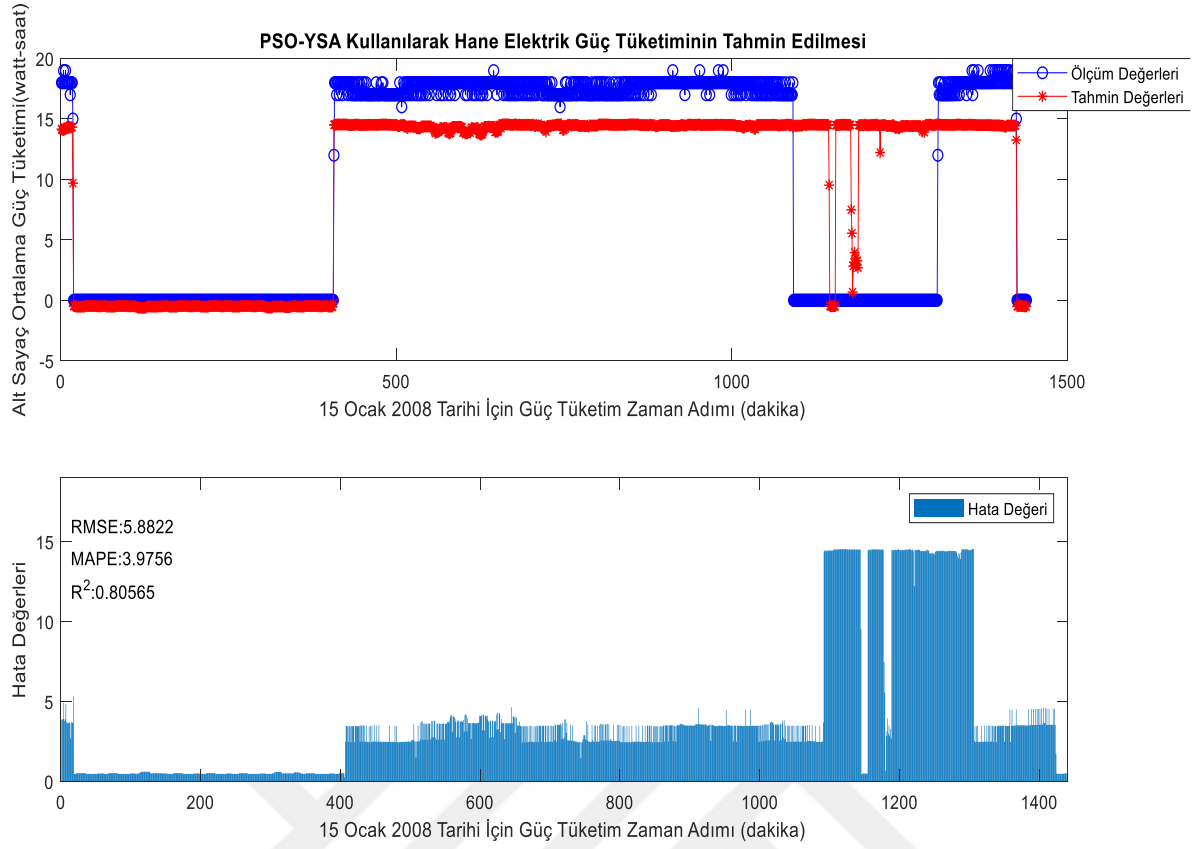
Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’ da 1 Ocak 2008 tarihinde sırası ile PSO-YSA ve ÇOA-YSA yöntemi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre PSO-YSA yöntemi hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile oldukça yüksek olan 6.7019, 5.3916 ve 0.70554 gibi yüksek hata değerleri olarak hesaplanmıştır. ÇOA-YSA hibrit yöntem hata değerleri ise RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 6.5214, 5.0408 ve 0.72119 olarak hesaplanmıştır. 1 Ocak 2008 verileri incelendiğinde ÇOA-YSA hibrit yöntemin RMSE ve MAPE kriterine göre daha düşük hatalı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

15 Ocak 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3’ te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.

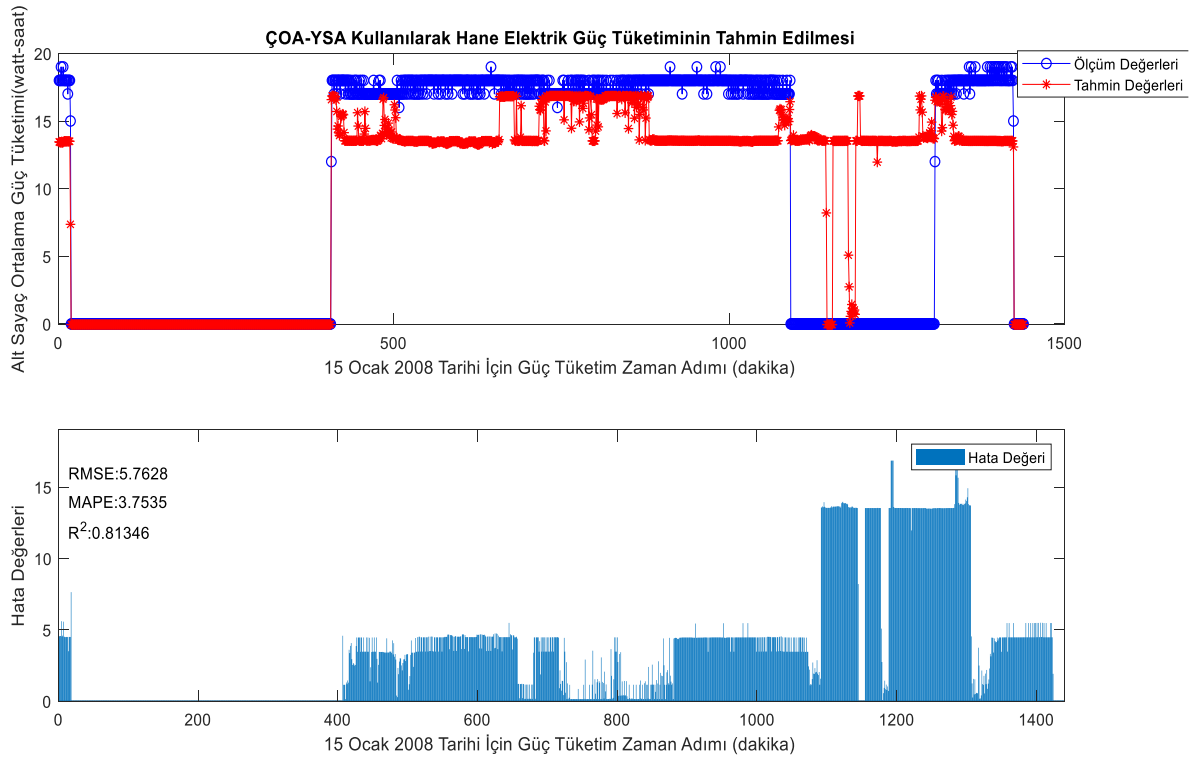


Şekil 3.10. 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.10’ da 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 5.8593, 3.8326 ve 0.80716 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.11’ de 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 5.8822, 3.9756 ve 0.80564 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.12’ de 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 5.7628, 3.7535 ve 0.81346 olarak hesaplanmıştır.



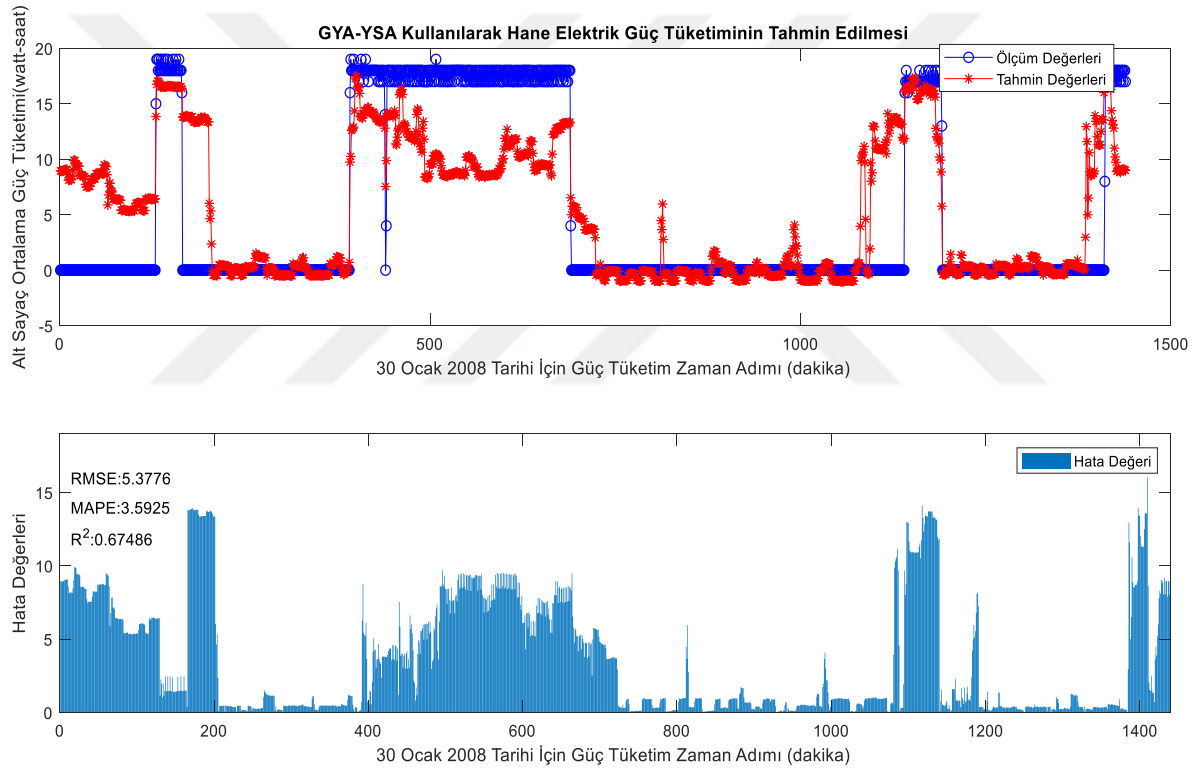
Şekil 3.11. 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.12. 15 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

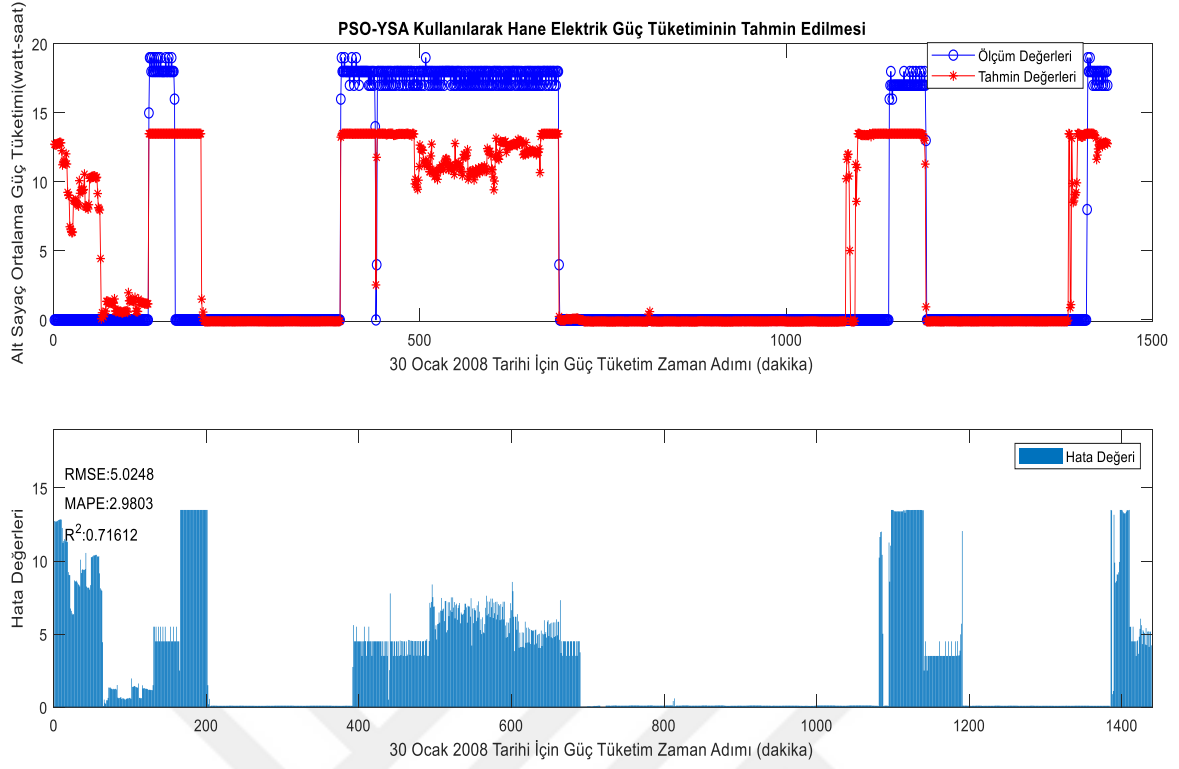
15 Ocak 2008 tarihli deneysel çalışmalar incelendiğinde GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hata değerleri sırası ile RMSE için 5.8593, 5.8822 ve 5.7628 olarak ölçülmüştür. Bu RMSE kriterine göre en iyi performans ve minimum hata ÇOA-YSA hibrit yöntem ile gerçekleştirilmiştir.

30 Ocak 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA - YSA, PSO - YSA ve ÇOA - YSA algoritmalarını kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3' te detaylı bir şekilde sunulmuştur.

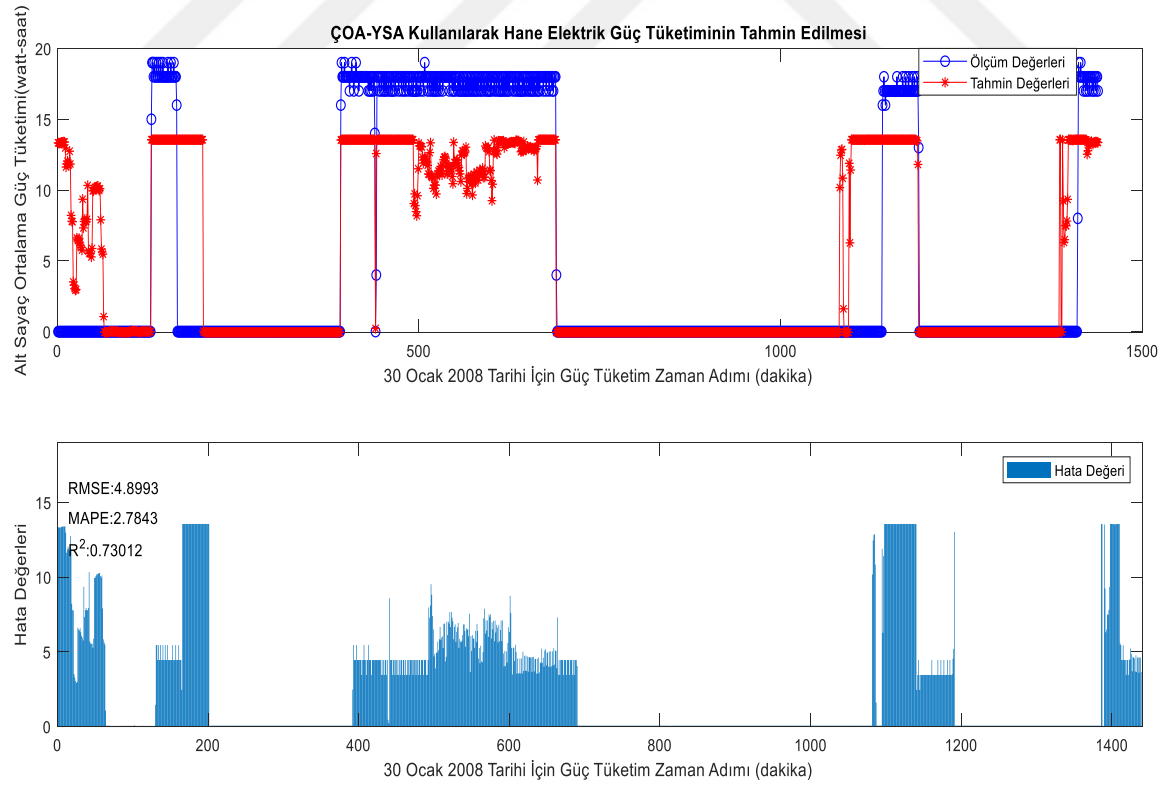


Şekil 3.13. 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.13'te 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 5.3776, 3.5925 ve 0.67486 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.14'te 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 5.0248, 2.9803 ve 0.71612 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.15'te 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 4.8993, 2.7843 ve 0.73012 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.14. 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması

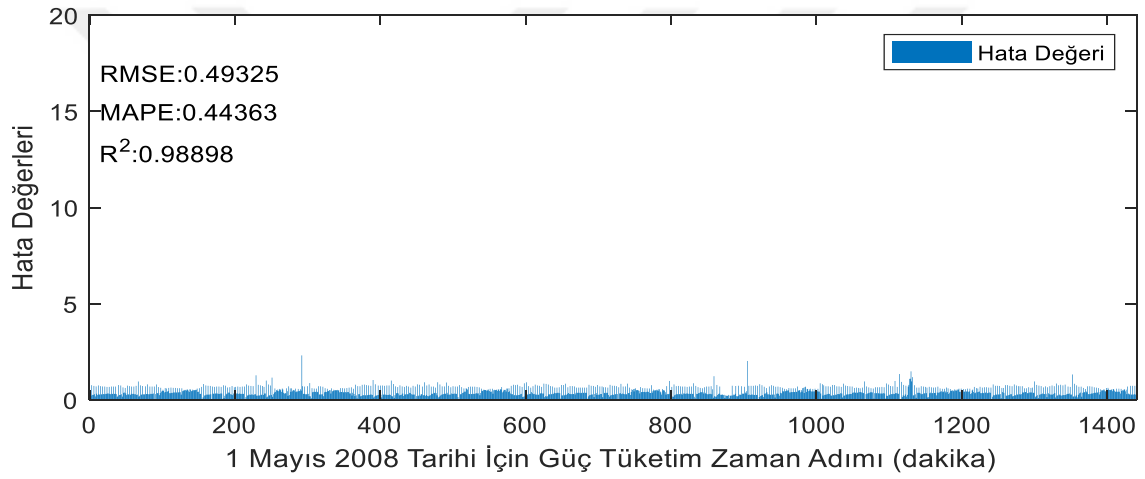
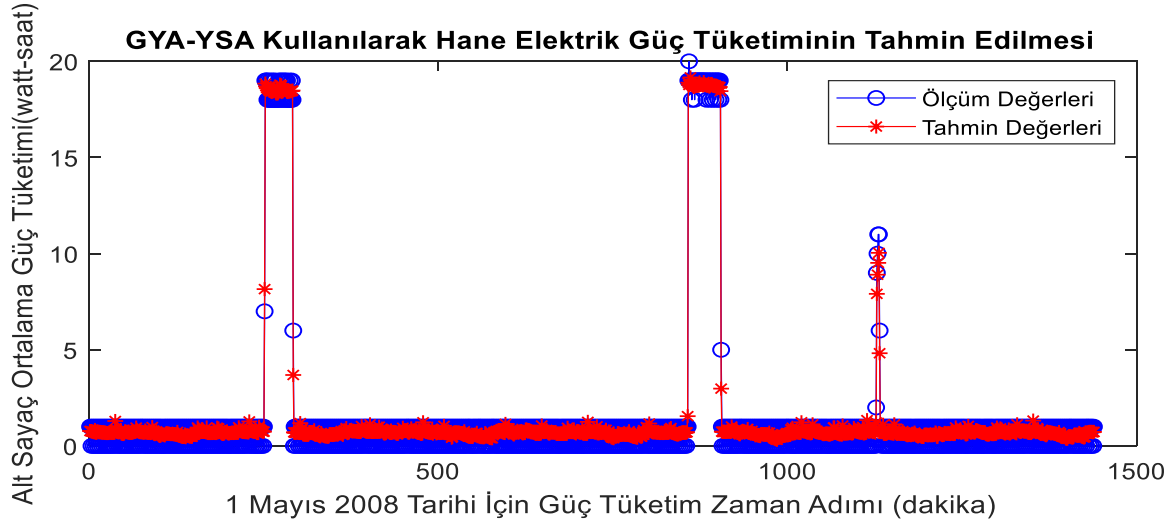


Şekil 3.15. 30 Ocak 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

30 Ocak 2008 tarihli Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15 deneysel çalışmalar incelendiğinde GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hata değerleri sırası ile MAPE için 3.5925, 2.9803 ve 2.7843 olarak ölçülmüştür. Bu MAPE kriterine göre en iyi performans ve minimum hata ÇOA-YSA hibrit yöntem ile gerçekleştirilmiştir.

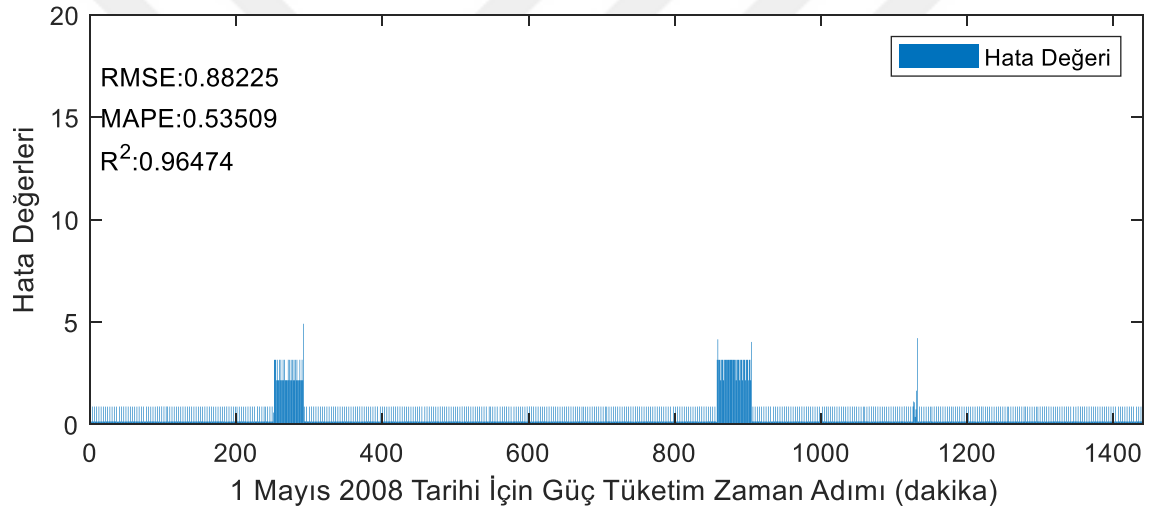
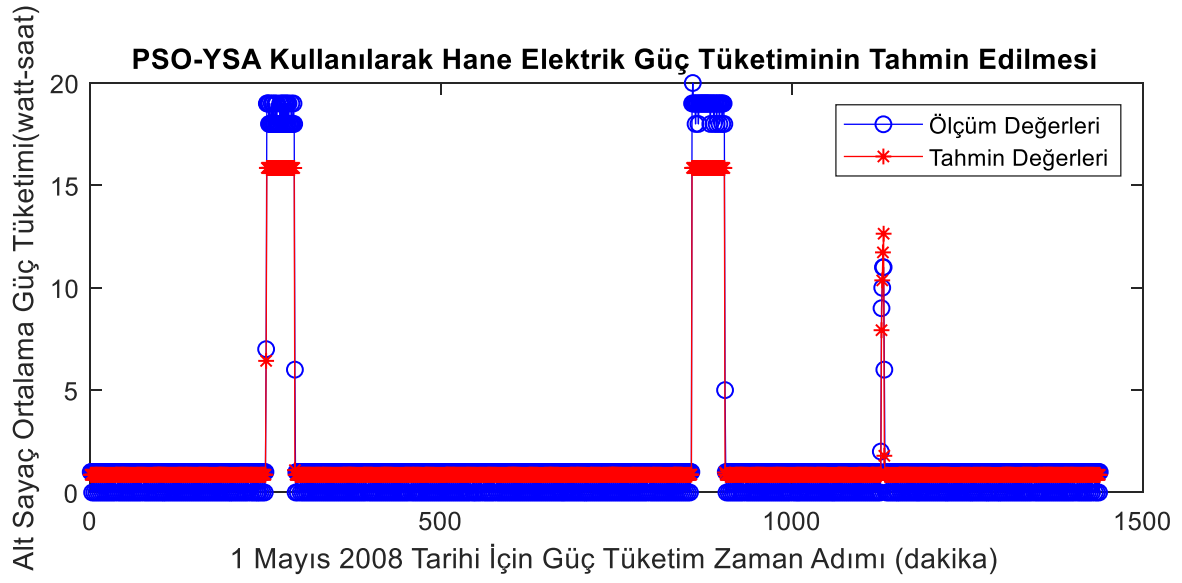
2008 yılı ocak ayında 1, 15 ve 30. ünlere olmak üzere üç gün GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA ile ilgili deneysel çalışmalar yapılmıştır. Kış mevsimi ayı olan Ocak verilerinden sonra hane güç tüketimi Mayıs ayı bahar verileri de Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24 grafiklerde gösterildiği gibi analiz edilmiştir.

Mayıs 2008 tarihlerine ait grafiklerde hane güç tüketim verileri incelenmektedir. GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sonuç grafikleri aşağıda gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3' te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



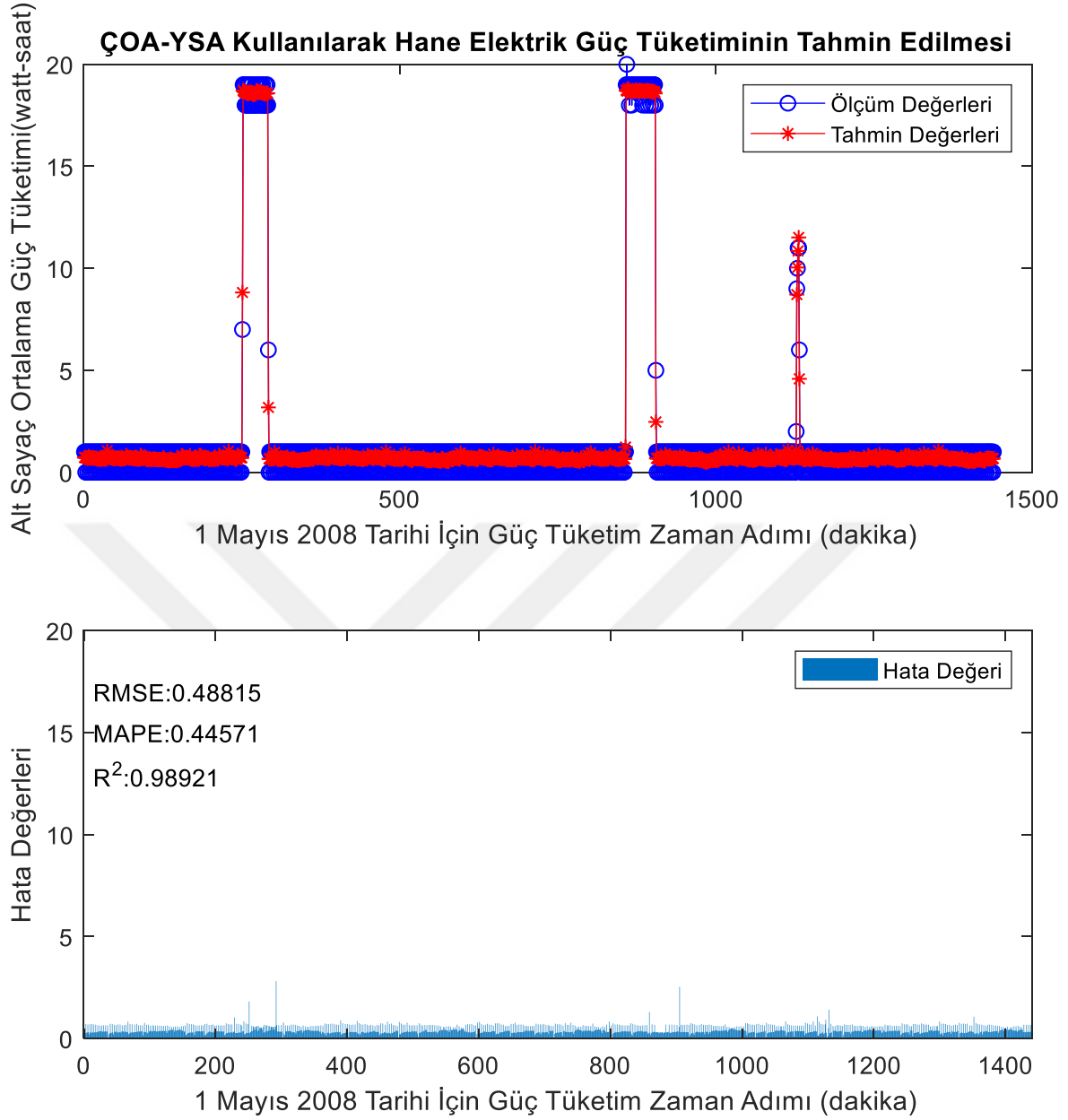
Şekil 3.16. 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.16’ da 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması sonucunda hata değerleri RMSE, MAPE ve R² sırası ile 0.49325, 0.44363 ve 0.98898 olarak oldukça düşük olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.17. 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.17’ deki 1 Mayıs 2008 PSO-YSA yöntemi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 0.88225, 0.53509 ve 0.96474 olarak hesaplanmıştır.

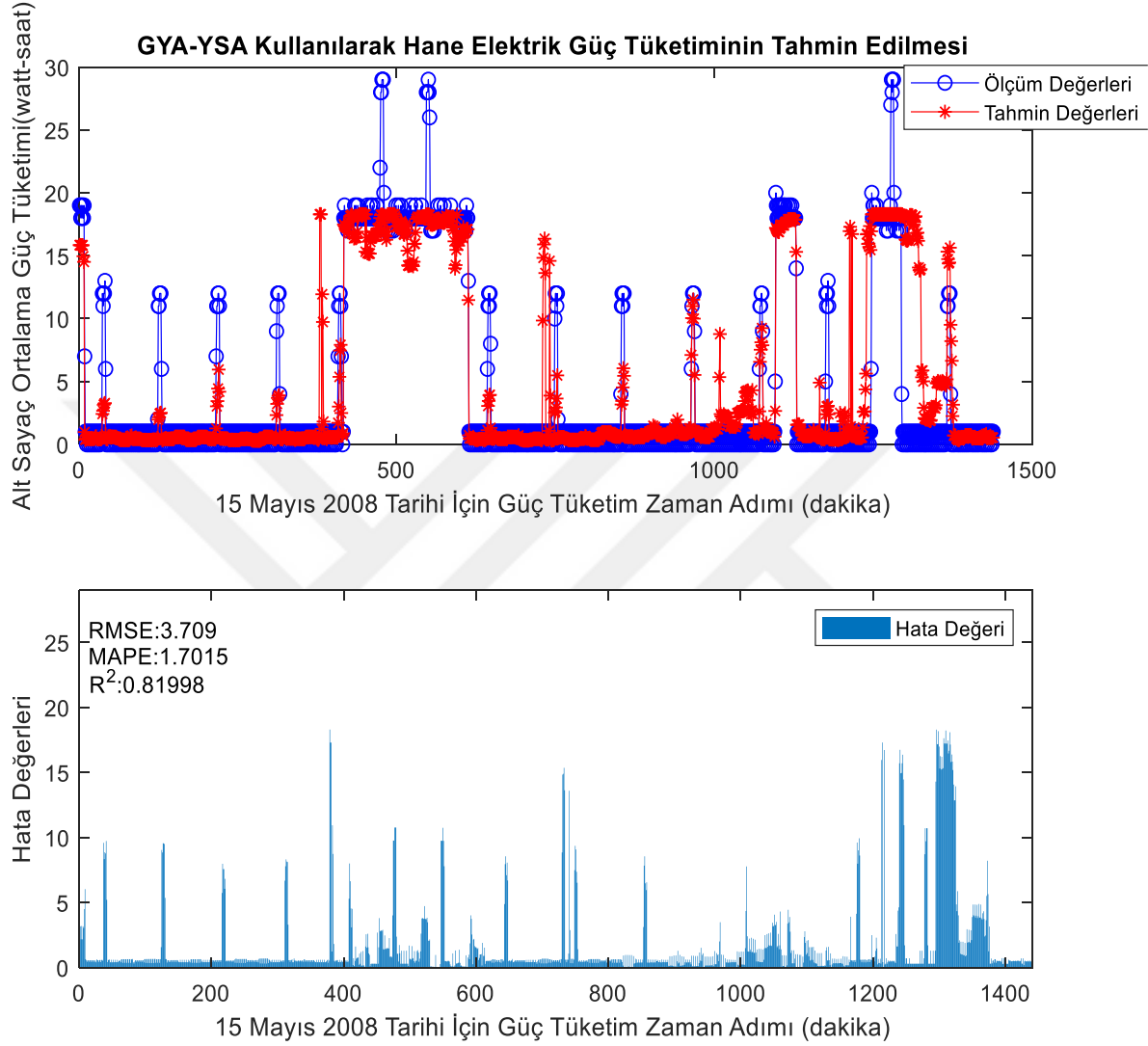


Şekil 3.18. 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.18’ deki 1 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketimi deneysel çalışmaları incelendiğinde GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hata değerleri sırası ile RMSE için 0.49325, 0.88225 ve 0.48815 olarak ölçülmüştür. 1 Mayıs 2008 tarihi için yine RMSE kriterine göre en iyi performans ve minimum hata ÇOA-YSA ile gerçekleştirilmiştir.

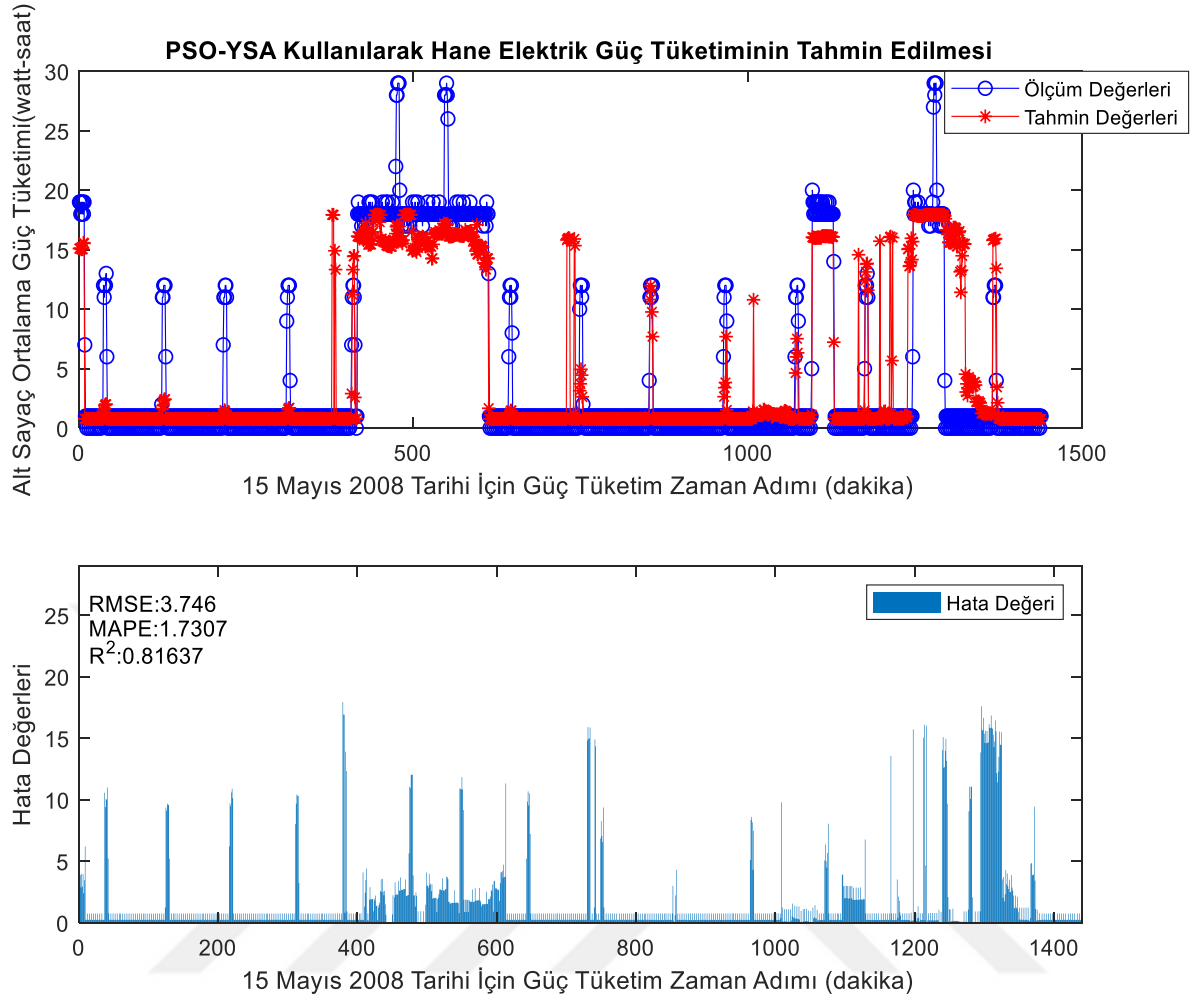
15 Mayıs 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.19, Şekil 3.20 ve Şekil 3.21 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen

gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3’ te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



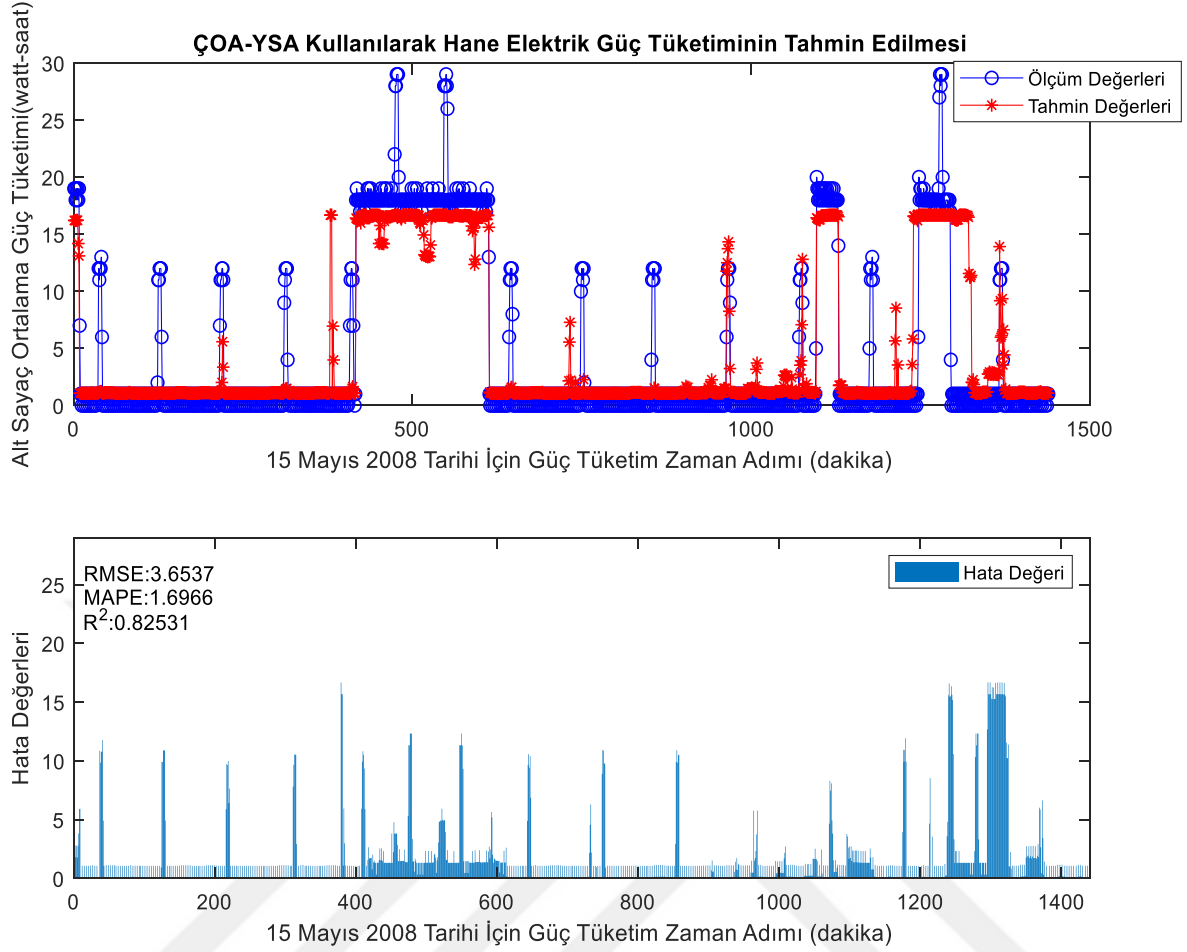
Şekil 3.19. 15 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.19’ daki 15 Mayıs 2008 GYA-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 3.709, 1.7015 ve 0.81998 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.20. 15 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması

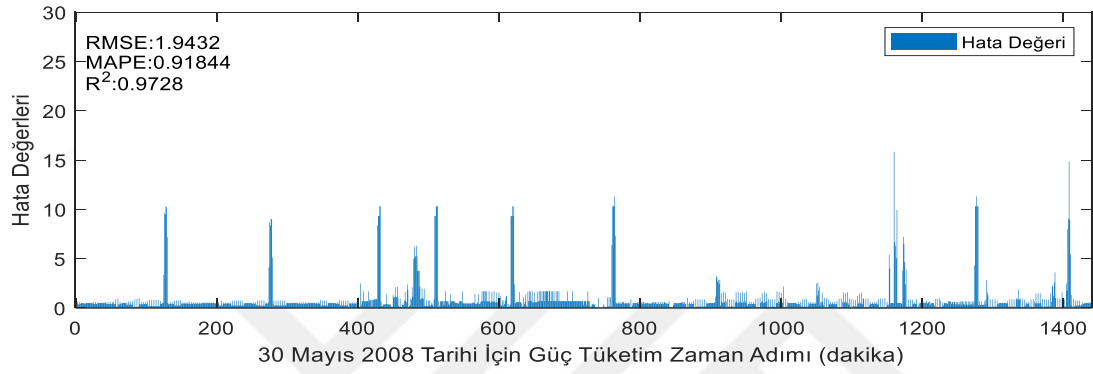
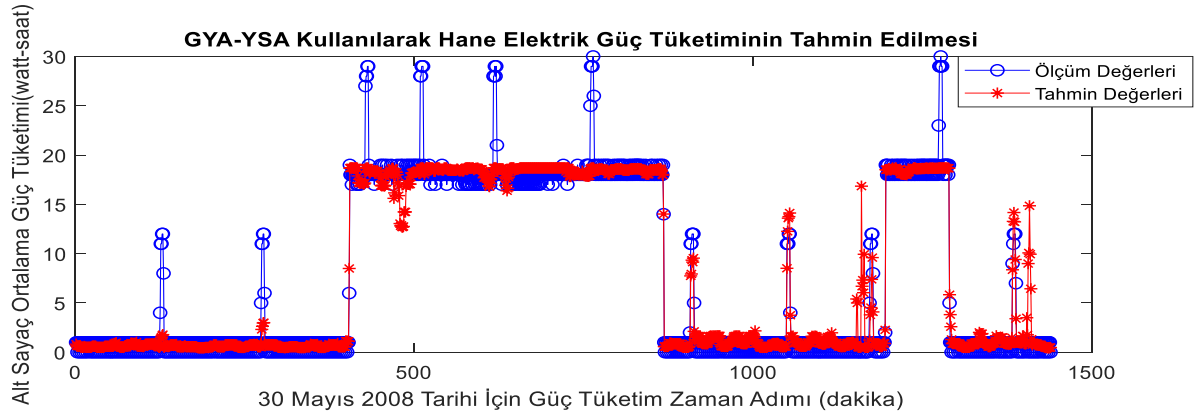
Şekil 3.20’ deki 15 Mayıs 2008 PSO-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 3.746, 1.7307 ve 0.81637 olarak hesaplanmıştır. Bu tarih için GYA-YSA ve PSO-YSA yöntemleri yakın değerler verdiği gözlenmiştir.



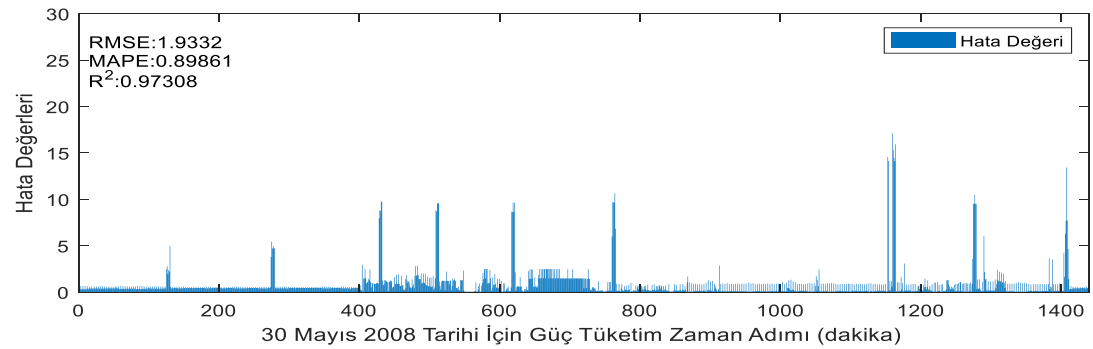
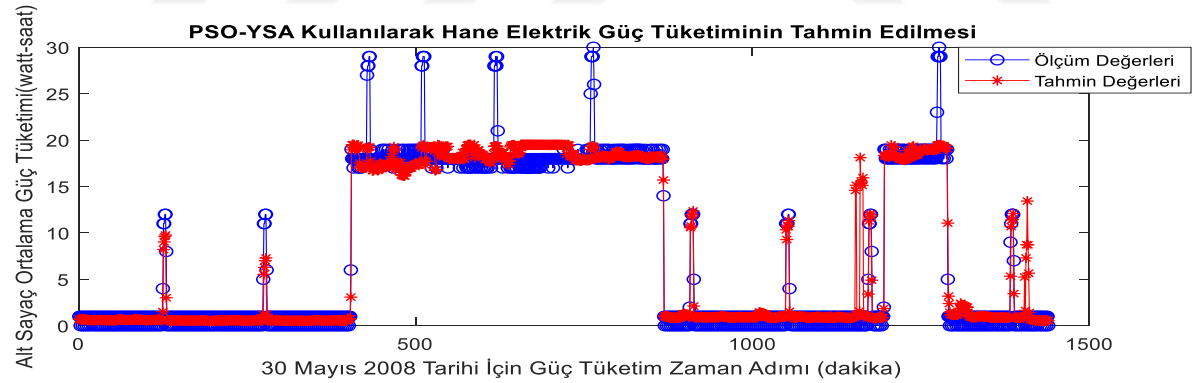
Şekil 3.21. 15 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.21’ deki 15 Mayıs 2008 ÇOA-YSA hibrit yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 3.6537, 1.6966 ve 0.82531 olarak hesaplanmıştır. 15 Mayıs 2008 tarihindeki hane güç tüketimi deneysel çalışmaları incelendiğinde GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hata değerleri sırası ile MAPE için 1.7015, 1.7307 ve 1.6966 olarak ölçülmüştür. Bu 15 Mayıs 2008 tarihi için MAPE kriterine göre en iyi performans ve minimum hata ÇOA-YSA hibrit yöntem ile gerçekleştirilmiştir.

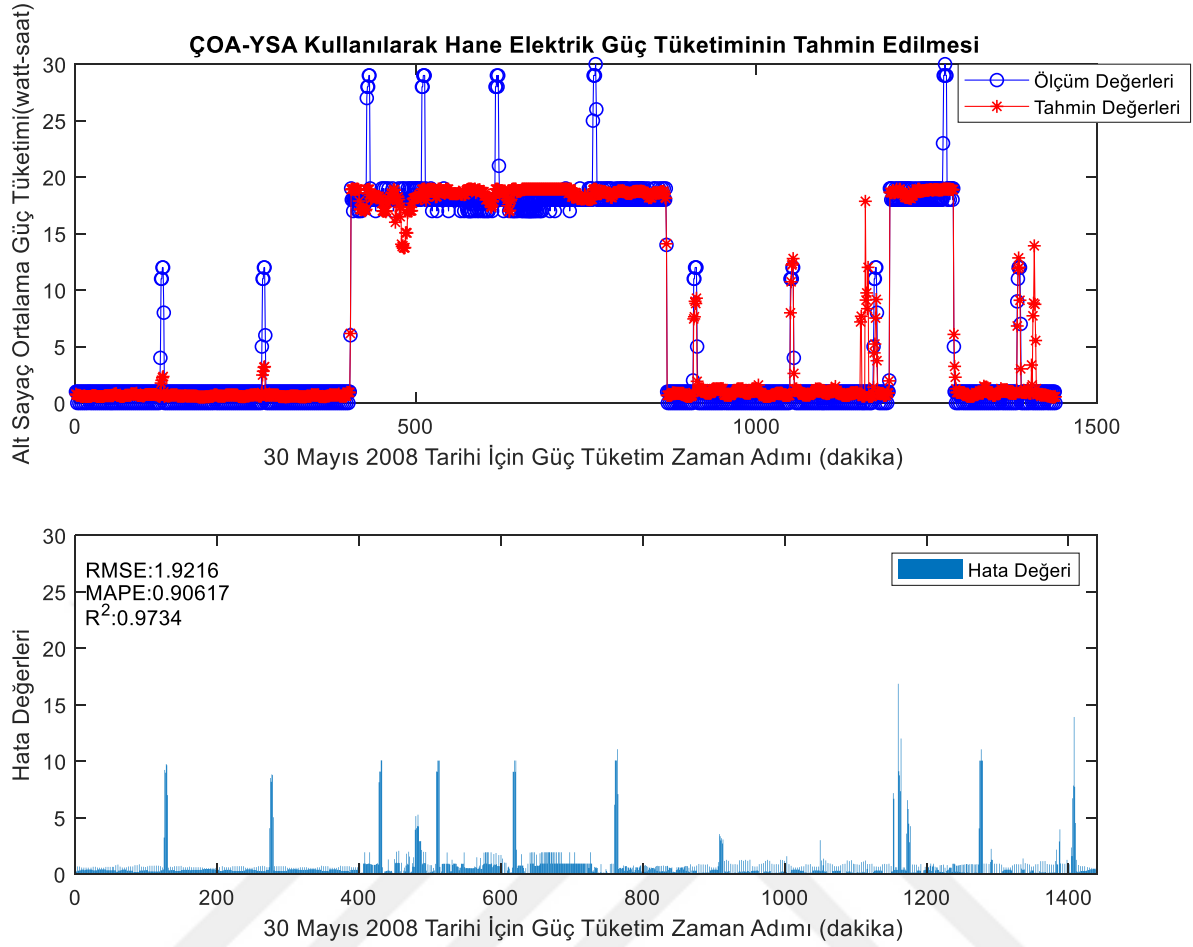
30 Mayıs 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3’ te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.22. 30 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



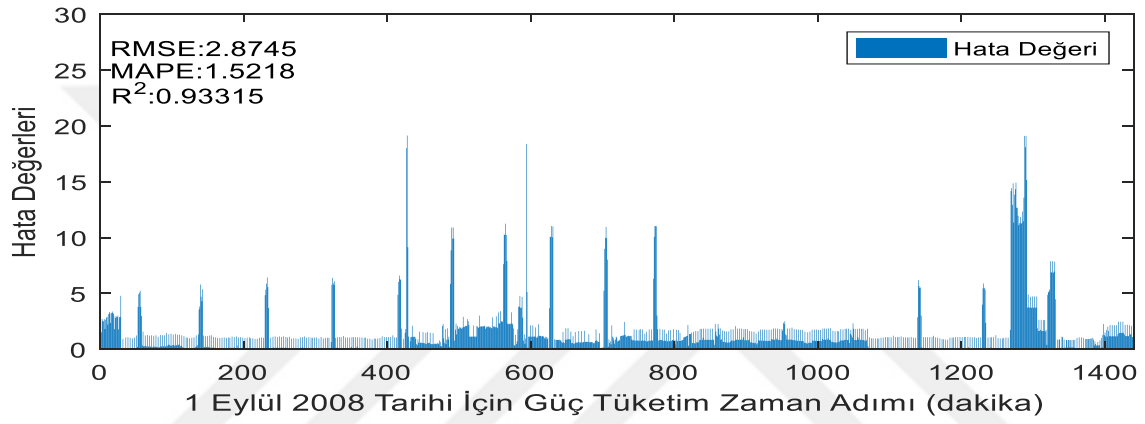
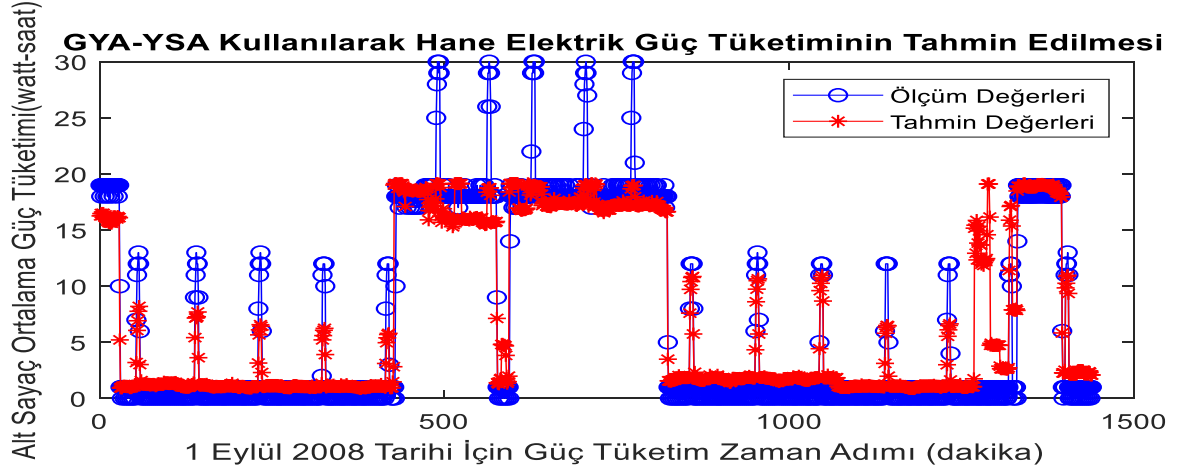
Şekil 3.23. 30 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.24. 30 Mayıs 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

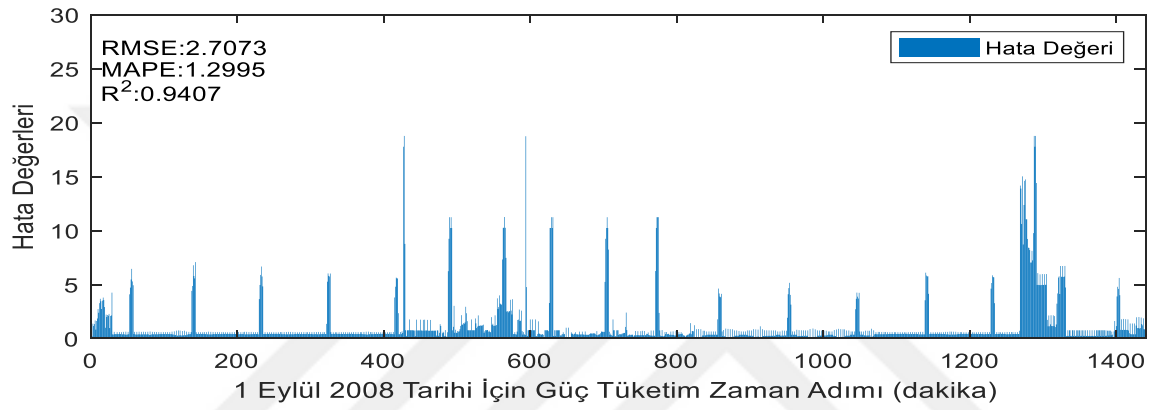
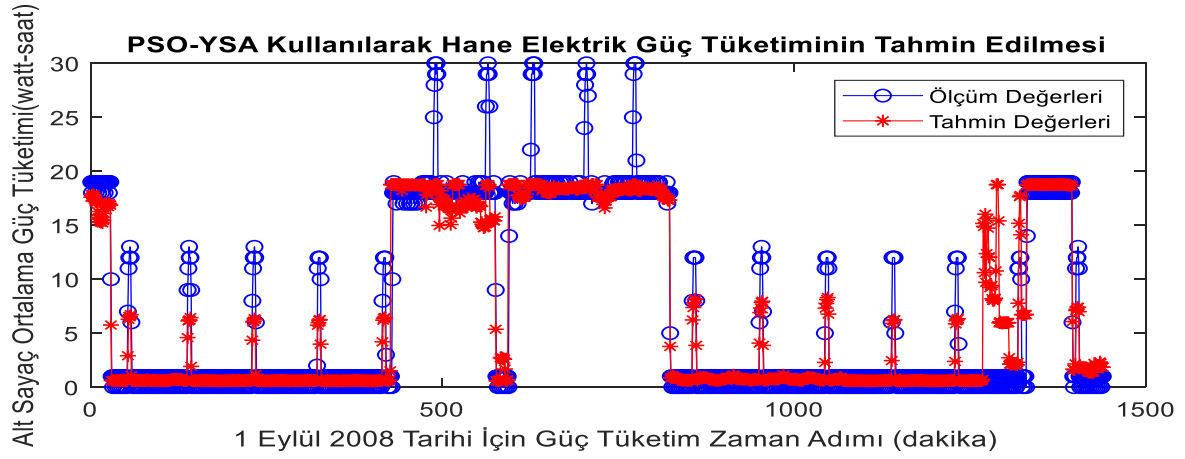
Şekil 3.22’ de 30 Mayıs 2008 GYA-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri, Şekil 3.23’ de 30 Mayıs 2008 PSO-YSA algoritması güç tüketimi hata değerleri, Şekil 3.24’ de ise 30 Mayıs 2008 ÇOA-YSA hibrit yöntem güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre ÇOA-YSA hibrit yöntem hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 1.9216, 0.90617 ve 0.9734 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar ÇOA-YSA’ nın RMSE ve MAPE kriterine göre diğer GYA-YSA ve PSO-YSA yöntemlerinden daha minimum hatalı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Mayıs ayı verileri incelendikten sonra sonbahar mevsiminden eylül ayı belirlenen günlerde deneysel çalışmalar tekrarlanmıştır. Eylül ayı GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntem karşılaştırma grafikleri Şekil 3.25, Şekil 3.26, Şekil 3.27, Şekil 3.28, Şekil 3.29, Şekil 3.30, Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33. ‘te gösterildiği gibidir.

1 Eylül 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.25, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntem kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi sonucunda oluşan grafiklerdir.



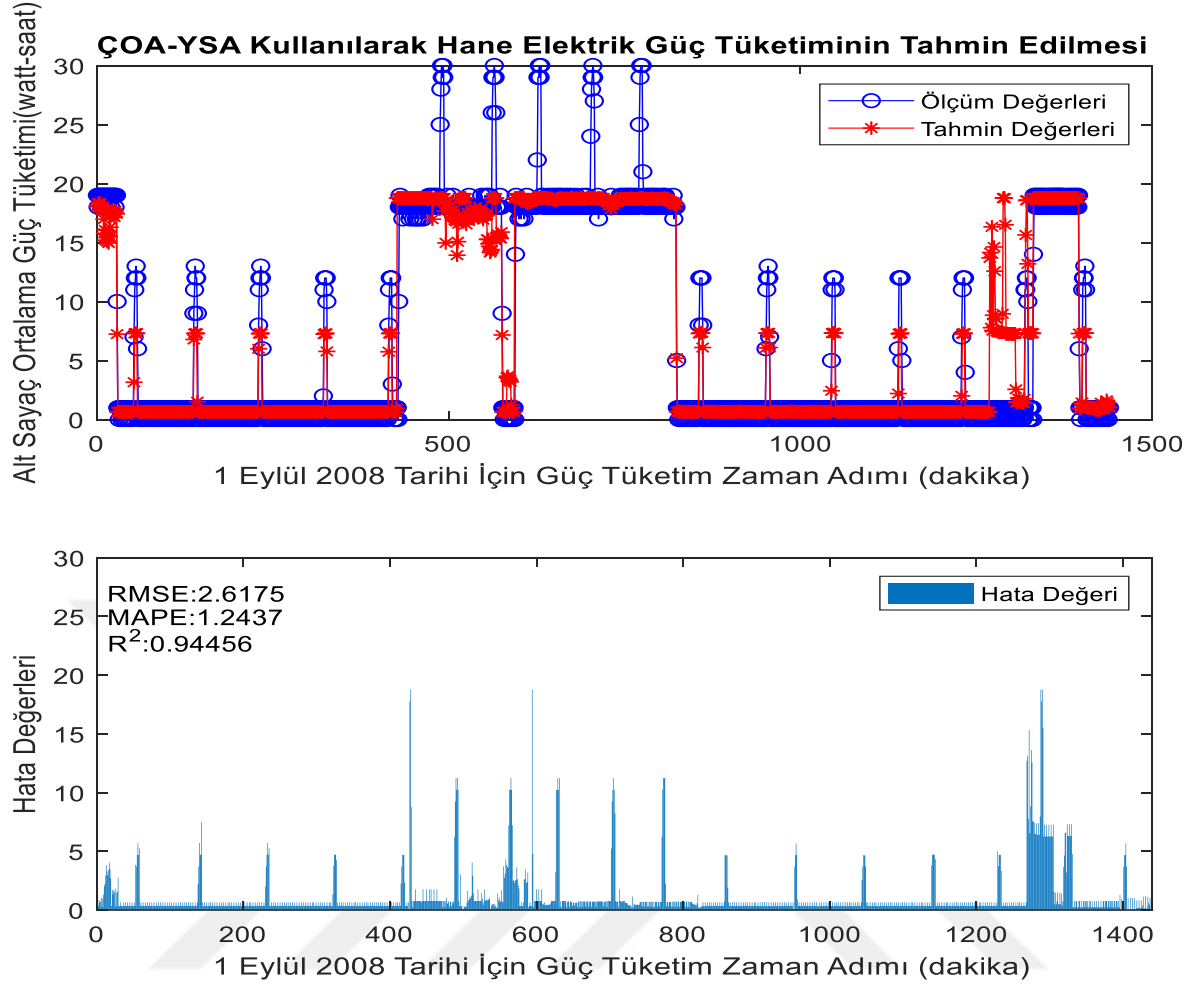
Şekil 3.25. 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.25’ de 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 2.8745, 1.5218 ve 0.93315 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.26. 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması

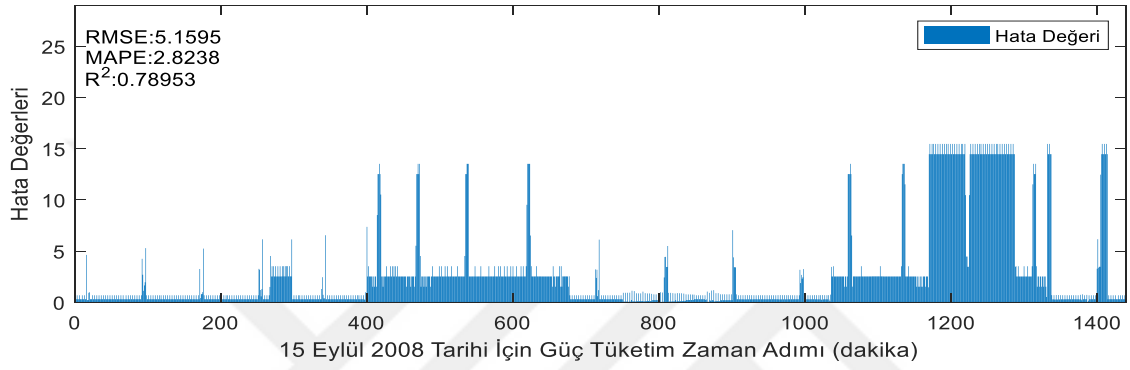
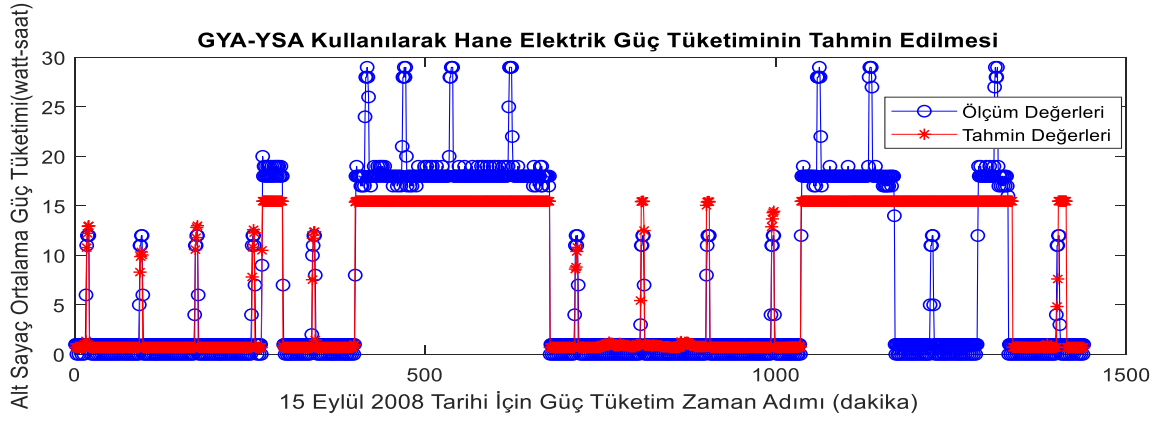
Şekil 3.26’ da 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 2.7073, 1.2995 ve 0.9407 olarak hesaplanmıştır.



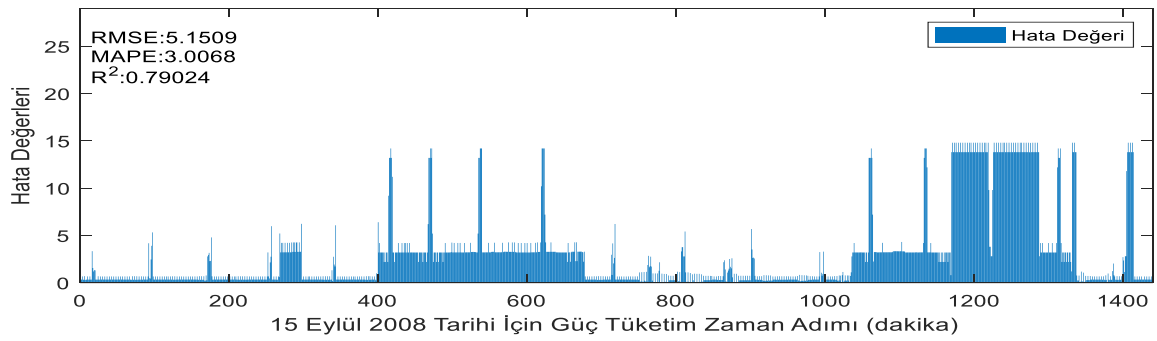
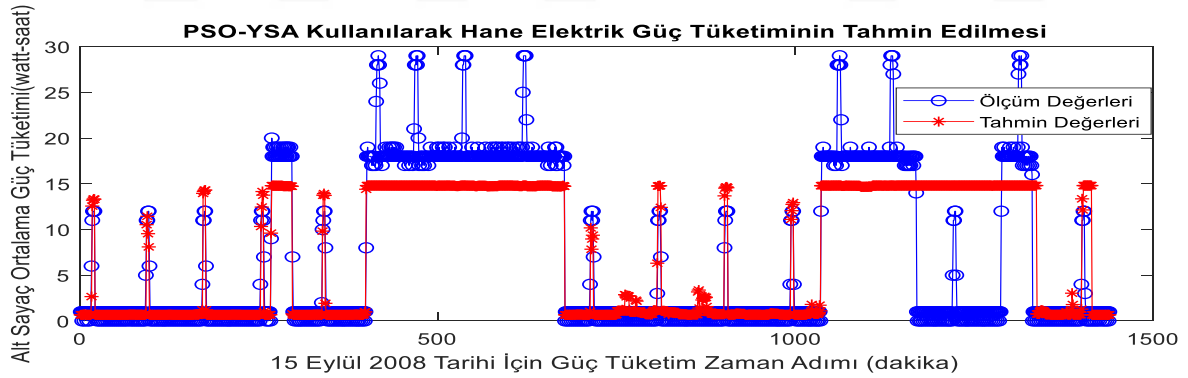
Şekil 3.27. 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.27’ de 1 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması hata değerleri MAPE için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 1.5218, 1.2995 ve 1.2437 olarak hesaplanmıştır. Aynı günün ÇOA-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 2.8745, 2.7073 ve 2.6175 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar ÇOA-YSA hibrit yöntemin MAPE ve RMSE kriterlerine göre diğer GYA-YSA ve PSO-YSA yöntemlerinden daha az hatalı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

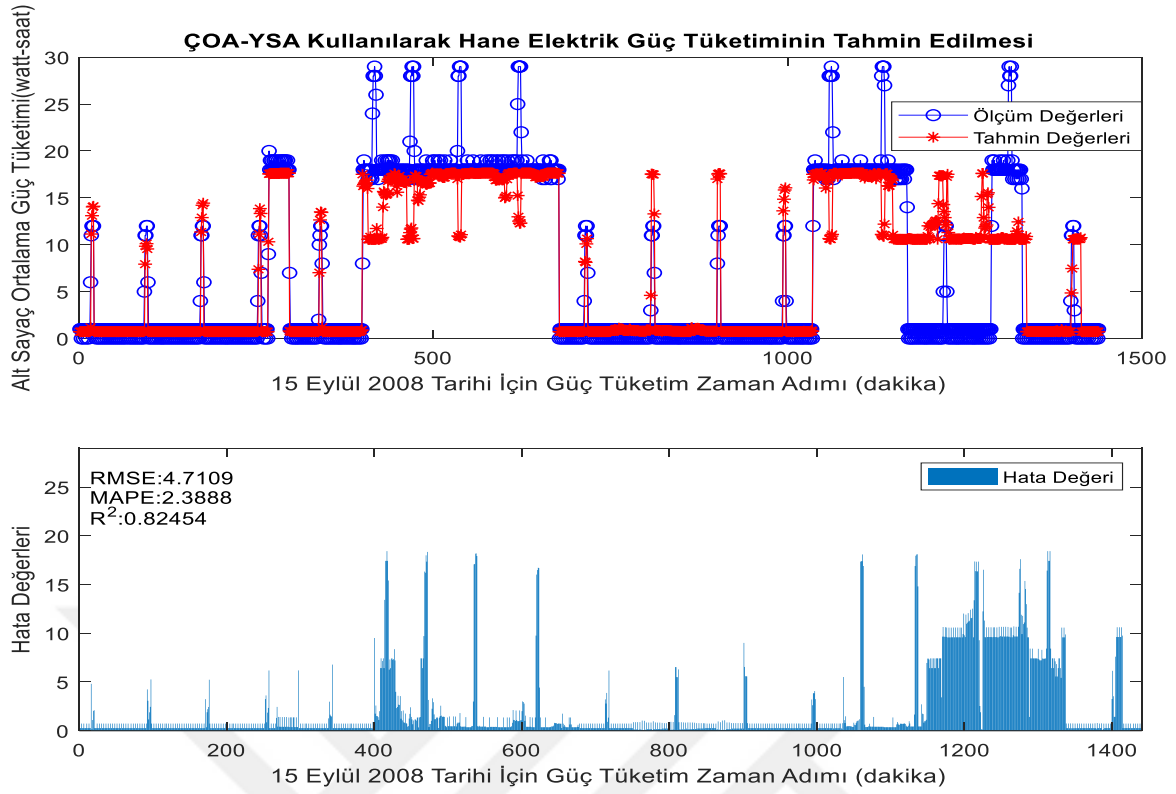
15 Eylül 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3’ te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.28. 15 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



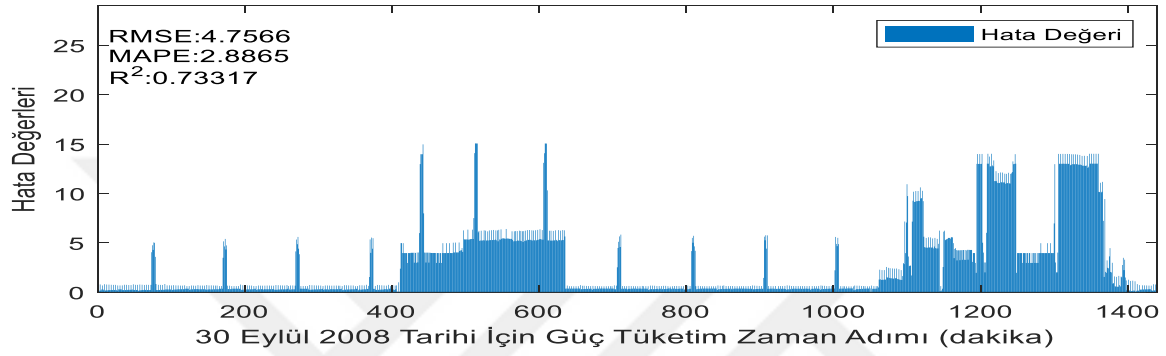
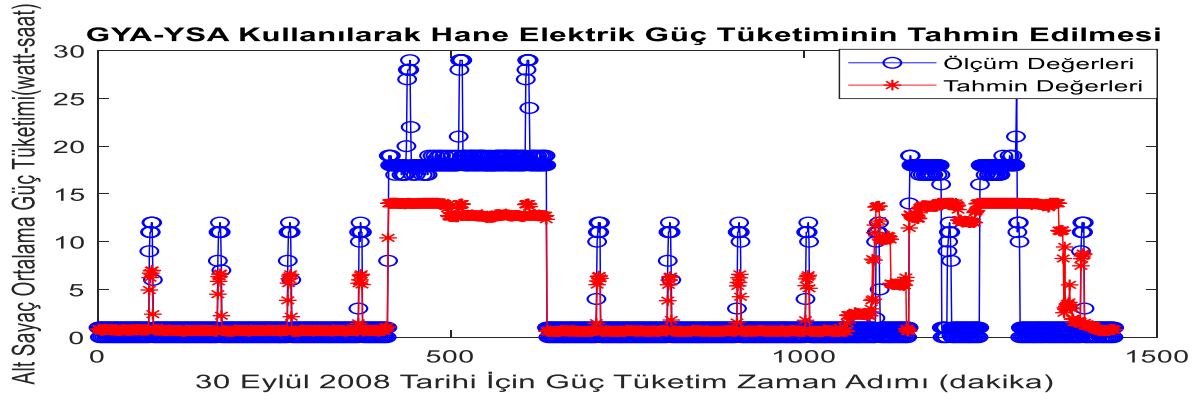
Şekil 3.29. 15 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



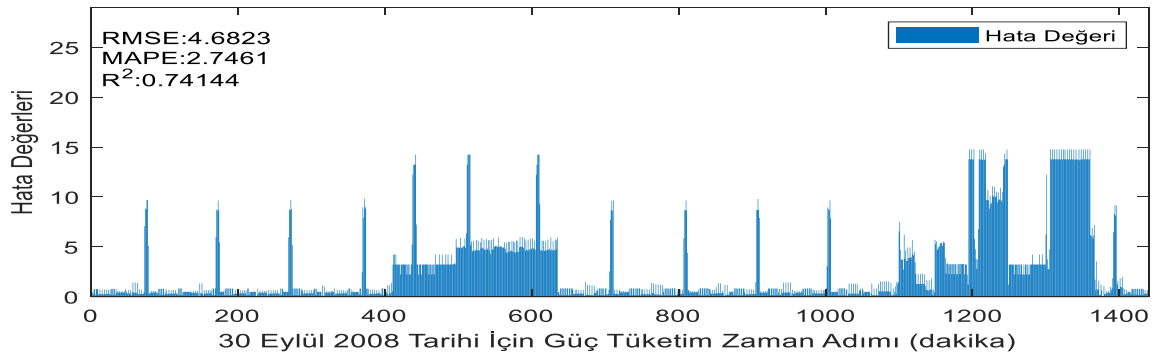
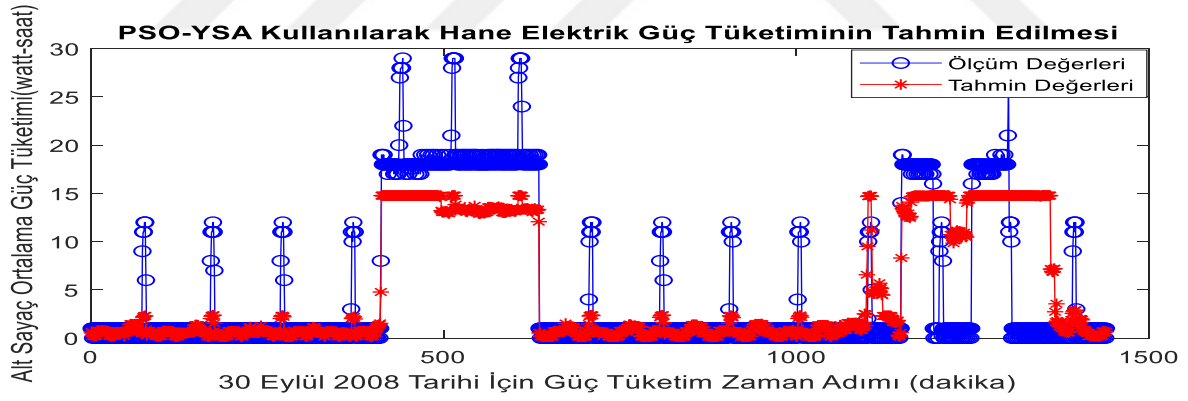
Şekil 3.30. 15 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

15 Eylül 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30 incelendiğinde hata değerleri RMSE için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 5.1595, 5.1509 ve 4.7109 olarak hesaplanmıştır. Aynı günün hata değerleri MAPE için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 2.8238, 3.0068 ve 2.3888 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar ÇOA-YSA hibrit yöntemin MAPE ve RMSE kriterlerine göre diğer GYA-YSA ve PSO-YSA yöntemlerinden daha az hatalı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

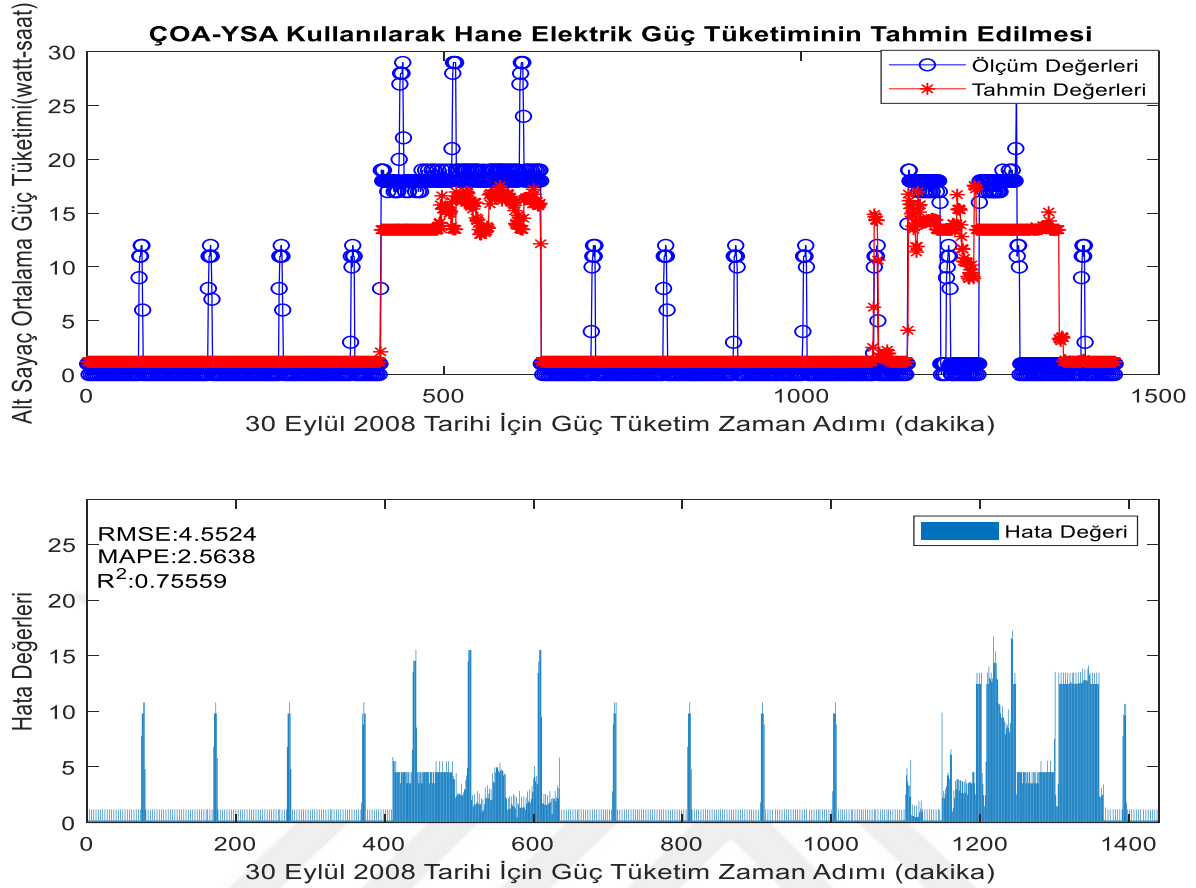
30 Eylül 2008 tarihine ait sonuç grafikleri Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33 ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. 2008 yılına ait deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3' te detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.31. 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.32. 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.33. 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.33’ te 30 Eylül 2008 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntemi ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 4.5524, 2.5638 ve 0.75559 olarak hesaplanmıştır. 2008 yılına ait yapmış olduğumuz deneysel çalışmalar sonucunda ÇOA-YSA’ nın, GYA ve PSO algoritmasına göre RMSE ve MAPE kriterleri için daha az hatalı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen grafik değerleri Tablo 3.3’ te detaylı bir şekilde gösterilmektedir. 2008 yılı verileri incelendiğinde Ocak ve Eylül ayı kış ve sonbahar günlerinde elektriksels ısıtıcı ve soğutucuların yoğun kullanımından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Hata değerlerinin daha düşük olduğu mayıs ayında ise bu oranın azaldığı gözlenmiştir. Her tarih detaylı olarak incelendiğinde ÇOA-YSA hibrit yöntemin diğer iki GYA-YSA ve PSO-YSA’ ya göre RMSE ve MAPE kriterleri için minimum hata ile daha performanslı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

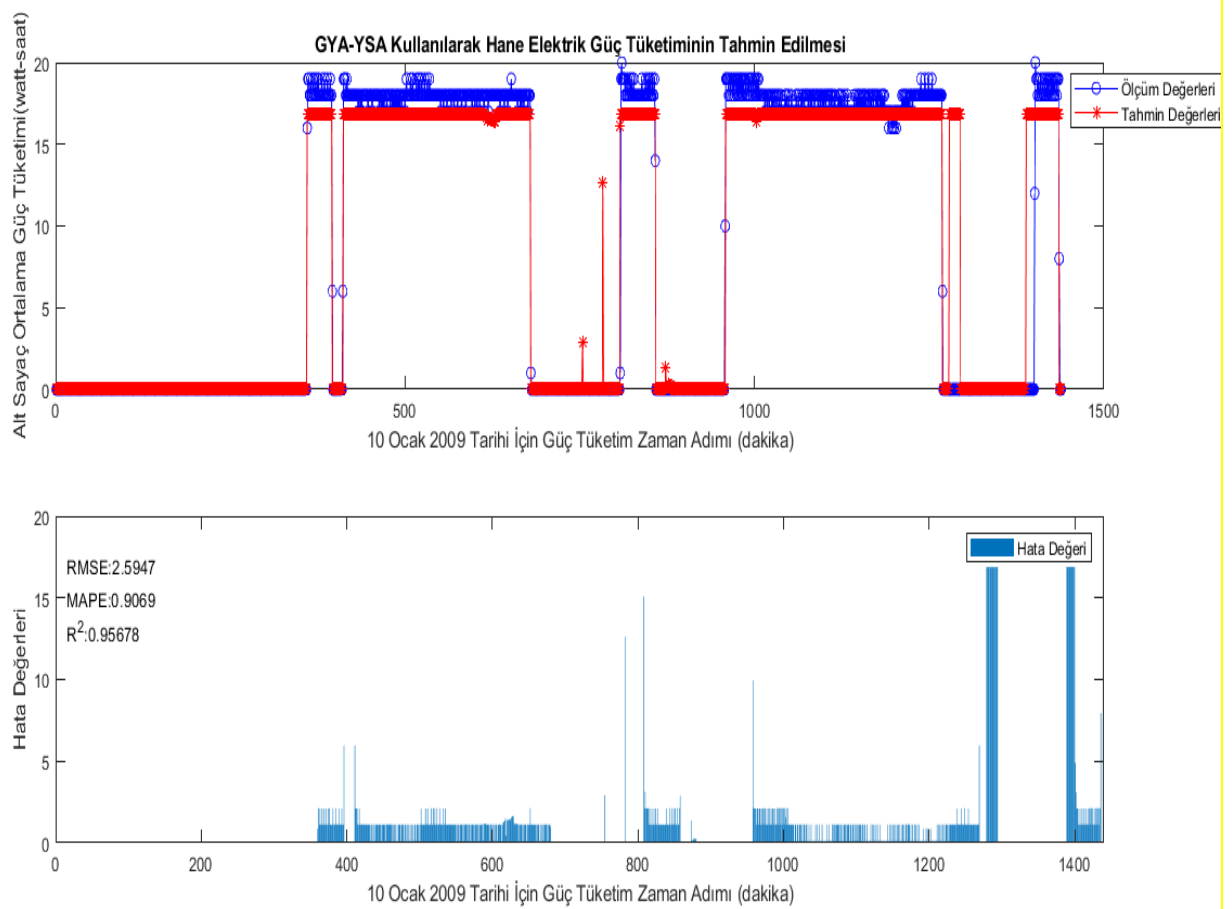
Tablo 3.3. 2008 yılı belirlenen günler için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar

1 OCAK 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
7.5515	6.4036	0.62615	6.7019	5.3916	0.70554	6.5214	5.0408	0.72119
15 OCAK 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
5.8593	3.8326	0.80716	5.8822	3.9756	0.80565	5.7628	3.7535	0.81346
30 OCAK 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
5.3776	3.5925	0.67486	5.0248	2.9803	0.71612	4.8993	2.7843	0.73012
1 MAYIS 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
0.49375	0.44363	0.98898	0.88225	0.53509	0.96474	0.48815	0.44571	0.98921
15 MAYIS 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
3.709	1.7015	0.81998	3.746	1.7307	0.81637	3.6537	1.6966	0.82531
30 MAYIS 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
1.9432	0.91844	0.9728	1.9332	1.89861	0.97308	1.9216	0.90617	0.9734
1 EYLÜL 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
2.8745	1.5218	0.93315	2.7073	1.2995	0.9407	2.6175	1.2437	0.94456
15 EYLÜL 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
5.1595	2.8238	0.78953	5.1509	3.0068	0.79024	4.7109	2.3888	0.82454
30 EYLÜL 2008								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
4.7566	2.8865	0.73317	4.6823	2.7461	0.74144	4.5524	2.5638	0.75559

2008 yılı Ocak, Mayıs ve Eylül ayları Tablo 3.3 incelendiğinde GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA, RMSE, MAPE ve R^2 ölçütlerine göre ÇOA-YSA' nın diğer iki hibrit yönteme göre özellikle RMSE ve MAPE kriterleriyle daha başarılı performans gösterdiği görülmektedir.

2009 yılı deneysel çalışmaları ise kış ve yaz mevsimi ayları olan ocak ve haziran ayları dikkate alınarak ölçümler yapılmıştır. Ocak ayı GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA karşılaştırma grafikleri Şekil 3.34, Şekil 3.35 ve Şekil 3.36. 'da gösterildiği gibidir.

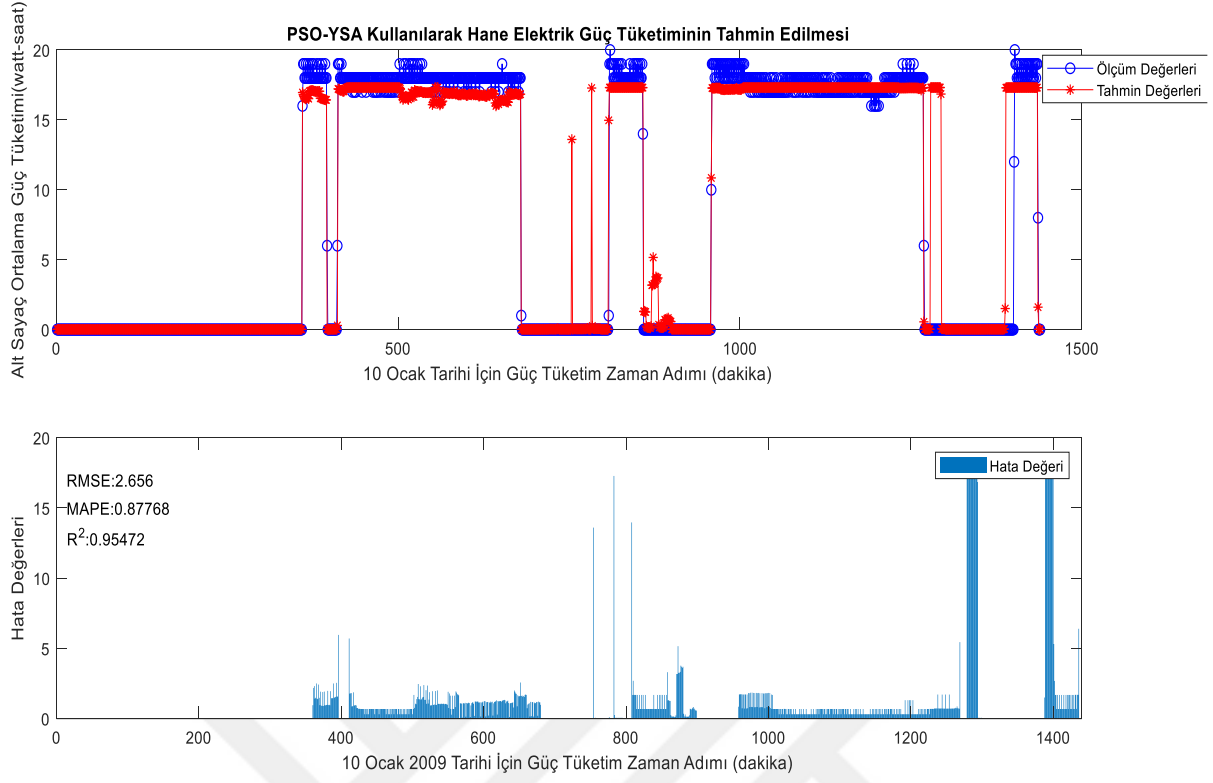
Ocak ve Haziran 2009 tarihlerine ait grafiklerde hane güç tüketim verileri incelenmektedir. GYO-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sonuç grafikleri aşağıdaki şekil ile gösterilmektedir. Şekiller sırası ile GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleridir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



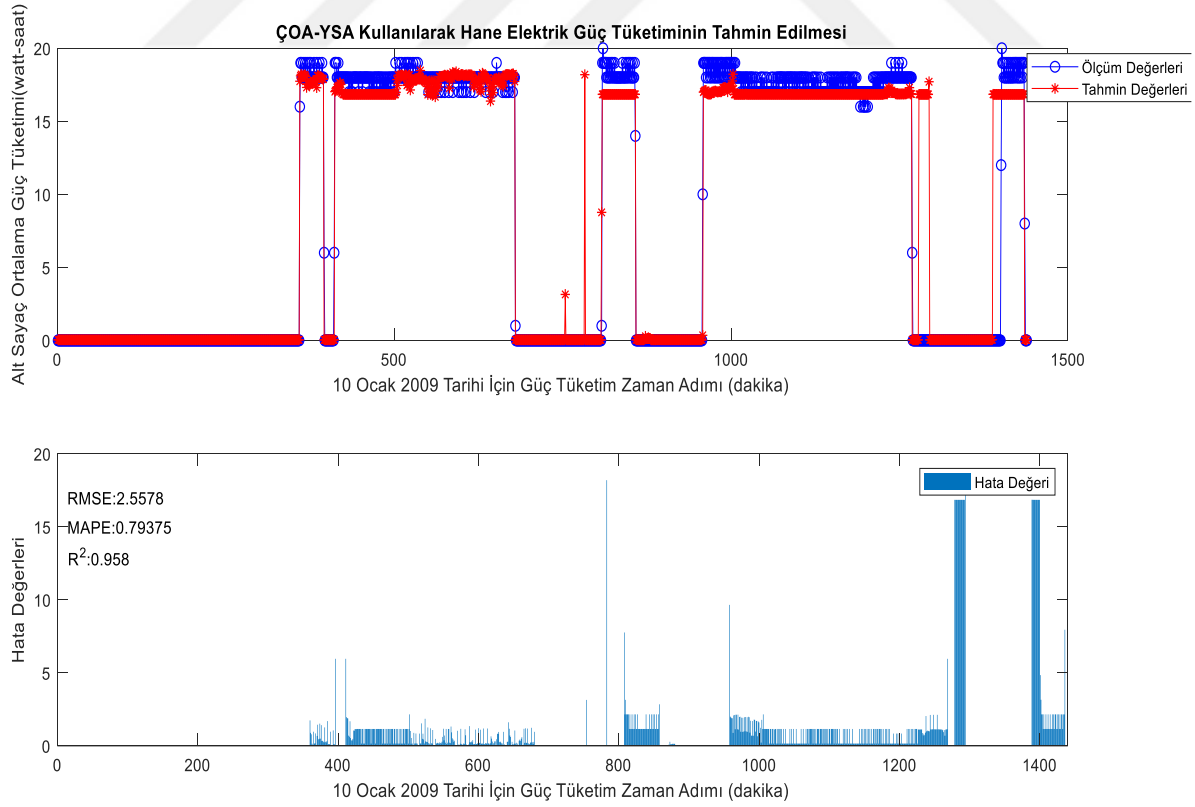
Şekil 3.34. 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.34' deki 10 Ocak 2009 GYA-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 2.5947, 0.9069 ve 0.95678 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3.35' de 10 Ocak 2009 PSO-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri, Şekil 3.36' da 10 Ocak 2009 ÇOA-YSA algoritması güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır.

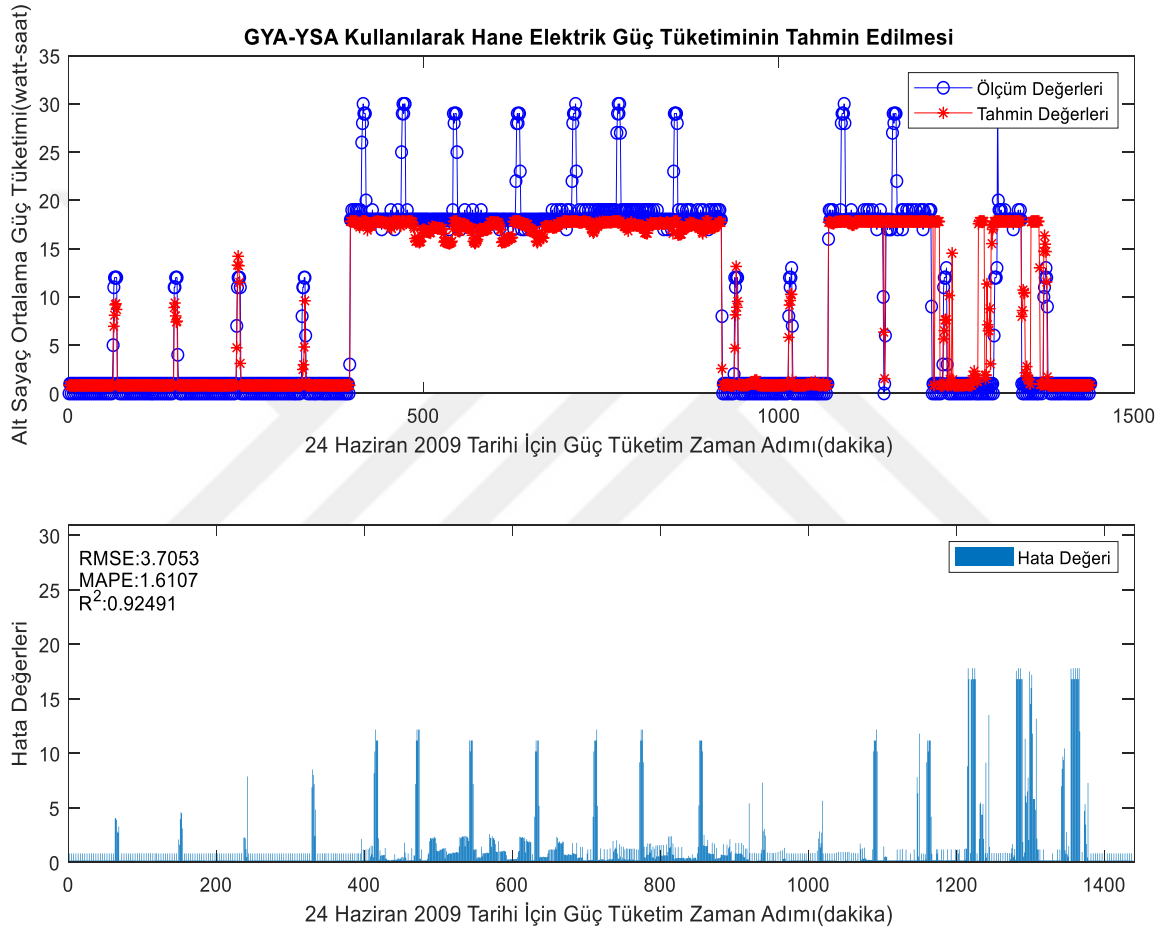


Şekil 3.35. 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



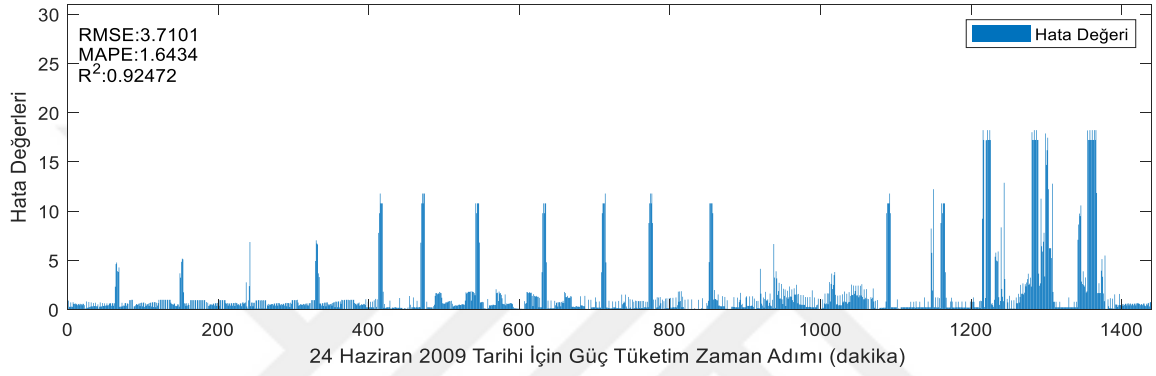
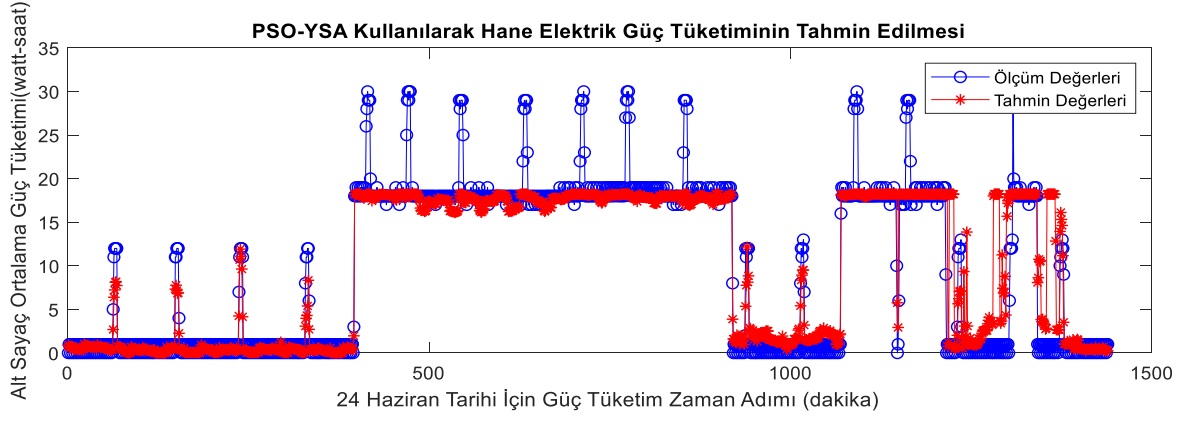
Şekil 3.36. 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.36’ da 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntemi ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 2.5578, 0.79375 ve 0.958 olarak hesaplanmıştır. 2009 yılı Ocak ayı deneysel sonuçlarından sonra yaz mevsiminden haziran ayı baz alınarak deneysel çalışmalar devam ettirilmiştir. 24 Haziran GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA karşılaştırma grafikleri Şekil 3.37, Şekil 3.38 ve Şekil 3.39’ da gösterildiği gibidir. 2009 yılı deneysel sonuçları ise Tablo 3.4’ te detaylı olarak gösterilmektedir.

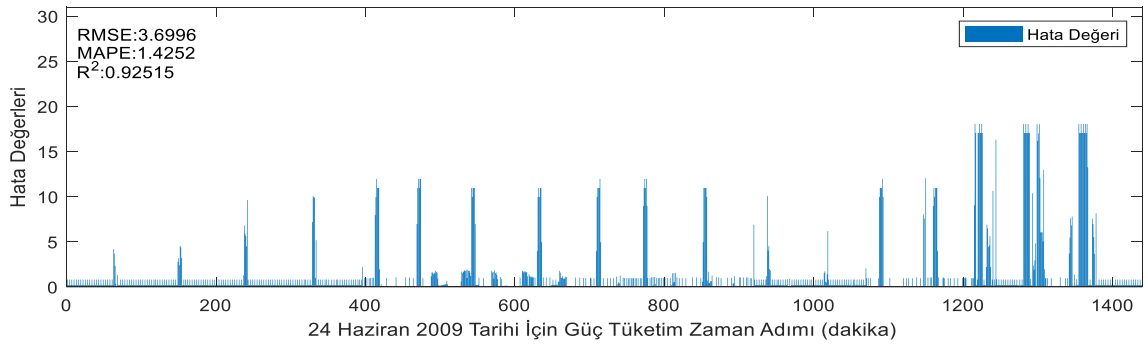
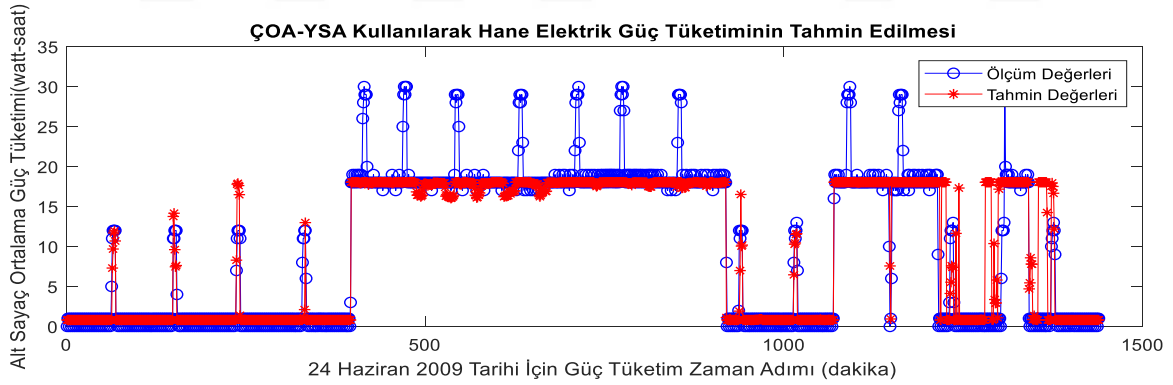


Şekil 3.37. 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.37’ de 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması hata değerleri RMSE, MAPE ve R^2 için sırası ile 3.7053, 1.6107 ve 0.92491 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan, Şekil 3.38’ de 24 Haziran 2009 PSO-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri, Şekil 3.39’ da 24 Haziran 2009 ÇOA-YSA hibrit yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.38. 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



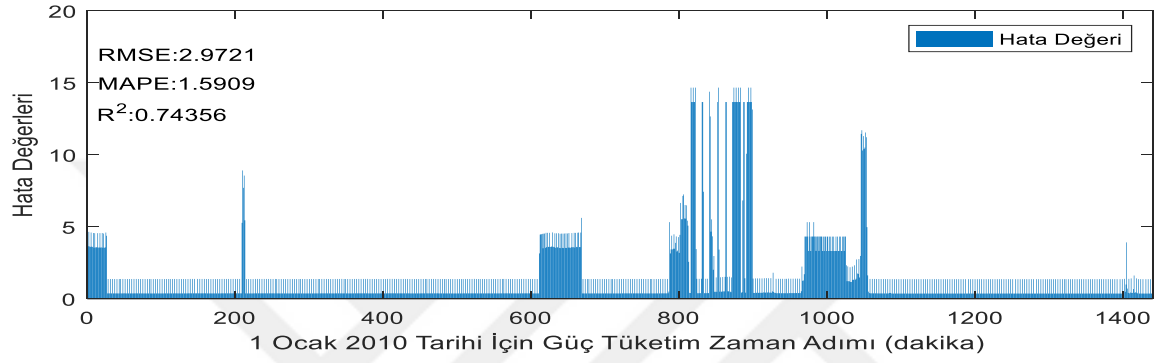
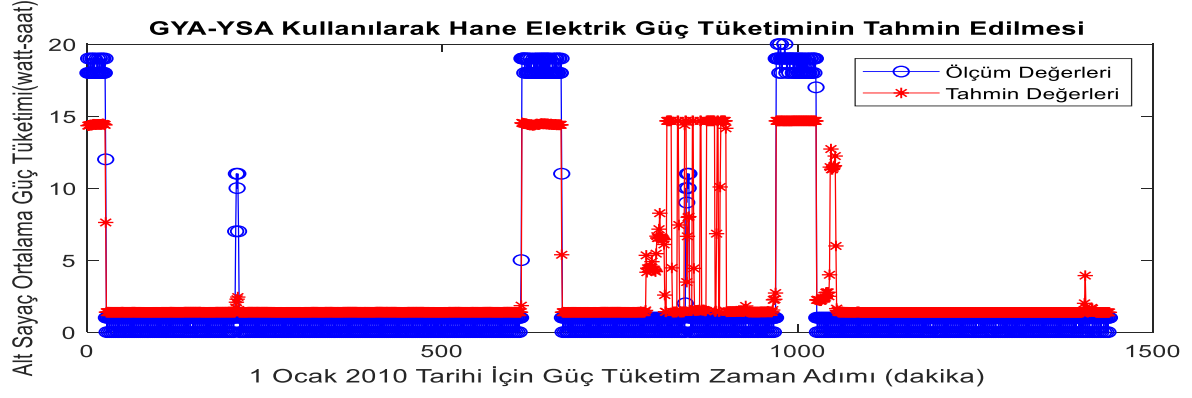
Şekil 3.39. 24 Haziran 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

2009 yılı ocak ve haziran aylarına ait deneysel çalışma sonuçları Tablo 3.4’ te gösterildiği gibidir. 2009 yılı verileri incelendiğinde 10 Ocak tarihi için RMSE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 2.5947, 2.656 ve 2.5578 olarak hesaplanmıştır. Yine aynı tarih MAPE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 0.9069, 0.87768 ve 0.79375 olarak hesaplanmıştır. ÇOA-YSA sütun değerlerinin diğer iki optimizasyon algoritmasına göre yine RMSE ve MAPE kriterlerine göre minimum hata değerli sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

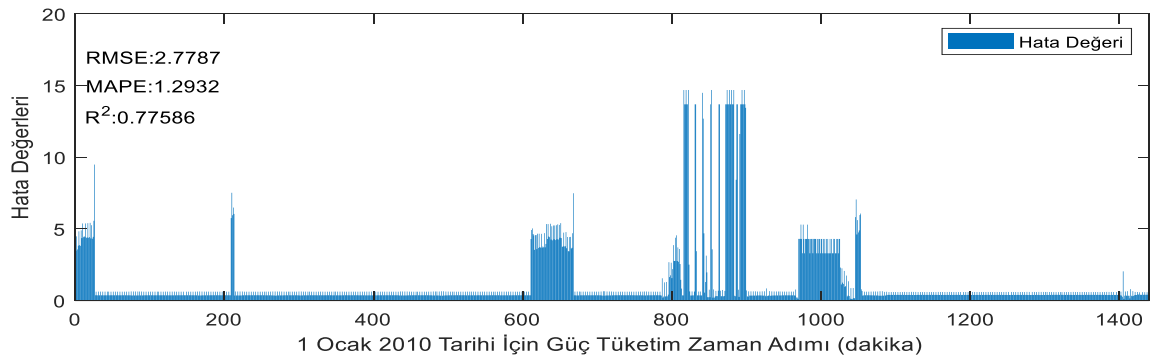
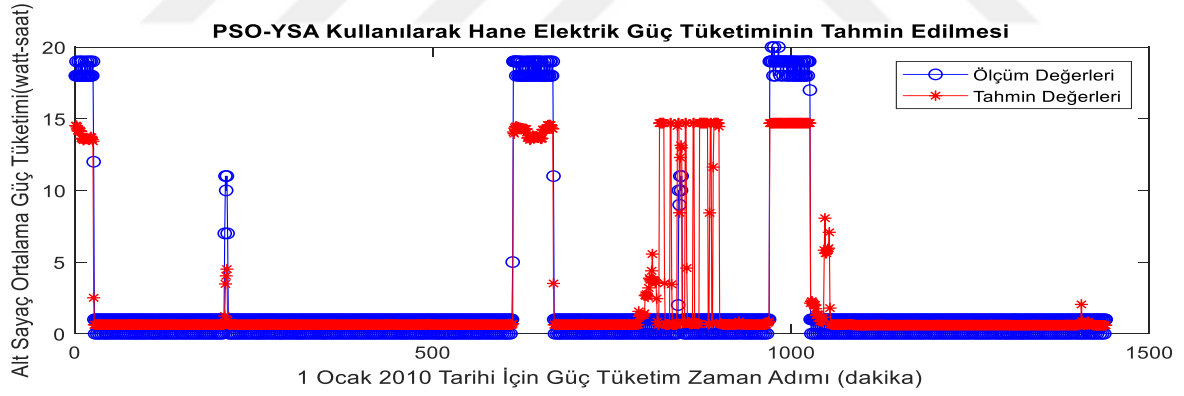
Tablo 3.4. 2009 yılı 10 Ocak ve 24 Haziran için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar

10 OCAK 2009								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
2.5947	0.9069	0.95678	2.656	0.87768	0.95472	2.5578	0.79375	0.958
24 HAZİRAN 2009								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
3.7053	1.6107	0.92491	3.7101	1.6434	0.92472	3.6996	1.4252	0.92515

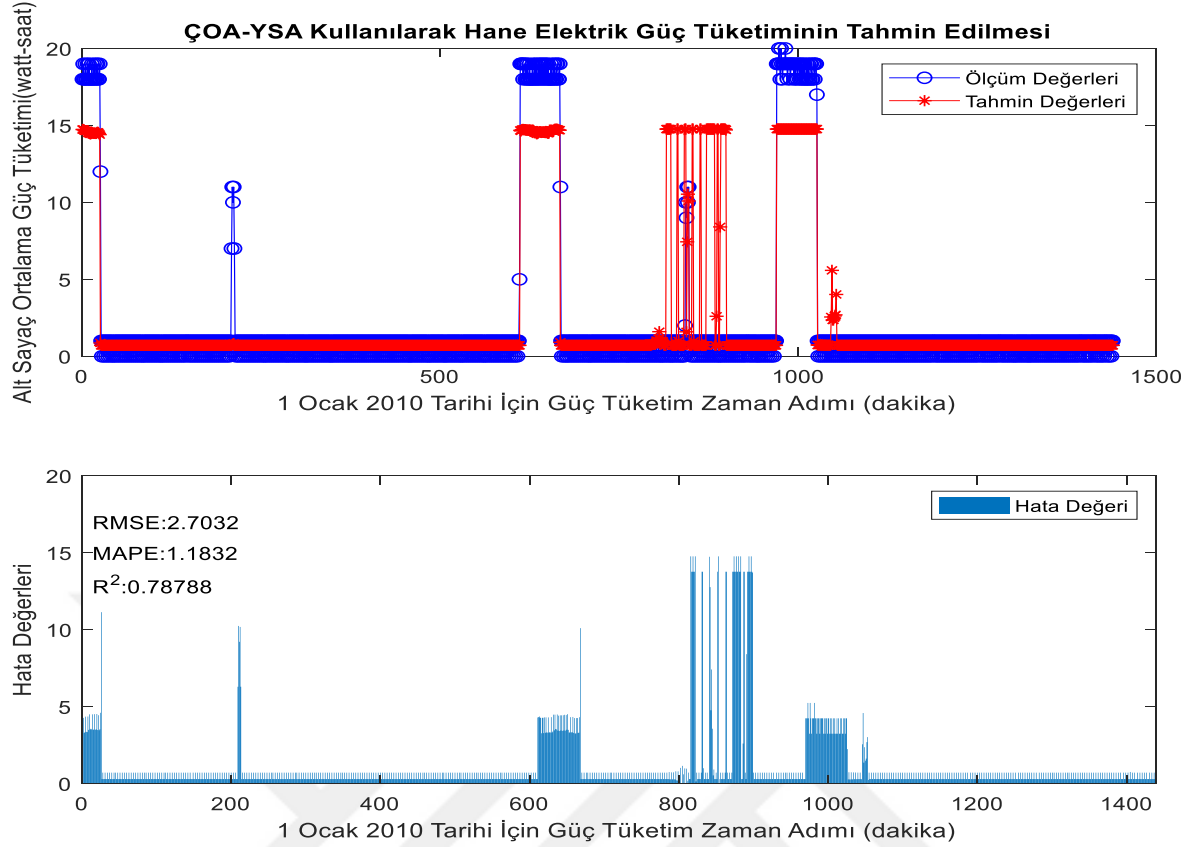
2010 yılı için seçilen Ocak, Mayıs ve Eylül aylarına ait deneysel çalışmalar yapılmıştır. 2010 yılına ait grafiklerde hane güç tüketim verileri GYO-YSA, PSO- YSA ve ÇOA-YSA sonuç grafikleri aşağıdaki şekiller ile gösterilmektedir. 1 Ocak 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.40, Şekil 3.41 ve Şekil 3.42’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.40. 1 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



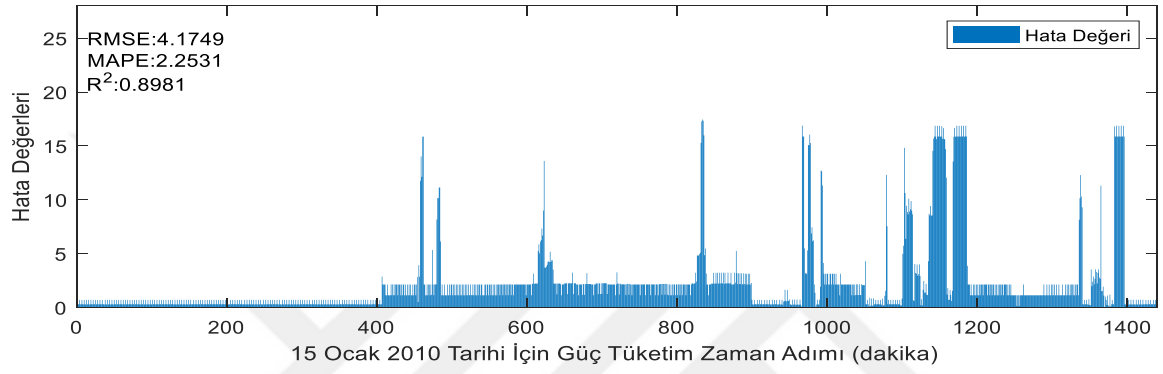
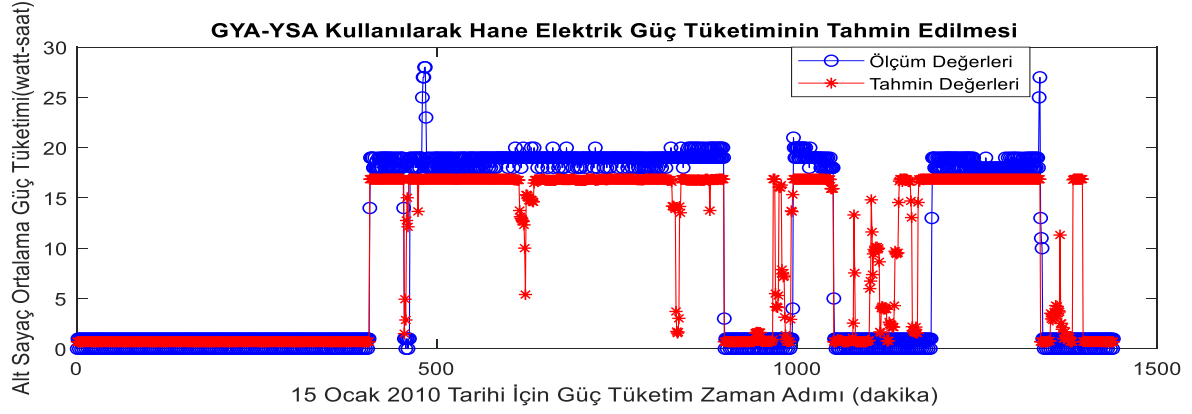
Şekil 3.41. 1 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



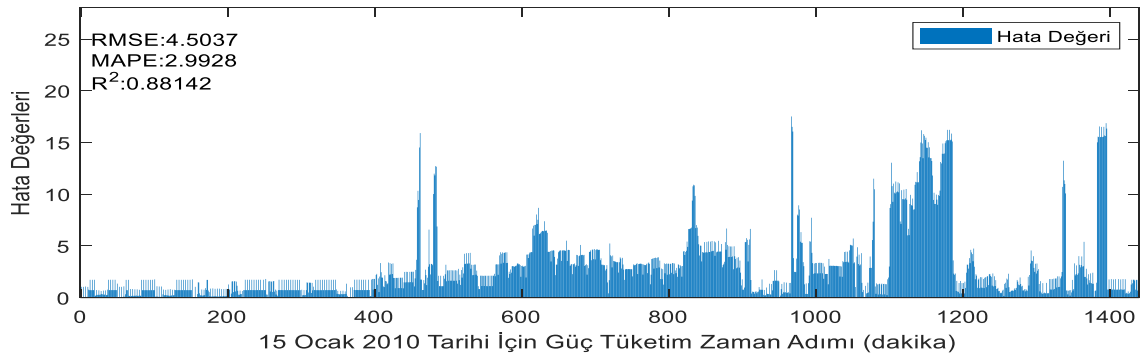
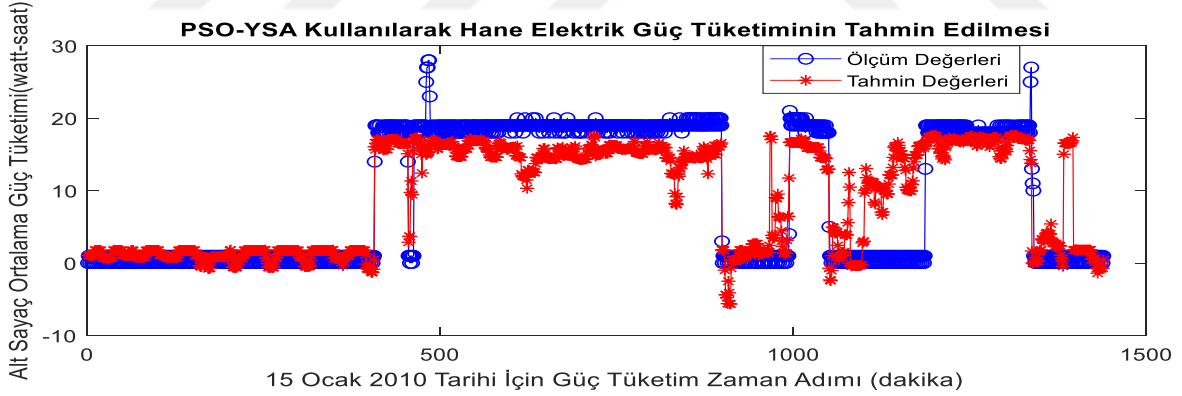
Şekil 3.42. 1 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.42’ de 10 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntemi ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 2.7032, 1.1832 ve 0.78788 olarak hesaplanmıştır. 1 Ocak 2010 yılı grafikleri incelendiğinde RMSE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 2.9721, 2.7787 ve 2.7032 olarak hesaplanmıştır. ÇOA-YSA değerlerinin diğer iki GYA-YSA ve PSO-YSA hibrit yöntemlerine göre RMSE kriterinde minimum hata ile sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

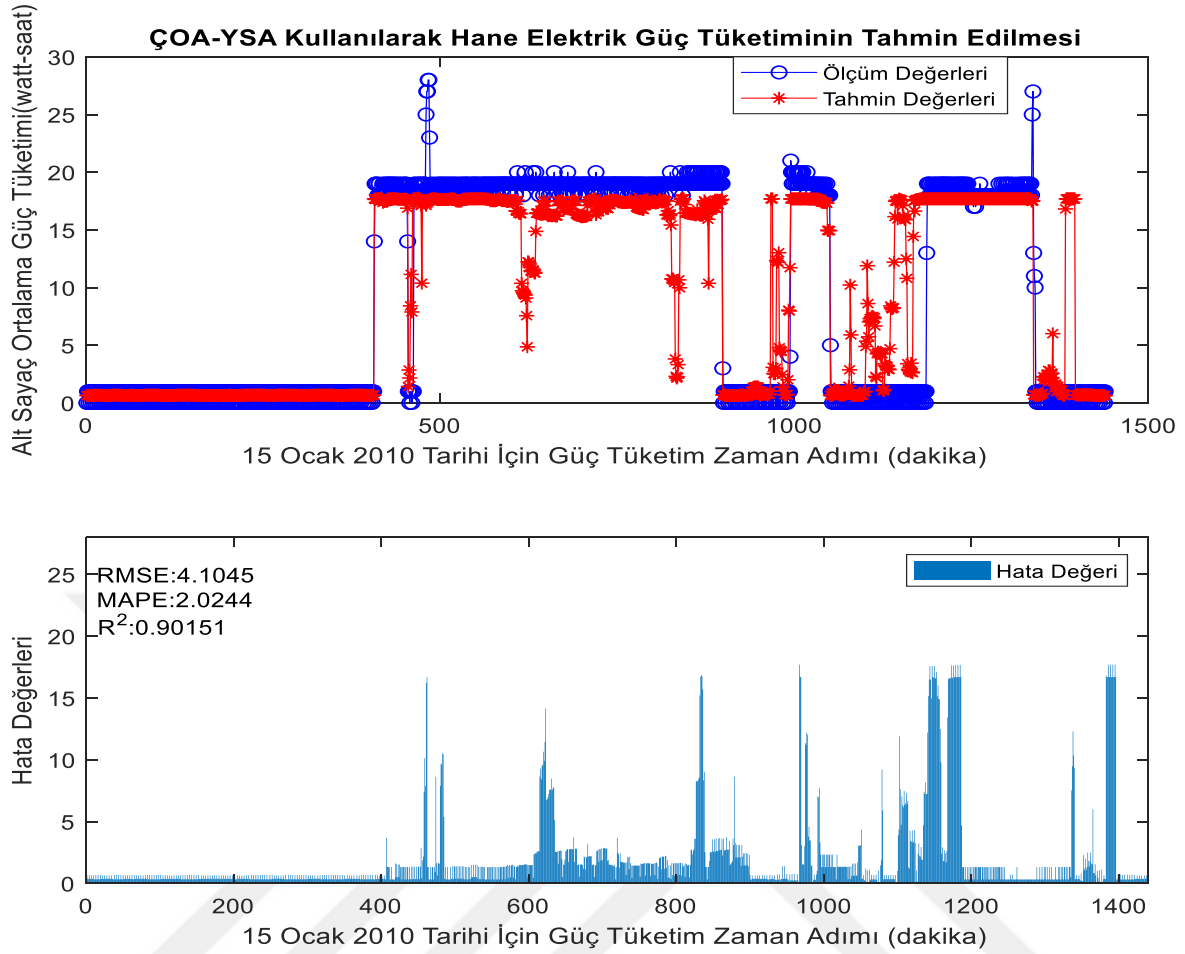
15 Ocak 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.43, Şekil 3.44 ve Şekil 3.45’te gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.43. 15 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



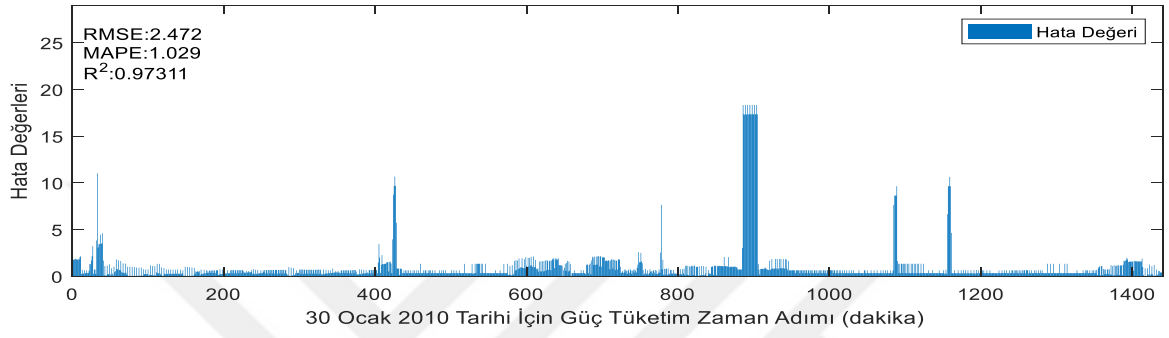
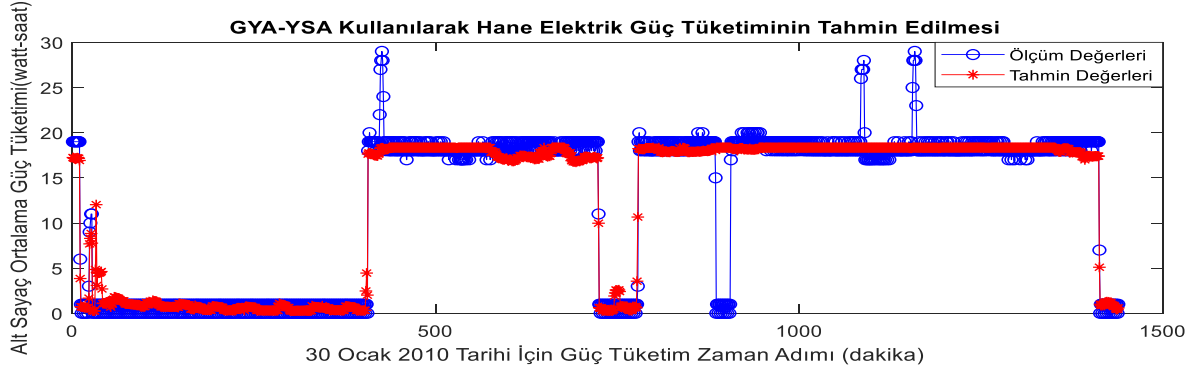
Şekil 3.44. 15 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



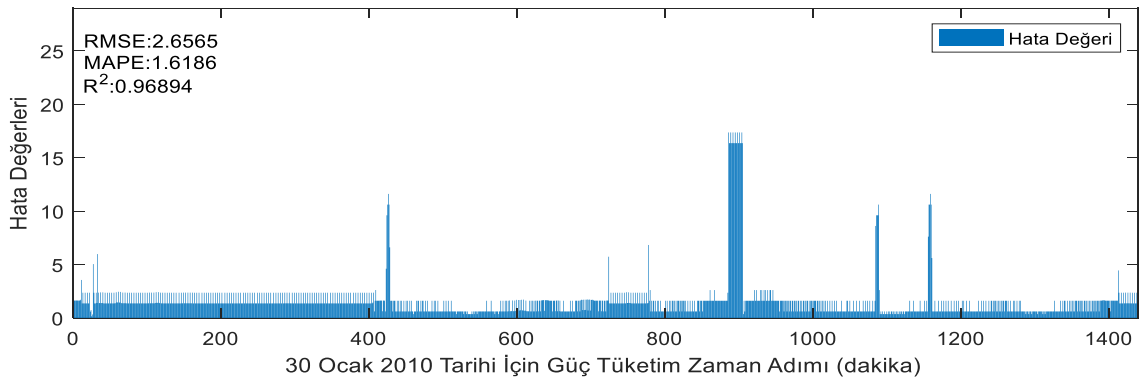
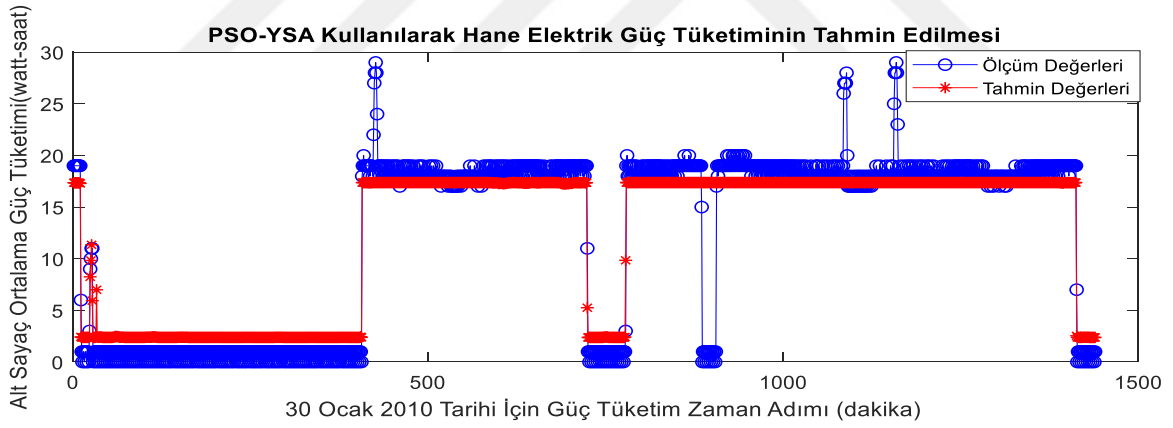
Şekil 3.45. 15 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.45’ te 15 Ocak 2009 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntemi ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 4.1045, 2.0244 ve 0.90151 olarak hesaplanmıştır. 15 Ocak 2010 yılı grafikleri incelendiğinde MAPE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA sırası ile 2.2531, 2.9928 ve 2.0244 olarak hesaplanmıştır. ÇOA-YSA hibrit yönteminin diğer iki GYA-YSA ve PSO-YSA hibrit yöntemine göre MAPE kriterinde daha az hatalı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

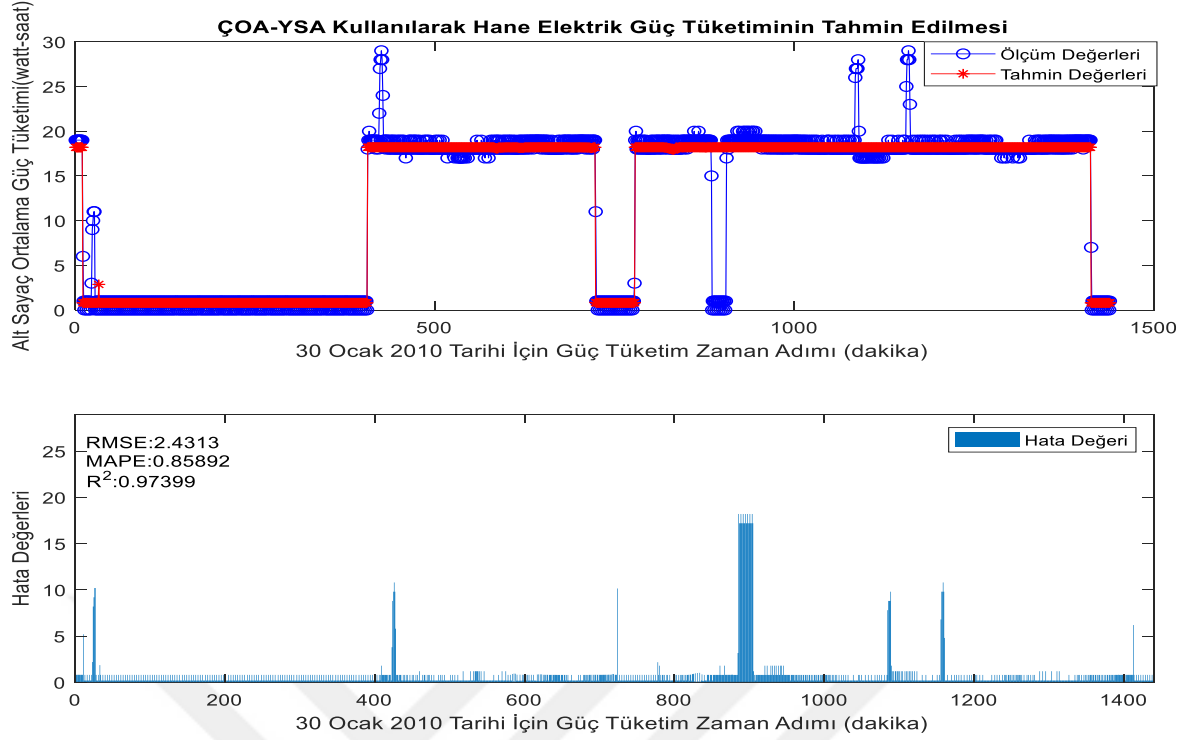
30 Ocak 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.46, Şekil 3.47 ve Şekil 3.48’ te gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.46. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



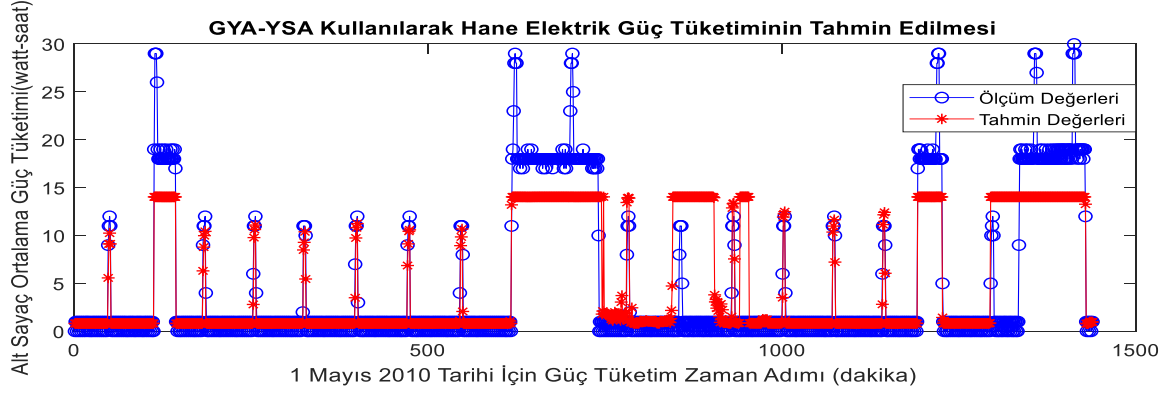
Şekil 3.47. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



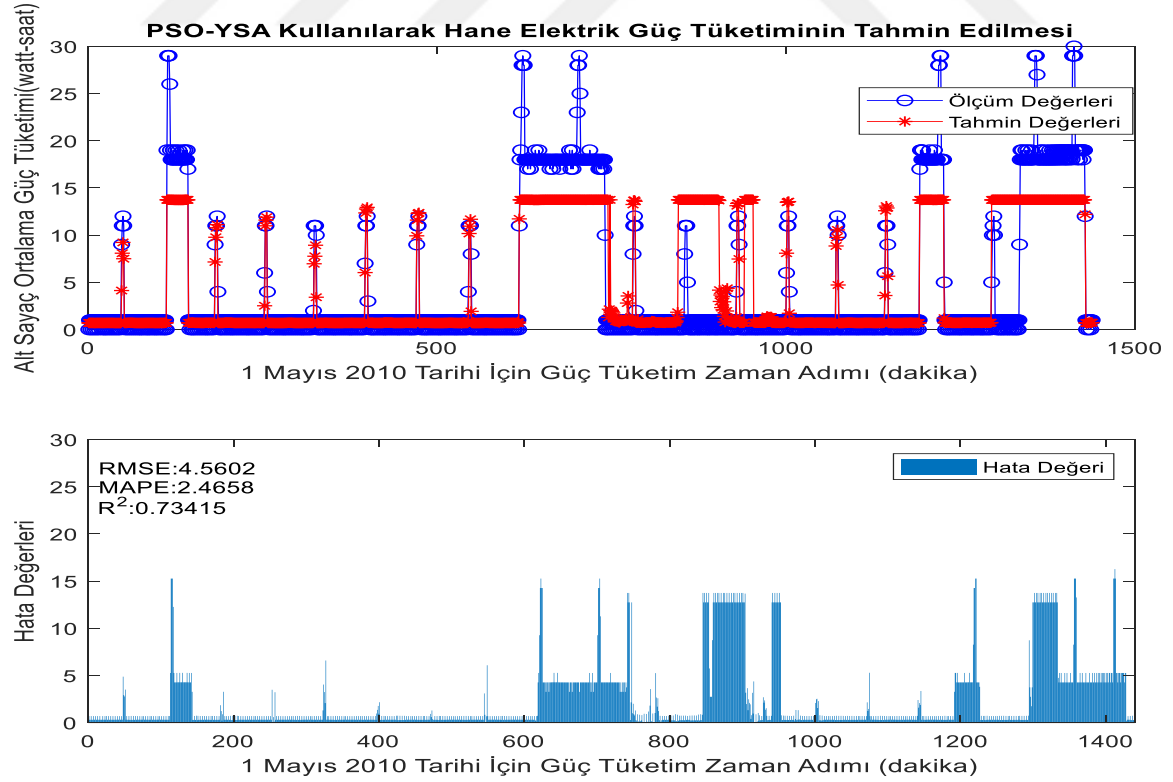
Şekil 3.48. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.46’ da 30 Ocak 2010 tarihli GYA-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri, Şekil 3.47’ de 30 Ocak 2010 tarihli PSO-YSA yöntemi güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.48’ de 30 Ocak 2010 tarihli ÇOA-YSA yöntemi hata değerleri MAPE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA da sırası ile 1.029, 1.6186 ve 0.85892 olarak hesaplanmıştır. MAPE hata değerine göre en iyi performans ÇOA-YSA hibrit yöntem ile hesaplanmıştır. Grafiklerdeki bazı günlerde RMSE, MAPE ve R^2 arasında performans açısından farklı sonuçlar çıkmakla beraber genel olarak en iyi sonuçlar ÇOA-YSA ile elde edilmiştir.

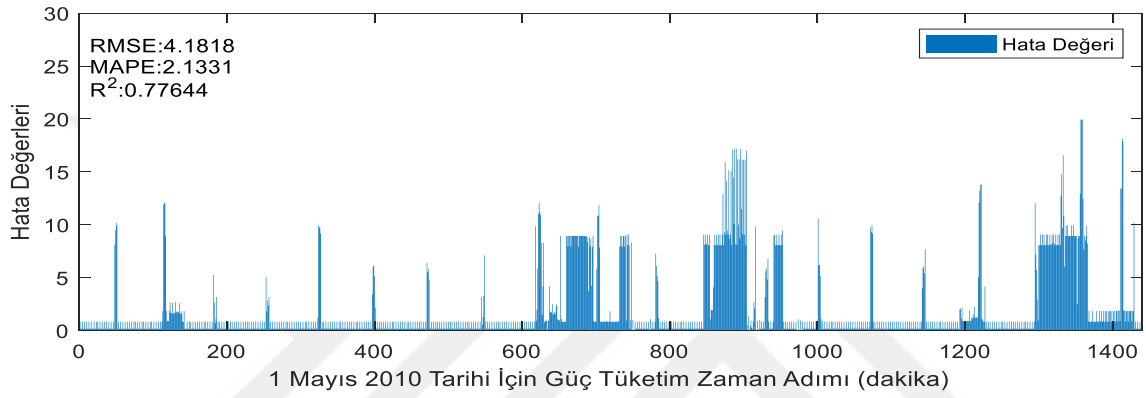
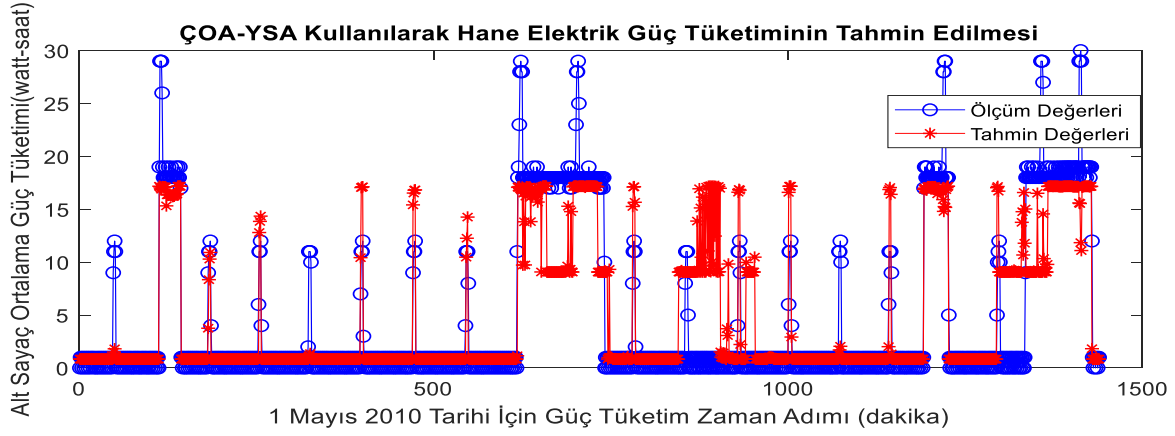
Kış mevsimi için ocak ayı deneysel verileri incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 3.5’ te gösterilmektedir. Deneysel çalışmalar bahar mevsimi olan mayıs ayı için de gerçekleştirilmiştir. 1 Mayıs 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.49, Şekil 3.50 ve Şekil 3.51’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.49. 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

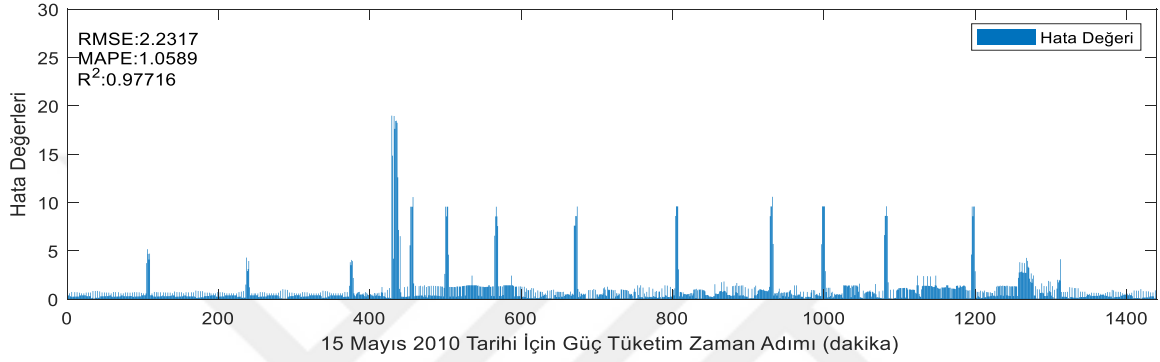
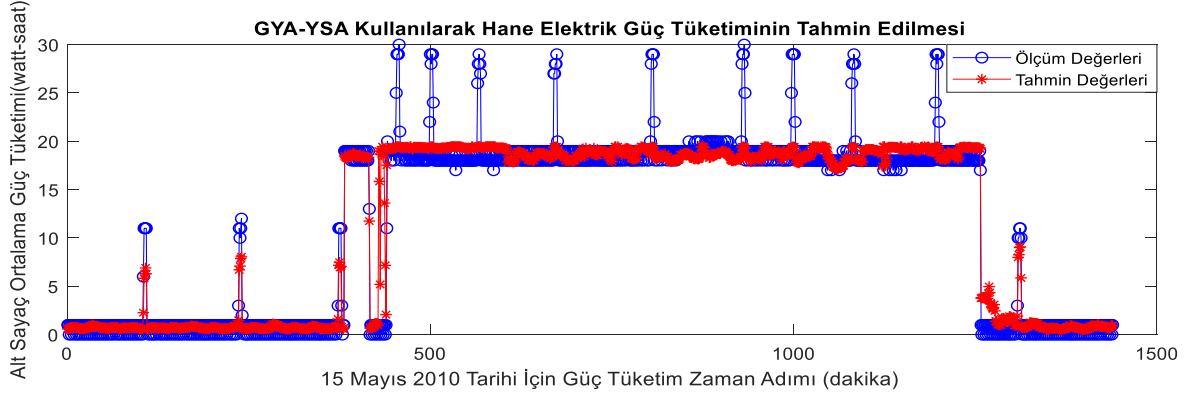


Şekil 3.50. 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması

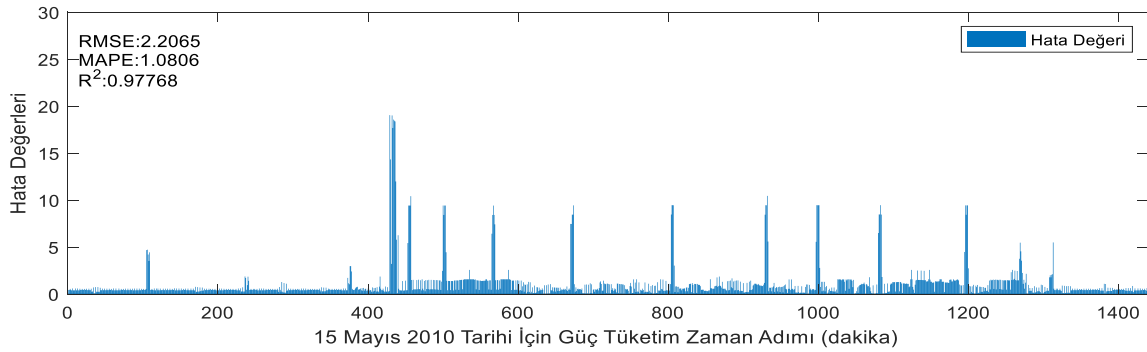
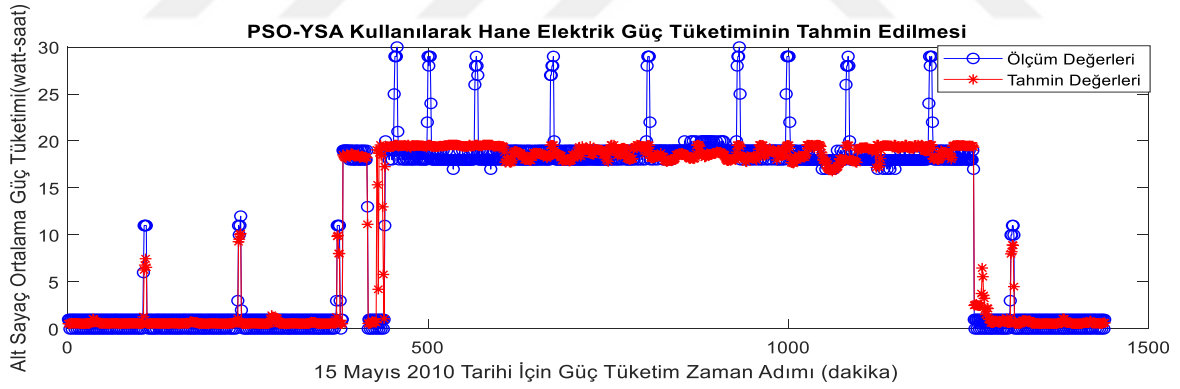


Şekil 3.51. 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

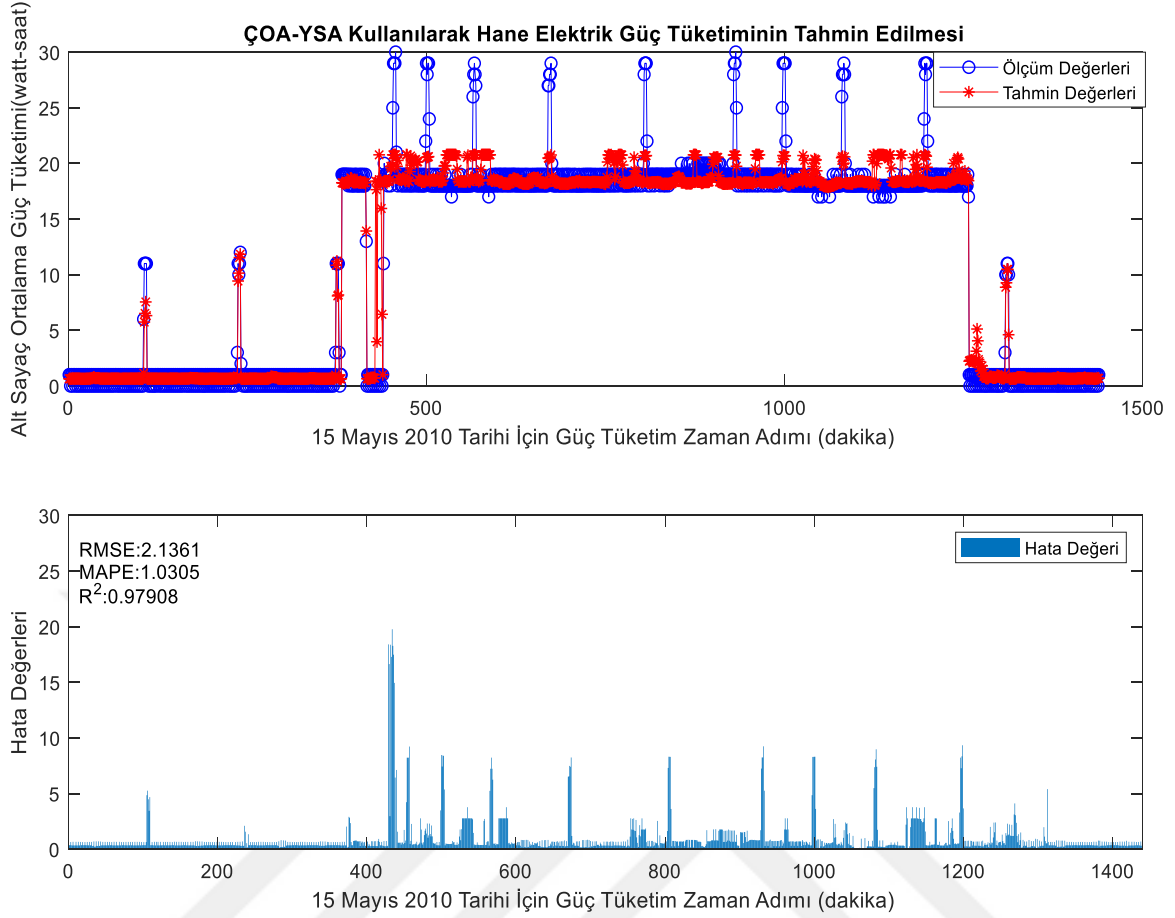
Şekil 3.51’ de 1 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntemi ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 4.1818, 2.1331 ve 0.77644 olarak hesaplanmıştır. 15 Mayıs 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.52, Şekil 3.53 ve Şekil 3.54’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. Mayıs ayı deneysel verileri incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 3.5’ te gösterilmektedir.



Şekil 3.52. 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması

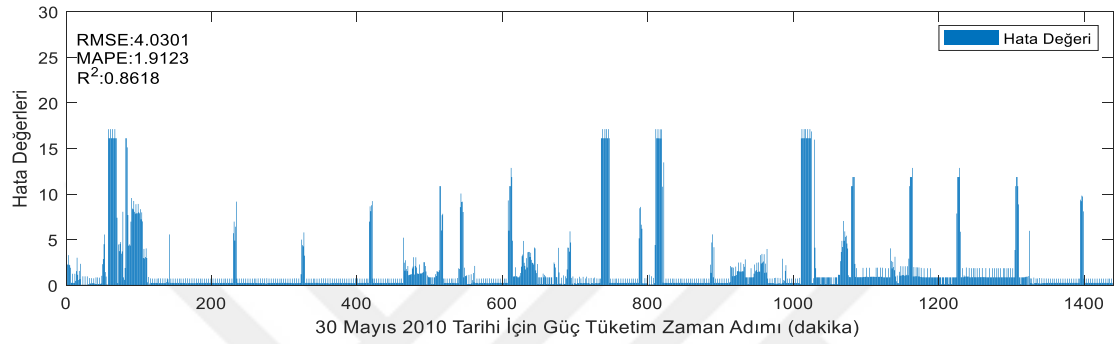
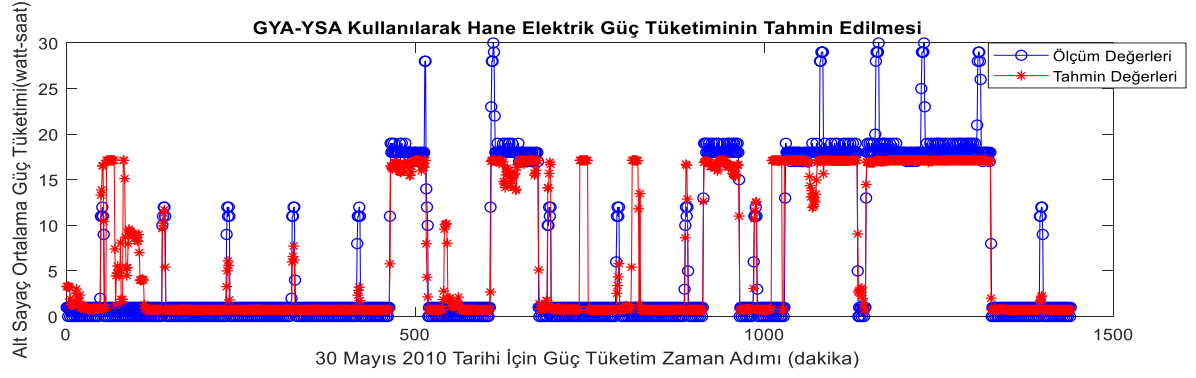


Şekil 3.53. 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması

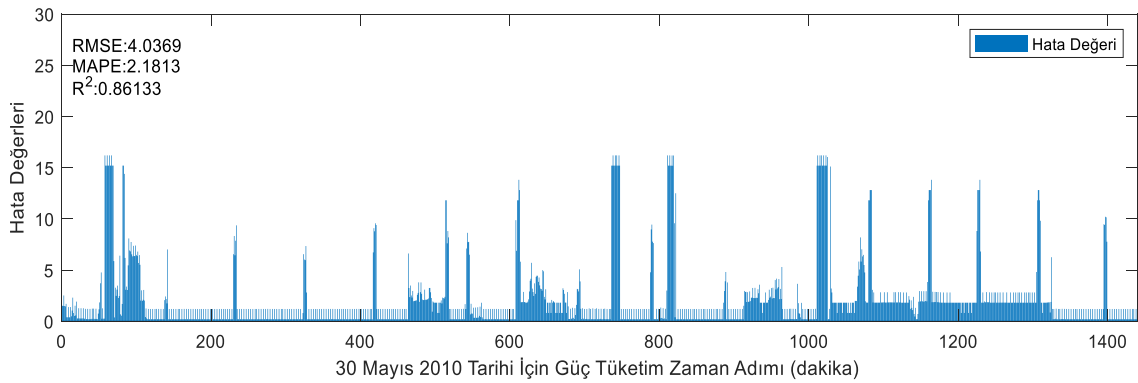
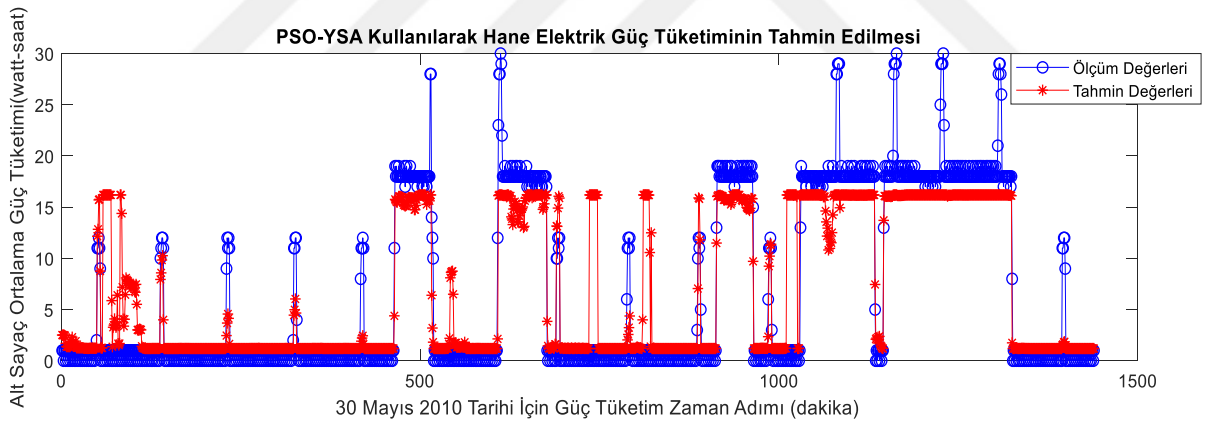


Şekil 3.54. 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

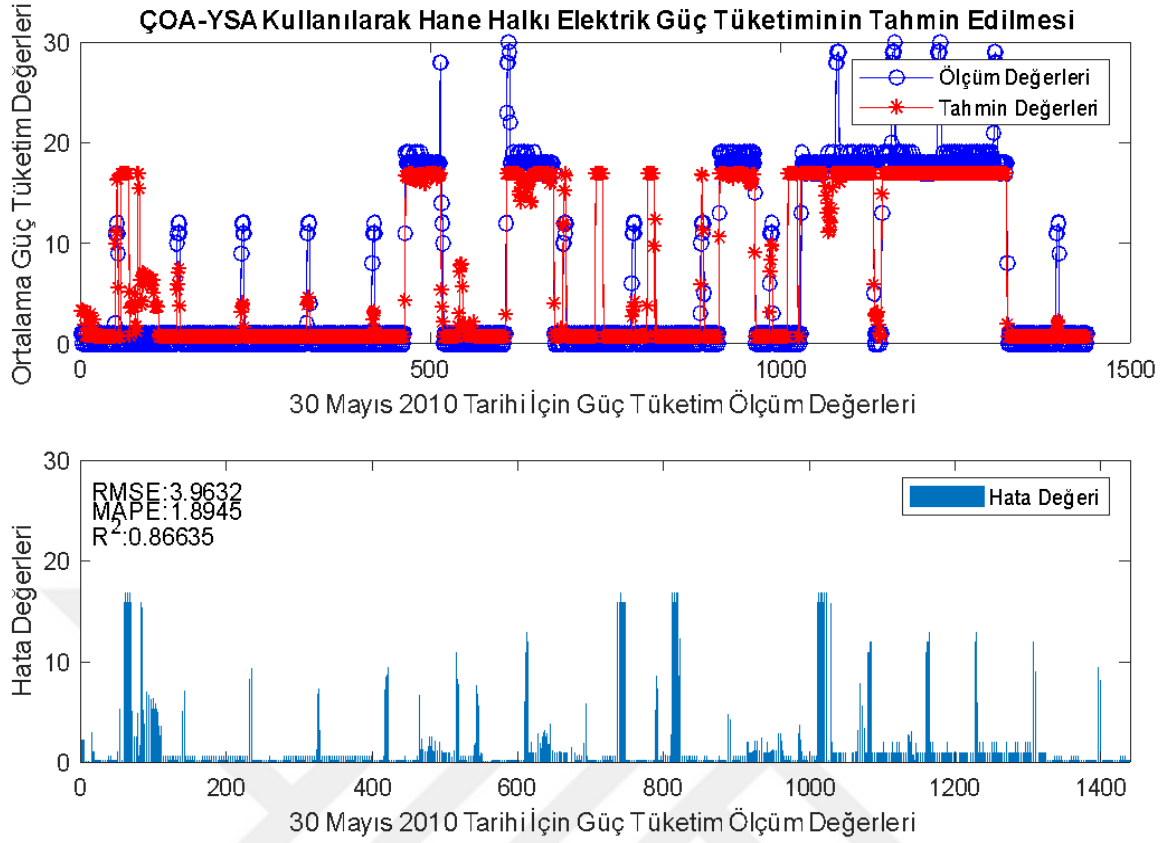
Şekil 3.54’ te 15 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntemi ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 2.1361, 1.0305 ve 0.97908 olarak hesaplanmıştır. 30 Mayıs 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.55, Şekil 3.56 ve Şekil 3.57’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. Mayıs ayı deneysel verileri incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 3.5’ te gösterilmektedir.



Şekil 3.55. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



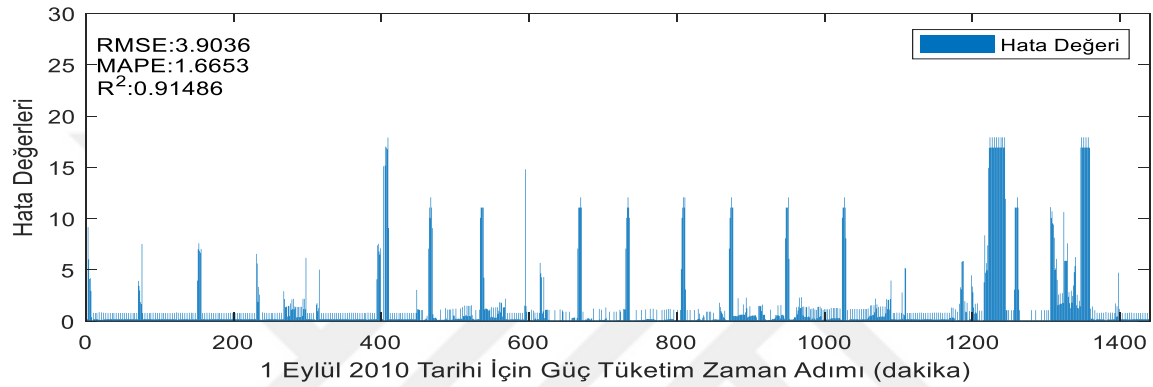
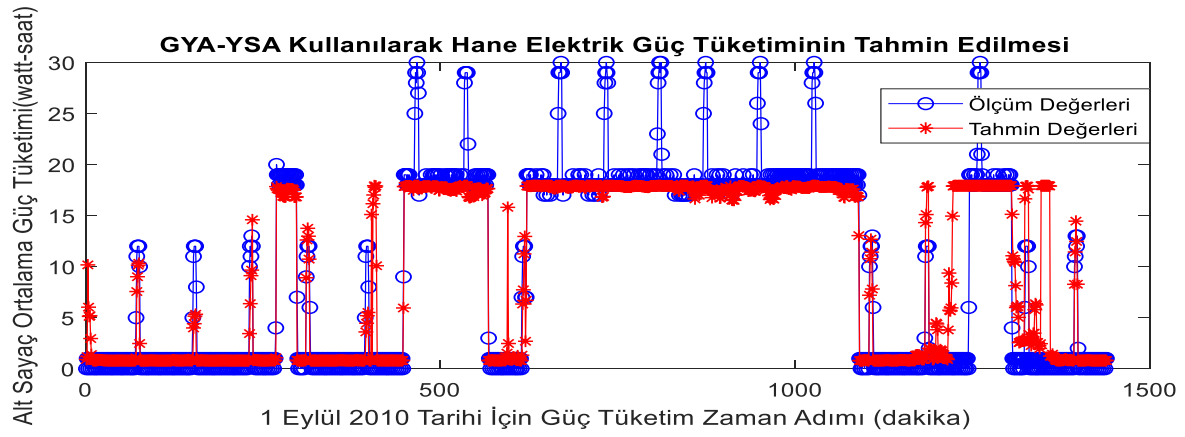
Şekil 3.56. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



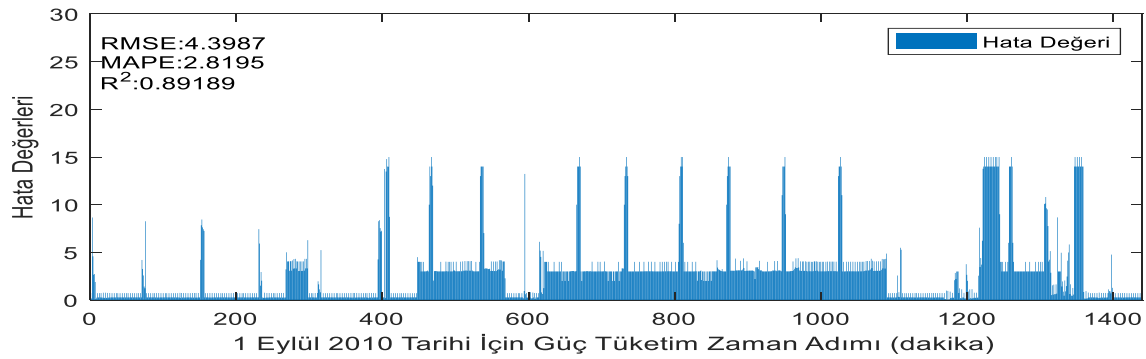
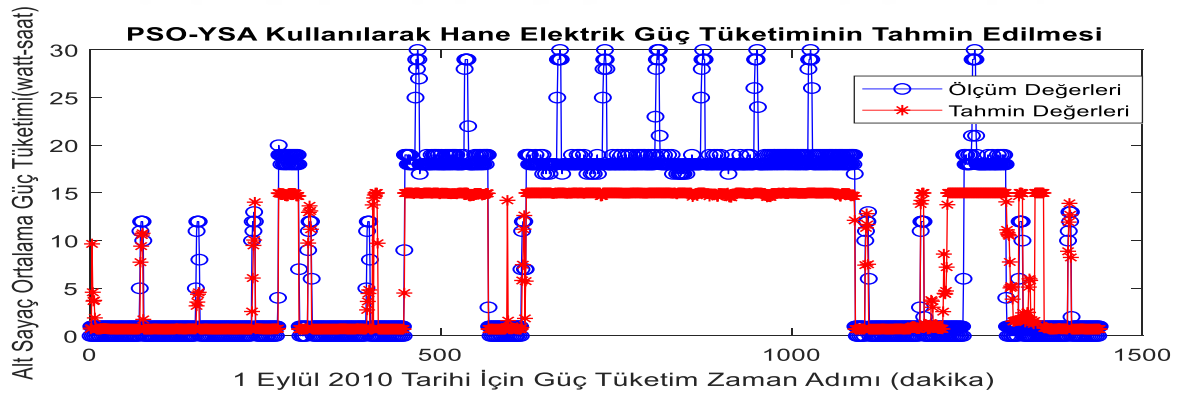
Şekil 3.57. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.57’ de 30 Mayıs 2010 tarihli hane halkının güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği incelendiğinde ölçüm değerleri ile tahmin değerleri paralellik göstermektedir. Algoritmaların hata değerleri RMSE kriterine göre GYA-YSA, PSO- YSA ve ÇOA-YSA da sırası ile 4.0301, 4.0369 ve 3.9632 olarak hesaplanmıştır. RMSE hata değerine göre en iyi performans ÇOA-YSA hibrit yöntem ile hesaplanmıştır. MAPE kriterine göre ise GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA da sırası ile 1.9123, 2.1813 ve 1.8945 olarak hesaplanmıştır. MAPE hata değerine göre de yine en iyi performans ÇOA-YSA ile hesaplanmıştır. Mayıs ayı deneysel çalışmaları incelenerek Tablo 3.5 oluşturulmuş ve sonbahar ayı olan Eylül ile deneysel çalışmalar 2010 yılı için devam etmiştir.

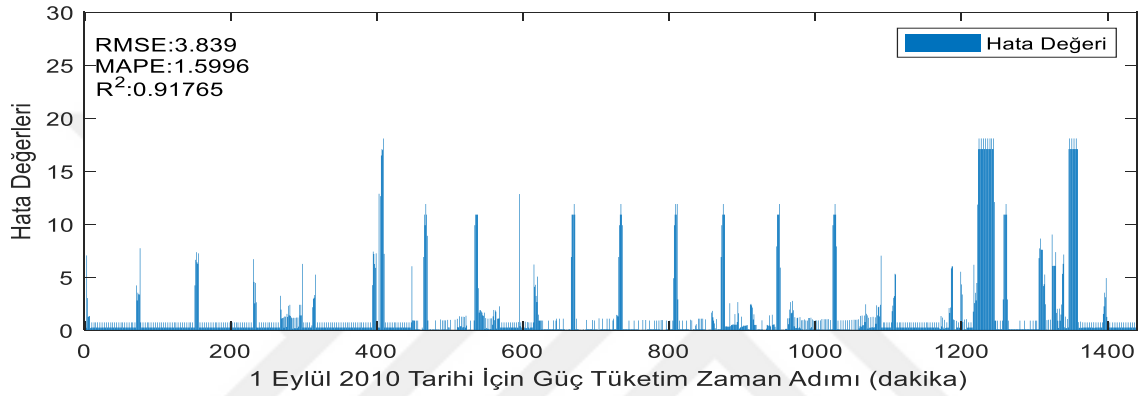
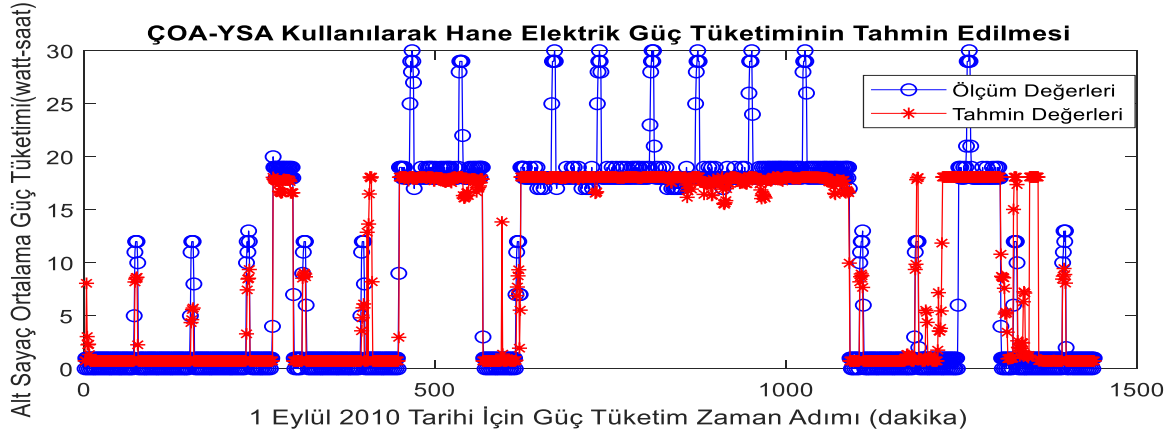
1 Eylül 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.58, Şekil 3.59 ve Şekil 3.60’ da gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.58. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



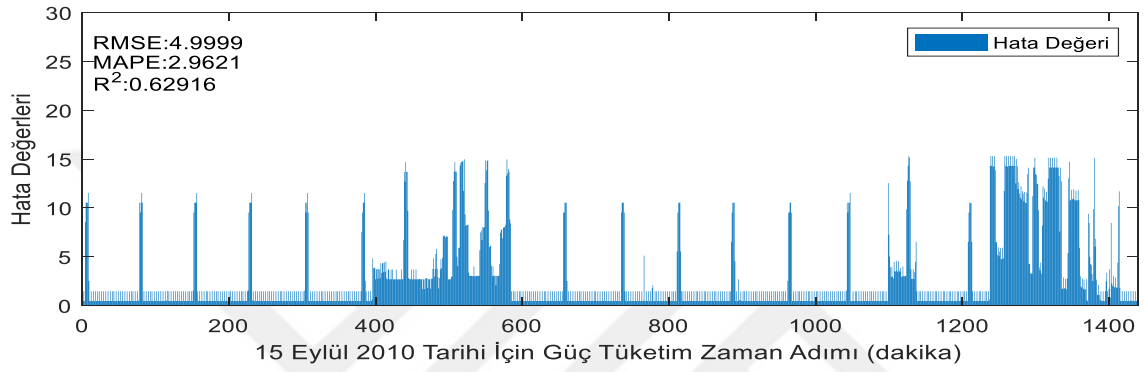
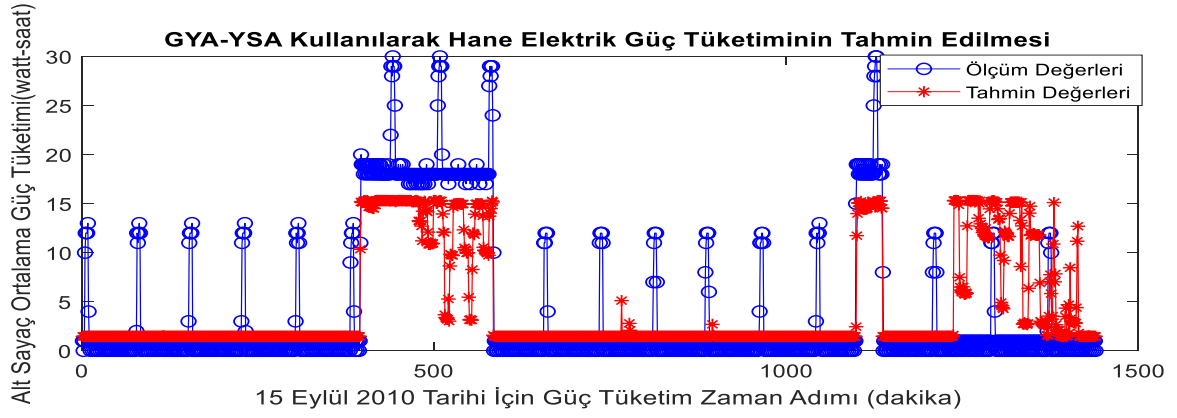
Şekil 3.59. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



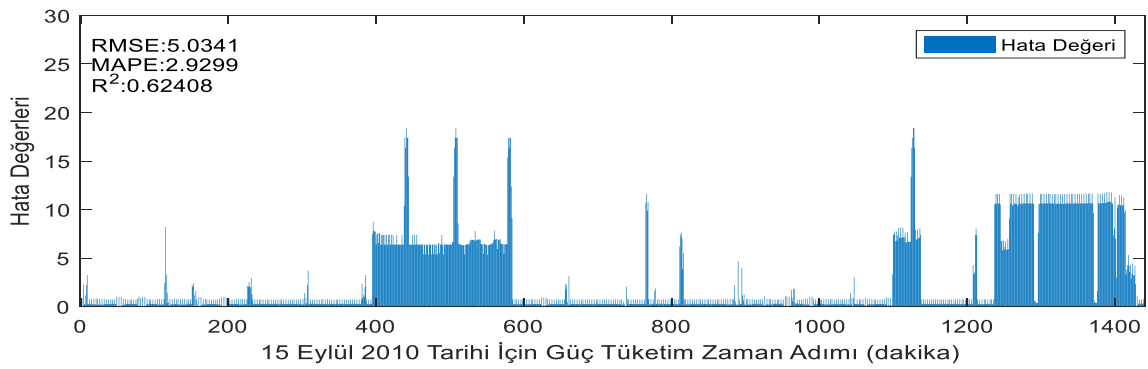
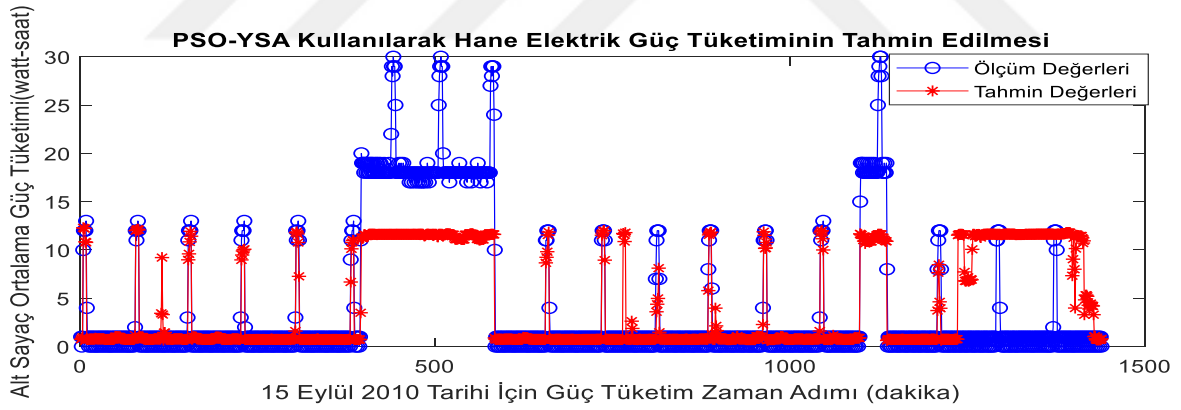
Şekil 3.60. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.60’ da 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntem ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 3.839, 1.5996 ve 0.91765 olarak hesaplanmıştır. 1 Eylül 2010 tarihli grafikleri incelendiğinde RMSE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA da sırası ile 3.9036, 4.4987 ve 3.839 olarak hesaplanmıştır. RMSE hata değerine göre en iyi performans ÇOA-YSA ile hesaplanmıştır.

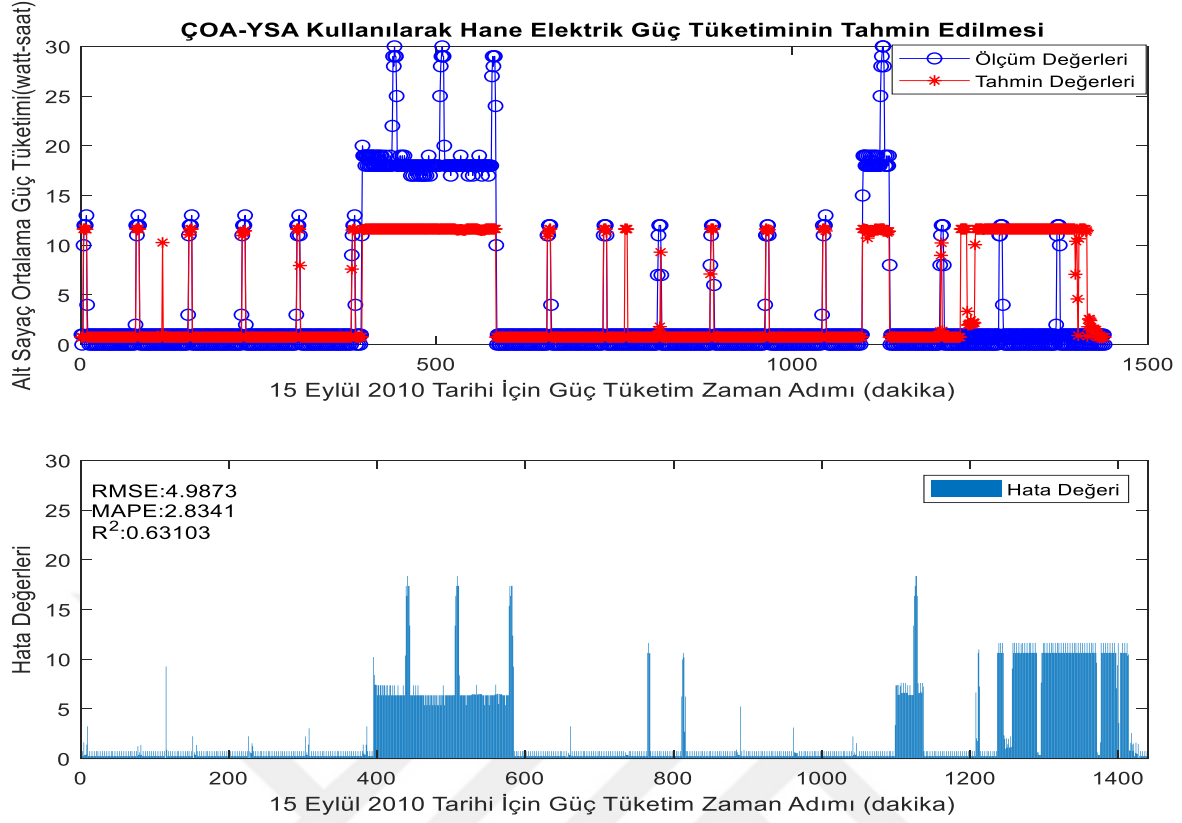
15 Eylül 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.61, Şekil 3.62 ve Şekil 3.63’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.61. 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



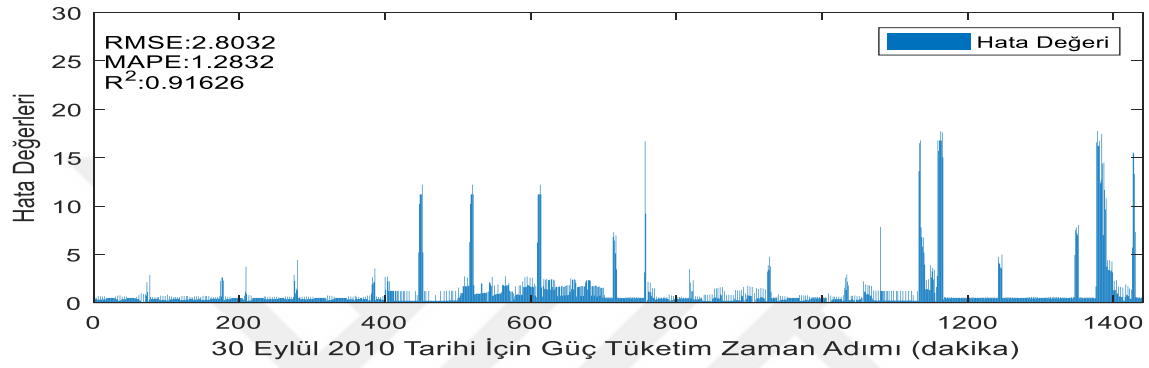
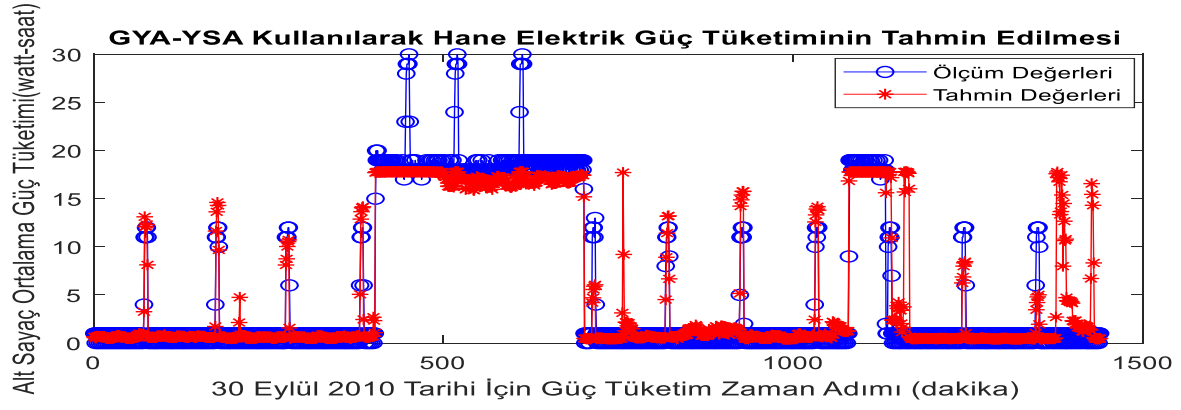
Şekil 3.62. 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



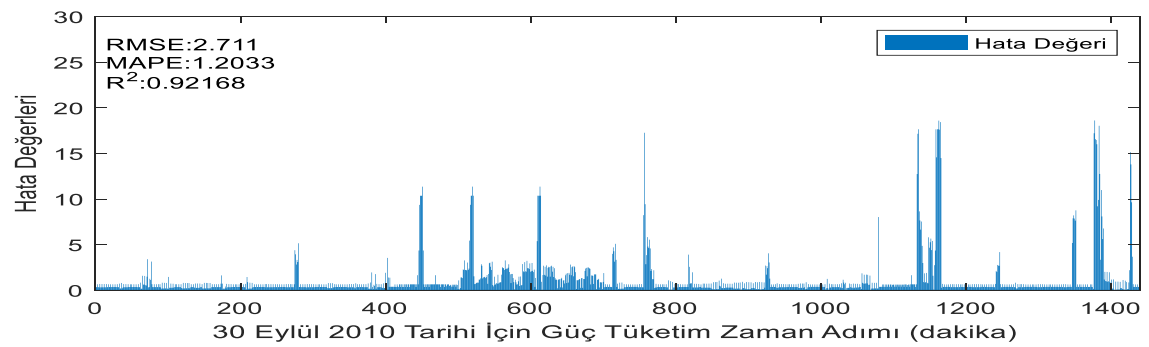
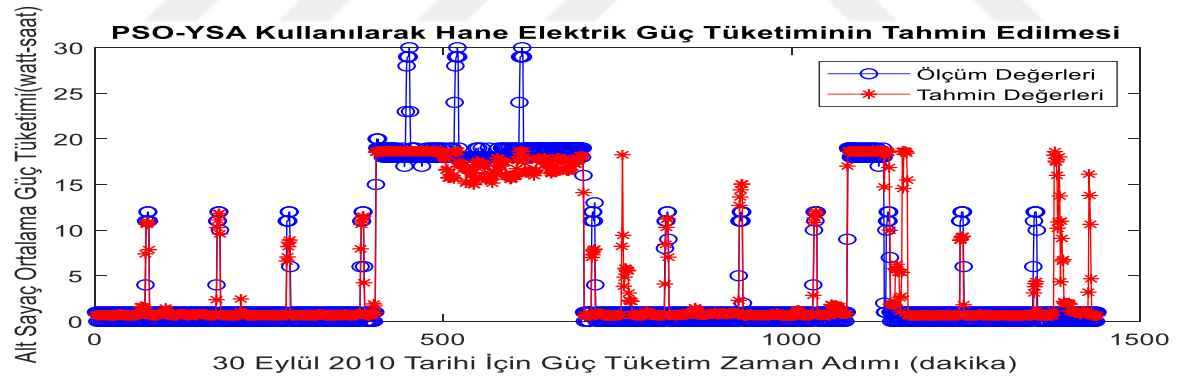
Şekil 3.63. 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.63’ te 15 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA hibrit yöntem ile güç tüketimi hata değerleri hesaplanmıştır. Buna göre RMSE, MAPE ve R^2 sırası ile 4.9873, 2.8341 ve 0.63103 olarak hesaplanmıştır. 15 Eylül 2010 tarihli grafikleri incelendiğinde MAPE kriterine göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA da sırası ile 2.9621, 2.9299 ve 2.8341 olarak hesaplanmıştır. MAPE hata değerine göre en iyi performans ÇOA-YSA ile hesaplanmıştır.

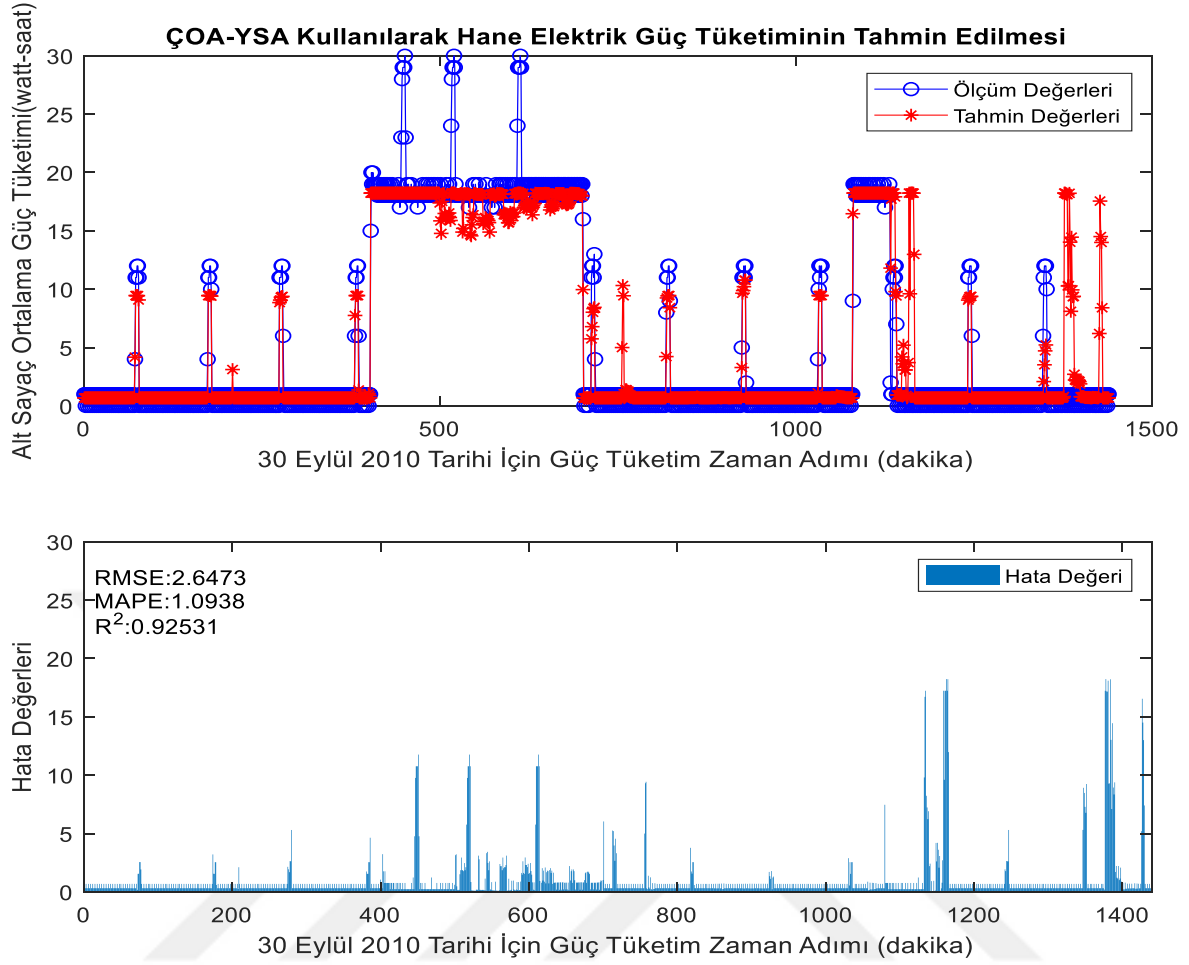
30 Eylül 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.64, Şekil 3.65 ve Şekil 3.66’ da gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir. Eylül ayı için deneysel çalışmalar incelenerek Tablo 3.5 oluşturulmuştur.



Şekil 3.64. 30 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin GYA-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.65. 30 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.66. 30 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin ÇOA-YSA ile hesaplanması

30 Eylül 2010 ÇOA-YSA verileri incelendiğinde RMSE, MAPE, R^2 göre sırasıyla 2.6473, 1.0938, 0.92531 olarak ölçülmüştür. Aynı gün GYA-YSA değerleri sırası ile 2.8032, 1.2832, 0.91626 olarak, PSO-YSA değerleri ise 2.711, 1.2033, 0.92168 ölçülmüştür. Tablo 3.5’ te görüldüğü üzere 15 Eylül 2010 tarihli GYA-YSA, PSO- YSA ve ÇOA-YSA sonuçları RMSE kriterine göre sırası ile 4.9999, 5.0341 ve 4.9873 olarak hesaplanmıştır. RMSE’ ye göre ÇOA-YSA en az hata sonuçlarını göstermektedir. Yine Tablo 3.5’ te 1 Eylül 2010 tarihli GYA-YSA, PSO- YSA ve ÇOA-YSA sonuçları MAPE kriterine göre sırası ile 1.6653, 2.8195 ve 1.5996 olarak hesaplanmıştır. Bu tarihler için de MAPE’ ye göre ÇOA-YSA hibrit yöntem ile en az hata sonuçlarına ulaşılmıştır. Genel olarak Tablo 3.5 incelendiğinde ÇOA-YSA hibrit yöntemi, GYA-YSA ve PSO-YSA hibrit yöntemlerine göre RMSE ve MAPE’ de daha düşük hatalı sonuçlar göstermektedir. Tablo 3.5’te 2010 yılı belirlenen günler için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri yürütülen deneysel sonuçlar gösterilmektedir. Tablo detaylı bir şekilde incelendiğinde ÇOA–YSA hibrit yöntemi,

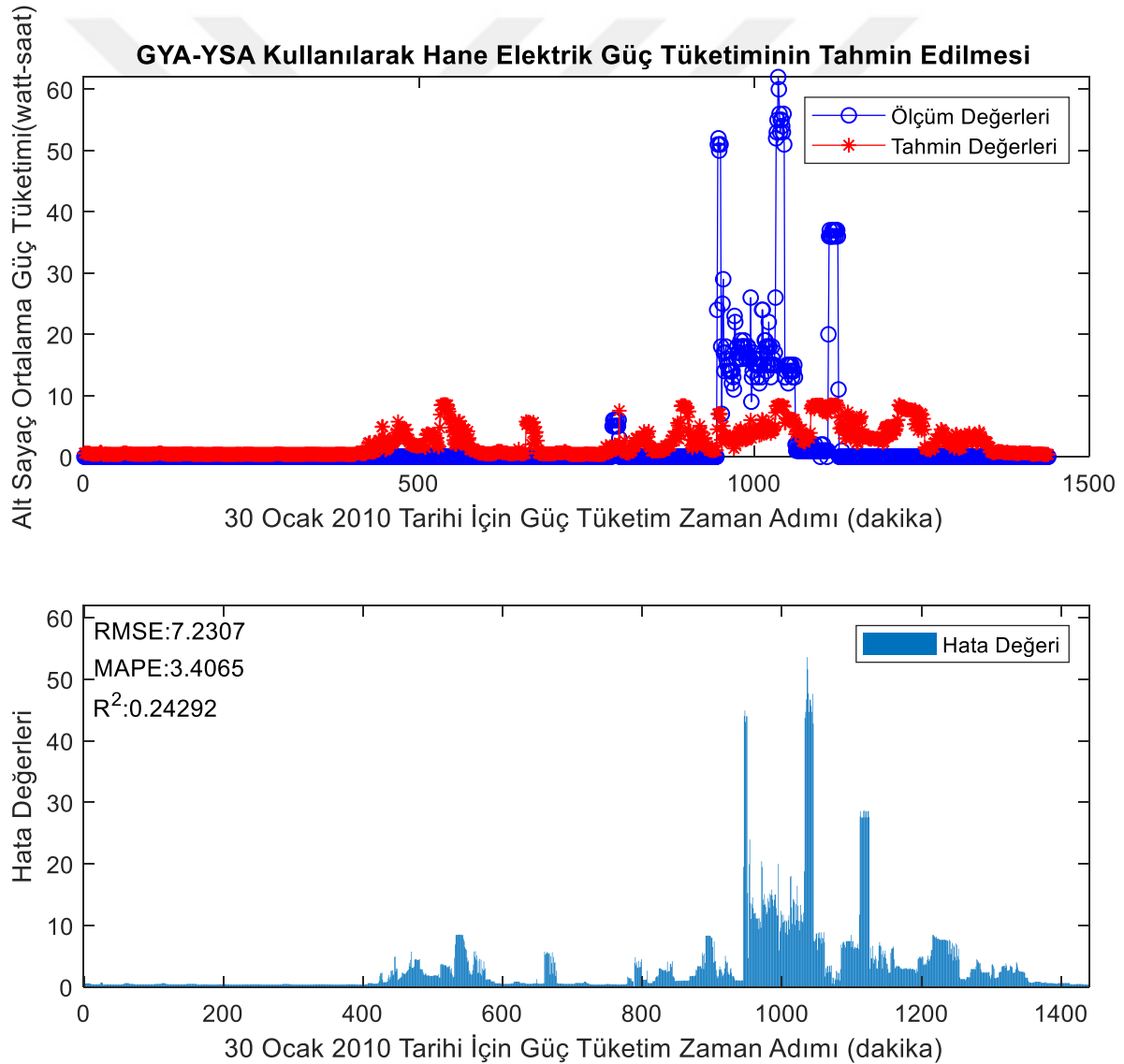
GYA-YSA ve PSO-YSA hibrit yöntemlerine göre RMSE ve MAPE' de daha düşük hatalı sonuçlar göstererek, daha başarılı olmuştur.

Tablo 3.5. 2010 yılı belirlenen günler için RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit zeki sistemleri kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar

1 OCAK 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
2.9721	1.5909	0.74356	2.7787	1.2932	0.77586	2.7032	1.1832	0.78788
15 OCAK 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
4.1749	2.2531	0.8981	4.5037	2.9928	0.88142	4.1045	2.0244	0.90151
30 OCAK 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
2.472	1.029	0.97311	2.6565	1.6186	0.96894	2.4314	0.85892	0.9739
1 MAYIS 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
4.5572	2.4126	0.7345	4.5602	2.4658	0.73415	4.1818	2.1331	0.77644
15 MAYIS 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
2.2317	1.0589	0.97716	2.2065	1.0806	0.97768	2.1361	1.0305	0.97908
30 MAYIS 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
4.0301	1.9123	0.8618	4.0369	2.1813	0.86133	3.9632	1.8945	0.86507
1 EYLÜL 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
3.9036	1.6653	0.91486	4.3987	2.8195	0.89189	3.839	1.5996	0.91765
15 EYLÜL 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
4.9999	2.9621	0.62916	5.0341	2.9299	0.62408	4.9873	2.8341	0.63103
30 EYLÜL 2010								
GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
2.8032	1.2832	0.91626	2.711	1.2033	0.92168	2.6473	1.0938	0.92531

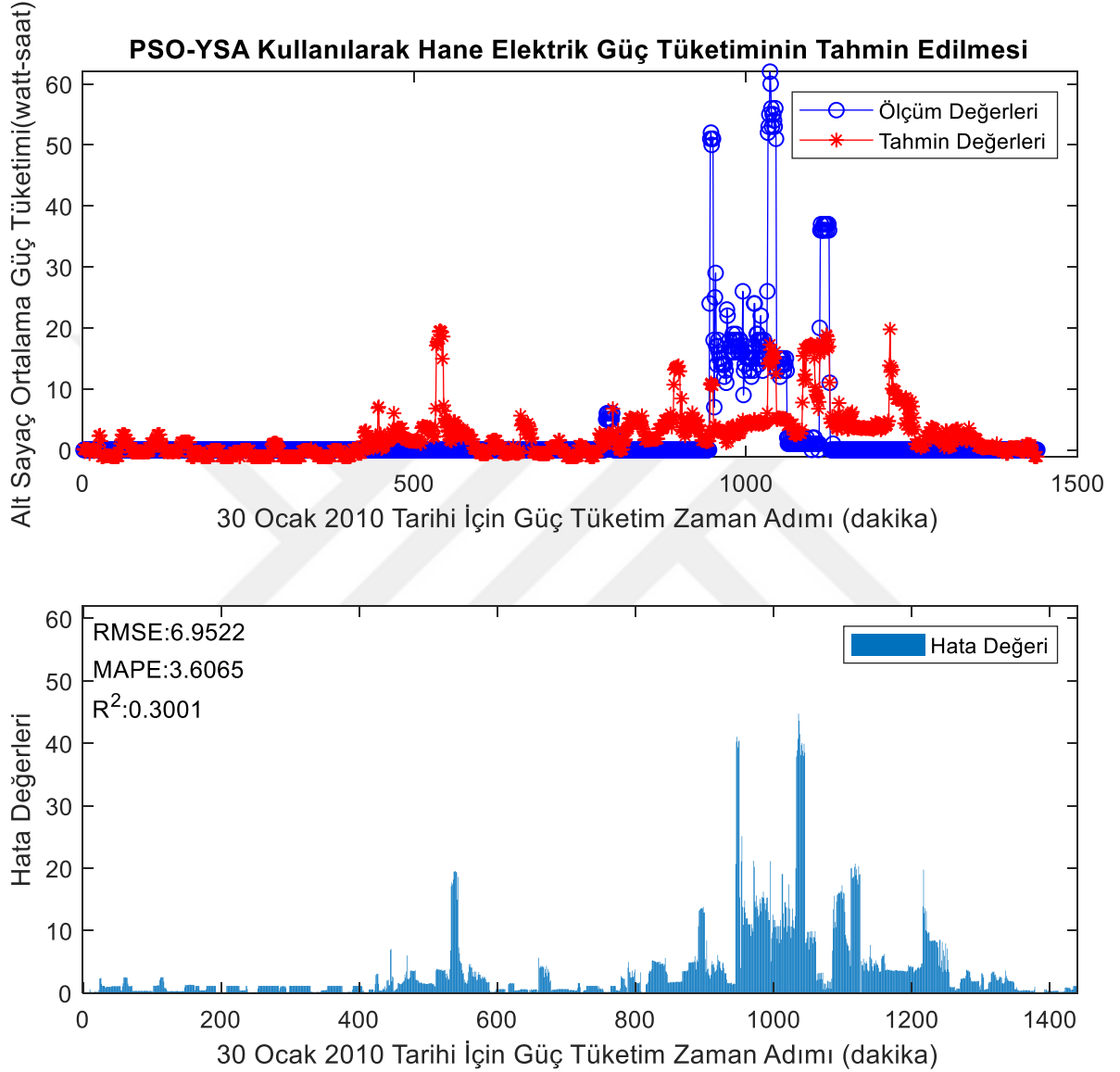
Tez çalışmasında, öncelikle buraya kadar olan deneysel çalışmalarda akım ve gerilim giriş değerleri kullanılarak, çıkışta alt sayaç3 için elektrik güç tüketim tahmini yapılmıştır. Bunun yanında, deneysel çalışmalar 30 Ocak 2010, 30 Mayıs 2010 ve 1 Eylül 2010 tarihleri için giriş olarak akım ve gerilim değerleri kullanılarak çıkış olarak alt sayaç1 (Mutfak) ve alt sayaç2 (Çamaşırhane) değerleri ile elektrik güç tüketim tahmini de yapılmıştır. Bu sonuçlar grafiksel olarak analiz edilerek Tablo 3.6’ daki sonuçlar elde edilmiştir.

30 Ocak 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin alt sayaç1 için tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.67, Şekil 3.68 ve Şekil 3.69’ da gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



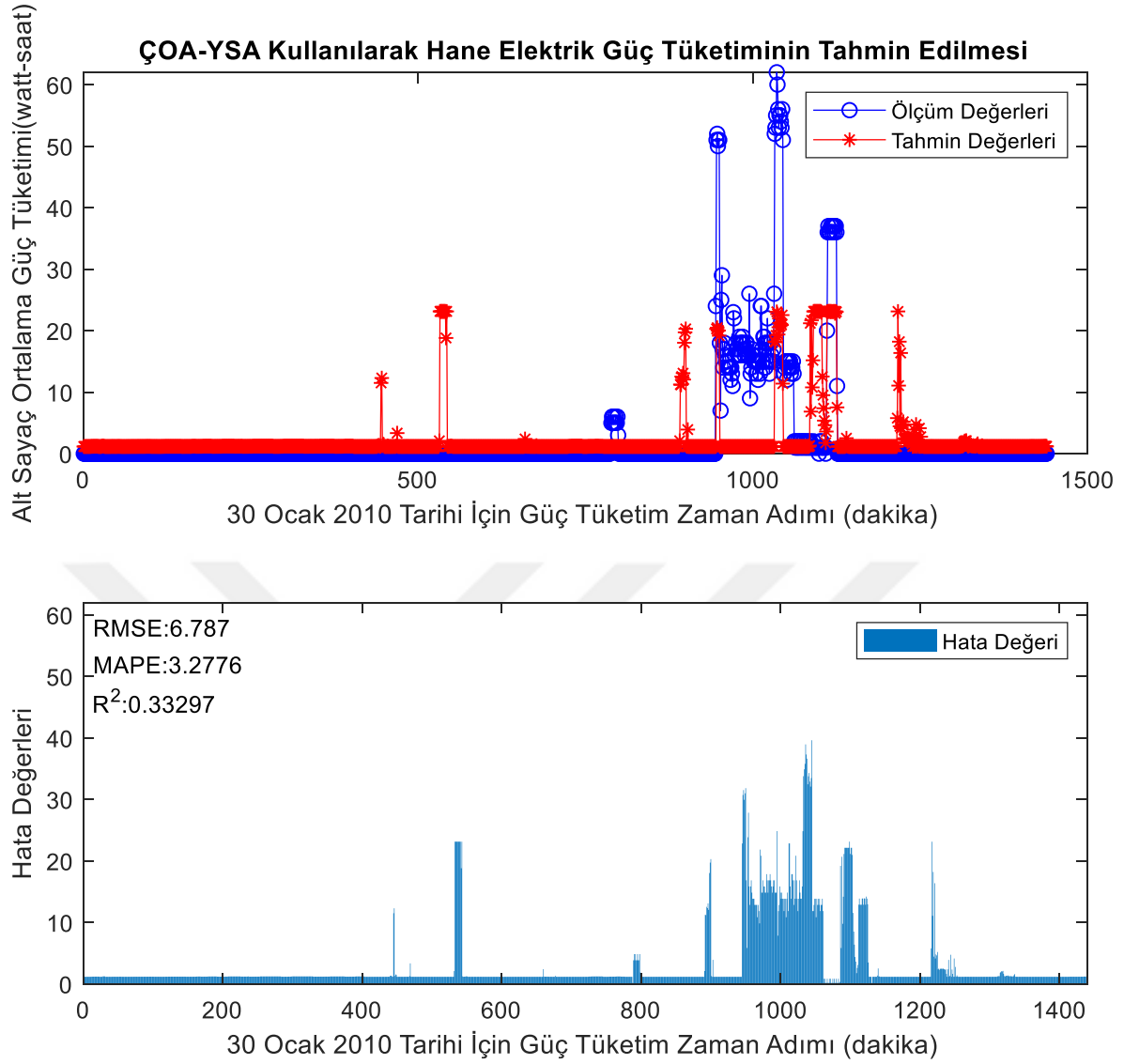
Şekil 3.67. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.67’ deki 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 7.2307, MAPE değeri 3.4065 ve R^2 değeri 0.24292 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.6’ daki alt sayaç3 ile kıyaslandığında oldukça yüksek hatalı sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.68. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması

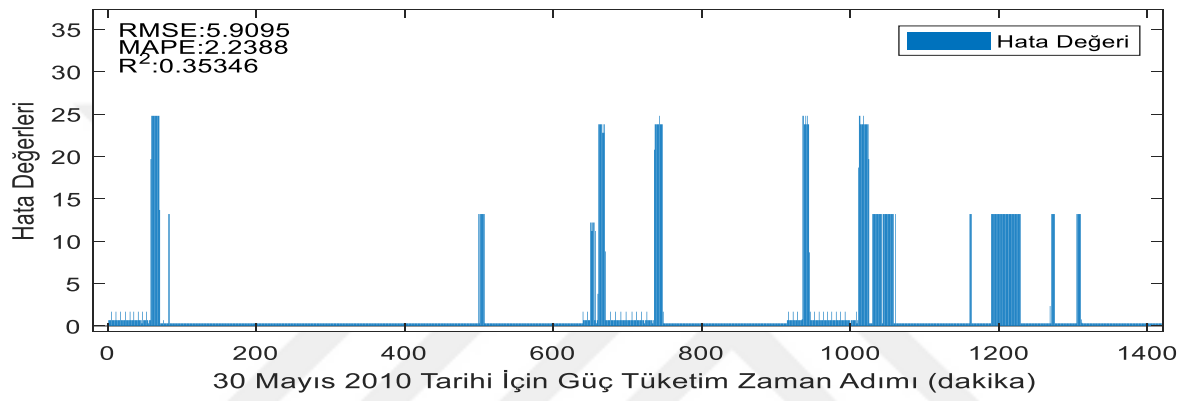
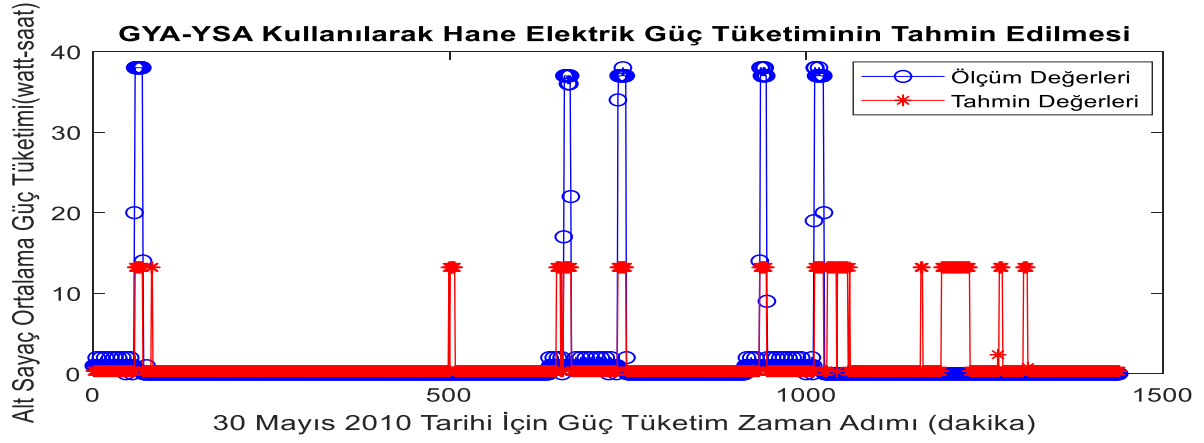
Şekil 3.68’ deki 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 6.9522, MAPE değeri 3.6065 ve R^2 değeri 0.3001 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.6’ da alt sayaç1, alt sayaç2 ve alt sayaç3 şeklinde detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.69. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması

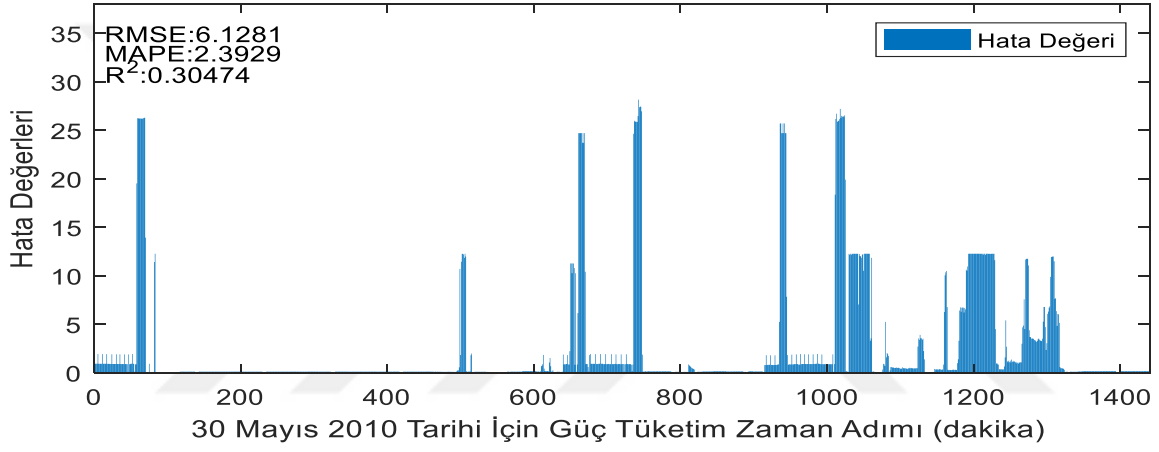
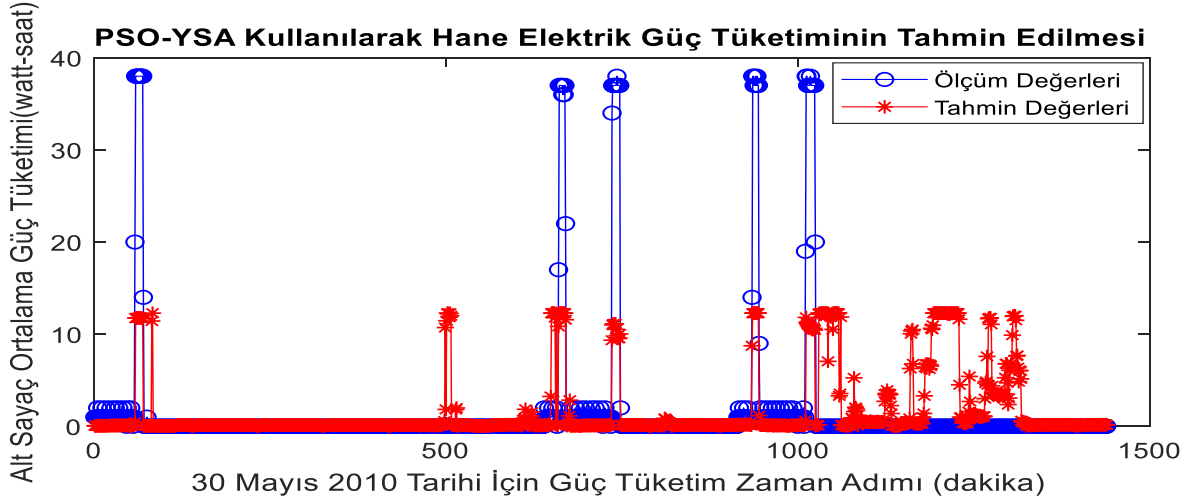
Şekil 3.69’ daki 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 6.787, MAPE değeri 3.2776 ve R^2 değeri 0.33297 olarak hesaplanmıştır. 30 Ocak verileri incelendiğinde alt sayaç1 için de RMSE ve MAPE’ ye göre en düşük hata değerleri ÇOA-YSA hibrit yöntem ile hesaplanmıştır.

30 Mayıs 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin alt sayaç1 için tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.70, Şekil 3.71 ve Şekil 3.72’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



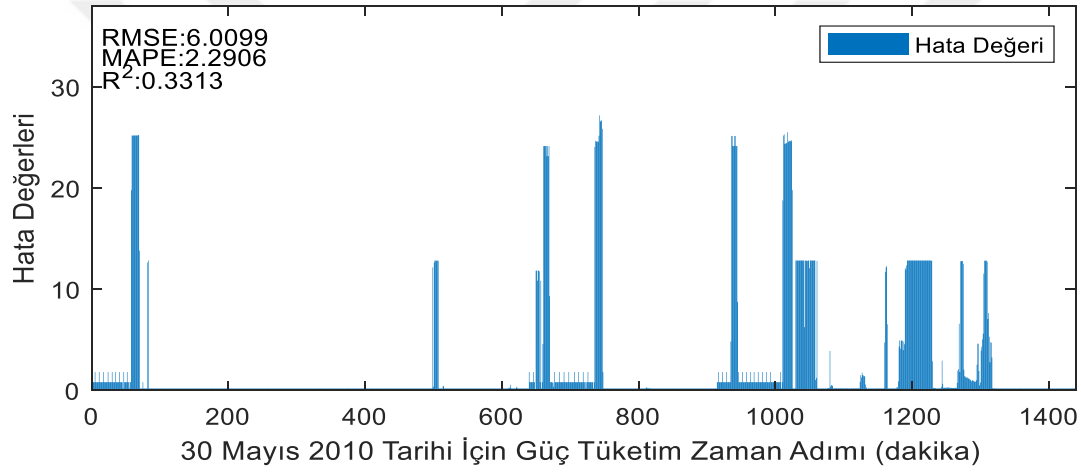
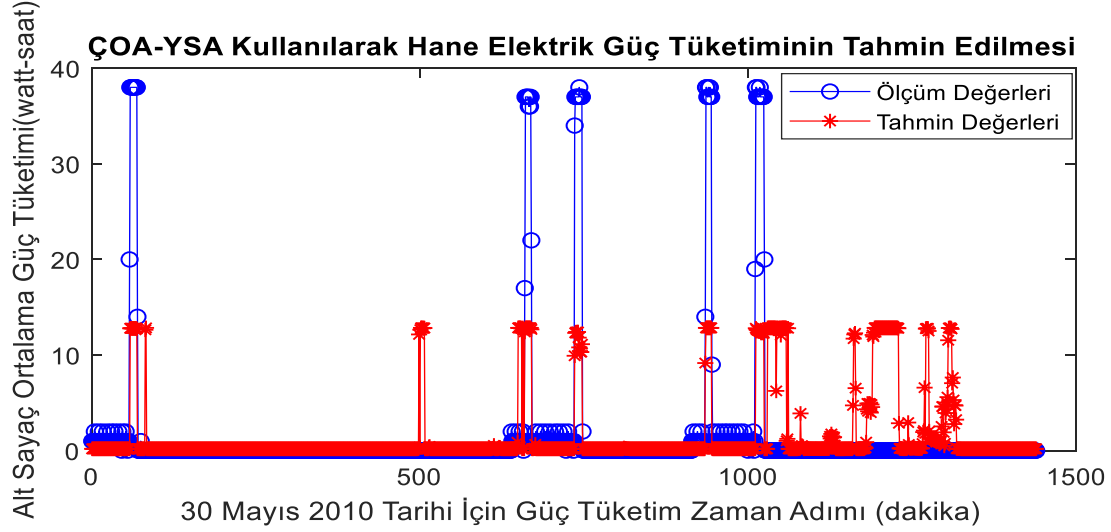
Şekil 3.70. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.70’ deki 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 5.9095, MAPE değeri 2.2388 ve R^2 değeri 0.35346 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.71. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması

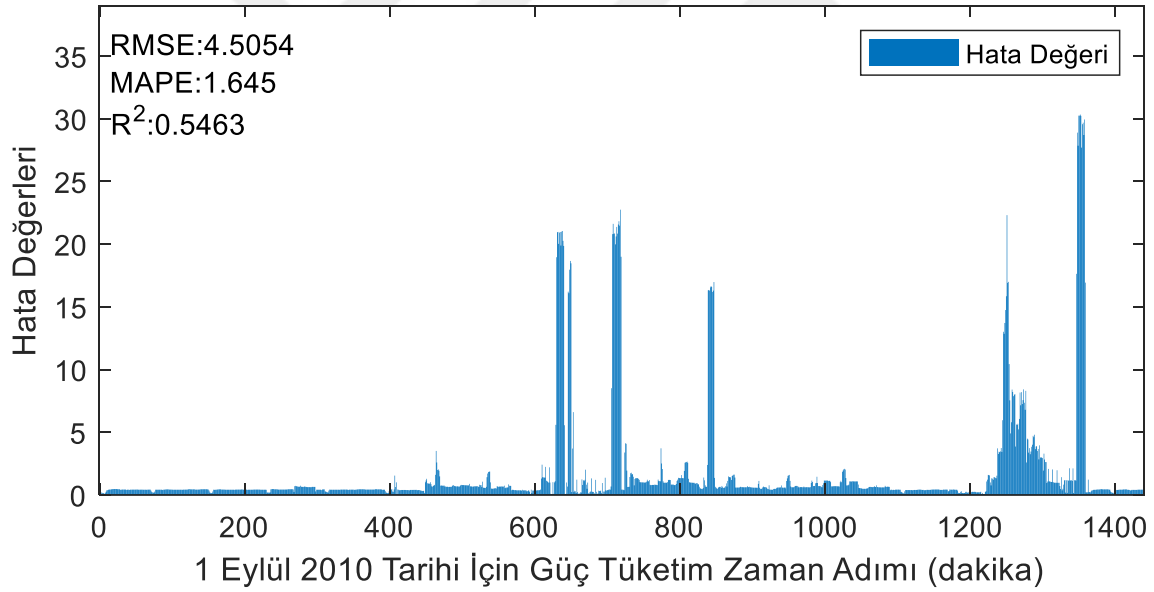
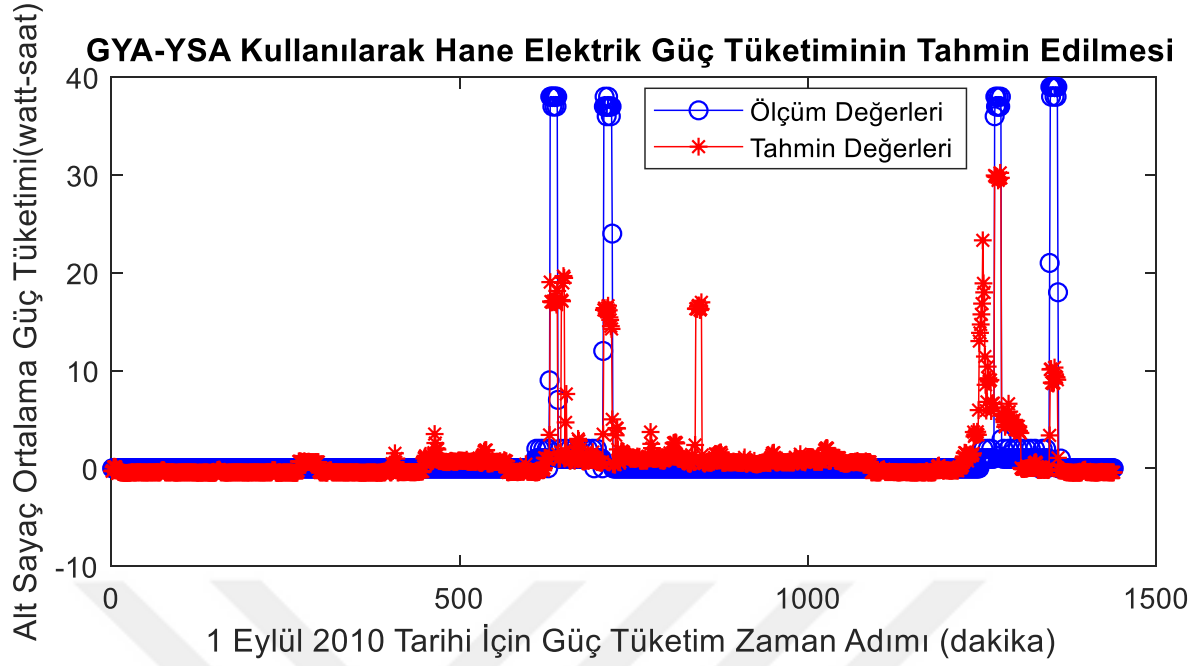
Şekil 3.71’ deki 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 6.1281, MAPE değeri 2.3929 ve R^2 değeri 0.30474 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 3.70’ deki GYA-YSA ile kıyaslandığında yüksek hatalı sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.72. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.72’ deki 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 6.0099, MAPE değeri 2.2906 ve R^2 değeri 0.3313 olarak hesaplanmıştır. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması sonucunda RMSE hata değerinin (6.0099) alt sayaç3 için hesaplanan RMSE hata değerden (3.9632) çok yüksek çıktığı görülmektedir.

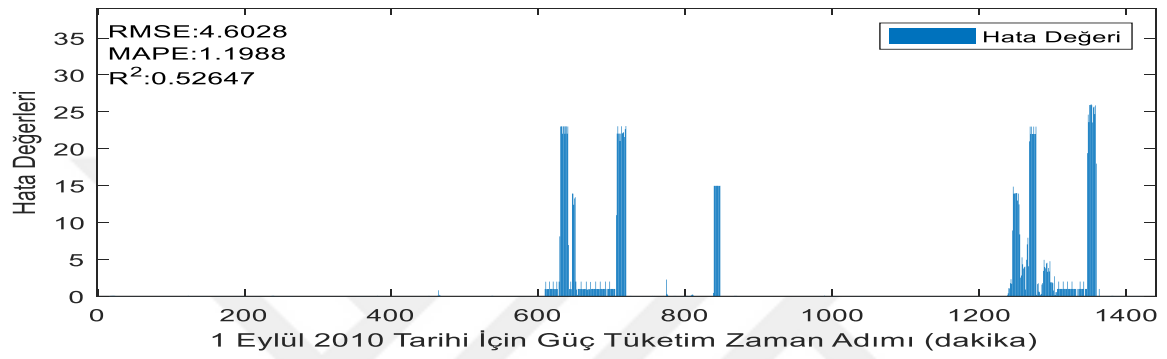
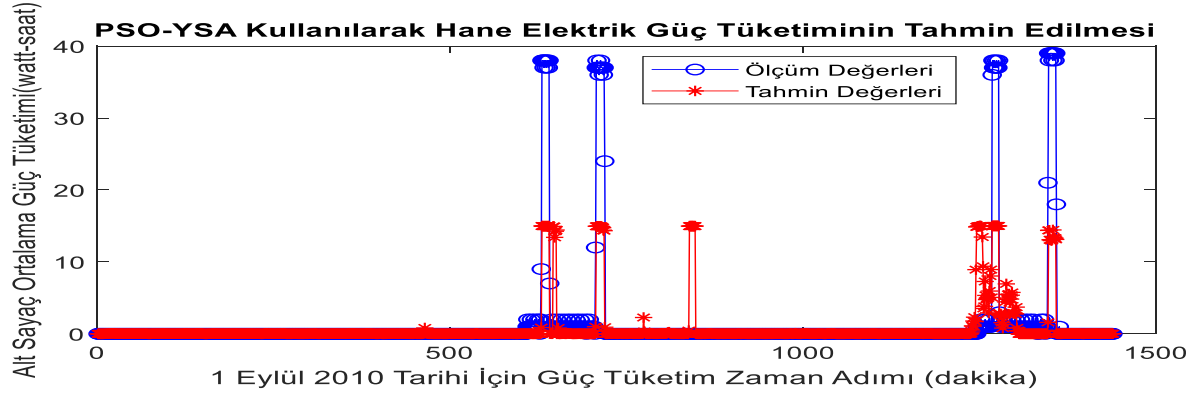
1 Eylül 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri kullanarak hane elektrik güç tüketiminin alt sayaç1 için tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.73, Şekil 3.74 ve Şekil 3.75’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



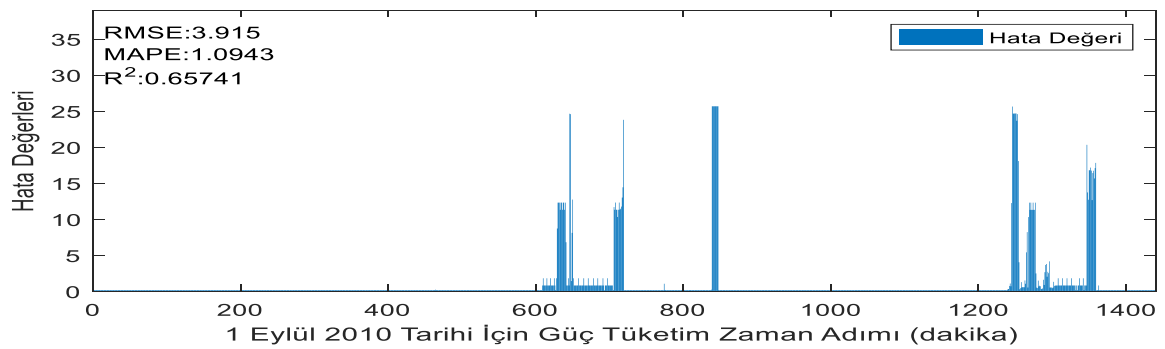
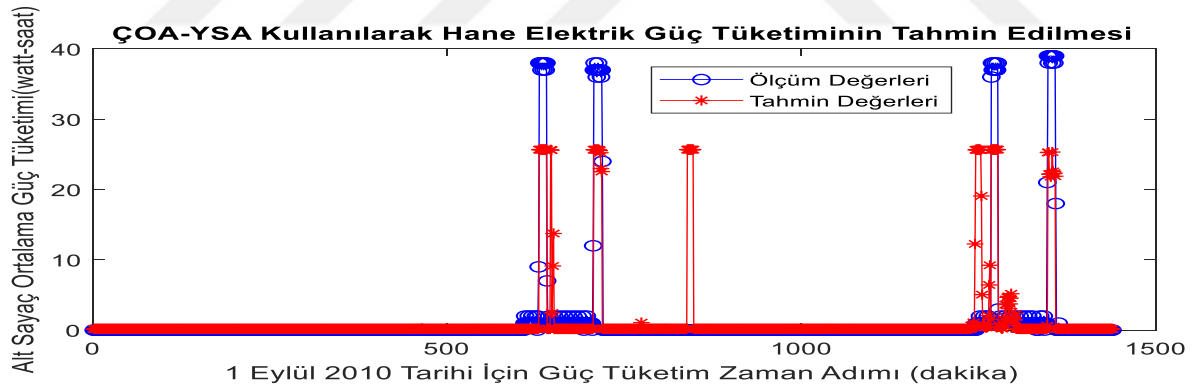
Şekil 3.73. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.73’ deki 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için GYA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 4.5054, MAPE değeri 1.645 ve R^2 değeri 0.5463 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3.74’ deki 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 4.6028, MAPE değeri 1.1988 ve R^2 değeri 0.52647 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.74. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için PSO-YSA ile hesaplanması

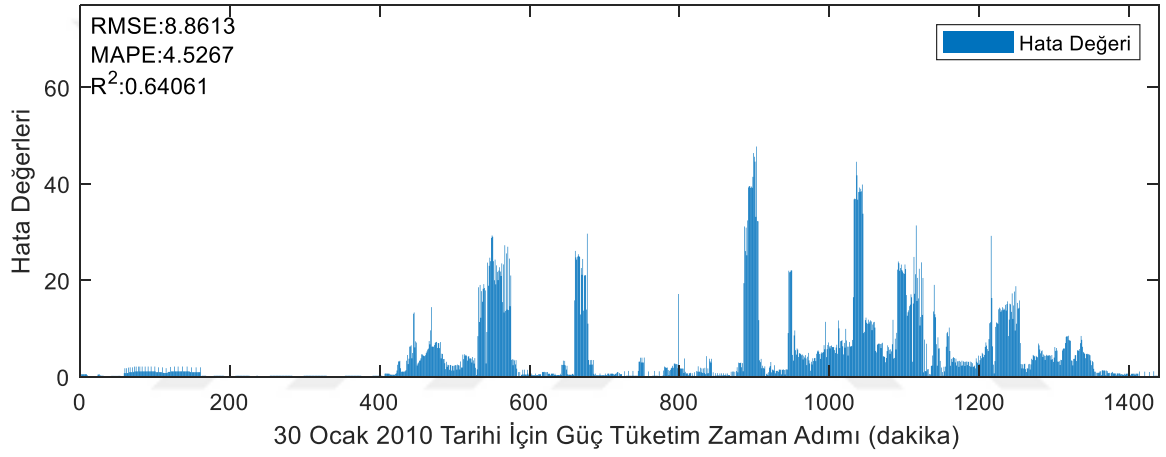
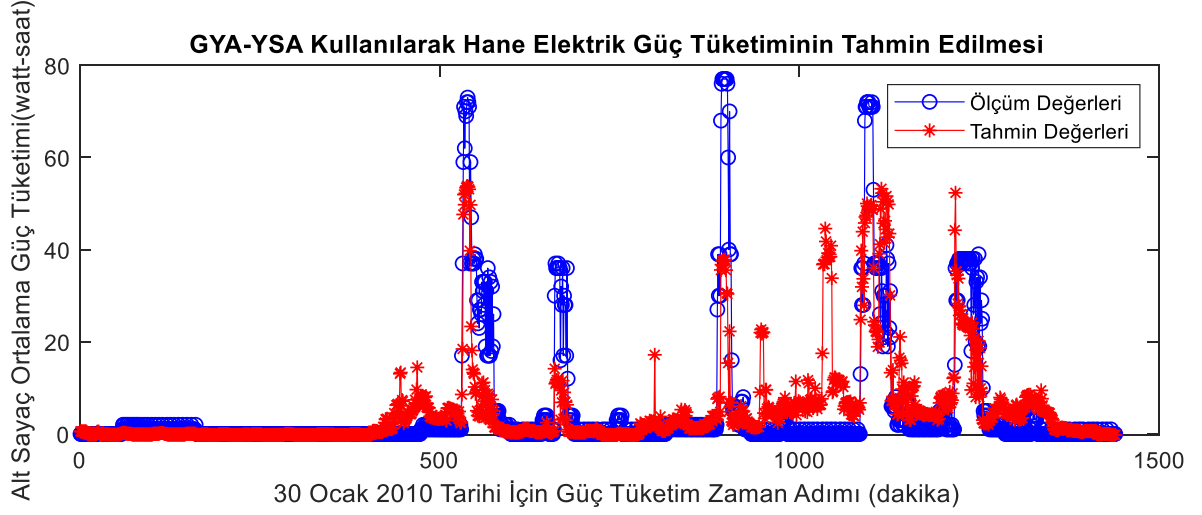


Şekil 3.75. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.75' teki 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç1 için ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 3.915, MAPE değeri 1.0943 ve R^2 değeri 0.65741 olarak hesaplanmıştır. 1 Eylül verileri incelendiğinde alt sayaç1 için de RMSE ve MAPE' ye göre en düşük hata değerleri ÇOA-YSA ile hesaplanmıştır.

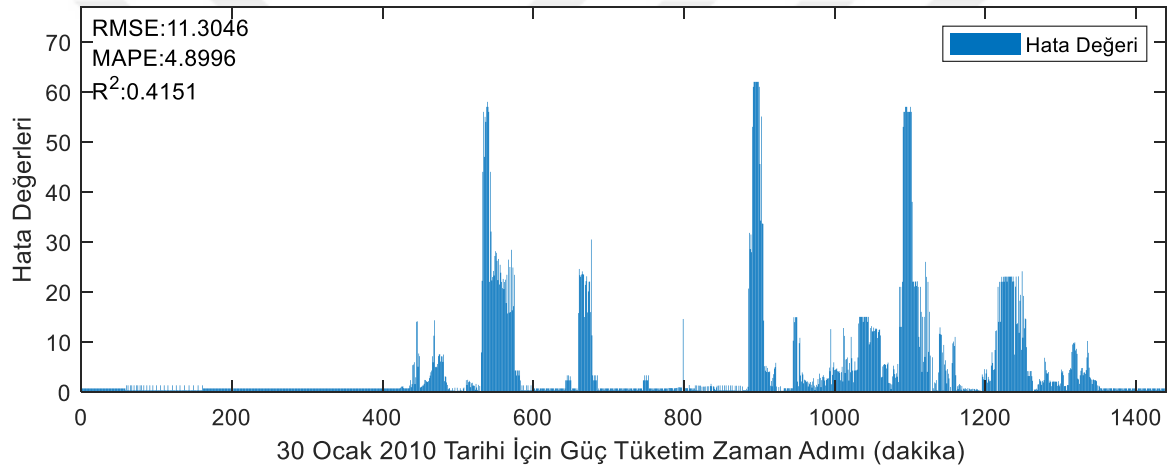
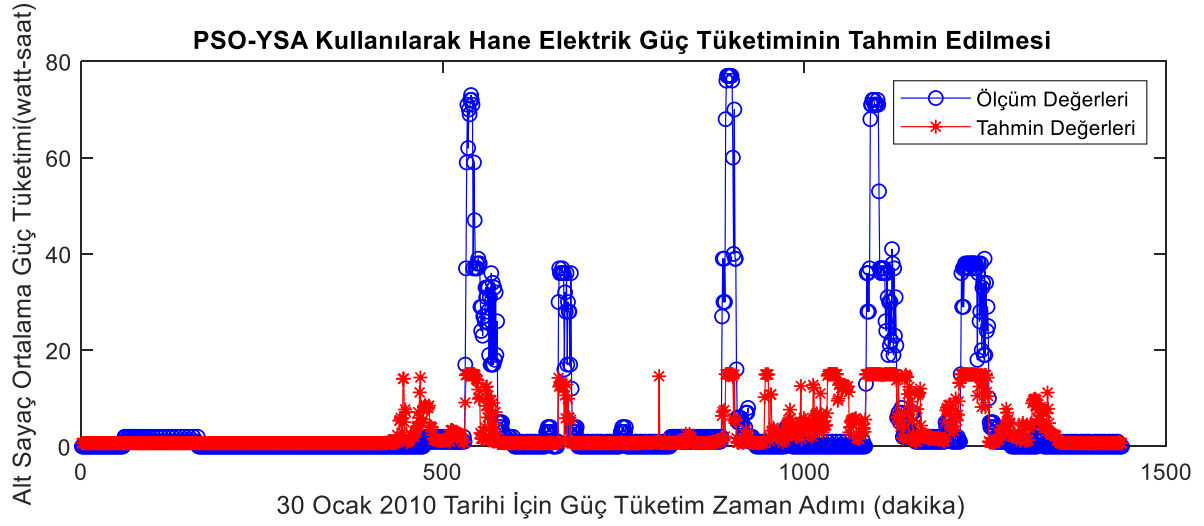
Deneysel çalışmalarda alt sayaç1 çıkış olarak kullanıldığında bazı grafik değerlerinin çok yüksek hatalı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Verisinde alt sayaç1 değerlerinin bazı günler için değişmeyen değerler ya da 0 verisini içerdiği tespit edilmiştir. Bu nedenlerden ötürü çıkış değeri olarak alt sayaç3 deneysel çalışmalarda tercih edilmiştir. Aynı deneysel çalışmalar çıkış olarak alt sayaç2 için de tekrarlanmış ve sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen genel değerlendirme verileri Tablo 3.6 ile gösterilmektedir.

30 Ocak 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri kullanarak hane elektrik güç tüketiminin alt sayaç2 için tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.76, Şekil 3.77 ve Şekil 3.78' de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



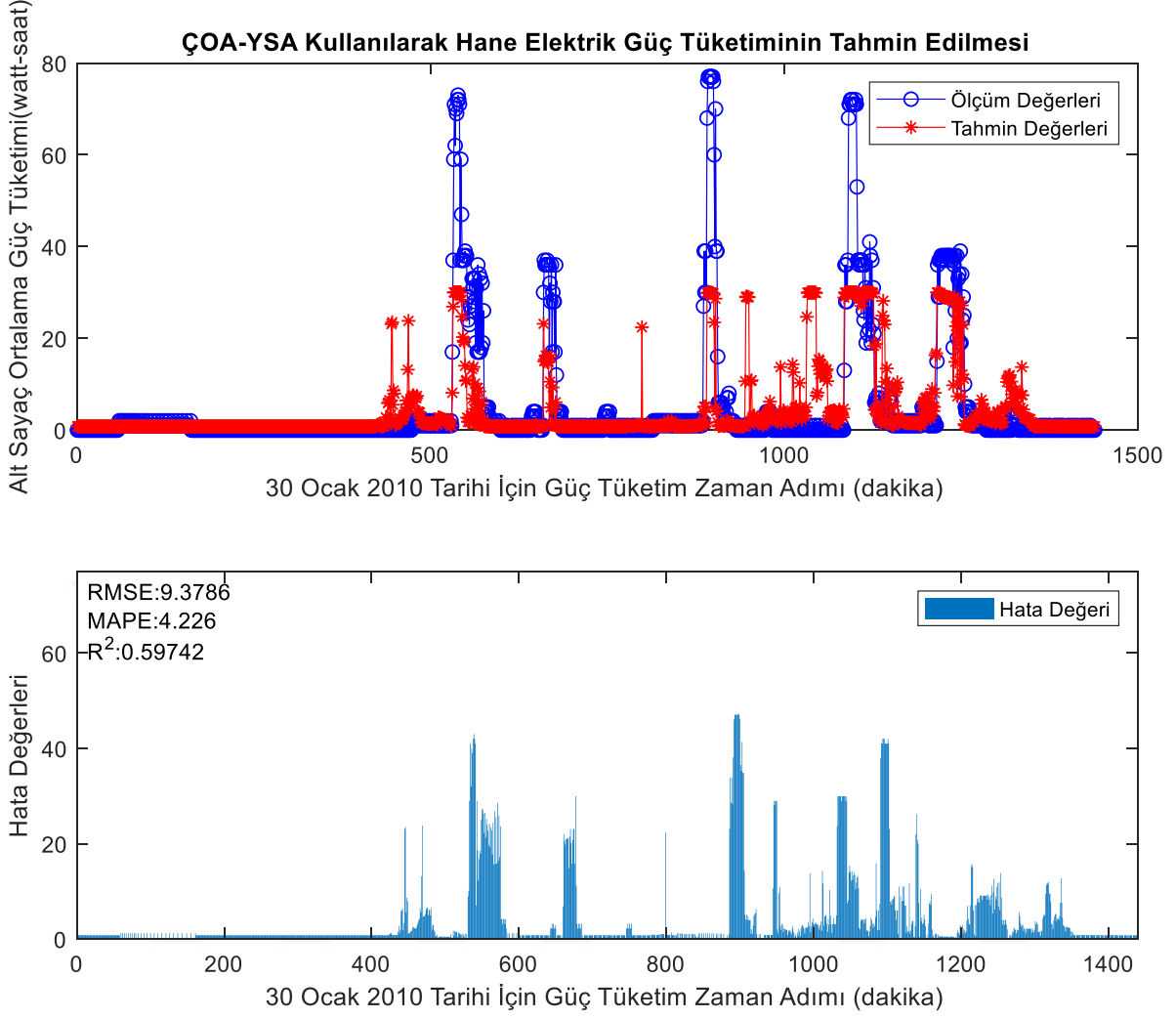
Şekil 3.76. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.76’ deki 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 8.8613, MAPE değeri 4.5267 ve R^2 değeri 0.64061 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.77. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması

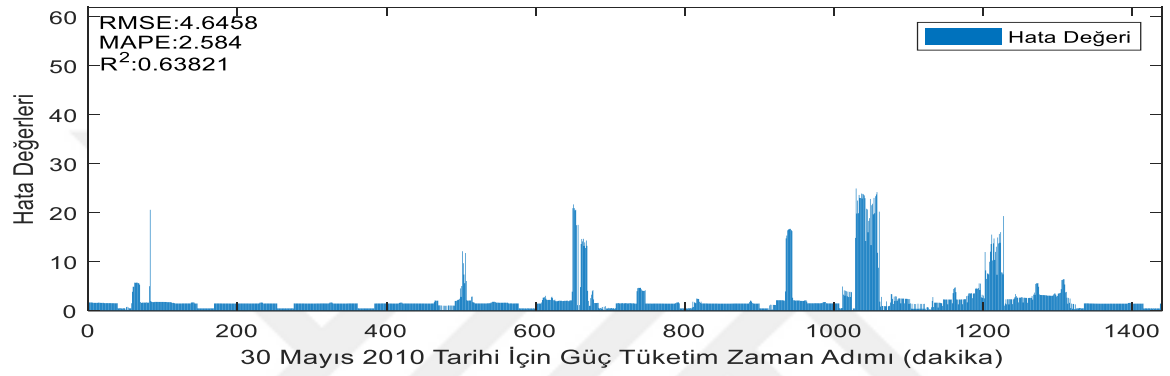
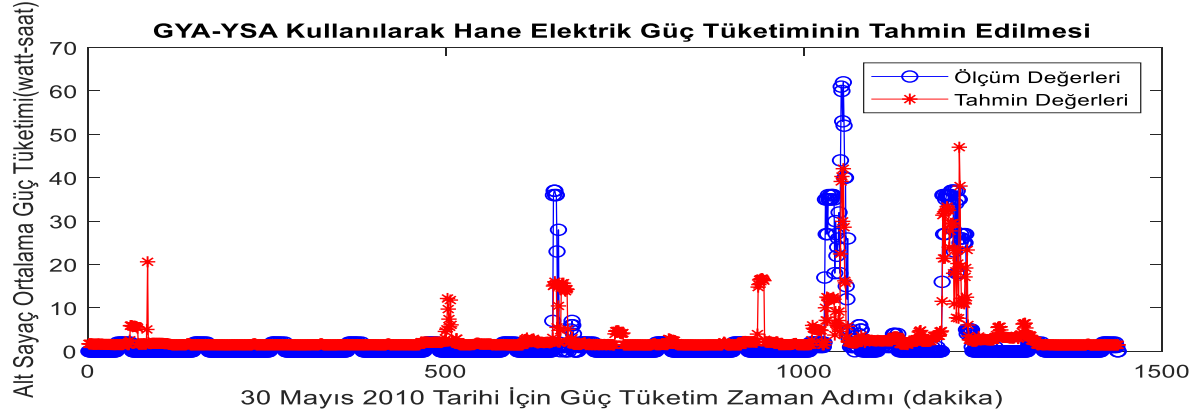
Şekil 3.77’ deki 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 11.3046, MAPE değeri 4.8996 ve R^2 değeri 0.4151 olarak hesaplanmıştır.



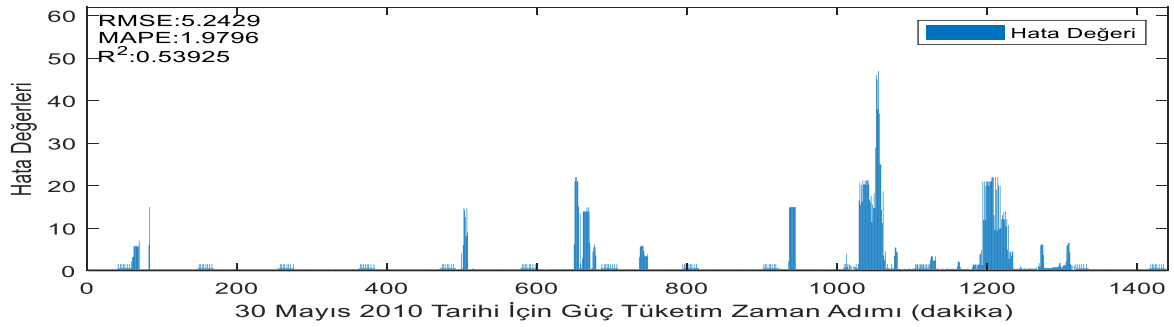
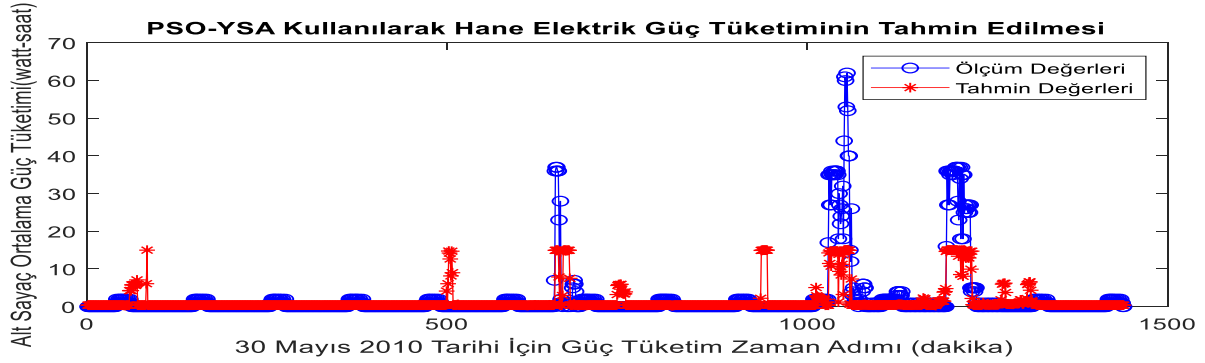
Şekil 3.78. 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.78’ deki 30 Ocak 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği yorumlandığında RMSE değeri 9.3786, MAPE değeri 4.226 ve R^2 değeri 0.59742 olarak hesaplanmıştır. 30 Ocak verileri incelendiğinde alt sayaç2 için de RMSE ve MAPE’ ye göre en düşük hata değerleri ÇOA-YSA ile elde edilmiştir.

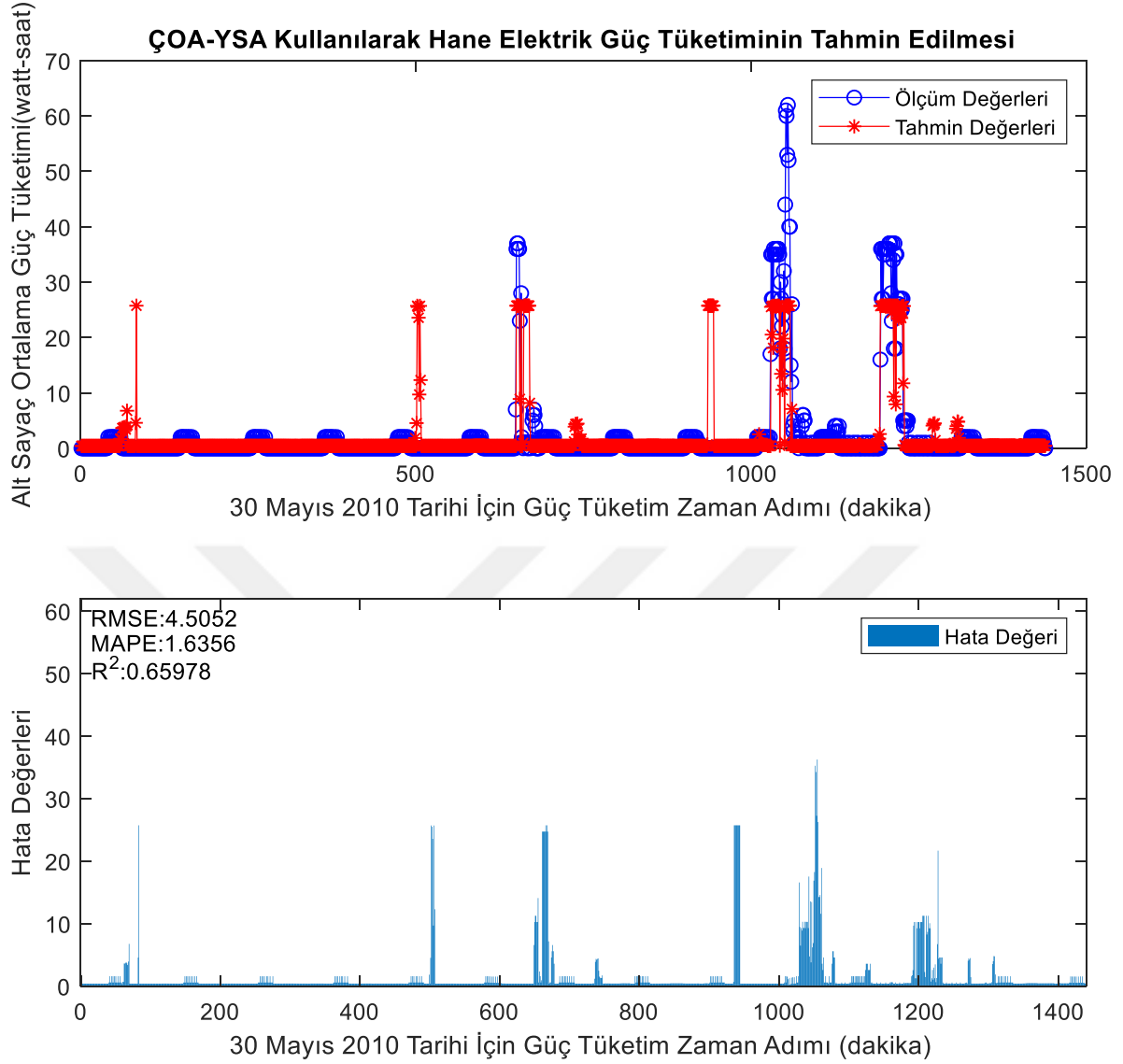
30 Mayıs 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemlerini kullanarak hane elektrik güç tüketiminin alt sayaç2 için tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.79, Şekil 3.80 ve Şekil 3.81’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



Şekil 3.79. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması



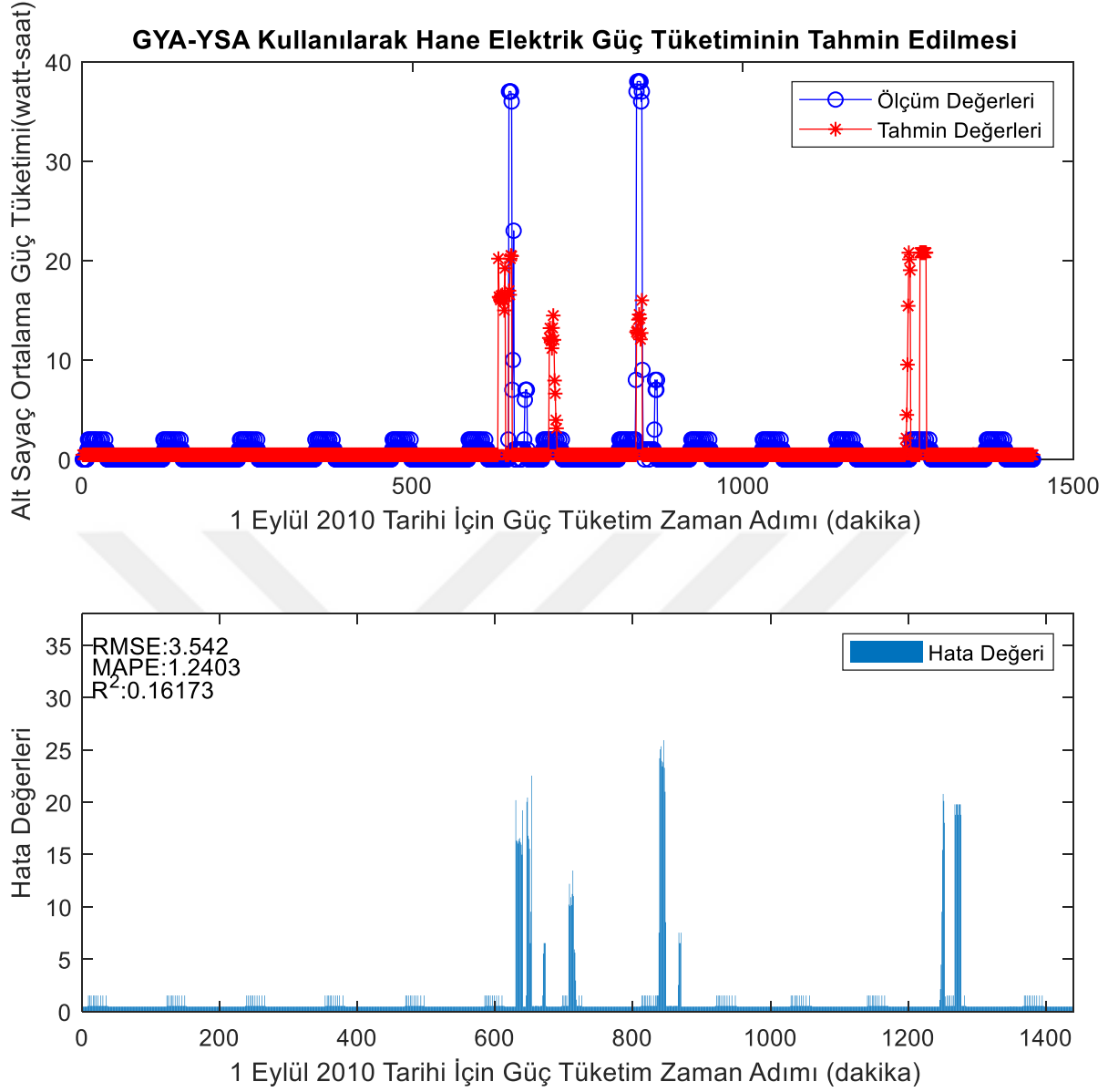
Şekil 3.80. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması



Şekil 3.81. 30 Mayıs 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması

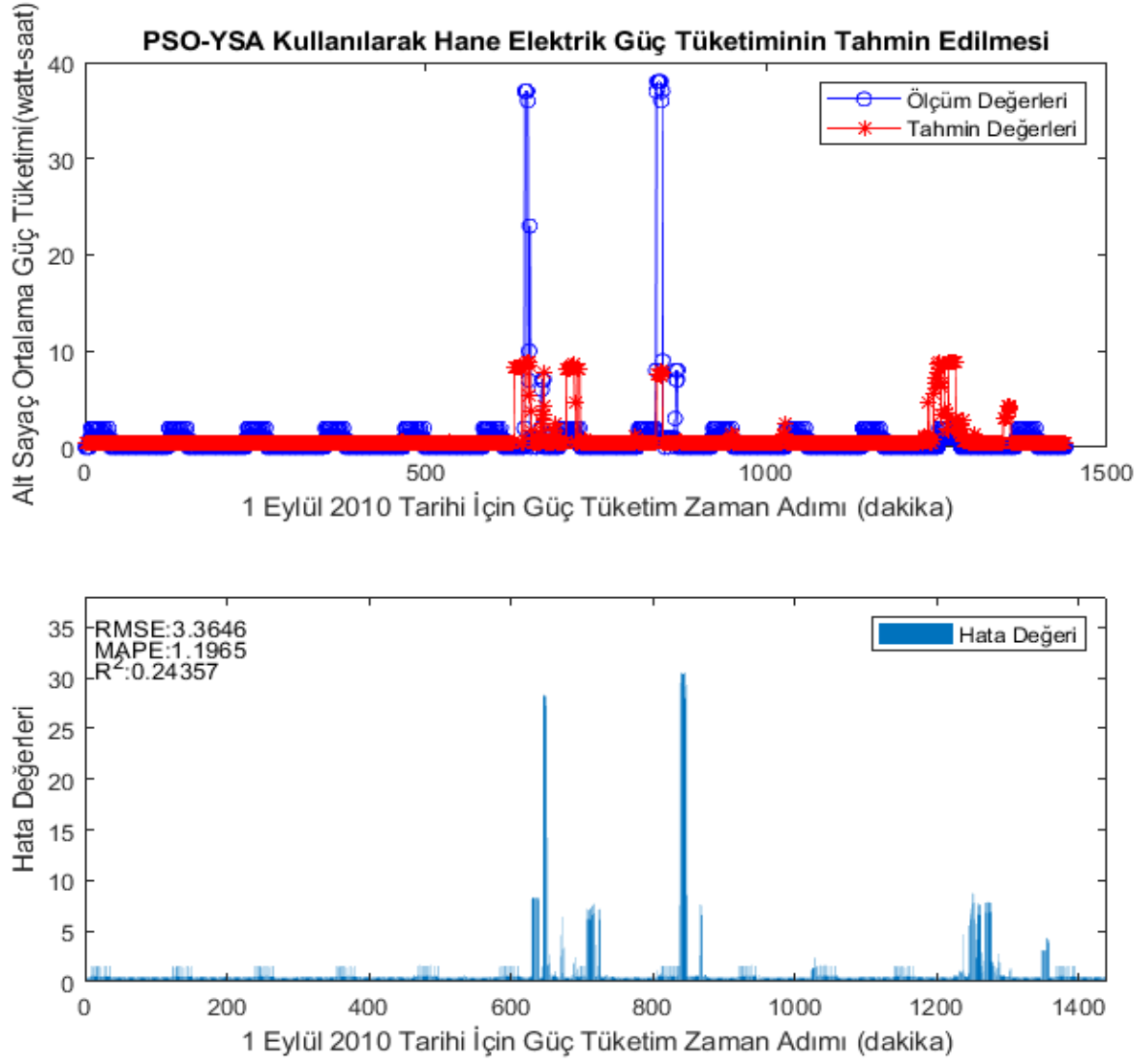
Şekil 3.81’ deki 30 Mayıs 2010 verileri incelendiğinde GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hata değerleri sırası ile RMSE için 4.6458, 5.2429 ve 4.5052 olarak hesaplanmıştır. Alt sayaç3’de olduğu gibi alt sayaç2 için de ÇOA-YSA diğer GYA-YSA ve PSO-YSA hibrit yöntemlerine göre RMSE kriteri için daha düşük hata sonuçlarına ulaşılmıştır.

1 Eylül 2010 tarihi için GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA hibrit yöntemleri kullanarak hane elektrik güç tüketiminin alt sayaç2 için tahmin edilmesi grafikleri Şekil 3.82, Şekil 3.83 ve Şekil 3.84’ de gösterildiği gibidir. Bu grafiklerde ölçülen gerçek değerler, tahmin edilen değerler ve hata değerleri (RMSE, MAPE ve R^2) gösterilmektedir.



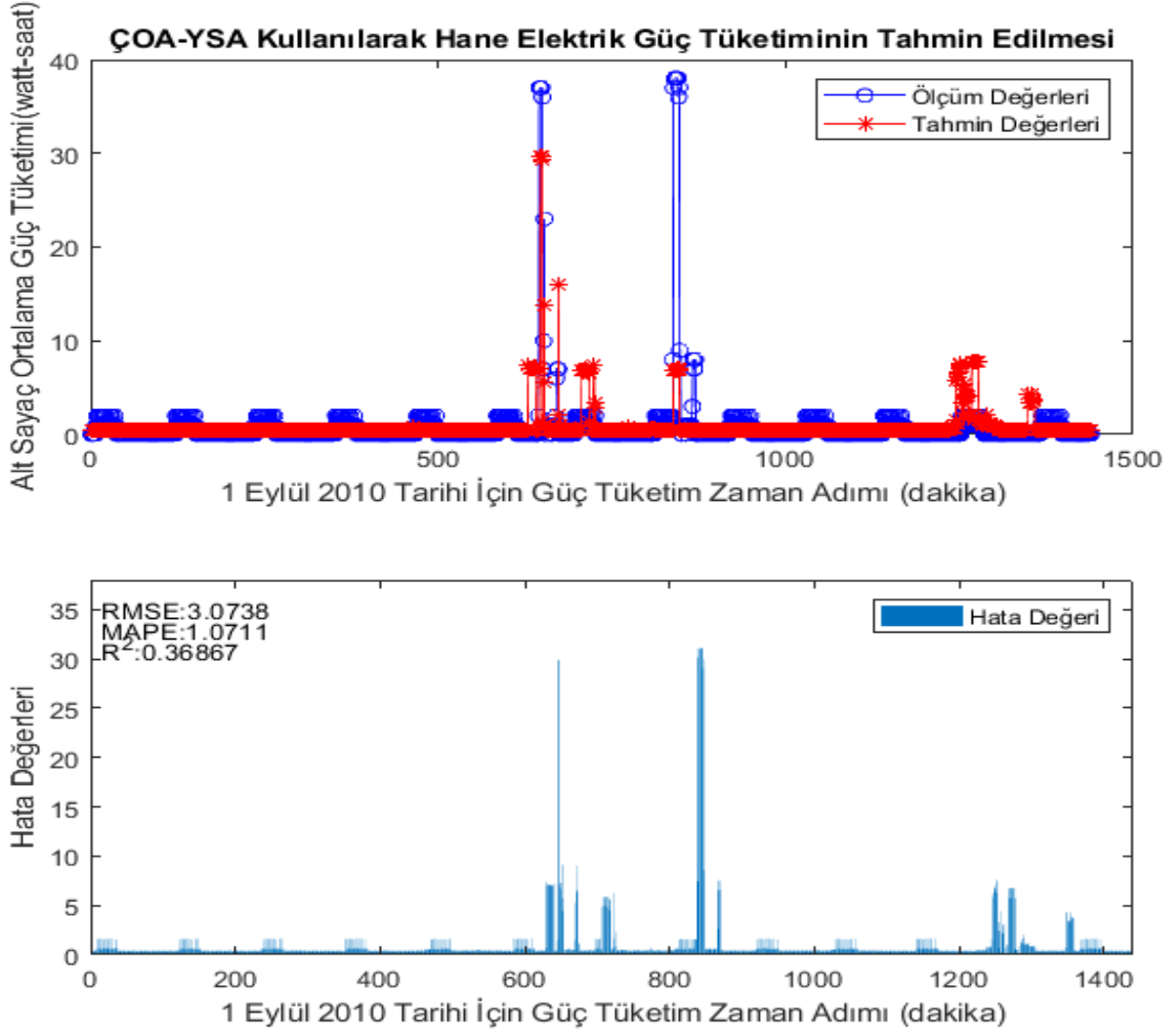
Şekil 3.82. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.82’ deki 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için GYA-YSA ile hesaplanması grafiği incelendiğinde RMSE değeri 3.542, MAPE değeri 1.2403 ve R^2 değeri 0.16173 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.83. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.83’ teki 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için PSO-YSA ile hesaplanması grafiği incelendiğinde RMSE değeri 3.3646, MAPE değeri 1.1965 ve R^2 değeri 0.24357 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 3.82’ deki GYA- YSA ile kıyaslandığında MAPE ve R^2 parametrelerinde yüksek hatalı sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.84. 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması

Şekil 3.84’ teki 1 Eylül 2010 tarihli hane güç tüketiminin alt sayaç2 için ÇOA-YSA ile hesaplanması grafiği incelendiğinde RMSE değeri 3.0738, MAPE değeri 1.0711 ve R^2 değeri 0.36867 olarak hesaplanmıştır. 2010 yılına ait belirlenen günlerde yapılan deneysel çalışmalar alt sayaç1, alt sayaç2 ve alt sayaç3 için tekrarlanmış ve grafik sonuçları değerlendirilerek veriler Tablo 3.6 ile gösterilmiştir. 30 Eylül 2010 tarihi için de verisetinde alt sayaç1 verileri 0 ve alt sayaç2 verileri ise sürekli değişiklik göstermeyen değerler ve 0 değerini içerdiğinden deneysel çalışmalar yapılmış ancak grafik değerleri oluşturulamamış haliyle tabloya eklenmemiştir. 30 Eylül tarihi yerine deneysel çalışmalar 1 Eylül 2010 tarihi ile yapılmıştır. Grafiklerden elde edilen veriler sayesinde Tablo 3.6 oluşturulmuştur.

Tablo 3.6. 2010 yılı belirlenen günlerde RMSE, MAPE, R^2 göre GYA-YSA, PSO-YSA ve ÇOA-YSA için Alt Sayaç1, Alt Sayaç2 ve Alt Sayaç3 için deneysel sonuçlar

30 OCAK 2010									
Tüm Sayaçlar	GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
Alt Sayaç1 (Mutfak)	7.2307	3.4065	0.24292	6.9522	3.6065	0.3001	6.787	3.2776	0.33297
Alt Sayaç2 (Çamaşırhane)	8.8613	4.5267	0.64061	11.3046	4.8996	0.4151	9.3786	4.226	0.59742
Alt Sayaç3 (Su ısıtıcısı ve Klima)	2.9721	1.5909	0.74356	2.7787	1.2932	0.77586	2.7032	1.1832	0.78788
30 MAYIS 2010									
Tüm Sayaçlar	GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
Alt Sayaç1 (Mutfak)	5.9095	2.2388	0.35346	6.1281	2.3929	0.30474	6.0099	2.2906	0.3313
Alt Sayaç2 (Çamaşırhane)	4.6458	2.584	0.63821	5.2429	1.9796	0.53925	4.5052	1.6356	0.65978
Alt Sayaç3 (Su ısıtıcısı ve Klima)	4.5572	2.4126	0.7345	4.5602	2.4658	0.73415	4.1818	2.1331	0.77644
1 EYLÜL 2010									
Tüm Sayaçlar	GYA - YSA			PSO - YSA			ÇOA - YSA		
	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2	RMSE	MAPE	R^2
Alt Sayaç1 (Mutfak)	4.5054	1.645	0.5463	4.5282	1.6781	0.5417	3.9817	1.0672	0.64564
Alt Sayaç2 (Çamaşırhane)	3.542	1.2403	0.16173	3.3646	1.1965	0.24357	3.0738	1.0711	0.36867
Alt Sayaç3 (Su ısıtıcısı ve Klima)	3.9036	1.6653	0.91486	4.3987	2.8195	0.89189	3.839	1.5996	0.91765

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Son yıllarda birçok optimizasyon probleminin çözümünde ÇOA algoritmasının kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, ÇOA ile YSA' nın birlikte kullanımı ile geliştirilmiş bir hibrit zeki sistem (ÇOA-YSA) önerilmiştir. Çalışmada çok katmanlı ileri yönlü bir YSA mimarisi ÇOA ile eğitilerek, ağın en uygun ağırlıkları belirlenmiştir. Geliştirilen ÇOA-YSA yöntemi ile öncelikle doğrusal olmayan XOR problemi çözülmüş, daha sonra açık bir veriseti üzerinde hane için elektrik güç tüketiminin tahmini yapılmıştır. Çalışmada yürütülen deneysel analizlerdeki bulgular, önerilen ÇOA-YSA hibrit zeki sisteminin başarımlı performansının yüksek olduğunu doğrulanmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri dikkate alındığında ÇOA-YSA hibrit zeki sisteminin, diğer yöntemlere (GYA-YSA ve PSO-YSA) göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

7 Ocak 2007 tarihinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda RMSE, MAPE, R^2 göre ÇOA-YSA deneysel sonuçları sırası ile 1.5436 – 0.44757 – 0.98459 olarak ölçülmüştür. 1 Ocak 2008 tarihinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda RMSE, MAPE, R^2 göre ÇOA-YSA deneysel sonuçları sırası ile 6.5214 – 5.0408 – 0.72119 olarak ölçülmüştür. 10 Ocak 2009 tarihinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda RMSE, MAPE, R^2 göre ÇOA-YSA deneysel sonuçları sırası ile 2.5578 – 0.79375 – 0.958 olarak ölçülmüştür. 30 Ocak 2010 tarihinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda RMSE, MAPE, R^2 göre ÇOA-YSA deneysel sonuçları sırası ile 2.4314 - 0.85892 – 0.9739 olarak ölçülmüştür. 12 Haziran 2007 tarihinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda GYA-YSA hata RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri sırası ile 3.0775, 1.1493, 0.80014, PSO-YSA hata RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri sırası ile 3.0315, 1.0437, 0.80607 ve ÇOA-YSA hata RMSE, MAPE ve R^2 ölçütleri sırası ile 2.2048, 0.64135, 0.89742 olarak ölçülmüştür. Her yılın belirlenen tarihleri detaylı olarak incelendiğinde ÇOA-YSA hibrit zeki sistemin diğer iki sistemlere oranla özellikle RMSE ve MAPE' de daha başarılı sonuçlar verdiği, hatanın minimuma yaklaştığı gözlenmiştir.

Bu çalışma literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında deneysel analizler ile elde edilen tahmin değerlerinin gerçek ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak sonuçlarının doğruluğunu değerlendirmek için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE), Ortalama Karesel Hataların Karekökü (RMSE) ve Varyans (R^2) kriterlerinin üçü de kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde ÇOA-YSA hibrit zeki sisteminin, diğer yöntemlere göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir. YSA farklı optimizasyon algoritmaları ile çalışılmış, çekirge optimizasyonu ile detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Veri seti 2006-2010 yılları arasında rastgele seçilen

günlerle yapılmış olması bu çalışmanın eksik yönü olmakla beraber daha sonraki çalışmalarda verisetinde daha kapsamlı deneysel çalışmalar yapıp, önerilen yöntemin başarımlı performansının artırılması planlanmaktadır.



KAYNAKÇA

- Abualigah, L. & Diabat, A.** (2020). A comprehensive survey of the Grasshopper optimization algorithm. *Neural Computing and Applications*, 15533–15556.
- Alphonsa, M. A., & Sundaram, N.** (2019). A reformed grasshopper optimization with genetic principle for securing medical data. *Journal of Information Security and Applications*, 47, 410–420.
- Amaireh, A. A., Al-Zoubi, A. & Dib, N.I.** (2019). Sidelobe-level suppression for circular antenna array via new hybrid optimization algorithm based on antlion and grasshopper optimization algorithms. *Progress In Electromagnetics Research*, 93, 49–63.
- Arı, A. & Berberler, M. E.** (2017). Yapay Sinir Ağları ile Tahmin ve Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Arayüz Tasarımı. *Acta Infologica*, 55-71.
- Banharnsakun, A.** (2017). Hybrid ABC-ANN for pavement surface distress detection and classification. *International Journal of Machine Learning and Cybernetic*, 699-710.
- Bansal, P., Kumar, S., Pasrija, S. & Singh, S.** (2020). A hybrid grasshopper and new cat swarm optimization algorithm for feature selection and optimization of multi-layer perceptron. *Soft Computing*, 1–27.
- Barman, M., & Choudhury, N.** (2018). Hybrid goa-svr technique for short term load forecasting during periods with substantial weather changes in north-east india. *Procedia computer science*, 143, 124–132.
- Bulut, M., & Başoğlu, B.** (2017). Kısa dönem elektrik talep tahminleri için yapay sinir ağları ve uzman sistemler tabanlı hibrid tahmin sistemi geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2), 576-583.
- Çevik, K. K., & Dandıl, E.** (2012). Yapay Sinir Ağları İçin Net Platformunda Görsel Bir Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 19-28.
- Dahiya, B.P., Rani, S. & Singh, P.** (2019). A hybrid artificial grasshopper optimization (hagoa) meta-heuristic approach: A hybrid optimizer for discover the global optimum in given search space. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 4(2), 471–488.
- Dahiya, B.P., Rani, S. & Singh, P.** (2020). Lifetime improvement in wireless sensor networks using hybrid grasshopper meta-heuristic. *ICRIC 2019*, s. 305–320.

- Dandil, E. & Gürgen, E.** (2017). Prediction of photovoltaic panel power output using artificial neural networks learned by heuristic algorithms: A comparative study. *2017 IEEE International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, s. 397-402.
- Deb, K.** (2011). Multi-objective optimisation using evolutionary algorithms: an introduction. *Multi-objective evolutionary optimisation for product design and manufacturing*. Springer, London.
- Doğan, C.** (2019). Balina optimizasyon algoritması ve gri kurt optimizasyonu algoritmaları kullanılarak yeni hibrit optimizasyon algoritmalarının geliştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ekinci, S., Demirören, A., Zeynelgil, H. L. & Hekimoğlu, B.** (2020). An opposition-based atom search optimization algorithm for automatic voltage regulator. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(3), 1141-1157 .
- Elmas, Ç.** (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Eröz, E.** (2020). Çok Amaçlı Optimizasyon Algoritması: MOGOLDSA. (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Eshkevari, M.** (2020, 1 6). *Multi-objective-Harris-hawks-optimization-MOHHO*. Github: [Erişim:08/09/2021, <https://github.com/miladesh1212/Multi-objective-Harris-hawks-optimization-MOHHO>]
- Ewees, A.A., Abdülaziz, M., Alameer, Z., Ye, H. & Jianhua, Z.** (2020). Improving multilayer perceptron neural network using chaotic grasshopper optimization algorithm to forecast iron ore price volatility, *Resources Policy*, 65, 101555.
- Fattahi, H. & Hasanipanah, M.** (2020). An integrated approach of ANFIS-grasshopper optimization algorithm. *Engineering with Computers*, 1-13.
- Foroud, S. Z.** (2021). Power quality disturbances recognition using adaptive chirp mode pursuit and grasshopper optimized support vector machines. *Measurement*, 168, 108461.
- Guo, S. S, Wang, J. S. , Xie , W., Guo, M. W. & Zhu , L.F.** (2020). Improved grasshopper algorithm based on gravity search operator and pigeon colony landmark operator. *IEEE Access*, 8, 22203–22224.

- Hekimoğlu, B.** (2020). Çekirge optimizasyon algoritması kullanılarak çok makinalı güç sistemi için gürbüz kesir dereceli PID kararlı kılıcısı tasarımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1), 165-180.
- Hocaoğlu, F. O., Kaysal, K., & Kaysal, A.** (2015). Yük tahmini için hibrit (YSA ve regresyon) model. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 3(2), 33-39.
- Jia, H., Li, Y., Lang, C., Peng, X., Sun, K. & Li, J.** (2019). Hybrid grasshopper optimization algorithm and differential evolution for global optimization. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 1-12.
- Kaçtı, V.** (2021). Henry Gaz Çözünürlük Optimizasyonu ve Farklı Sistemlerdeki Kontrolör Tasarımına Uygulanması. (Yüksek Lisans Tezi). Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- Kaçtı, V., Ekinci, S., & İzci, D.** (2020). Henry Gaz Çözünürlük Optimizasyonu ile Uçak Eğim Kontrol Sistemi için Etkin Kontrolör Tasarımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 953-964.
- Kahramanli, H., & Allahverdi, N.** (2008). Design of a hybrid system for the diabetes and heart diseases. *Expert systems with applications*, 35(1-2), 82-89.
- Kandiri, A., Sartipi, F., & Kioumarsi, M.** (2021). Predicting compressive strength of concrete containing recycled aggregate using modified ann with different optimization algorithms. *Applied Sciences*, 11, 485.
- Kaya, S., & Fırlı, N.** (2016). Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerinde Pareto Optimal Kullanımı. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 5(2), 9-18.
- Keleşoğlu, Ö.** (2006). Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kiriş Kesitlerin Analizi. *İMO Teknik Dergi*, 260, 3935-3942.
- Kennedy, J., & Eberhart, R.** (1995). Particle swarm optimization. *IEEE ICNN'95-international conference on neural networks*, s. 1942-1948.
- Khalaf, T. Z.** (2020). Hibrid PSO-ANN ve PSO Modellerinin İnşaat Projelerinin Maliyet ve Sürelerinin Tahminine Dayalı Yaklaşımı. (Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

- Kuşoğlu, M.** (2021). Geliştirilmiş Şahin Algoritmasının Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerine Uyarlanması. (Yüksek Lisans Tezi), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Le, L., Nguyen, H., Dou, J., & Zhou, J.** (2019). A comparative study of PSO-ANN, GA-ANN, ICA-ANN, and ABC-ANN in estimating the heating load of buildings' energy efficiency for smart city planning. *Applied Sciences*, 9, 2630.
- Luo, J., Chen, H., Zhang, Q., Xu, Y., Huang, H. & Zhao, X.** (2018). An improved grasshopper optimization algorithm with application to financial stress prediction. *Applied Mathematical Modelling*, 64, 654–668.
- Medsker, L. R.** (2012). *Hybrid intelligent systems*. Springer Science & Business Media.
- Meraihi, Y., Gabis, A. B., Mirjalili, S. & Cherif, A.R.** (2021). Grasshopper Optimization Algorithm: Theory, Variants, and Applications. *IEEE Access*, 9, 50001-50024.
- Mirjalili, S.** (2018). Genetic Algorithm. *Evolutionary Algorithms and Neural Networks*, Springer, Cham, 780, 43-55.
- Mirjalili, S. Z., Mirjalili, S., Saremi, Ş., Faris, H. & Aljarah, I.** (2017). Grasshopper optimization algorithm for multi-objective optimization problems. *Applied Intelligence*, 48, 805-820.
- Moayedi, H., Mehrabi, M., Mosallanezhad, M., Rashid, A., & Pradhan, B.** (2019). Modification of landslide susceptibility mapping using optimized PSO-ANN technique. *Engineering with Computers*, 35, 967-984.
- Penghui, L., Ewees, A.A, Beyaztaş, B.H., Qi, C. & Salih, S.Q.** (2020). Metaheuristic Optimization Algorithms Hybridized With Artificial Intelligence Model for Soil Temperature Prediction: Novel model. *IEEE Access*, 8, 51884-51904.
- Rahnamayan, S. T.** (2006). Opposition-based differential evolution algorithms. *IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, s. 2010-2017.
- Sahoo, A., Samantaray, S. & Paul, S.** (2021). Efficacy of ANFIS-GOA technique in flood prediction: a case study of Mahanadi. *H2Open Journal*, 4(1), 138-156.
- Saremi, S. M., & Lewis, A.** (2017). Grasshopper optimisation algorithm: theory and application. *Advances in Engineering Software*, 105, 30-47.

- Seifi, E., Ehteram, M., Singh, V. P. & Musavi, A.** (2020). Modeling and Uncertainty Analysis of Groundwater Level Using Six Evolutionary Optimization Algorithms Hybridized with ANFIS, SVM, and ANN. *Sustainability*, 12, 4023, 1-42.
- Sert İri, T. & Dandıl, E.** (2021). Çekirge Optimizasyon Algoritması ile Yapay Sinir Ağları Tabanlı Bir Hibrit Zeki Sistem, *İzmir Demokrasi Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Sempozyumu (IES'21)*, 13-18 Aralık, Sempozyum Yayın Kurulu, İzmir, s.287-296
- Talaat, M., Farahat, M. A., Mansour, N. & Hatata A.Y.** (2020). Load forecasting based on grasshopper optimization and a multilayer feed-forward neural network using regressive approach. *Energy*, 196, 117087.
- Tan, R. K., & Bora, Ş.** (2017). Modelleme Ve Benzetim Ortamında Parametre Optimizasyonu Ve Kullanılan Teknikler. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 68-697.
- Teng, T. C., Chiang, M. C. & Yang, C. S.** (2019). A hybrid algorithm based on gwo and goa for cycle traffic light timing optimization. *2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*, s. 774–779.
- UCI, d.** (2021). *UCI Machine Learning Repository - Individual household electric power consumption dataset*. 2012: [Erişim:10/09/2021, <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/individual+household+electric+power+consumption#>]
- Umar, B., Muazu, M., Kolo, J., Agajo, J., & Matthew, I.** (2019). Epilepsy Detection Using Artificial Neural Network and Grasshopper Optimization Algorithm (GOA). *2019 15th International Conference on Electronics (ICECCO)*, s. 1-6
- Yue, X., Zhang, H. & Yu, H.** (2020). A hybrid grasshopper optimization algorithm with invasive weed for global optimization. *IEEE Access*, 8, 5928-5960.
- Zhang, H., Gao, Z., Ma, X., Zhang, J. & Zhang, J.** (2019). Hybridizing teaching-learning based optimization with adaptive grasshopper optimization algorithm for abrupt motion tracking. *IEEE Access*, 7, 168575–168592.