

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZAYIF RADAR SİNYALLERİNİN GENETİK
ALGORİTMALAR KULLANILARAK GÜRÜLTÜDEN
ARINDIRILMASI

Mehmet ÜSTÜNDAĞ

Doktora Tezi

Anabilim Dalı : Elektrik Elektronik Mühendisliği
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Fikret ATA
İkinci Danışman : Prof. Dr. Muammer GÖKBULUT

TEMMUZ-2012

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZAYIF RADAR SİNYALLERİNİN GENETİK ALGORİTMALAR KULLANILARAK
GÜRÜLTÜDEN ARINDIRILMASI

DOKTORA TEZİ
Mehmet ÜSTÜNDAĞ
(06213206)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 3 Temmuz 2012

Tezin Savunulduğu Tarih: 19 Temmuz 2012

Tez Danışmanı:	Yrd. Doç. Dr. Fikret ATA (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri:	Prof. Dr. Mustafa POYRAZ (F.Ü)
	Doç. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR (F.Ü)
	Doç. Dr. Mustafa TÜRK (F.Ü)
	Yrd. Doç. Dr. Abdulnasır YILDIZ (D.Ü)

TEMMUZ-2012

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam boyunca, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanlarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Fikret ATA'ya, Sayın Prof. Dr. Muammer GÖKBULUT'a, Sayın Doç. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR'e, Sayın Doç. Dr. Engin AVCI'ya, çalışmam boyunca beni sabır ve özveri ile destekleyen, eşime, babama ve çalışmalarımından ötürü az zaman ayırabildiğim iki oğluma, tezin düzenlenmesindeki yardımlarından ötürü Sayın Arş. Gör. Deniz Korkmaz'a ve bu tez çalışmam boyunca benden maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen değerli bölüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Mehmet ÜSTÜNDAĞ

ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ	XIV
SİMGELER LİSTESİ	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. Literatür Taraması ve Değerlendirilmesi	1
1.3. Tezin Organizasyonu	6
2. SİNYALLERİN ANALİZİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER	7
2.1. Fourier Dönüşümü	7
2.1.1. Ayrık Fourier Dönüşümü	8
2.1.2. Hızlı Fourier Dönüşümü	9
2.1.3. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü.....	9
2.2. Güç Spektral Yoğunluğu.....	10
2.3. Dalgacık Dönüşümü.....	11
2.3.1. Dalgacık Fonksiyonları	12
2.3.2. Sürekli Dalgacık Dönüşümü	13
2.3.3. Ayrık Dalgacık Dönüşümü	16
2.3.4. Haar Dalgacık Dönüşümü.....	19
2.3.5. Sık Kullanılan Dalgacık Çeşitleri ve Matematiksel İfadeleri	20
2.3.6. Dalgacık Paket Dönüşümü.....	24
3. GENETİK ALGORİTMALAR.....	26
3.1. Genetik Algoritma Operatörleri	28
3.2. Kromozomun Şifrelenmesi	28
3.3. Çaprazlama ve Mutasyon.....	30
3.3.1. Mutasyon.....	32
3.4. Genetik Algoritmanın Parametreleri	33
3.5. Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları	33

4.	RADAR SİSTEMLERİ VE RADAR SİNYALLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	35
4.1.	Radar Sistemleri.....	35
4.2.	Darbeli Radar ve Temel İlkeleri.....	36
4.2.1.	Darbeli Radar Sistemi ile İlgili Bilinmesi Gereken Temel Kavramlar	36
4.2.2.	Darbeli Radarın Temel Prensibi.....	39
4.2.3.	Darbeli Radar için Hedef Mesafesi	42
4.2.4.	Darbeli Radarda Mesafe Çözünürlüğü.....	43
4.3.	Sürekli Dalga Radarlar.....	43
4.4.	Radar Antenleri	44
4.4.1.	Anten Türleri.....	44
4.4.2.	Radar Anteninin Özellikleri	44
4.4.2.1.	Radar Antenlerinde Yayım Şekli ve Yönlendirilebilirlik	44
4.4.2.2.	Radar Antenlerinde Güç Kazancı, Açıklık ve Açısal Çözünürlük.....	45
4.4.3.	Radar Eşitliği	45
4.5.	Radar Sinyallerinin Elde Edilmesi.....	47
4.5.1.	Radar Deney Setinden Verilerin Alınması.....	47
4.5.2.	İki Kanallı Örnekleyici	49
4.5.3.	Radar Deney Setinden Alınan Veriler	50
5.	ZAYIF RADAR SİNYALLERİNİN GÜRÜLTÜDEN ARINDIRILMASI İÇİN ÖNERİLEN VE İNCELENEN YÖNTEMLER.....	54
5.1.	Zayıf Radar Sinyallerini Gürültüden Arındırabilmek için Entropi Tabanlı Dalgacık Paket Dönüşümü.....	54
5.1.1.	Entropi.....	54
5.1.2.	Metodoloji.....	55
5.2.	Dalgacık Dönüşümü ve Seviye Bağımlı Eşikleme ile Zayıf Radar Sinyallerinde Gürültü Arındırma	73
5.2.1.	Metodoloji.....	74
5.3.	Dalgacık Paket Dönüşümü ve Bulanık S-fonksiyon Eşikleme ile Zayıf Radar Sinyallerinde Gürültü Arındırma.....	91
5.3.1.	Metodoloji.....	91
5.4.	Genetik Algoritma, Dalgacık Paket Dönüşümü ve Bulanık s-fonksiyon Eşikleme Kullanarak Zayıf Radar Sinyallerinin Gürültüden Arındırılması .	109

6.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	127
6.1.	Öneriler	129
	KAYNAKLAR.....	130
	ÖZGEÇMİŞ	138

ÖZET

Haberleşme sistemlerinin önemli uygulama alanlarından biri radardır. Radar sinyalleri elde edilirken çevresel yada insan kaynaklı nedenlerden dolayı asıl sinyale gürültü karışmış olabilir. Böylece asıl sinyalin tespiti imkansız olabilir.

Bu tez çalışmasında, zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Dalgacık Dönüşümü ve Dalgacık Paket Dönüşümü kullanılmıştır. Bu dönüşümleri gerçekleştirirken uygun dalgacık ailesi türü, entropi türü ve seviye seçimi önemlidir. Ayrıca eşikleme işlemi için uygun bir eşik fonksiyonunun seçilmesi de önemlidir.

Bu çalışmada, akıllı sistem olarak Genetik Algoritma yapısı önerilmiştir. Bu optimizasyon yapısı sayesinde, en iyi dalgacık ailesi türü, entropi türü ve seviye sayısı belirlenir. Ayrıca eşikleme fonksiyonu olarak Bulanık s-fonksiyonu kullanılmıştır. Bu yapıda Bulanık s-fonksiyonuna ait “a” ve “b” parametreleri en iyi başarımla kriterine göre seçilmiştir.

Zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırabilmek için, önerilen algoritma incelenen diğer algoritmalarla karşılaştırılmıştır. Önerilen ve karşılaştırılan yöntemlerin başarımlarını test edebilmek için istatistiksel yöntemler olan Ortalama Karesel Hatanın Karekökü ve Korelasyon Katsayısı kriterleri kullanılmıştır.

Bu başarımla kriterlerinden elde edilen sonuçlara göre önerilen yöntemin başarımla diğer yöntemlere göre oldukça iyidir.

Anahtar Kelimeler: Zayıf Radar Sinyali, Gürültüden Arındırma, Genetik Algoritma, Dalgacık Dönüşümü, Eşikleme, Ortalama Karesel Hatanın Karekökü, Korelasyon Katsayısı.

SUMMARY

Weak Radar Signal De-Noising By Using Genetic Algorithm

Radar is one of the major application areas of communication systems. Radar signals can be corrupted with the noise due to environmental or human-induced causes. Thus, determination of the actual signal might be very hard.

In this thesis, weak radar signal denoising is aimed. Therefore, Wavelet Transform and Wavelet Packet Transform is used. When performing Wavelet Transformations, choosing the wavelet family type, the entropy type and the decomposition level is important. Moreover, choosing the threshold function for thresholding procedure is important too.

In this study, Genetic Algorithm is proposed as the intelligent. Because of this optimization structure, the best wavelet family type, entropy type and decomposition level is determined. Moreover, the Fuzzy s-function is used as thresholding function. The parameters of the Fuzzy s-function are chosen for the best performance criterion.

The proposed weak signal denoising structure is compared with the other algorithms that have already been proposed in literature. The performance comparison is carried out with both statistical Root Mean Square Error and Correlation Coefficient.

The results show the superiority of our proposal comparable with the other methods.

Key-words: Weak Radar Signal, Denoising, Genetic Algorithms, Wavelet Transform, Thresholding, Root Mean Square Error, Correlation Coefficient.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. (a) Zaman-Genlik pencereleme gösterimi.....	12
Şekil 2.2. Sık kullanılan dalgacık örnekleri.	13
Şekil 2.3. Zaman-frekans gösterimi.	14
Şekil 2.4. Sinyalin bileşenlerine ayrıştırılması.....	17
Şekil 2.5. Sinyalin seviyelere ayrıştırılması	18
Şekil 2.6. Haar Dalgacık fonksiyonu.....	19
Şekil 2.7. Meksika şapkası dalgacığı.....	20
Şekil 2.8. Meyer dalgacığı.....	21
Şekil 2.9. Morlet dalgacığı	22
Şekil 2.10. Gauss dalgacığı	23
Şekil 2.11. Daubechies dalgacığı	24
Şekil 2.12. Dalgacık Paket Analiz ağacı	25
Şekil 3.1. GA'nın tekrarlı yapısı	28
Şekil 3.2. İkili kodlama için kromozom örneği.....	29
Şekil 3.3. Permutasyon kodlama için kromozom örneği.....	29
Şekil 3.4. Değer kodlama için kromozom örneği.....	30
Şekil 3.5. Ağaç kodlama için kromozom örneği	30
Şekil 3.6. (a) Tek noktalı çaprazlama (b) Çift noktalı çaprazlama (c) Tek biçimli çaprazlama (d) Aritmetik çaprazlama (e) Mutasyon	32
Şekil 4.1. Basit bir radar sistemi.....	35
Şekil 4.2. Darbe sinyali	37
Şekil 4.3. Parabolik yansıtıcı.....	38
Şekil 4.4. Basit bir darbeli radarın blok diyagramı	39
Şekil 4.5. Yüksek güçlü RF osilatör blok diyagramı	40
Şekil 4.6. A-skop göstergesi.....	41
Şekil 4.7. Bir kürenin merkezinde yer alan izotropik anten.....	46
Şekil 4.8. Kullanılan hedefler.....	47
Şekil 4.9. Radar deney setinin blok diyagramı.....	48
Şekil 4.10. İki kanallı örnekleyiciye ait blok diyagram	49
Şekil 4.11. 90 cm mesafede bulunan büyük metal plaka hedefi için RHE sinyali.....	51
Şekil 4.12. 135 cm mesafede bulunan büyük metal plaka hedefi için RHE sinyali.....	51
Şekil 4.13. 180 cm mesafede bulunan büyük metal plaka hedefi için RHE sinyali.....	52
Şekil 4.14. 90 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali	52
Şekil 4.15. 135 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali	53

Şekil 4.16. 180 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali	53
Şekil 5.1. Gürültü eklenmiş RHE sinyali	56
Şekil 5.2. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	57
Şekil 5.3. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	57
Şekil 5.4. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	58
Şekil 5.5. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	58
Şekil 5.6. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	59
Şekil 5.7. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	60
Şekil 5.8. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	60
Şekil 5.9. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	61
Şekil 5.10. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	62
Şekil 5.11. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	62
Şekil 5.12. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	63
Şekil 5.13. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	63
Şekil 5.14. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	64
Şekil 5.15. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	65
Şekil 5.16. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	65
Şekil 5.17. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	66
Şekil 5.18. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	67
Şekil 5.19. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	67
Şekil 5.20. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	68
Şekil 5.21. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	68
Şekil 5.22. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	69
Şekil 5.23. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	70
Şekil 5.24. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	70
Şekil 5.25. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	71
Şekil 5.26. SBE tabanlı eşiklemeye ait blok diyagram	73
Şekil 5.27. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	75
Şekil 5.28. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	76
Şekil 5.29. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	76
Şekil 5.30. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	77
Şekil 5.31. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	78
Şekil 5.32. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	78
Şekil 5.33. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	79
Şekil 5.34. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	79
Şekil 5.35. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	80

Şekil 5.36. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB).....	81
Şekil 5.37. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB).....	81
Şekil 5.38. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB).....	82
Şekil 5.39. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	83
Şekil 5.40. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	83
Şekil 5.41. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	84
Şekil 5.42. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	84
Şekil 5.43. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	85
Şekil 5.44. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	86
Şekil 5.45. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	86
Şekil 5.46. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	87
Şekil 5.47. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	88
Şekil 5.48. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	88
Şekil 5.49. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	89
Şekil 5.50. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	89
Şekil 5.51. Bulanık s-fonksiyon eşikleme.	92
Şekil 5.52. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB).....	93
Şekil 5.53. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB).....	93
Şekil 5.54. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB).....	94
Şekil 5.55. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB).....	94
Şekil 5.56. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB).....	95
Şekil 5.57. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB).....	96
Şekil 5.58. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB).....	96
Şekil 5.59. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB).....	97
Şekil 5.60. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB).....	98
Şekil 5.61. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB).....	98
Şekil 5.62. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB).....	99
Şekil 5.63. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB).....	99
Şekil 5.64. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	100
Şekil 5.65. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	101
Şekil 5.66. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	101
Şekil 5.67. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	102
Şekil 5.68. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	103
Şekil 5.69. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	103
Şekil 5.70. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	104
Şekil 5.71. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	104

Şekil 5.72. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)	105
Şekil 5.73. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)	106
Şekil 5.74. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)	106
Şekil 5.75. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)	107
Şekil 5.76. Rastgele oluşturulmuş birey.	109
Şekil 5.77. Kullanılan GA akış diyagramı.	110
Şekil 5.78. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, sym7, Shannon entropi, 7 seviye)	111
Şekil 5.79. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, coif4, Sure entropi, 8 seviye)	111
Şekil 5.80. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)	112
Şekil 5.81. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)	112
Şekil 5.82. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)	113
Şekil 5.83. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db8, Log enerji, 8 seviye)	114
Şekil 5.84. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)	114
Şekil 5.85. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, coif5, Log enerji entropi, 8 seviye)	115
Şekil 5.86. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, db8, Sure entropi, 7 seviye)	116
Şekil 5.87. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db10, Sure entropi, 8 seviye)	116
Şekil 5.88. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, db9, Norm entropi, 8 seviye)	117
Şekil 5.89. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, db7, Shannon entropi, 8 seviye)	117
Şekil 5.90. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, sym8, Norm entropi, 8 seviye)	118
Şekil 5.91. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, bior2.4, Shannon entropi, 8 seviye)	119
Şekil 5.92. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, coif4, Norm entropi, 8 seviye)	119
Şekil 5.93. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, sym6, Norm entropi, 8 seviye)	120
Şekil 5.94. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, db8, Norm entropi, 7 seviye)	121

Şekil 5.95. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db9, Sure entropi, 7 seviye)	121
Şekil 5.96. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym6, Norm entropi, 7 seviye)	122
Şekil 5.97. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, coif3, Norm entropi, 8 seviye)	122
Şekil 5.98. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, db7, Sure entropi, 8 seviye)	123
Şekil 5.99. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db8, Log energy entropi, 7 seviye)	124
Şekil 5.100. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym4 Shannon entropi, 7 seviye)	124
Şekil 5.101. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, db1, Log energy entropi, 8 seviye).....	125

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Radar deney seti parametreleri	48
Tablo 4.2. RHE sinyallerinin hedeflere göre dağılımı	50
Tablo 5.1. Sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan entropi türleri ve denklemleri.	55
Tablo 5.2. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri	72
Tablo 5.3. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri	90
Tablo 5.4. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri	108
Tablo 5.5. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri	126
Tablo 6.1. Metal hedefine ait incelenen yöntemlerin başarımların karşılaştırılması	127
Tablo 6.2. Küre hedefine ait incelenen yöntemlerin başarımların karşılaştırılması.....	128

KISALTMALAR LİSTESİ

ADD	: Ayrık Dalgacık Dönüşümü
AFD	: Ayrık Fourier Dönüşümü
DA	: Doğru Akım
DD	: Dalgacık Dönüşümü
DPD	: Dalgacık Paket Dönüşümü
DTF	: Darbe Tekrar Frekansı
FD	: Fourier Dönüşümü
GA	: Genetik Algoritma
GSY	: Güç Spektral Yoğunluğu
HFD	: Hızlı Fourier Dönüşümü
KK	: Korelasyon Katsayısı
KZFD	: Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
OKHK	: Ortalama Karesel Hatanın Karekökü
RF	: Radyo Frekans
RHE	: Radar Hedef Eko
RHE	: Radar Hedef Eko
SBE	: Seviye Bağımlı Eşikleme
SDD	: Sürekli Dalgacık Dönüşümü
SGO	: Sinyal Gürültü Oranı
T	: Darbe arası Periyot

SİMGELER LİSTESİ

ω	: Açısal Hız
$f(t)$	: Dönüşüm Yapılacak Sinyal
Δt	: Ayırık Değerler Arasındaki Sabit Zaman Aralığı
N	: Veri Sayısı
f	: Sinyalin Frekansı
$\overline{\psi}$	: Dalgacık Fonksiyonunun Karmaşık Eşleniği
a	: Ölçek Parametresi
b	: Kaydırma Parametresi
$f(t)$	: Dönüşümü Yapılacak Fonksiyon
$\psi_{(a,b)}(t)$	: Dalgacık Fonksiyonu
l	: Kaydırma Parametresi
k	: Ölçekleme Parametresi
R	: Hedef Mesafesi
T_R	: Darbenin Antenden Hedefe ve Hedeften Antene Gelmesi İçin Geçen Süre
c	: Işık Hızı
L_p	: Darbe Uzunluğunu
τ	: Darbe Genişliği
K	: Kazanç
P_t	: Radar Vericisinin Ortalama Gücü
R	: Anten İle Hedef Arasındaki Mesafe
B	: Bant Genişliği
ε	: Pozitif Eşik Değeri
$G_{(i)}$	: Orijinal Sinyal
$T_{(i)}$	: Elde Edilen Sinyal
	: Orijinal Sinyalin Ortalama Değeri
	: Elde Edilen Sinyalin Ortalama Değeri
$\text{med}(\cdot)$	: Medyan
$D_{j,k}$	: Dalgacık Katsayıları
E	: Eşik Değeri

1. GİRİŞ

Sinyal, belirli bir enerji ve frekansa sahip dalga olup elektronikte bir elektrik akımını haberleşmede ise kodlanmış bir bilgiyi göstermeye yarar. Sinyaller nicelik bakımından birbirinden farklıdır örneğin; akım, gerilim, ışık, elektromanyetik radyo dalgaları, biyolojik sinyaller, vb [1].

Sinyal tespiti konusu modern savaş çağında çok önemli bir konu olmuştur. Radar, sonar, sayısal haberleşme ve sinyal işleme alanlarının gelişmesiyle bu konuya olan ilgi artmıştır. Genellikle, ölçümler ve gözlemler sonucunda veriler elde edilirken gürültü asıl sinyale karışabilir. Bu gürültü doğal olabileceği gibi (çevre, vb) insan kaynaklıda olabilir (sinyal bozucular, güç hatları, vb). Sinyal tespiti problemi üç farklı şekilde olabilir; bilinen sinyale gürültü eklenmiş olabilir, parametreleri bilinmeyen sinyale gürültü eklenmiş olabilir ya da gelişigüzel bir sinyale (moment,..vb) gürültü eklenmiş olabilir [2].

1.1. Amaç

Bu tez çalışmasının temel amacı, Genetik Algoritma'dan faydalanarak zayıf radar sinyallerinin gürültüden arındırılmasıdır. Bunun için Dalgacık Paket Dönüşümü ile birlikte Bulanık s-fonksiyon eşikleme yöntemi önerilmiştir. Genetik Algoritma ile optimizasyon işlemi yapılarak Dalgacık Dönüşümü için en iyi dalgacık ailesi türü, entropi türü ve seviye seçimi yapılmıştır. Sonuçların başarımı, Ortalama Karesel Hatanın Karekökü ve Korelasyon Katsayısı hesaplanarak test edilmiştir.

1.2. Literatür Taraması ve Değerlendirilmesi

Zayıf Sinyal terimi, Sinyalin Gürültüye Oranının (SGO) -10dB'den daha az olduğu durum olarak açıklanabilir [3]. SGO, analog ve sayısal haberleşme sistemleri, biyomedikal sistemler, deprem bilimi ve astronomi gibi yaygın kullanım alanları olan giriş sinyalinin arka plan gürültüye olan nispi kuvvetini gösteren bir performans ölçütüdür [4-5]. Zayıf sinyal tespiti ise güçlü gürültü altında zayıf sinyal bilgisinin elde edilebilmesidir. Zayıf sinyal oldukça önemli ve geniş bir uygulama alanına sahiptir. Radar, sonar, GPS, deprem sinyalleri, bilgi tabanlı savaş veya elektronik harp gibi güçlü bir şekilde elektromanyetik

gürültüye maruz kalıldığı durumlarda gürültüden arındırma yöntemleri oldukça önem kazanmaktadır [6]. Geleneksel sinyal tespiti metotları sinyal çok zayıf kaldığı durumlarda etkisini yitirmektedir [7].

Elektronik ve sinyal işlemenin ana uygulama alanlarından biri radardır [8]. Bir mikrodalga sistemi olan radar, nesneleri bulmak ve mesafesini belirlemek için kullanılır. Basit bir radar sisteminde, verici, alıcı, alıcı ve verici antenlerle birlikte bir belirtici vardır. Verici tarafından üretilen radyo sinyali verici anten tarafından yayımlanır. Gönderilen sinyalin bir bölümü yansıtıcı bir nesne ya da hedefe çarparak bütün yönlere dağılır [9-10].

Hedekten radara doğru yansıtılan sinyalin bir bölümüne eko sinyali denir. Alıcı, video sinyali meydana getirebilmek için demodüle edilen eko sinyalini bulur. Daha sonra video sinyali, belirticiye gönderilerek bir hedefin varlığı tespit edilir. Belirtici sayesinde hedef mesafesi, yön bilgisi ve hızı belirtilebilir [9-10].

Hedefin yönü eko alındığı zaman belirlenmektedir. Hedefin ne kadar bir mesafede olduğu, radar sinyalinin hedefe varış ve tekrar radara dönüş süresi ile belirlenmektedir. Radar sistemleri genel olarak darbeleri radar ve sürekli dalga radar olmak üzere iki türde sınıflandırılırlar. Belirli bir alan içerisindeki hedefleri bulmak ve mesafelerini belirlemek için genellikle darbeleri radar kullanılmaktadır [9-10].

Radar diğer haberleşme sistemlerinden farklıdır çünkü sinyale gürültü karışmışsa asıl sinyalin tespit edilmesi imkansız olabilir. Alıcı sinyalin gücü, radarın hedefe uzaklığına ve hedef kesitine bağlıdır [11]. Radar eşitliği yoluyla alıcı çıkışının SGO'nun fonksiyonu olarak radar dizilimi verilir [12-13]. Radar sistemlerinde, zayıf sinyal tespiti en temel ve önemli bir problemdir. Daha büyük mesafelerden küçük nesneleri tespit ederken bu problemin çözümü daha çok önem kazanmaktadır.

Geleneksel olarak sinyal tespiti, deterministik sinyal tespiti ve stokastik sinyal tespiti olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Ama diğer bir sinyal şekli olan kaotik sinyallerde gözden kaçırılmamalıdır. Kaotik sinyaller düzensiz dalga şeklinde olup deterministik bir mekanizmadan üretilebilir [14-15].

Kaos teorisi tabanlı zayıf sinyal tespiti yöntemleri ikiye ayrılabilir. Bunlardan birincisi, sinyal tespit aracı olarak kaotik sistem kullanılabilir. Diğer türünde ise sinyal ya da gürültü kaotik olabilir. Bu durumda sinyal ve gürültüyü birbirinden ayırmak için kaotik zaman serilerinin tahmini ve modellemesiyle sinyal tespiti işlemi gerçekleştirilebilir [16].

Zayıf sinyal tespiti ve gürültü giderimi ile ilgili oldukça önemli ve geniş bir uygulama alanı mevcuttur. Zayıf sinyal tespiti ve gürültü giderimi için literatürde birçok

yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerin büyük çoğunluğunda Fourier Dönüşümü ve Güç Spektral Yoğunluğu gibi geleneksel sinyal işleme tekniklerini kullanılsa da, sinyal çok zayıf kaldığı durumlarda bu yöntemler etkisini yitirmektedir [7,17-18].

Son yıllarda, gürültü arındırma probleminin çözümünde Dalgacık Dönüşümü temelli birçok yöntem önerilmiştir. [8]'de Dalgacık Dönüşümünün bir radar sistemindeki gürültüleri arındırma amaçlı uygulandığı görülebilir. Bu amaçla çalışmada iki farklı yöntem önerilmiştir. İlk yöntemde, Dalgacık Dönüşümü bir Eşlenik filtresi olarak kullanılmıştır. İkinci yöntem ise farklı ölçeklerde elde edilen dalgacık katsayılarına dayalı bir yöntemdir.

Aly ve diğ. (2006)'da Dalgacık Paket ve Yüksek Dereceli İstatistik kullanan bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem, hem zayıf sinyal tespiti hem de sinyal lokalizasyonu için gerçekleştirilmiştir.

Khairnar ve diğ. (2008)'de RBF Sinir Ağı tabanlı, Gauss olmayan gürültülü ortamlarda radar sinyallerini tespit edebilen bir algoritma sunmuştur.

Dalgacık kullanan gürültü arındırma yönteminin jeofizik verilerine uygulandığı bir çalışmayı To ve diğ. (2009)'da yapmıştır. Çalışma, Fourier tabanlı gürültü arındırma ve Dalgacık tabanlı gürültü arındırma yöntemlerini karşılaştırmalı olarak incelerken, sert, yumuşak Dalgacık gürültü arındırma yöntemlerini de ayrıca karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

Yang ve diğ. (2011)'de ise Temel Bileşen Analizi yöntemi kullanan bir Dalgacık gürültü arındırma yöntemi önermiştir.

Sharma ve diğ. (2010)'da Dalgacığa ait alt bantlarda Yüksek Dereceli İstatistik kullanan bir algoritma önermişlerdir. Bu yöntemin başarımını ölçmek için ortalama karekök hatası kullanılmıştır. Algoritma yumuşak eşikleme yöntemiyle karşılaştırılarak başarımı test edilmiştir.

Bingo ve diğ. (2008)'de gürültülü biyomedikal sinyaller için Bulanık kural tabanında Dalgacık Dönüşümü kullanan bir algoritma önermişlerdir. Önerilen yöntemin başarımı geleneksel Dalgacık Dönüşümü kullanan gürültü giderimi algoritmalarından %30 daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir.

Geetha ve diğ. (2011)'de gürültülü biyomedikal sinyaller için Dalgacık Dönüşümü tabanında Sure eşikleme kullanan gürültü giderimi algoritmasını önermişlerdir. Bu yöntemde, beyin sinyallerinde istem dışı oluşan göz hareketleri, yüz hareketlerinden kaynaklanan gürültünün giderilmesi hedeflenmiştir.

Talbi ve diğ. (2009)'da Yapay Sinir Ağı ve Dalgacık Dönüşümü ile ses sinyallerinin iyileştirilmesine ait bir algoritma önermişlerdir. Bu çalışmada, gürültülü ses sinyalinden gürültünün giderilmesi amaçlanmıştır.

Kumar ve diğ. (2011)'de Chui-Lian dalgacık kullanan yumuşak eşiklemeli gürültü giderim algoritması önerdiler. Bu algoritmanın başarımını test etmek için ortalama karekök hatası kullanılmıştır.

Liu ve diğ. (2011)'de gürültü giderimi için Durağan Dalgacık Dönüşümü yöntemini önermişlerdir. Bu yöntemde sert eşik ve yumuşak eşik kullanmak yerine yarı yumuşak eşikleme yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar geleneksel eşikleme yöntemlerinden daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

Song ve diğ. (2007)'de Bulanık Eşikleme tabanlı Dalgacık Dönüşümü kullanan darbe sinyallerinin gürültüden arındırılması ile ilgili algoritma önermişlerdir. Bu çalışma için sonuçlar darbe sinyallerinde sert eşikleme ile karşılaştırıldığında başarımının daha iyi olduğunu göstermiştir.

Zhang ve diğ. (2006)'da Dalgacık Analizi için Seviye Bağımlı Eşikleme kullanan Gamma ışın sinyallerinin gürültüden arındırılması algoritmasını önermişlerdir. Bu yöntemin başarımı Hızlı Fourier Dönüşümü ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

Liu ve diğ. (2007)'de sinyalleri gürültüden arındırabilmek için Dalgacık Tabanlı Yayınım yaklaşımı önermişlerdir. Bu çalışmada, birkaç doğrusal olmayan Yayınım yöntemleri geliştirilmektedir [31-35]. Yöntemin başarımı geleneksel yöntemler ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

Xiang ve diğ. (2006)'da tek değerli ayrışım ve Dalgacık Paket kullanılarak dizel titreşimli sinyallerin gürültüden arındırılması algoritmasını önerdiler. Bu yöntemde, ilk önce titreşimli sinyaller için Fourier Dönüşümü, Dalgacık Dönüşümü ve Dalgacık Paket Dönüşümü arasında karşılaştırma yapılır. Daha sonra bu sinyal için tek değerli ayrışım uygulanır. Son olarak ise tek değerli ayrışım yaklaşımı ile Dalgacık Paket birleştirilerek yeni bir algoritma önerilir [37-41].

Alfaouri ve diğ. (2008)'de biyomedikal sinyallerin gürültüden arındırılabilmesi için Dalgacık Dönüşümü Eşikleme kullanan algoritma önermişlerdir. Bu çalışmada, önerilen yöntemle Donoho'nun yöntemi karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin başarımının daha iyi olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada benzetim çalışmalarında Matlab yazılımı kullanılmıştır [43-47].

Ravier ve diğ. (2001)'de Yüksek Dereceli İstatistik ve Dalgacık Paket Dönüşümü kullanarak, sinyallerin gürültüden arındırılması için algoritma önermişlerdir. Bu çalışmada, sinyallerin Yüksek Dereceli İstatistik özellikleri ve Dalgacık Dönüşümü birleştirilerek geçici ses sinyallerinin gürültüden arındırılması hedeflenmiştir. Her iki yöntemin birleştirilmesi diğer algoritmalara göre başarımını yükseltmektedir [49-53].

Medina ve diğ. (2003)'de Dalgacık Dönüşümünde eşikleme seçimi için Yapay Sinir Ağları kullanarak konuşma sinyallerinin gürültüden arındırılmasını amaçlamışlardır. Bu yöntemde, Dalgacık ayrışımı yapıldıktan sonra elde edilen detay katsayılarına eşik seçmek için Yapay Sinir Ağları kullanılmıştır. Önerilen yöntem geleneksel Dalgacık tabanlı gürültü giderim algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan SGO değerinin iyileştirildiği görülmektedir [55-60].

Chen ve diğ. (2003)'de komşu katsayıları kullanan çoklu Dalgacık yapısı ile sinyallerin gürültüden arındırılma algoritmasını önermişlerdir. Bu yöntemde, Dalgacık katsayılarında komşu olanlar birleştirilerek çoklu Dalgacık eşikleme yapılır. Deneysel çalışmalarda geleneksel yapılardan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir [62-69]. Literatür tarama çalışmaları ile şu sonuçlar elde edilmiştir.

- Radar, sonar, sayısal haberleşme, biyomedikal sinyaller gibi sinyal işleme alanlarında gürültü giderimi çok önemli bir alan olmaya başlamış ve bu konuya olan ilgi artmıştır. Genellikle, ölçümler ve gözlemler sonucunda veriler elde edilirken gürültü asıl sinyale karışabilir. Biyomedikal sinyaller elde edilirken genellikle insan kaynaklı bozucular (kas gürültüsü, elektrot gürültüsü ya da elektromanyetik alan) tarafından sinyal gürültülü hale gelebilir. Radar gibi haberleşme uygulamalarında ise genellikle atmosferik ışıklar, meteor hareketleri ya da şiddetli elektromanyetik alanın etkilemesiyle alınan sinyal gürültülü olabilir.
- Yukarıda kısaca bahsedilen çalışmaların büyük çoğunluğunda, ilgilenilen sinyaller zayıf olarak kabul edilmezler. Zayıf sinyal tanımından hareketle -10 dB değeri oldukça önemlidir.
- Çalışmalarda daha çok Dalgacık Dönüşümü yöntemi kullanılmıştır. Bu şekilde sinyaller detay ve yaklaşık katsayılarına ayrılarak uygun eşikleme işlemine tabi tutulmuştur.
- İncelenen çalışmalar, daha çok hangi dalgacık ailesinin seçileceği ve bunlara hangi eşikleme fonksiyonu seçilirse daha etkili sonuçlar bulunacağıyla ilgilidir.

- Ancak uygulamada, sinyalin çok daha zayıf olduğu durumlar ortaya çıkabilir. Bu tür durumlarda akıllı sistemlerin kullanılabileceği rahatlıkla söylenebilir.

1.3. Tezin Organizasyonu

Tezin birinci bölümünde, temel bilgiler ve kavramlarla birlikte literatür çalışmaları üzerinde durulmuştur. Aynı zaman da tezin konusu ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Diğer bölümlerin organizasyonu aşağıda gösterilmiştir.

Bölüm 2'de sinyal işlemede alanında gerekli olan, sinyallerin frekans ve zaman analizini yapabilmek için kullanılan yöntemler verilmiştir.

Bölüm 3'de Genetik Algoritma kavramı tanımlanarak, her bileşeni açıklanmaya çalışılmıştır. Genetik Algoritmalar'ın uygulama alanları ve niçin gerekli olduğu verilmiştir.

Bölüm 4'de Haberleşme sistemlerinin en önemli öğelerinden biri olan Radar açıklanmıştır. Radar açıklanırken çevre birimleri ve nasıl çalıştığı bilgisi de verilmiştir. Deneysel amaçlı sinyallerin nasıl elde edildiği gösterilmiştir.

Bölüm 5'de, zayıf RHE sinyallerini gürültüden arındırabilmek için bazı yöntemler incelenip başarımları kaydedilmiştir. Bununla birlikte, zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırabilmek için bir yöntem önerilmiştir. İncelenen yöntemlerin Matlab 7.6.0 ile benzetim çalışmaları yapılmıştır. İlgili bulgular tablolar ve Matlab çizimleri ile desteklenmiş olup önerilen yöntemin başarımları test edilmiştir. Önerilen yöntemin başarımları ispat edilmiştir.

Bölüm 6'da tezin sonuçları irdelenmiş ve tez çalışmasına yapılan orijinal katkılar vurgulanmıştır. Aynı zamanda ileriye dönük öneriler verilmiştir.

2. SINYALLERİN ANALİZİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Sinyal, belirli bir enerji ve frekansa sahip dalga olup elektronikte bir elektrik akımını haberleşmede ise kodlanmış bir bilgiyi göstermeye yarar. Sinyaller nicelik bakımından birbirinden farklıdır örneğin; akım, gerilim, ışık, elektromanyetik radyo dalgaları, biyolojik sinyaller, vb [1].

Sinyalleri bilgi kaybına uğramadan analiz edebilmek için sinyal işleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sinyalleri iyi analiz edilebilmek için başka boyutlara (frekans, zaman-ölçek, vb) taşımak gereklidir. Sinyaller bu şekilde bilgi kaybına uğramadan detaylandırılabilir. Analizi gerçekleştirilecek sinyali daha iyi detaylandırabilmek için matematiksel dönüşüme ihtiyaç duyulur. Genelde sinyaller zaman bölgesinde gösterilir. Sinyal işleme alanında bu gösterim şekli pek tercih edilmez. Çünkü önemli bilgiler frekans bileşenlerinde bulunur [70]. Sinyalleri analiz etmek için birçok matematiksel dönüşüm yöntemi kullanılmaktadır. Her dönüşüm tekniği farklı tip sinyaller ve amaçlar için kullanılır.

2.1. Fourier Dönüşümü

Sinyalleri sinüzoidal bileşenlerine ayırmak için kullanılan dönüşüm Fransız bilim adamı olan Jean Baptise Joseph Fourier tarafından bulunmuştur [71]. Fourier Dönüşümü (FD) işlenecek sinyalin frekans bileşenlerinin tespitinde kullanılır.

FD’de, işlenecek sinyal zaman bölgesinden frekans bölgesine taşınır. FD aşağıda Denklem 2.1’de verilmiştir.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{j\omega t} dt \quad (2.1)$$

Burada ω ifadesi frekansı yani açısal hızını, $f(t)$ dönüşümü yapılacak sinyali gösterir. Bu dönüşümde zaman bilgisi yoktur. Dolayısıyla sinyalin frekans bileşenlerinin hangi zaman aralığında var olduğunu göstermez. Bu dönüşüm yöntemi zamana göre frekansı değişmeyen sinyallerde kullanılabilir.

2.1.1. Ayırık Fourier Dönüşümü

Bilgisayarla analiz işlemi gerçekleştirilmek istenirse verilerin öncelikle ayırık yapıya dönüştürülmesi gereklidir. Sinyalin belli zaman aralıklarında örnekleme teorisine göre ayırık veri dizisi oluşturulur. Sürekli bir $f(t)$ fonksiyonundan ayırık $f(t_k)$ dizisine dönüşümü Denklem 2.2’de verilmiştir [72].

$$f(t) \rightarrow f(k\Delta t) = f(t_k) \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.2)$$

Δt ayırık değerler arasındaki sabit zaman aralığını gösterir. Δt zaman aralığının doğru seçimi Ayırık Fourier Dönüşümünün (AFD) en önemli aşamalarından biridir. Nyquist frekansı, seçilen her zaman aralığı için farklı bir frekans değerine denk gelir [72]. Aralarındaki eşitlik Denklem 2.3’de gösterilmiştir.

$$f_N = \frac{1}{2\Delta t} \quad (2.3)$$

Örnekleme aralığının yanlış seçilmesi durumunda sinyalin gerçek spektrumundan farklı bir spektrum bilgisi ortaya çıkacaktır. Bu durumdan dolayı spektrum kayıpları oluşur. Bu sebepten dolayı ayırık zamana geçerken örnekleme aralığının seçimi son derece önemlidir. AFD’nin formülü Denklem 2.4’de verilmiştir.

$$F_k = \sum_{n=0}^{N-1} f_n e^{-j\omega_0 n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2.4)$$

Ters Ayırık Fourier Dönüşümünün eşitliği Denklem 2.5’de verilmiştir.

$$f_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} F_k e^{j\omega_0 n} \quad (2.5)$$

Bu eşitliklerde yer alan N veri sayısıdır. Bu işlem yükünü azaltmak için Hızlı Fourier Dönüşümü geliştirilmiştir.

2.1.2. Hızlı Fourier Dönüşümü

Ayrık Fourier Dönüşümünün hesaplanmasında, Denklem (2.4)'de gösterildiği gibi her bir $F(k)$ değeri için N adet çarpma ve $N - 1$ adet toplama işlemi yapılmaktadır. N adet AFD değeri bulunurken, N^2 adet çarpma ve $N(N-1)$ adet toplama işlemine gerek duyulur. Veri sayısı arttıkça işlem sayısı da buna bağlı olarak artmaktadır.

AFD'nin hızlı bir şekilde hesaplanmasını sağlayan yöntem Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) olarak bilinmektedir. HFD'nin hızlı oluşu işlem sayısını azaltmasından kaynaklanmaktadır. N veri sayısı olmak üzere AFD'de N^2 işlem gerekirken HFD'de $N \log 2N$ kadar işlem gerektirir [72]. Katsayıların $Wn = e^{-j\omega_0 n}$ periyodiklik ve simetri özelliği kullanılarak bu işlem gerçekleştirilir.

2.1.3. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü

Zamana göre frekansı değişmeyen sinyaller durağan sinyallerdir. FD durağan olmayan sinyallerin analizi için uygun bir yöntem değildir [73]. Gabor, sinyalin belirli küçük parçasını zaman bölgesinde alarak pencereleme tekniğini kullanmıştır ve böylece sinyali iki boyutta zaman ve frekansın fonksiyonu olarak tanımlamıştır [74]. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) yönteminde sinyalin belirli bir aralığının durağan olduğu kabul edilerek bir pencereden geçirilir ve yerel bir frekans parametresiyle FD işlemine tabi tutulur. İşlenecek sinyal küçük pencerelere bölünür ve bu durumda her çerçeve için sinyal durağan olarak kabul edilir. Bu çerçeveler sinyalin bir pencere fonksiyonu ile çarpılmasıyla elde edilir. Daha sonra sinyal işleme tekniğine uygun biçimde istenilen bir yerde pencere seçilerek dönüşüm gerçekleştirilir [73,75].

Bir pencere fonksiyonu, zaman alanında kaydırma ve frekans parametrelerine sahiptir. Pencere fonksiyonunun sonlu enerjiye sahip olması ve integralinin alınabilmesi özelliğine sahip olması gerekmektedir. Bir pencere fonksiyonuna ait eşitlik Denklem 2.6'da verilmiştir.

$$g_{w,\tau(t)} = e^{j\omega t} w(t - \tau) \quad (2.6)$$

Zaman ekseninde bir t noktasına $w(t)$ pencere fonksiyonu yerleştirilerek FD alınır. Eşitlik Denklem 2.7’de verildiği gibi pencere kaydırılarak FD işlemi yapılır.

$$KZFD(\omega, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{w(t - \tau)} e^{-j\omega t} dt \quad (2.7)$$

Denklem 2.3.’ den de anlaşıldığı üzere, zaman bölgesinde olan bir $f(t)$ sinyalinin zaman penceresi olan $w(t)$ ’nin çarpılmasıyla elde edilen bir FD olduğu söylenebilir. KZFD’de en önemli aşama pencere boyutlarının seçilmesidir. Çünkü analiz penceresinin doğru seçimi farklı bileşenlerin ortaya çıkarılmasında ve spektrumun daha düzgün olmasında oldukça önemlidir [76].

KZFD kullanılarak sinyal analiz edildiğinde sinyal ile ilgili zaman ve frekans bilgisine sahip olabiliriz. Fakat bu yöntemin en büyük dezavantajı seçilen pencere boyutuyla ilgilidir. Seçilen pencere boyutu büyükse frekans çözünürlüğü iyi tersi durumda ise frekans çözünürlüğü kötü olabilmektedir.

2.2. Güç Spektral Yoğunluğu

Güç Spektral Yoğunluğu (GSY), sinyalin gücünün frekansa bağlı dağılımıyla birlikte gücün hangi frekanslarda yoğunlaştığı bilgisi elde edilir. GSY Denklem 2.8’de verilmiştir [77].

$$P_{GSY}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |f_i(k)|^2 \quad (2.8)$$

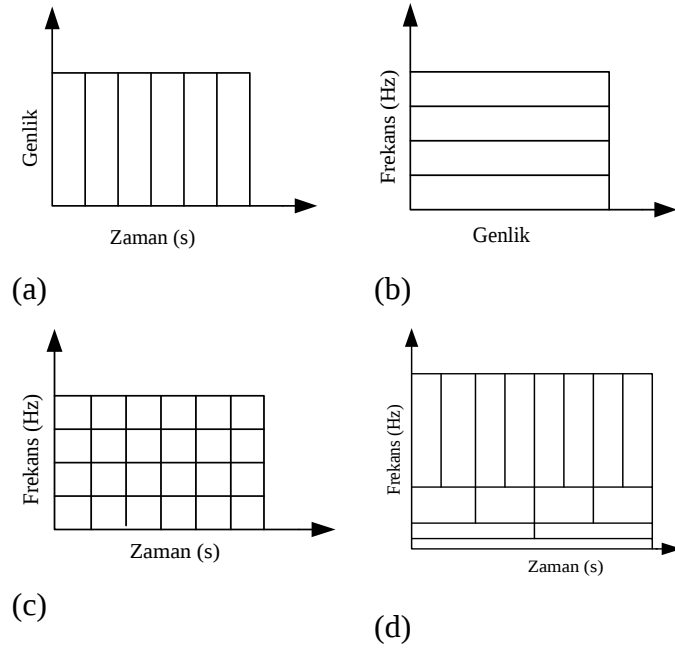
Burada N veri sayısını f sinyali gösterir. Aynı zamanda bir sinyalin iyi bir şekilde iletebilmesi için, GSY kullanılarak haberleşme kanalı bant genişliği de hesaplanabilmektedir.

2.3. Dalgacık Dönüşümü

Sinyaller genellikle ifade edilirken zamanın bir fonksiyonu olarak gösterilirler. Zaman bölgesinde gösterilen bir sinyal, matematiksel dönüşümler kullanılarak işlenebilir. Zaman bölgesinde tanımlanan bir sinyalin grafiksel gösteriminde genlik ve zaman kullanılır ve zaman-genlik değişimi olarak isimlendirilir. Zaman-genlik gösterimi sinyal işleme için çoğu zaman uygun olmayabilir. Çünkü çoğu zaman frekans bilgisi de gerekli olabilir. Bu tür durumlarda sinyali genlik-zaman bölgesinde incelemek yerine frekans bölgesinde incelemek daha doğru olur [78].

FD kullanılarak sinyal, zaman bölgesinden frekans tanım alanına aktarılır. Fakat FD sinyalin içerdiği frekans bileşenleri hakkında bilgi verse de hangi zaman aralığında hangi frekansların mevcut olduğunu göstermez. FD durağan sinyallerin işlenmesinde iyi bir yöntem olmaktadır [79]. Fakat geçici durum analizlerinde iyi sonuç vermemektedir. Bu nedenle, KZFD kullanılması uygun bulunmuştur. KZFD dönüşümünde sabit aralıklı zaman pencereleri kullanılır. Bu yöntemin en büyük sakıncası pencerelerin sabit olmasıdır. Bu sebepten dolayı, sadece bulunduğu zaman aralığındaki frekans bileşenlerini hesaplayabilirken sinyali oluşturan belirli bir frekansın hangi zaman noktasında olduğu tespit edilemeyebilir [80-81]. Şekil 2.1’de sinyal işlemede kullanılan yöntemlerin gösterimleri verilmiştir.

Durağan olmayan ve geçici durum özelliği olan sinyaller için Dalgacık Dönüşümü kullanılması daha iyi sonuç vermektedir. İncelencek sinyalde düşük frekans bilgisi önemli ise büyük zaman aralıkları, yüksek frekans bilgisi önemli ise küçük zaman aralıklarının kullanıldığı ve farklı ölçek bölgelerine sahip olan pencereleme tekniğidir [82].

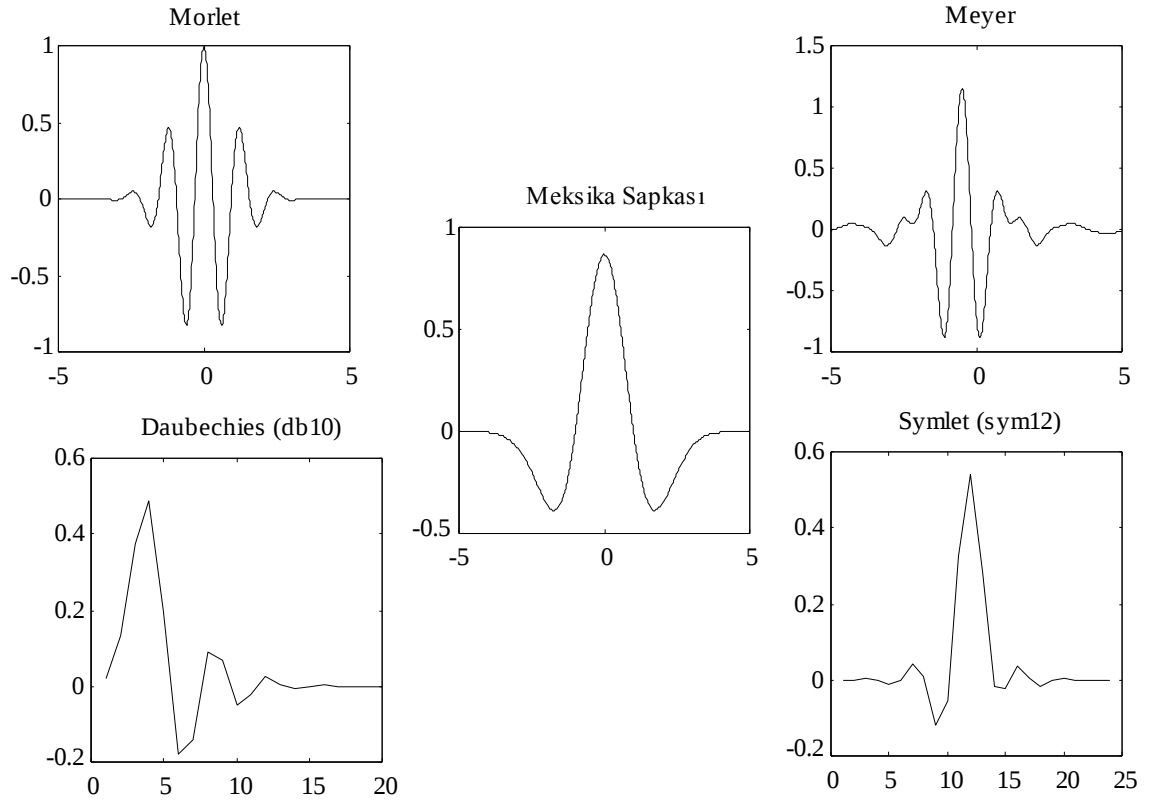


Şekil 2.1. (a) Zaman-Genlik pencereleme gösterimi
 (b) Fourier Dönüşümü ile Frekans-Genlik spektrumu (c) KZFD ile Frekans-Zaman gösterimi (d) Dalgacık Dönüşümü ile pencereleme tekniği gösterimi.

Şekil 2.1.(a)'da bir sinyalin zaman-genlik grafiği gösterilmiştir. Bu bölgede gösterim, sinyal analizi için çok fazla bilgi içermez. Şekil 2.1.(b)'de Fourier Dönüşümü kullanarak bir sinyalin frekans-genlik spektrumu gösterilmiştir. Bu dönüşüm şekli sinyalin tamamı hakkında bilgi vermektedir. Şekil 2.1.(c)'de KZFD kullanarak frekans-zaman gösterimi verilmiştir. Pencerelerin eşit aralıklı olması, sinyal analizinde düşük ve yüksek frekans bileşenlerinin incelenmesi açısından sorun olmaktadır. Şekil 2.1.(d)'de Dalgacık Dönüşümüne ait pencereleme tekniği verilmiştir, düşük frekans bilgisinin önemli olduğu yerlerde büyük zaman aralıklarının, yüksek frekans bilgilerinin önemli olduğu yerlerde de küçük zaman aralıklarının kullanılmasına imkan tanımaktadır [83].

2.3.1. Dalgacık Fonksiyonları

Ana dalgacığın kaydırma ve ölçekleme parametrelerinin değiştirilmesiyle elde edilen fonksiyonlar dalgacık olarak bilinmektedir. Şekil 2.2'de en çok kullanılan ve bilinen dalgacıkların bir kısmı verilmiştir [79].

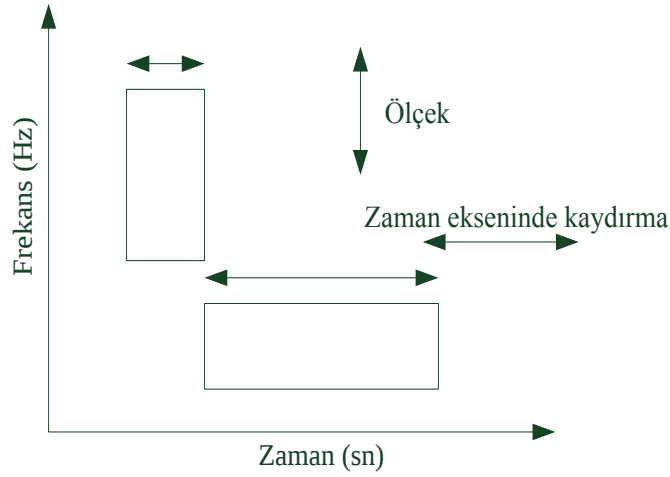


Şekil 2.2. Sık kullanılan dalgacık örnekleri.

2.3.2. Sürekli Dalgacık Dönüşümü

Durağan olmayan sinyalleri analiz edebilmek için Dalgacık Dönüşümü (DD) kullanılır. DD’de, sinyal boyunca kaydırılabilen ölçeklenebilir pencereler kullanılır ve her yeni konum için spektral davranışı incelenebilir.

FD’de eşit pencere aralıklarında işlem yapılır. DD’de ise düşük frekanslarda büyük zaman aralığında işlemler yapılırken yüksek frekanslarda ise küçük zaman diliminde işlemler yapılmaktadır. Şekil 2.3’de zaman-frekans gösterimi verilmiştir [79].



Şekil 2.3. Zaman-frekans gösterimi.

Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD), bütün zaman aralığı boyunca dalgacık fonksiyonu (ψ) 'nin sinyal $(f(t))$ ile çarpımı olarak tanımlanabilir. SDD Denklem 2.9'da zamana bağlı olarak gösterilmiştir [84].

$$SDD(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \bar{\psi}_{(a,b)}(t) dt \quad (2.9)$$

$\bar{\psi}$: Dalgacık fonksiyonunun karmaşık eşleniği

a : Ölçek parametresi

b : Kaydırma parametresi

$f(t)$: Dönüşümü yapılacak fonksiyon

$\psi_{(a,b)}(t)$: Dalgacık fonksiyonu

- $a > 1$ ise zaman ekseninde fonksiyon geniş yer kaplar ve genlik düşer
- $a < 1$ ise zaman ekseninde fonksiyon daralır ve genlik büyür
- $a < 0$ olursa $t=0$ noktasına göre simetriği alınır
- $b > 0$ olması durumunda, zaman ekseninde sağa doğru kaydırma
- $b < 0$ olması durumunda, zaman ekseninde sola doğru kaydırma

Ölçek ve kaydırma parametrelerinin kullanılmasıyla elde edilen dalgacık fonksiyonları Denklem 2.10'da verilmiştir.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.10)$$

Denklem 2.10'da elde edilen ifade SDD'nü hesaplayan Denklem 2.9'da yerine yazılırsa Denklem 2.11. bulunur.

$$SDD(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \bar{\psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2.11)$$

Dalgacık fonksiyonu olan ($\psi_{a,b}(t)$) Denklem 2.12'de ifade edilen şartı sağlamak zorundadır.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi_{a,b}(t) dt = 0 \quad (2.12)$$

$\psi_{a,b}(t)$ Dalgacık fonksiyonunun meydana getirdiği alan sıfıra eşit olmalıdır.

Kaydırma parametresi olan b , zaman-frekans gösterimindeki pencerenin geçici konumunu ifade eder. Sinyal üzerinde bu pencere kaydırıldığında frekans spektrumunun geçici bilgisi elde edilir. Ölçek parametresi olan a 'nın, sinyalin frekansı ile ilgili bağıntısı Denklem 2.13'de verilmiştir.

$$a = \frac{1}{f} \quad (2.13)$$

Burada f sinyalin frekansını ifade eder. Denklem 2.11. ele alındığında;

- Her zaman aralığı için sinyalin frekans bilgileri değişmektedir.
- b , zaman aralığının bulunduğu yere göre değerlendirilir ve bu aralık bütün sinyal boyunca kaydırılarak frekans spektrumlarının zamana ait bilgileri elde edilmiş olur.

Ölçekleme, bir dalgacığın sıkıştırılması ya da genişletilmesidir küçük ölçek faktörüne sahip bir dalgacık sıkıştırılmış dalgacık anlamındadır [79].

2.3.3. Ayrık Dalgacık Dönüşümü

Dalgacık Dönüşümü analizinde, tüm ölçek aralığı için analiz yapılırsa çok büyük veri yığınları oluşacaktır ve çok fazla işlem yapmak gerekecektir. Belirli ölçek gurupları tespit edilip daha sonra bu aralıklar için analiz yapılırsa bu dönüşüm şeklinin adı Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) olur [85].

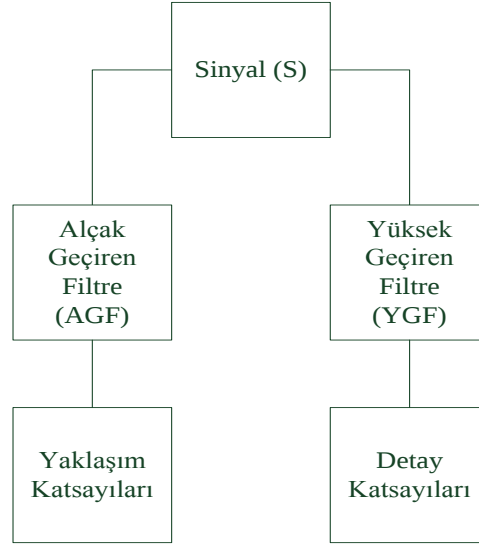
ADD, Mallat tarafından 1988 yılında geliştirilmiştir. ADD’de yönteminde sinyal işlemede kullanılan ve Mallat algoritması olarak bilinen bu yöntemde, iki kanal alt bant geçiren filtreleme algoritması kullanılmaktadır [85-87].

Bu yöntemde, genlik değişiminde ölçek ve konum değerleri için ikinin kuvveti olacak şekilde tercih edilir ve matematiksel ifade olarak SDD ile aynıdır. Matematiksel ifadesi Denklem 2.14’ de verilmiştir [79].

$$\psi(2^k t + l) \quad (2.14)$$

Burada l kaydırma parametresini k ölçekleme parametresini göstermektedir.

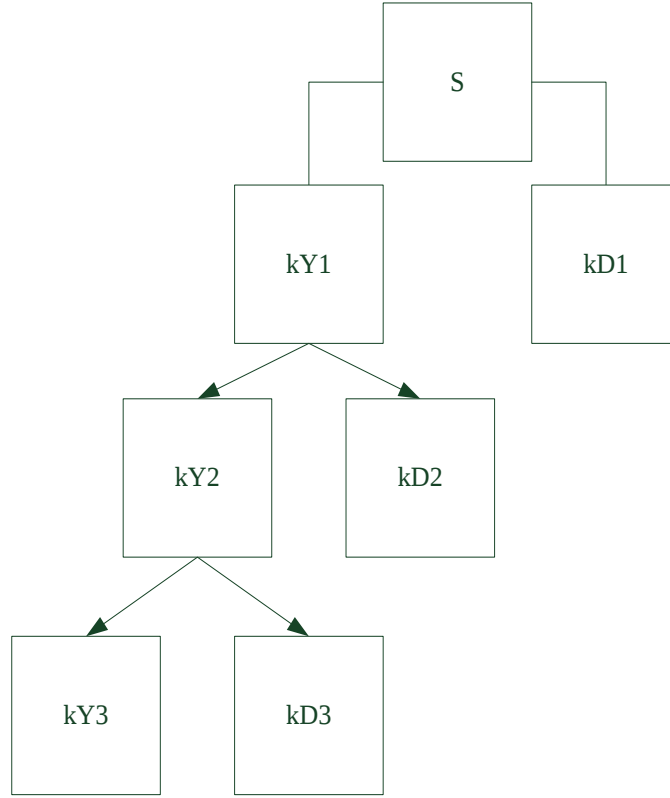
ADD’de, işlenecek sinyal filtreler kullanılarak iki ana bileşene ayrılır. Bu bileşenlerden biri alçak geçiren filtre çıkışları olan düşük frekanslı bileşenler, diğeri yüksek frekans çıkışları olan yüksek frekanslı bileşenlerdir. Şekil 2.4’de işlenecek sinyalin bileşenleri ayrıştırılması verilmiştir [79].



Şekil 2.4. Sinyalin bileşenlerine ayrıştırılması

İşlenecek sinyal, alçak frekans bileşenlerine (Yaklaşım-Y) ve yüksek frekans bileşenlerine (Detay-D) ayrıştırılır. Yaklaşım katsayıları, yüksek ölçekleme ve düşük frekans özelliğine sahiptir. Detay katsayıları ise küçük ölçekleme ve yüksek frekans özelliğine sahiptir.

Sinyal üzerinde ayrıştırma işlemi, ihtiyaca göre birden daha fazla seviye için gerçekleştirilebilir. Yaklaşım çıkışları her defasında ADD' ne tabi tutularak alt bileşenlere ayrıştırma işlemi yapılır. Burada önemli olan faydalı bir sinyal işleme için ne kadar alt bileşenlere inilmesi gereğidir. Bu sürece dalgacık ayrıştırma ağacı denilir ve Şekil 2.5'de birden fazla seviye için bu durum gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Sinyalin seviyelere ayrıştırılması

Şekil 2.5'deki algoritma Şekil 2.4'deki algoritmanın ardışık çalıştırılması sonucunda elde edilmektedir. Burada k katsayıları S ise sinyali ifade etmektedir. ADD'de asıl amaç sinyali yaklaşım ve detaylarına ayırmak olduğu için asıl sinyal hiçbir şekilde kayba uğramaz ve ana dalgacıkla çarpılarak bileşenlerine ayrışır. Her seviye için, yaklaşımlar tekrar yaklaşım ve detay katsayılarına ayrışır ve bu işlem istenilen sonuç alınıncaya kadar devam ettirilir.

Asıl sinyal, seviyelere ayrılan alt bileşenlerin toplamından aşağıdaki şekillerde tekrar elde edilebilir.

- $S=Y1+D1$
- $S=Y2+D2+D1$
- $S=Y3+D3+D2+D1$

2.3.4. Haar Dalgacık Dönüşümü

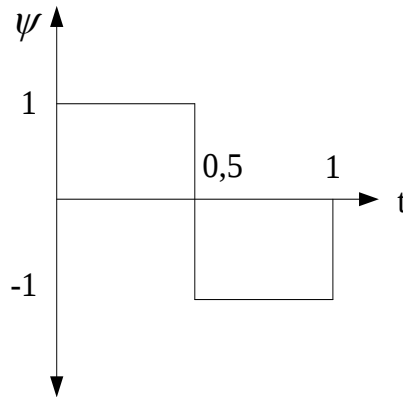
Haar'ın 1910 yılında yapmış olduğu çalışmalar sonucunda bulunan en basit dalgacık vektörüdür [88]. Haar Dalgacığı dik vektörlerden oluşmaktadır. Bu vektörler belirli bir aralık için ± 1 değerini alırken diğer durumlarda sıfır olmaktadır. Çok sayıda sıfır elamanına sahip olmasından dolayı oldukça hızlı bir algoritmadır. Denklem 2.15. Denklem 2.16 ve Denklem 2.17'de Haar dalgacığına ait denklemler verilmektedir [89-90].

$$\psi(a,b)=1 \quad 0 \leq t \leq 0.5 \quad (2.15)$$

$$\psi(a,b)=-1 \quad 0.5 \leq t \leq 1 \quad (2.16)$$

$$\psi(a,b)=0 \quad t \notin [0,1] \quad (2.17)$$

Yukarıdaki denklemlerden t 'nin 0 ile 0.5 arasındaki değerlerinde dalgacığın 1 değerini aldığı 0.5 ile 1 arasındaki değerlerde -1 değerine ulaştığı diğer durumlarda ise 0'a eşit olduğu görülmektedir. Şekil 2.6'da Haar Dalgacık fonksiyonu verilmektedir.



Şekil 2.6. Haar Dalgacık fonksiyonu

Haar Dalgacık Dönüşümünde, işlenecek herhangi bir sinyal için yaklaşım ve detay bileşenlerini hesaplayan ifade Denklem (2.18 -2.19)'da verilmiştir [79].

$$y_m = \frac{f_{2m-1} + f_m}{2} \sqrt{2} \quad (2.18)$$

$$d_m = \frac{f_{2m-1} - f_m}{2} \sqrt{2} \quad (2.19)$$

Burada $m=1,2,3\dots N/2$ dir. N ise işlenecek sinyale ait veri sayısı olup f sinyale ait sayısal verilerdir.

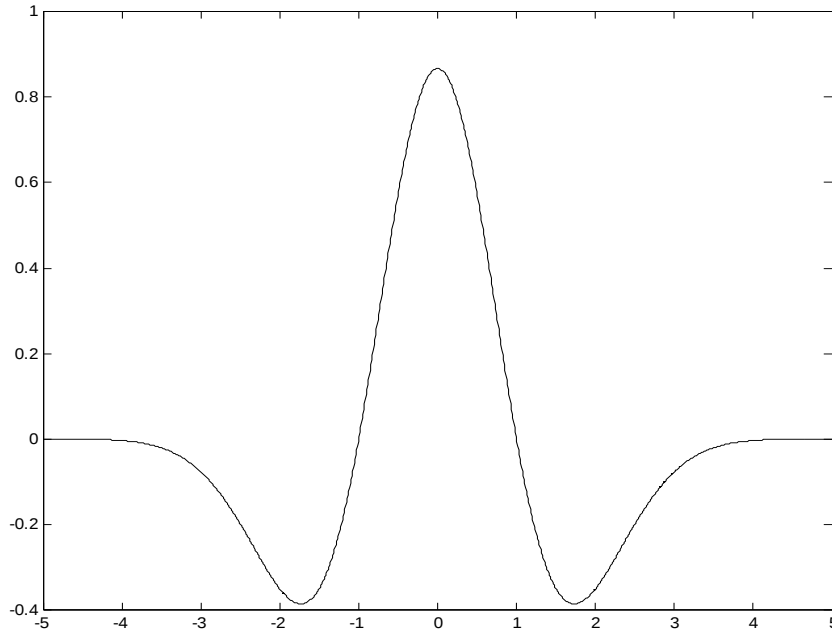
2.3.5. Sık Kullanılan Dalgacık Çeşitleri ve Matematiksel İfadeleri

Sinyal işlemek amacıyla kullanılan ADD’de farklı tiplerde dalgacık çeşitleri kullanılabilir. En çok kullanılan dalgacık çeşitleri ve matematiksel ifadeleri aşağıda verilmektedir.

- Meksika şapkası dalgacığı

Meksika şapka dalgacığını Denklem 2.20’de gösterildiği gibi matematiksel olarak ifade edebiliriz. Şekil 2.7’de grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.

$$\psi(x) = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \pi^{-1/4} \right) (1 - x^2) e^{-x^2/2} \quad (2.20)$$

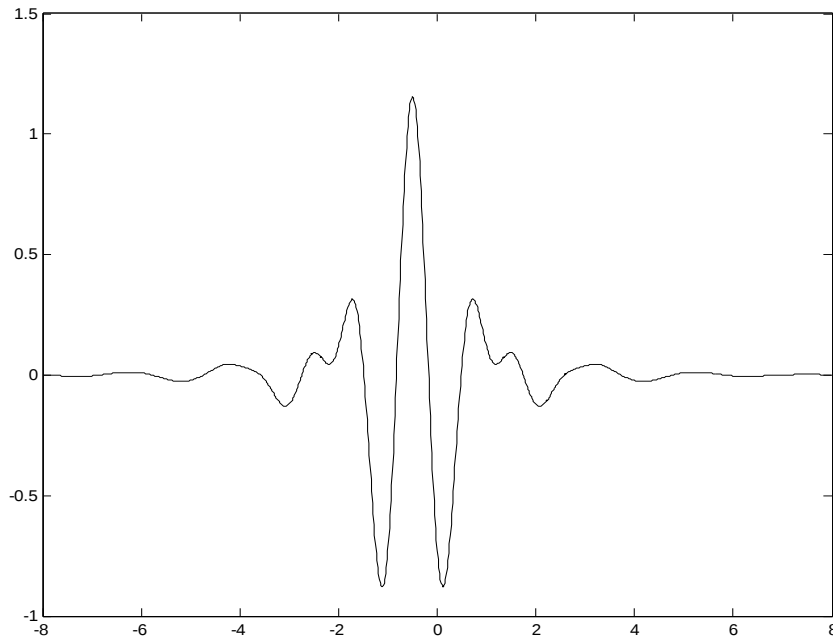


Şekil 2.7. Meksika şapkası dalgacığı

- Meyer dalgacığı

Meyer dalgacığını Denklem 2.21’de gösterildiği gibi matematiksel olarak ifade edebiliriz. Şekil 2.8’de grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.

$$\bar{\psi}(\omega) = (2\pi)^{-1/2} e^{j\omega/2} \sin\left(\frac{\pi}{2} v\left(\frac{3}{2\pi}|\omega| - 1\right)\right) \quad (2.21)$$

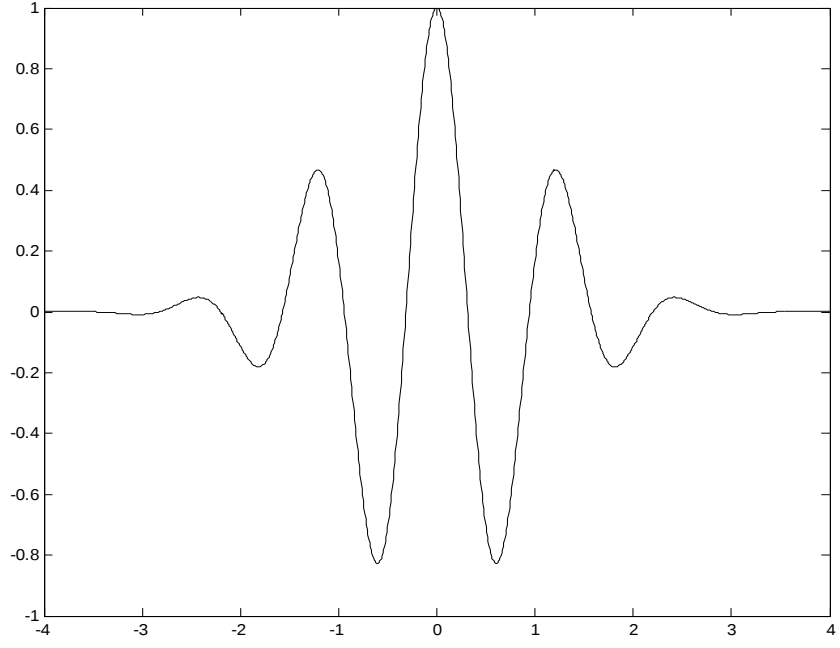


Şekil 2.8. Meyer dalgacığı

- Morlet dalgacığı

Morlet dalgacığını Denklem 2.22’de gösterildiği gibi matematiksel olarak ifade edebiliriz. Şekil 2.9’da grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.

$$\psi(x) = e^{-x^2/2} \cos(5x) \quad (2.22)$$

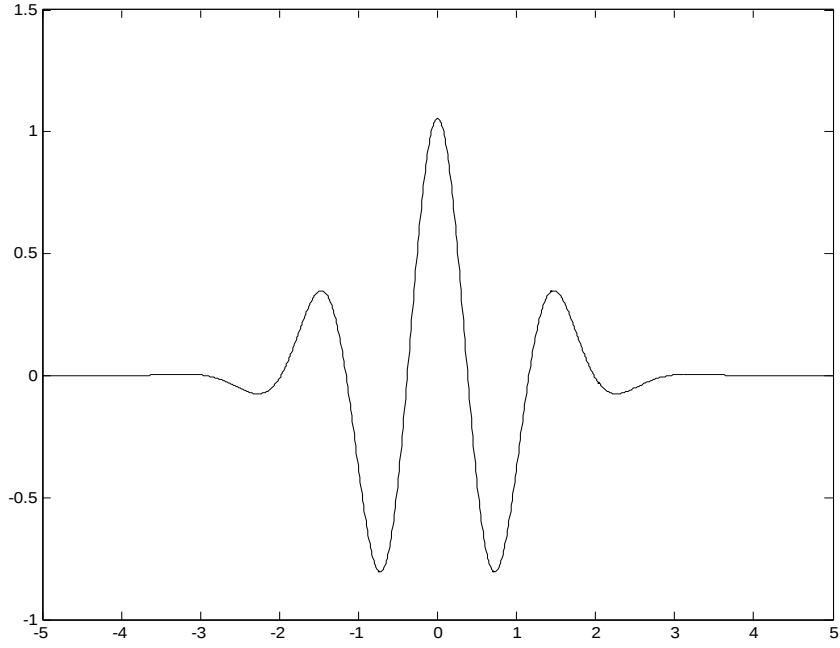


Şekil 2.9. Morlet dalgacı

- Gauss dalgacı

Gauss dalgacığını Denklem 2.23’de gösterildiği gibi matematiksel olarak ifade edebiliriz. Şekil 2.10’da grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.

$$F = C_p e^{-x^2} \quad (2.23)$$



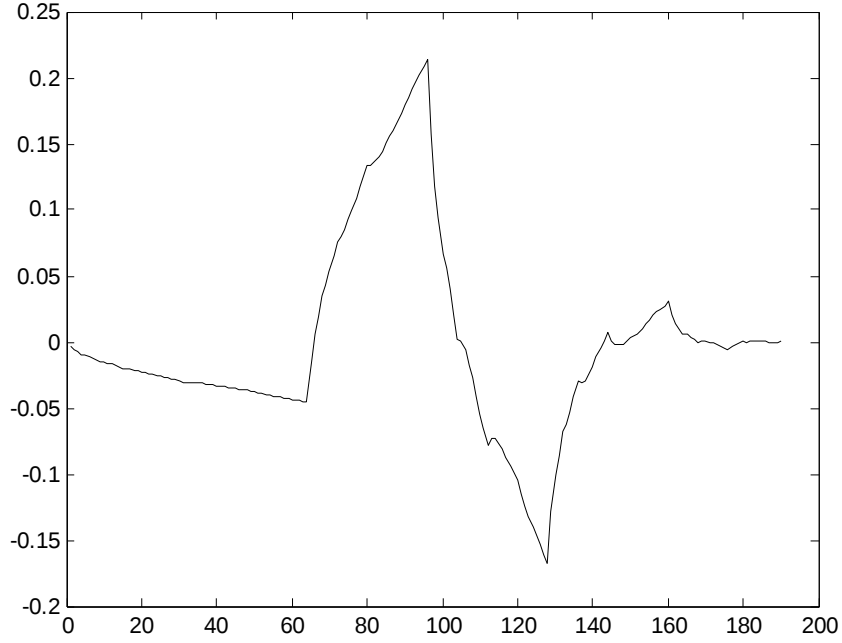
Şekil 2.10. Gauss dalgacı

- Daubechies dalgacı

Daubechies dalgacığını Denklem 2.24 ve Denklem 2.25’de gösterildiği gibi matematiksel olarak ifade edebiliriz. Şekil 2.11’de Daubechies 2’ye ait dalgacığın grafiksel olarak gösterimi verilmiştir.

$$c_i = g_0 s_{2i} + g_1 s_{2i+1} + g_2 s_{2i+2} + g_3 s_{2i+3} \quad (2.24)$$

$$c[i] = g_0 s[2i] + g_1 s[2i + 1] + g_2 s[2i + 2] + g_3 s[2i + 3] \quad (2.25)$$

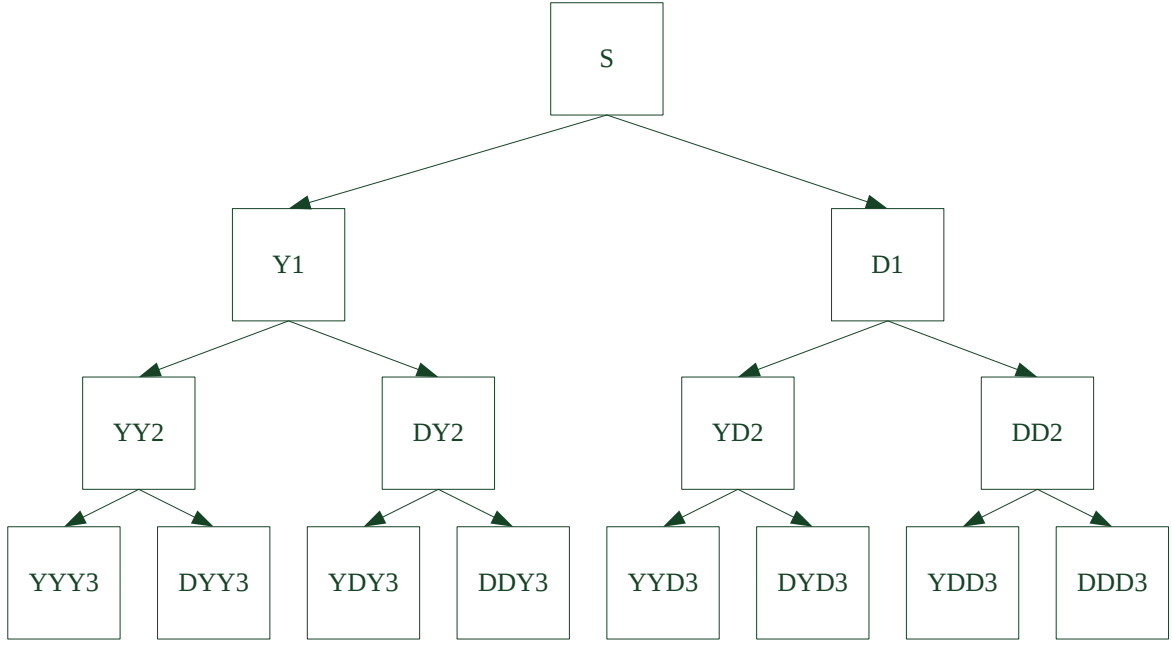


Şekil 2.11. Daubechies dalgacı

2.3.6. Dalgacık Paket Dönüşümü

Dalgacık Paket Dönüşümü (DPD), ADD'den daha geniş bir sinyal işleme imkanı sağlar. DPD analizinin ADD'den farkı detay bileşenlerinin de ayrışmasıdır. Bu sayede DPD dönüşümünde daha ayrıntılı bir şekilde frekans bileşenleri elde edilebilir. Eğer işlenecek sinyalin yüksek frekans bileşenlerinde önemli bilgiler saklanıyorsa bu dönüşüm yöntemini kullanmak daha uygun olacaktır. DPD'de, ayrıştırılma sonucunda elde edilen paketler toplam enerji korunma ilkesi gereğince tekrar birleştirildiğinde sinyal elde edilebilir [85].

Bu dönüşüm yönteminin ayrıştırma ağacı Şekil 2.12'de verilmiştir. Burada birden fazla ayrıştırma seviyesi için bu durum gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Dalgacık Paket Analiz ağacı

Eğer asıl sinyal tekrar elde edilmek istenirse, seviyelere ayrılan alt bileşenlerin toplamından $S=Y1+YYD3+DYD3+DD2$ şeklinde elde edilebilir.

3. GENETİK ALGORİTMALAR

Darwin'in evrim teorisinden etkilenecek ortaya çıkan Genetik Algoritmalar (GA) evrimsel programlamanın bir parçasıdır. 1960'lı yıllarda I. Rechenberg'in "Evrimsel stratejileri" olarak bilinen çalışmasından esinlenerek evrimsel programlama gündeme gelmiştir. Evrimsel programlama; genetik algoritmalar, evrimleşme stratejisi ve genetik programlama gibi konuları kapsamaktadır. GA çaprazlama ve mutasyon operatörlerini kullanırken, evrimleşme stratejinin ise yalnız mutasyon işlemini kullanması aralarındaki en önemli farkı oluşturuyor. GA'ların programlara uygulanmasına genetik programlama adı verilir [91].

1975 yılında Michigan Üniversitesi'nden J.H.Holland tarafından GA'lar gündeme gelmiştir. GA bir arama yöntemidir. Bu arama yönteminde temel amaç, en iyinin korunumu ve doğal seçim ilkesinin benzetim çalışmalarıyla bilgisayara uygulanmasıdır. Aday sonuçlar eşit boyutlu vektörler olarak belirtilir. İlk olarak, bu vektörlerden bir grup, rastlantısal olarak seçilir ve belirli bir büyüklükte bir toplum oluşturulur. Bu vektörlere kromozom adı verilir ve yeni nesiller oluşturularak değişikliğe uğrarlar. Bir kromozomun üzerinde bulunan genler, n boyutlu vektörlerin bir boyutuna karşılık gelir [91].

Her yeni nesil için kromozomların (vektör) iyiliği ölçülerek amaç fonksiyonuna yerleştirilir ve vermiş olduğu sonuç hesaplanır. Daha sonraki nesil oluşturulurken bazı kromozomlar yeniden üretilir ve çaprazlanıp mutasyona uğratılır. Bu işlemleri gerçekleştirebilmek için bazı özel tip operatörler geliştirilmiştir [91].

Kromozomlar tekrarlama, çaprazlama ve mutasyon gibi operatörlerden amaç fonksiyonu değerlerine göre rastlantısal olarak seçilir. Amaç fonksiyonu değeri daha iyi olan kromozomun çaprazlanma ya da tekrar üretilme olasılığı çok fazladır. Benzer kromozomlarla çeşitliliği azalan toplumlarda rastlantısal olarak elde edilen kromozomlar mutasyona uğratılırlar. Bununla birlikte, popülasyon içerisinde yer alan iyiliği düşük olan kromozomların sonraki nesilde yer almazlar [91].

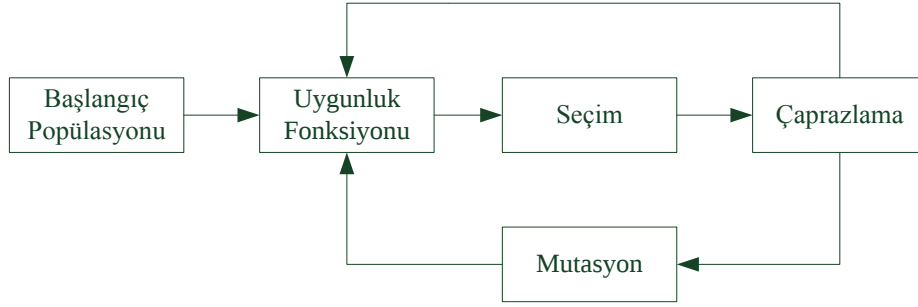
Standart bir GA anlayışı aşağıda maddeler halinde verilmiştir [91].

1. Bir çözüm grubu oluşturularak olası çözümler kodlanır. Bu çözüm grubu, biyolojideki benzerliğinden dolayı, toplum (popülasyon), kromozom olarak da çözümlerin kodları anlaşılır. Toplumda bulunacak birey sayısı için bir standart olmadığından dolayı önerilen 100-300 arasında bir büyüklük olacaktır.

İşlemlerin karışıklığı ve aramanın derinliği büyüklük seçiminde önemlidir. Bu işlemden sonra toplum rastgele olacak biçimde oluşturulur. Birey sayısı belirleme aşamasından sonra probleme bağlı olarak kromozomların kodlanması gerekmektedir. Bu kodlama işlemi değişik şekillerde yapılmaktadır.

2. Uygunluk fonksiyonu kullanarak, toplumdaki her kromozomun ne kadar iyi olduğu tespit edilir. Bu fonksiyonu kullanarak kromozomların uygunluklarının bulunması evrimleşme olarak bilinir. Uygunluk fonksiyonu GA'nın en önemli kısmını oluşturmaktadır. Bu fonksiyon, GA'da probleme göre özel çalışan tek kısımdır. Dolayısıyla GA'nın başarılı bir şekilde çalışabilmesi için bu fonksiyonun hassas olması ve doğru seçilmesi oldukça önemlidir.
3. Yeniden kopyalama ve değiştirme operatörleri seçilen kromozomlar üzerinde eşlenerek yeni bir toplum oluşturulur. Kromozomların uygunluk değerlerine göre eşleme işlemi yapılır. Bu seçimi yapabilmek için seçme yöntemleri uygulanır, rulet tekerleği seçimi ve turnuva seçimi gibi. Genlerdeki genetik bilginin birinden diğerine geçme işlemine benzediği için yeniden kopyalama işlemi çaprazlama olarak adlandırılır. Toplumda çeşitliliği sağlayan bu işlemidir. Değiştirme (mutasyon) yalnızca bir çözüm üzerinde etkili olmaktadır.
4. Yeni kromozomlara yer açabilmek için eski kromozomlar çıkartılır ve sabit bir büyüklükte bir toplum sağlanır.
5. Yeni toplumun başarısını bulabilmek için tüm kromozomların uygunlukları tekrar hesaplanır.
6. Verilen zaman içerisinde işlemler tekrarlanıp çok daha iyi olan yeni nesillerin oluşturulması gerçekleştirilir.
7. Sonuç olarak toplumların hesaplanması sırasında en iyi bireyler bulunarak çözüm elde edilir.

GA aşamalarından yöntemin tekrarlı bir yapıya sahip olduğu görülebilir. Her tekrarlama aşaması üretme (iterasyon) olarak ifade edilir. Şekil 3.1'de GA'ların bu tekrarlı yapısı verilmiştir [91].



Şekil 3.1. GA'nın tekrarlı yapısı

3.1. Genetik Algoritma Operatörleri

GA'nın en önemli kısımlarını çaprazlama ve mutasyon oluşturmaktadır. Bu operatörler performansı etkiler. Çaprazlama GA'nın en önemli kısmı olarak kabul edilir. Bu işlem, iki ebeveyn kromozomun arasında belirlenen takastır. Gen takası sayesinde toplumda çeşitlilik, iyi özelliklerin bir araya gelmesini kolaylaştıran en iyiye yaklaşım sağlanır. Kromozomun bir parçasının dışarıdan değiştirilmesi mutasyon olarak bilinir.

Değiştirme GA'nın dayanak noktası olmasına rağmen etkisi tek bir çözüm üzerindedir. Toplumda bazı özelliklerin, çok düşük bir değiştirme olasılığı ile birlikte kaybolmasına neden olabilir. Bu durum en iyi sonuçların bulunmasını engeller. Yüksek bir değiştirme olasılığı mevcut çözümleri bozarak doğru sonuca ulaşmayı zorlaştırır. Gen takası ve değiştirmenin olasılıkları için net bir sayı olmamakla birlikte önerilen değiştirme olasılığı için 0.01-0.001, gen takası olasılığı için 0.5-1.0 aralığıdır [91].

3.2. Kromozomun Şifrelenmesi

GA kullanarak bir probleme çözüm bulmak istenirse ilk önce kromozomların nasıl kodlanacağı tespit edilmelidir. Probleme göre kromozomların kodlanması değişmektedir. Kodlama yöntemleri aşağıda sıralanmıştır [91].

1.İkili Kodlama

Bu yöntem en çok kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntemde, her kromozom 0 ve 1'lerden oluşan bit dizisi olup ikili diziyle ifade edilir. Dizinin tümü bir sayıya denk gelir. Şekil 3.2'de ikili kodlama için kromozom örneği verilmiştir [91].

Kromozom	A	101110010110
Kromozom	B	010110100000

Şekil 3.2. İkili kodlama için kromozom örneği

Az elamana sahip problemlerde bile çok sayıda kromozom oluşturur. Bu kodlama yöntemiyle, bazı problemler için çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden sonra düzeltme yapmak gerekebilir [92].

2. Permutasyon Kodlama

Bu kodlama yönteminde her kromozom bir numaralar dizisidir. Şekil 3.3’de permutasyon kodlama için kromozom örneği verilmiştir [91].

Kromozom	A	35127604
Kromozom	B	01562347

Şekil 3.3. Permutasyon kodlama için kromozom örneği

Bu tip problemlerde kolay bir şekilde ikili düzende kodlama kullanılabilir. Her on tabanındaki sayı için iki tabanlı sayılar yazılabilir. Örneğin;

0	→	000
1	→	001
2	→	010
...	→	...
7	→	111

Bu şekilde 8 genden oluşan permutasyon kodlamalı kromozomlar 24 genden meydana gelecektir [91].

3. Değer Kodlama

Bu kodlama yönteminde, gerçel (reel) gibi karmaşık sayıların olduğu problemlerde kullanılır. Bu tip problemlerde ikili kodlama çok zordur. Bu tür problemlerde her

kromozom değerler dizisidir ve gerçel sayılar, karakterler ya da karmaşık nesneler olabilir. Şekil 3.4’de değer kodlama için kromozom örneği verilmiştir [91].

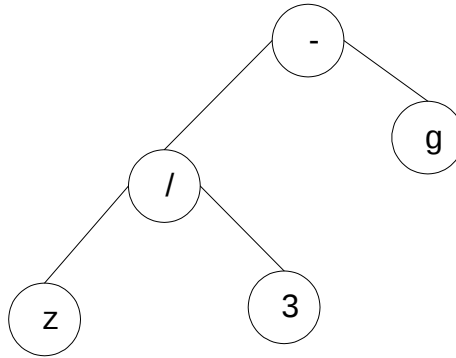
Kromozom	A	3.541 7.127 2.458 0.589 3.899
Kromozom	B	ABGTYHFGLKEHJLHGEDER
Kromozom	C	(ileri), (sol), (geri), (sağ), (ileri)

Şekil 3.4. Değer kodlama için kromozom örneği

Bu kodlama yöntemi, bir yapay sinir ağının ağırlık katsayılarının bulunması gibi bazı özel problemler için çok kullanışlıdır [91].

4.Ağaç Kodlama

Genetik programlamada genellikle programlar ve ifadeler oluşturmak için ağaç kodlama yöntemi kullanılır. Bu kodlama şeklinde her kromozom nesneler ve nesneler arası işlemleri içeren bir ağaç yapısından oluşmaktadır. Şekil 3.5’de ağaç kodlama için kromozom örneği verilmiştir [91].



Şekil 3.5. Ağaç kodlama için kromozom örneği

3.3. Çaprazlama ve Mutasyon

Şifreleme yöntemi seçildikten sonra çaprazlama (gen takası) işlemine geçilir. Çaprazlama işleminde genler ebeveyn kromozomlardan seçilerek yeni bir döl oluşturulur. Yeni kopyaların oluşturulabilmesi için, rastgele çaprazlama noktası seçilir ve bu noktadan itibaren alt dizilerin (kromatit) yer değişmesiyle sağlanır. Çaprazlama ve mutasyon

işleminin kodlama türlerine bağlı olarak farklı şekilleri bulunmaktadır. İkili tabanda kodlanmış kromozomlarda dört çeşit çaprazlama mevcuttur [91].

a.Tek noktalı çaprazlama: Bir çaprazlama noktası seçilerek bu noktaya kadar olan bitler (genler) ilk ebeveynden, geriye kalanlar ise diğer ebeveynden alınarak yeni bir kromozom oluşturulur [91].

Kromozom-1: **1 1 0 1 1** | **0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0**

Kromozom-2: **1 1 0 1 1** | **1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0**

Döl-1: **1 1 0 1 1** | **1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0**

Döl-2: **1 1 0 1 1** | **0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0**

b.Çift noktalı çaprazlama: İki kırılma noktası seçilerek ilk noktaya kadar olan bitler birinci ebeveynden iki nokta arasında kalan bitler ikinci ebeveynden ve kalanlar ise birinci ebeveynden yeni kromozoma kopyalanır.

$$11001011 + 11011111 = 11011111$$

c.Tek biçimli çaprazlama: Bu çaprazlama yönteminde bitler rastgele olacak şekilde her iki ebeveynden yeni kromozoma kopyalanır.

$$11001011 + 110111101 = 11011111$$

d.Aritmetik çaprazlama: Bu çaprazlama biçiminde yeni bir kromozom oluşturabilmek için değişik aritmetik işlemler uygulanır.

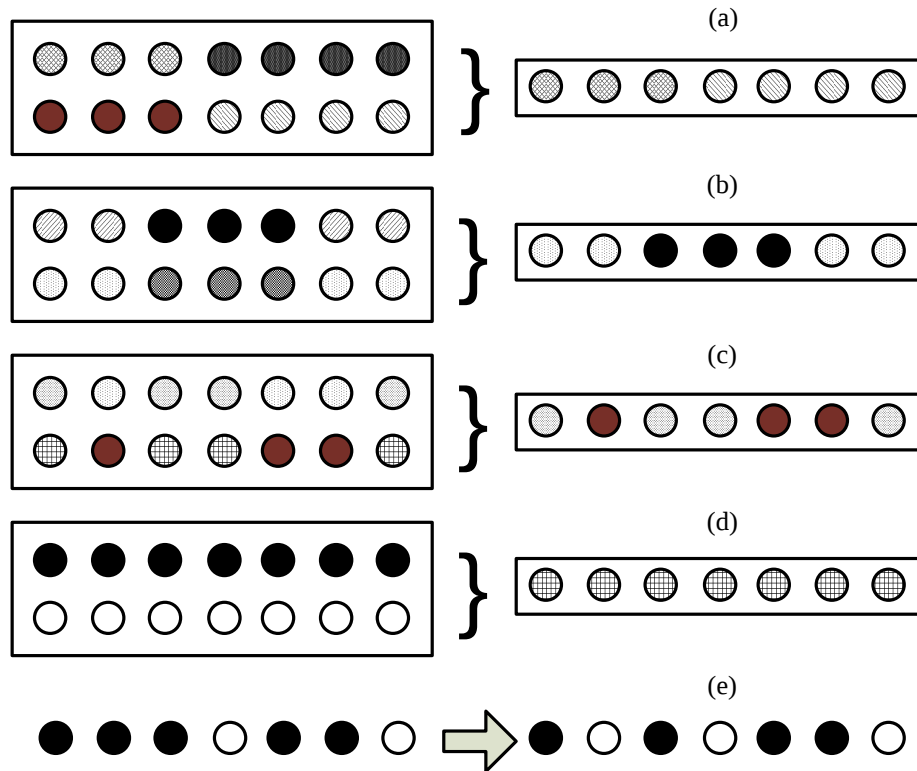
$$11001011 + 110111101 = 11001001 \quad (\text{AND}) \text{ VE işlemi}$$

3.3.1. Mutasyon

İlgilenilen problemin popülasyondaki çözümlerinin yerel optimuma düşmesini engellemek için mutasyon işlemi kullanılır. Mutasyon sürecinde yeni döl rastgele değiştirilir. İkili tabanda şifreleme için, rastgele seçilen birkaç bit 1 ise 0, 0 ise 1'e dönüştürülür yani tersleme işlemi yapılır [92].

Orjinal döl: 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0
Mutasyona uğramış döl: 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0

Çaprazlama işleminde olduğu gibi mutasyon da şifreleme işlemine bağlıdır. Şekil 3.6'da ikili tabanda kodlanmış kromozomlar için çaprazlama ve mutasyon işlemleri verilmiştir [91].



Şekil 3.6. (a) Tek noktalı çaprazlama (b) Çift noktalı çaprazlama (c) Tek biçimli çaprazlama (d) Aritmetik çaprazlama (e) Mutasyon

3.4. Genetik Algoritmanın Parametreleri

GA'ların çaprazlama olasılığı ve mutasyon olasılığı gibi iki temel parametresi mevcuttur [92].

1.Çaprazlama olasılığı: Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın hangi sıklıkla olacağını gösterir. Çaprazlama olmadığında döl ebeveynlerin tam bir kopyası olur. Çaprazlama işleminin olduğu durumda, döl ebeveynlerin kromozomlarının parçalarından oluşur. Çaprazlama olasılığının %100 durumu için bütün dölleri çaprazlama yoluyla elde edilmiştir denilebilir. Çaprazlama olasılığının %0 durumu için ise yeni neslin tümü eski popülasyondaki kromozomların kopyasıdır denir ama bu yeni neslin aynı olduğu anlamına gelmez.

Çaprazlama işlemi, yeni kromozomların daha iyi olması amacıyla eski kromozomların kısımlarından oluşur.

2.Mutasyon olasılığı: Mutasyon olasılığı mutasyonun hangi sıklıkla olacağını gösterir. Mutasyon işlemi olmaz ise döl, çaprazlama işleminden ya da kopyalamadan sonra hiçbir değişikliğe uğramadan alınır çünkü aksi durumda kromozomun bir kısmı değişir. Mutasyon olasılığının %100 olduğu durum için tüm kromozom değişmektedir. Mutasyon olasılığının %0 olması durumunda ise hiçbir kromozom değişikliğe uğramaz.

3.5. Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları

GA'lar karmaşık problemleri, çok hızlı ve optimal sonuca yakın bir şekilde çözebilen aynı zamanda çeşitli problemlere uygulanabilen bir yaklaşımdır. Geleneksel yöntemlerle bazı problemler için büyük çözüm aranırken hesaplama zamanı artmaktadır. GA'lar kullanılarak, çözüm uzayının geniş, süresiz ve karmaşık olduğu bu tip problemlere daha az sürede makul çözümler bulunabilmektedir. GA'ların sık kullanılan uygulama alanlarından bazıları aşağıda verilmiştir [93-94].

- **Optimizasyon**

Farklı bilim dallarındaki optimizasyon problemlerini çözmek için GA'lar kullanılmaktadır. GA uygulamalarının önemli bir kısmını fonksiyon optimizasyonu

oluşturmaktadır. GA'lar süreksiz, zor ve gürültü içeren fonksiyonları çözmede geleneksel optimizasyon tekniklerine göre daha iyidir [95]. Türev almaya dayalı optimizasyon yöntemlerinde, fonksiyonun süreksizlik noktalarında türevi alınamayacağından dolayı bu yöntemler kullanılamamaktadır. Bu tip problemlerin çözümünde GA'lar türev almaya ihtiyaç duymadığından geleneksel yöntemlere göre önemli bir üstünlük sağlar [96].

- **Otomatik Programlama ve Bilgi Sistemleri**

GA'lar belirli ve özel görevleri yerine getiren bilgisayar programlarını, ders programı hazırlanması ve ağların çizelgelenmesi gibi uygulamaları geliştirmek için de kullanılabilir [93].

- **Mekanik Öğrenme**

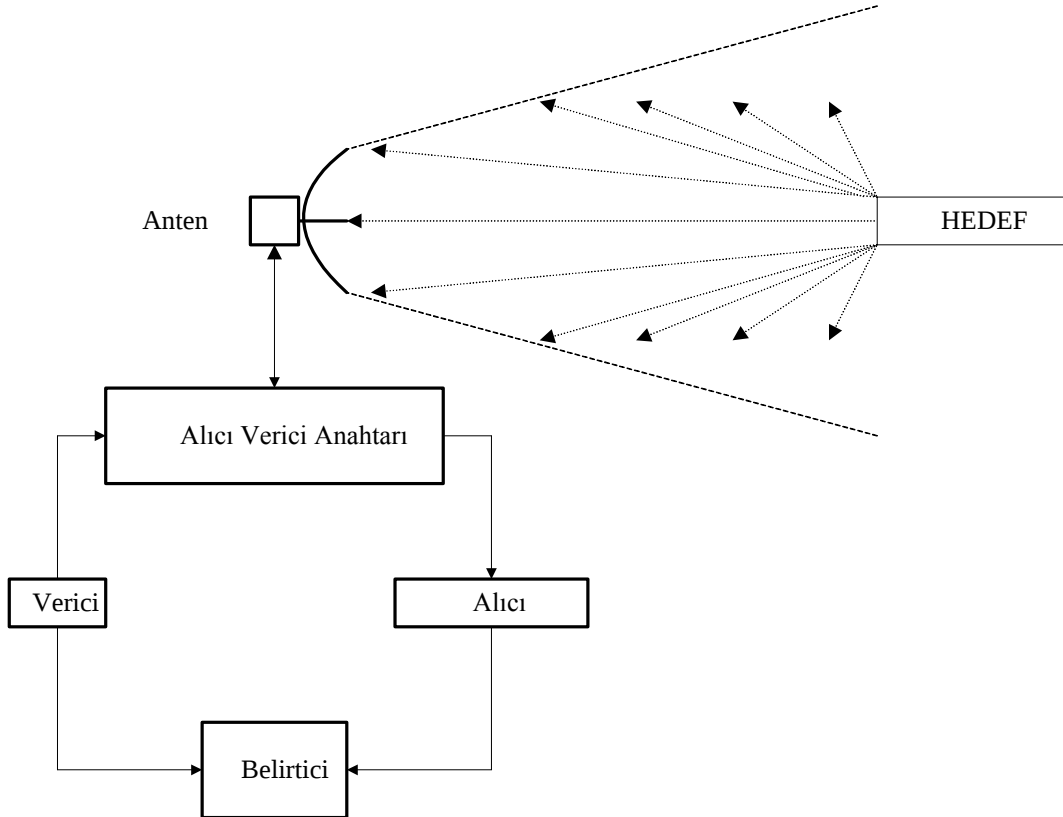
Bu öğrenme şeklinde gözlemlenmiş bir veri takımını anlamak ve yorumlamak bir diğeri de gözlenmemiş nesnelerin özelliklerini tahmin etmektir [97]. GA'ların mekanik öğrenme alanında uygulaması sınıflama sistemidir [96].

4. RADAR SİSTEMLERİ VE RADAR SİNYALLERİNİN ELDE EDİLMESİ

4.1. Radar Sistemleri

Bir mikrodalga sistemi olan radar, nesneleri bulmak ve mesafesini belirlemek için kullanılır. Basit bir radar sisteminde, verici, alıcı, alıcı ve verici antenlerle birlikte bir belirtici vardır. Verici tarafından üretilen radyo sinyali verici anten tarafından yayımlanır. Gönderilen sinyalin bir bölümü yansıtıcı bir nesne ya da hedefe çarparak bütün yönlere dağılır [9-10].

Hedeften radara doğru yansıtılan sinyalin bir bölümüne eko sinyali denir. Alıcı, video sinyali meydana getirebilmek için demodüle edilen eko sinyalini bulur. Daha sonra video sinyali, belirticiye gönderilerek bir hedefin varlığı tespit edilir. Belirtici sayesinde hedef mesafesi, yön bilgisi ve hızı belirtilebilir. Şekil 4.1’de basit bir radar sistemine ait blok diyagram verilmiştir [9-10].



Şekil 4.1. Basit bir radar sistemi

Hedefin yönü eko alındığı zaman belirlenmektedir. Hedefin ne kadar bir mesafede olduğu, radar sinyalinin hedefe varış ve tekrar radara dönüş süresi ile belirlenmektedir. Radar sistemleri genel olarak darbeli radar ve sürekli dalga radar olmak üzere iki türde sınıflandırılırlar. Belirli bir alan içerisindeki hedefleri bulmak ve mesafelerini belirlemek için genellikle darbeli radar kullanılmaktadır [10].

4.2. Darbeli Radar ve Temel İlkeleri

En çok kullanılan radar türü darbeli radardır. Bu radar türünde verici çok kısa patlamalar şeklinde enerjiyi iletir. Hava trafik kontrolü, füze ve atış kontrolü, hava savunma gibi alanlar darbeli radar sisteminin kullanıldığı alanlara örnektir [99].

4.2.1. Darbeli Radar Sistemi ile İlgili Bilinmesi Gereken Temel Kavramlar

Açısal Sınırlama: Farklı açılarda bulunan hedeflerin anten vasıtasıyla ayırt edilebilme özelliğidir [9-10].

Açıklık: Tek yönü bir anten için yüzeydeki maksimum ışınımın yönüne dik olan ve ışınımın önemli bir kısmının üzerinden geçtiği bölümü ifade eder [9-10].

Hüzme Genişlemesi: Antenin yönelim ölçüsünü ifade eder [9-10].

Devir Daim: Çok uçlu bir bağlantı olup çoğunlukla mikrodalga enerjisinin yalnız bir uçtan diğerine iletildiği bir alıcı verici anahtarı olarak kullanılmasıdır [9-10].

Yöneltme Kazancı: Antendeki güç kayıpları dikkate alınmadan yayılan enerjinin tek bir yönde toplanma derecesinin ölçüsüdür [9-10].

Alıcı Verici Anahtarı: Gönderilecek sinyali vericiden antene ve alınacak sinyali de antenden alıcıya otomatik olarak yönlendiren cihazdır. Aynı zamanda bu anahtar iletilen sinyalin doğrudan alıcıya geçmesini engelleyerek verici ve alıcının ortak bir anteni kullanmasını sağlar [9-10].

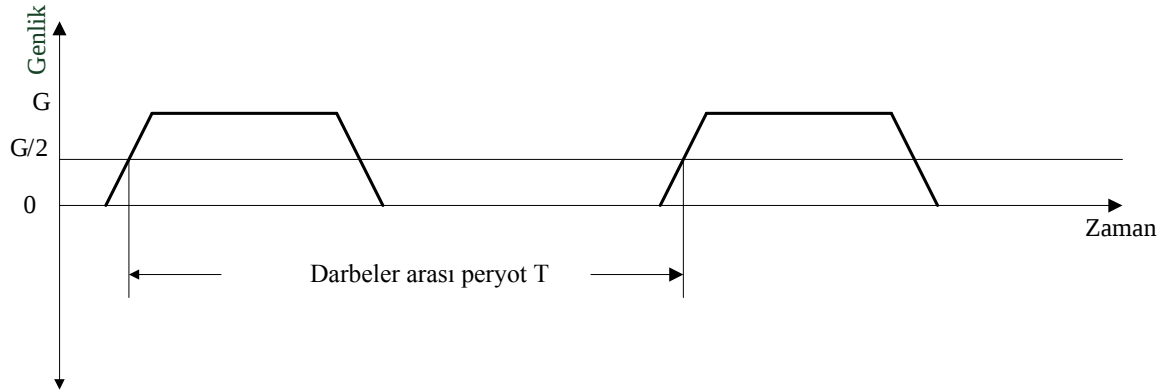
Eko: Gönderilen darbe enerjisinin alıcı kısma yansıtılan bölümüdür [9-10].

Etkili Açıklık: Kayıplar dikkate alınarak tek yönlü bir anten için verim faktörü ile çarpılan açıklıktır [9-10].

Uzak Alan Bölümü: Antenden en uzak alan olup anten ve gözlem noktaları birbirinden yeterince uzaktır [9-10].

Frensel Alanı: Radar anten alanı içinde yakın ve uzak alan arasında kalan bölüm için kullanılan ifadedir [9-10].

Darbe Arası Periyot (T): Bir darbenin başlangıç anından bir sonraki darbenin başlangıç anına kadar geçen süredir. Şekil 4.2’de bir darbe sinyaline ait gösterim verilmiştir [9-10].

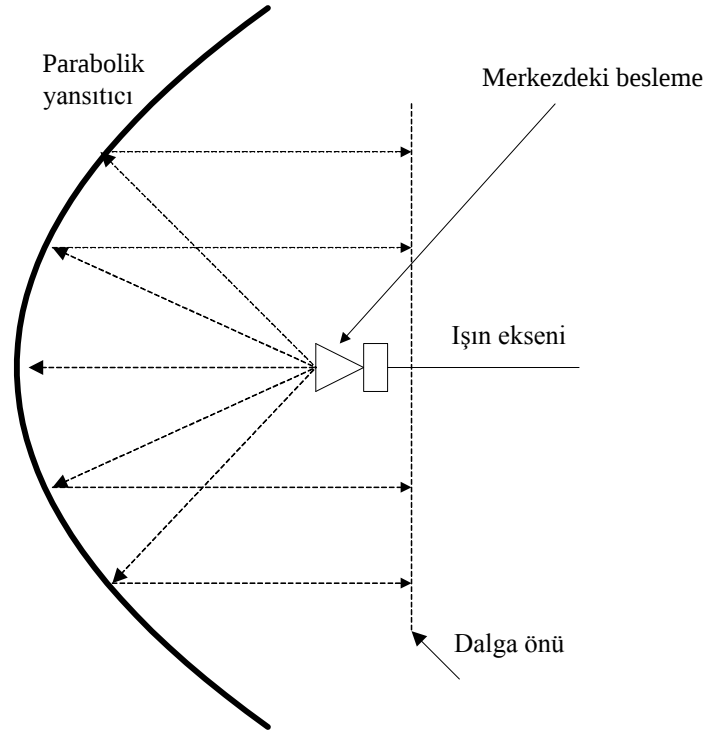


Şekil 4.2. Darbe sinyali

İzotropik Anten: Her yöne eşit yayın yapabilen bir eş yönlü anten çeşididir [9-10].

Yakın Alan Bölümü: Radar antenine en yakın olan önündeki alandır [9-10].

Parabolik Yansıtıcı: Yansıtıcısının şekli parabolik olan bir yönelimli anten türüdür. Şekil 4.3’de parabolik yansıtıcı verilmiştir [9-10].



Şekil 4.3. Parabolik yansıtıcı

Güç Yoğunluğu: Etki alanının birim alan için yayımlanan elektromanyetik dalga gücüne eşittir [9-10].

Darbe Tekrarlama frekansı: Radyo Frekans (RF) darbelerinin üretilme hızı olarak bilinir [9-10].

Radar Etkin Alanı: Radar tarafından görülen hedefin ebat ölçümü olup radar sinyalinin ne kadarının hedef tarafından durdurulduğu, hedefin radar dalgalarını nasıl yansıttığı ve yansıtılan sinyalin ne kadarının radar antenine tekrar geri döndüğüne bağlıdır.

Yayımlama Şekli: Yayımlama şeklinde genel olarak yatay veya dikey eksen yayımlama gücünü verirken diğer eksen antenin ışınlam eksenine olan açıyı temsil eden iki boyutlu bir grafik olarak verilir [9-10].

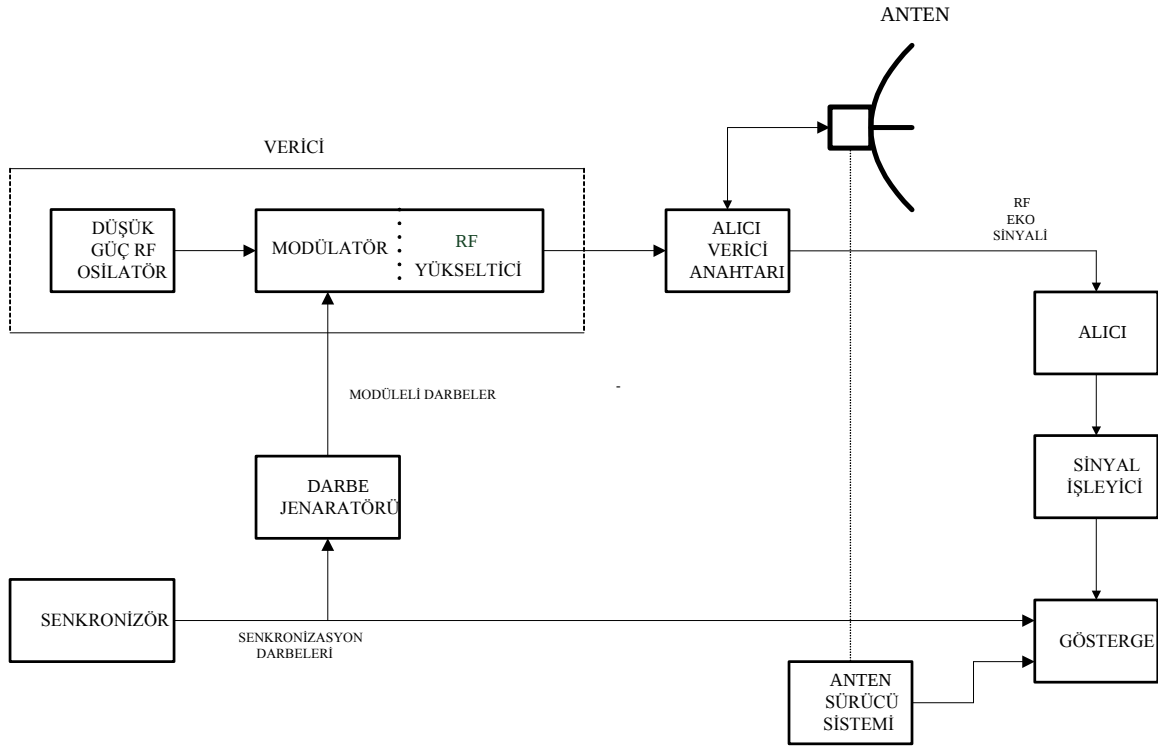
Mesafe Çözünürlüğü: Radarın birbirine çok yakın olan hedefleri ayırt etme özelliği olarak söylenebilir [9-10].

Gidip Gelme Geçiş Zamanı: Darbenin gönderilmesiyle belirli bir mesafedeki hedeften ekonun geri alınması arasında geçen süredir [9-10].

Hedef: Herhangi bir nesne olabilir ve enerji buradan tekrar radara geri yansıtılır [9-10].

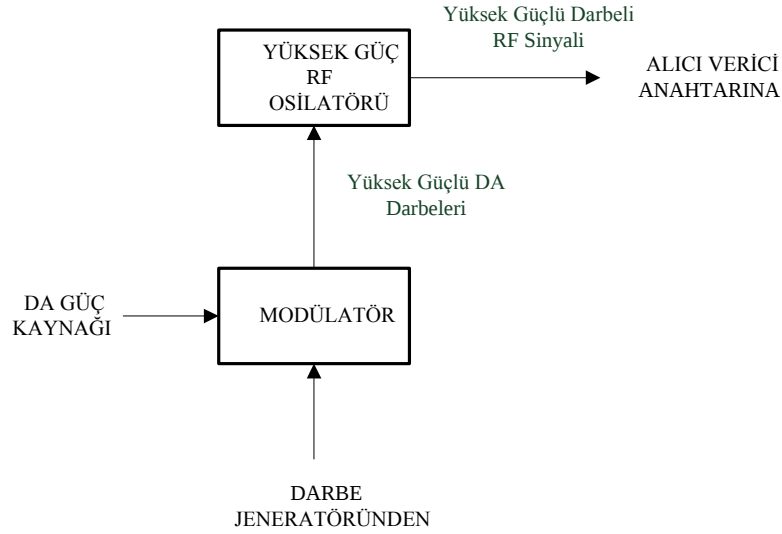
4.2.2. Darbeli Radarın Temel Prensipleri

Bir darbeli radar sisteminde, iletimin gerçekleştirilebilmesi için RF enerjisinin kısa patlamaları oluşturulur. Bu işlemde önce ard arda ince dikdörtgen şekilli darbeler üretilerek ve daha sonra bunları bir sinüs dalga RF taşıyıcısının genlik modülasyonu için kullanarak yapılır. Anten tarafından bu darbeli RF sinyali gönderilir. İletilen sinyal bir hedefe çarparsa, sinyalin bir kısmı radara eko olarak yansır. Anten sayesinde hedeften dönen eko darbeleri yakalanır. Alınan bu eko darbeleri demodüle edilerek görüntü için video sinyaline dönüştürülür. Şekil 4.4’de basit bir darbeli radarın blok diyagramı verilmiştir [9-10].



Şekil 4.4. Basit bir darbeli radarın blok diyagramı

Yüksek güçte RF sinyali verici tarafından üretilir. Genel olarak iki çeşit verici kullanılır. Bunlar Şekil 4.4’de verildiği gibi, RF yükseltici tarafından takip edilen düşük güçlü RF osilatörü veya Şekil 4.5’de verildiği gibi yüksek güçlü RF osilatörü kullanılabilir [9-10].



Şekil 4.5. Yüksek güçlü RF osilatör blok diyagramı

RF darbelerini bir dizi halinde elde edebilmek için modülatör kullanılır. RF osilatörü tarafından bir sürekli dalga RF sinyali üretilir. Modülatör bu sinyali darbeli RF sinyali üretmek için modüle eder. RF yükseltici tarafından darbeli RF sinyali güçlendirilir. Şekil 4.5’de gösterildiği gibi yüksek güçlü RF osilatör bloğu kullanılırsa modülatör osilatöre yüksek güçte DA (Doğru Akım) darbeleri gönderir. Osilatör DA darbelerini RF enerji darbelerine dönüştürür [9-10].

Darbe tekrar frekansı (DTF veya f_p), RF darbelerinin üretilme hızı olarak bilinir. Darbeler arası periyot (T), bir darbenin başlangıç anından bir sonraki darbenin başlangıcına kadar geçen zaman aralığıdır [9-10].

Radar verici ve alıcısında, ortak bir anten kullanılıyorsa bir alıcı verici anahtar kullanılması gerekir. Bu anahtar, gönderilen sinyali vericiden antene, alınan sinyali de antenden alıcıya yönlendirmek amacıyla kullanılır. Bu sayede gönderilen sinyalin alıcıya girmesi engellenip, alıcının giriş bölümlerinin zarar görmesi engellenir.

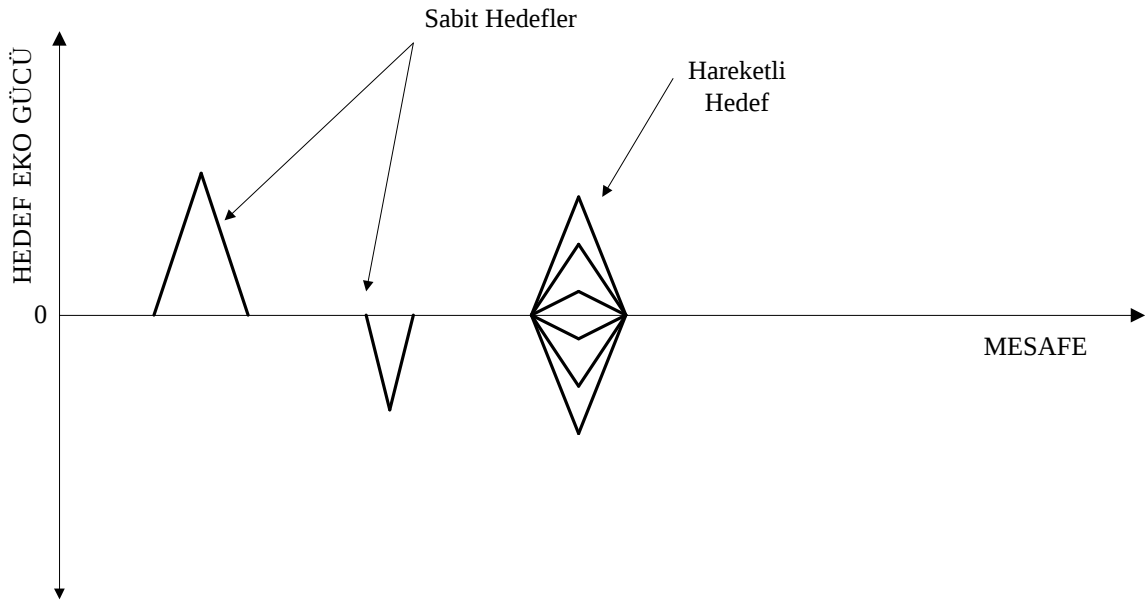
Anten genel olarak gönderilen sinyali ince bir ışın hattına yoğunlaştırmak için tasarlanmıştır. Anteni çok kolay bir şekilde yönlendirerek ışın farklı yönlere döndürülebilir, bu şekilde radar hedefin yönünü tespit edebilir. Genellikle darbeli radar sisteminde gönderim ve alım için ortak anten kullanılsa da bazı radar sistemlerinde iki farklı anten de kullanılabilir. Anteni yönlendirmek için anten kontrol sistemi kullanılır. Anten belirli amaçlar doğrultusunda, belirli bir açı veya alanı taramak ya da hareket eden bir hedefi takip edebilmek için döner hale getirilebilir [9-10].

Hedeften dönen eko anten tarafından alınarak alıcı verici anahtar ile alıcıya yönlendirilir. Alıcı, eko sinyalini demodüle ederek işlenecek bir sinyale dönüştürür ve göstergeye gönderir. Birçok darbeli radar sisteminde sinyal işlemcisi, istenmeyen ekoların azaltılması, karışıklık ve gürültülerin azaltılması gibi bazı işlemleri yerine getirir [9-10].

Belirtici hedef bilgilerini kullanıcıya iletir. Seçilen belirticinin türü radar uygulama alanına göre değişir. Darbeli radarlarda, belirtici olarak katot ışınlu tüp göstergesi eğer hareketli hedefler söz konusu ise hareket eden hedeflerin takibini sağlayan devreler kullanılmaktadır [9-10].

Sapma modülasyonlu ve yoğunluk modülasyonlu olmak üzere iki tip gösterge mevcuttur. Sapma modülasyonlu göstergede hedefin tespiti, elektron ışın demetinin sapması ile belirlenirken yoğunluk modülasyonlu göstergede ise hedef tespiti elektron demetini yoğunlaştırarak parlak bir nokta ile belirtilir. Bu göstergelerdeki ışın demetinin sapması ya da parlak nokta 'blip' diye isimlendirilir [9-10].

En çok kullanılan sapma modülasyonlu göstergelerden biri A-skop'tur. Bu göstergede, hedefin eko gücü dikey sapma ile hedefin uzaklığı ise yatay koordinat ile orantılıdır. Şekil 4.6'da A-skop göstergesi verilmiştir [9-10].



Şekil 4.6. A-skop göstergesi

Şekil 4.6'daki A-skop göstergesinde üç sapma gösterilmiştir. Bu sapmalardan soldaki iki sapma sabit hedefe ait olup alınan eko güçlendikçe gösterge üzerinde sıfır noktasına göre sapma artar. Şekil 4.6'da gösterilen hareketli hedef için, sapmanın genliği

pozitif maksimum değerden negatif maksimuma daha sonra tekrar pozitif maksimum değere doğru değişir. A-skop göstergesinde, hareketli hedefler için kelebek şeklinde bir görüntü oluşmasını sağlar [9-10].

Darbeleri radar sistemi için, bir darbenin hedefe gönderilmesi ve ekonun alınması arasında geçen zaman hedef mesafesini belirler. Radar darbesi gönderildiği anda, A-skop göstergesi üzerindeki elektron demeti ekranın soluna geri döner ve sağa doğru sabit bir hızla ilerler bu sırada eko alındığında ışın demetinin dikey olarak sapmasına neden olur. A-skop göstergesi üzerindeki sapmanın yatay pozisyonu, hedefin uzaklığını belirtir ve hedefin uzaklığı arttıkça sapma yatay eksende daha sağda gözükür [9-10].

Senkronizasyon, belirticinin hedefin mesafesini doğru olarak gösterebilmesi için kullanılır. Böylece senkronizör darbe jeneratörünü tetiklemek ve belirticiyi sıfırlayabilmek için düzenli aralıklı senkronizasyon darbeleri üretir [9-10].

Darbe jeneratörü, senkronizörden gelen her bir darbeye karşılık modülatör için gerekli olan gerilim ve güçte kısa darbeler üretir [9-10].

4.2.3. Darbeleri Radar için Hedef Mesafesi

Darbeleri radarda, verici RF taşıyıcısının kısa darbelerini ışık hızında iletir. Verici tarafından her bir darbe gönderildikten sonra verici sabit bir periyot boyunca çalışmayarak iletilen darbenin ekosu beklenir [9-10].

Radar ile hedef arasındaki mesafe gönderilen darbenin antenden hedefe ve tekrar antene gelmesi için geçen zaman hesaplanarak bulunabilir. Denklem 4.1’de mesafeyi gösteren eşitlik verilmiştir [9-10].

$$R = \frac{cT_R}{2} \quad (4.1)$$

Burada R hedef mesafesini, T_R darbenin antenden hedefe ve hedeften antene gelmesi için geçen süreyi, c ise ışık hızını gösterir.

4.2.4. Darbeli Radarda Mesafe Çözünürlüğü

Aynı görüş hattı üzerinde bulunan ve birbirine çok yakın olan iki hedefi ayırt edebilme yeteneğine mesafe çözünürlüğü denir. Radar anteninden eşit mesafede bulunan iki hedefin aralarındaki mesafe çözünürlüğüne eşit veya daha büyük bir uzaklıkta ise göstergede iki blip sinyali gözükür. Eğer iki hedefin arasındaki mesafe çözünürlükten küçükse iki hedef birbirinden ayırt edilemez ve göstergede tek bir blip izlenir [9-10].

Mesafe çözünürlüğü radar darbelerinin darbe genişliği ile belirlenir. Darbe uzunluğunu gösteren eşitlik Denklem 4.2’de verilmiştir [9-10].

$$L_p = \tau c \quad (4.2)$$

L_p darbe uzunluğunu, τ darbe genişliğini ve c ise ışık hızını gösterir.

4.3. Sürekli Dalga Radarlar

Belirli bir alan içerisindeki hedefleri tespit etmek ve her bir hedefin mesafesini belirlemek için aynı zamanda da hızını tespit edebilmek için darbeli radar kullanılmaktadır. Bu tür radar sistemleri yüksek güçlü vericiler gerektirdiğinden dolayı karmaşık ve pahalı olabilmektedir [99].

Birçok radar uygulamasında darbeli radar sistemi tarafından sağlanan bilgiler gerekmebilir. Bazı uygulamalar için sadece hedef hızı diğerlerinde ise mesafe bilgisi gerekli olabilir. Bu tür uygulama alanları için sürekli radar sistemi kullanmak daha elverişli olabilir [99].

Bir sürekli dalga radar sisteminde verici sürekli olarak yüksek frekanslı bir sinyali gönderim yapar. Sürekli dalga radar sistemleri yüksek güç seviyelerine gerek kalmadan maksimum seviyelere gönderim yapabilir. Bundan dolayı sürekli dalga radar sistemleri darbeli radar sistemlerinden daha ucuz ve basittir [99].

4.4. Radar Antenleri

Antenler, verici tarafından gönderilen sinyali boşluğa yaymak ve alınan sinyali de yakalamak için kullanılmaktadır. Darbeli bir radar sisteminde kullanılan anten gönderilen sinyali istenilen tarafa yönlendirerek ince bir ışın demeti gibi yoğunlaştırır ve sadece arzu edilen yönden gelen eko sinyallerini yakalar [9-10].

4.4.1. Anten Türleri

Bütün yönlere eşit oranda gönderim yapan antene izotropik anten denir. Radar uygulamalarında kullanılan en yaygın anten türü parabolik yansıtıcıdır. Bu yansıtıcı türünde, parabolün odak noktasında bulunan ve yansıtıcıya doğru yönlendirilen bir enerji kaynağı tarafından aydınlatılır. Şekil 4.3’de bu antene ait örnek verilmiştir. Bu antende parabol özelliğinden dolayı kaynaktan gelen ışınlar yansıtıcı tarafından parabol eksenine paralel şekilde yansıtılır [9-10].

4.4.2. Radar Anteninin Özellikleri

Bir radar anteni için, önünde bulunan alan üç bölüm olarak incelenebilir. Antenin hemen önünde bulunan alan yakın alan olarak adlandırılırken biraz daha uzağında bulunan boşluğa Fresnel alanı denir. Fresnel alanında antenden gelen ışınlar paralel değildir ve mesafeye göre değişir. Radar anteninden en uzak kısım uzak alan bölümüdür ve radar antenleri genellikle bu alanda çalışırlar [9-10].

4.4.2.1. Radar Antenlerinde Yayım Şekli ve Yönlendirilebilirlik

Yayım şeklinin nasıl olacağı antenlerin önemli bir konusu olmaktadır. Antenlerin yayım şekli üç boyutlu bir fonksiyon olarak bilinse de tek düzlemde olan bir yayım şeklide antenlerin özelliklerini belirtmede kullanılabilir. Bundan dolayı, tek bir düzlem için yayım şekli yayımın genliğine karşılık antenin ışın demet ekseninden açıyı gösteren iki boyutlu bir grafik olarak gösterilebilir [9-10].

Antenin bir diğ er  ozelliği, yayım yoğunluğu olarak bilinen enerjiyi belirli bir yönde ne kadar yoğunlaştırabildiği konusudur. Belirli bir yöndeki a ının birim değeri için yayımlanan güce yayım yoğunluğu denir [9-10].

4.4.2.2. Radar Antenlerinde G c Kazancı, Açıklık ve Açısal   z n rl k

Antenin gücünün tek bir yönde yoğunlaştırılmış yayım gücüne etkin olarak ne kadarının dönüştüğü g c kazancı ile ifade edilir. Kazanç ifadesi aynı zamanda yayım yoğunluğu olarak da bilinir [9-10].

Anten için açıklık, yayın iletim veya alımın yapıldığı alandır. Antenin etkinliğini etkileyen kilit parametrelerden biridir [9-10].

Antenin farklı açılarda bulunan hedefleri ayırt edebilme yeteneğine açısal çözünürlük denir. Açısal   z n rl k 3dB hüzme genişlemesi kadar olabilirken uygulamada gürültü olduğu, eko g  leri eşit olmadığı ve alıcı kısımdaki hedef bulma eşik değeri ideal olmadığı zaman çözünürlük kötü olmaktadır. Bundan dolayı anten 3 dB hüzme genişlemesinin 1-1.5 katı arasında olur [9-10].

4.4.3. Radar Eşitliği

Maksimum mesafede bulunan bir hedefin tespiti bir radar sisteminin en önemli parametresini oluşturmaktadır. Bu mesafe alıcı için gerekli olan sinyalin gürültüye oranı (SGO) ile belirlenir. Alınan eko sinyalinin gücünü etkileyen bazı parametreler aşağıda verilmiştir [9-10].

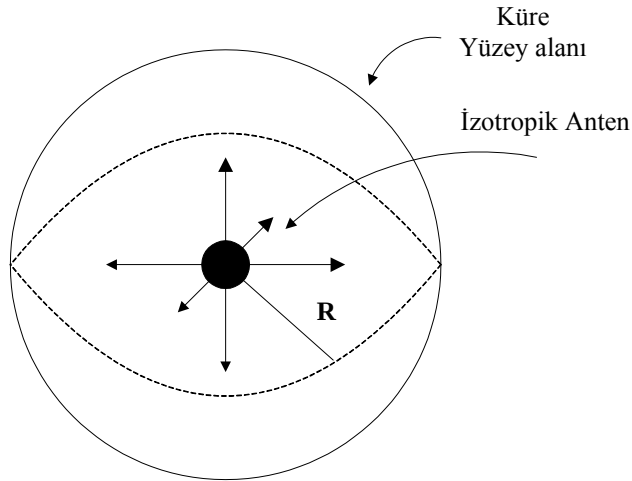
- **İletilen G c:** Hedeften alınan eko sinyalinin gücü ortalama iletilen g c ile orantılı bir şekilde olmaktadır [9-10].
- **Hedef Mesafesi:** Hedef mesafesi arttıkça alınan eko sinyalinin gücü azalmaktadır. Antenden gönderilen dalgalar antenden uzaklaştıkça daha büyük bir alana dağılmalarından dolayı g c yoğunlukları azalır. Denklem 4.3’de g c yoğunluğu ile ilgili eşitlik verilmiştir [9-10].

$$G c\ Yoğunluğu = \frac{G c}{Alan} \quad (4.3)$$

Bu eşitlikten de görüldüğü gibi elektromanyetik dalgaların güç yoğunluğu ifadesi birim alan başına yayılan güce eşittir [9-10].

- **Anten Kazancı:** Verici bir antenin yönelimi ne kadar doğru olursa daha çok güç hedefe doğru yönlendirilir ve alınan eko sinyalinin gücü bu oranda artar [9-10].
- **Hedef Radar Etki Alanı:** Vericiden gönderilen sinyallerin bir kısmı hedef tarafından durdurulur ve çeşitli yönlere yansıtılır. Verici tarafından gönderilen sinyalin ne kadarının hedef tarafından durdurulduğu, hedefin radar dalgalarını ne kadar yansıttığı ve yansıtılan sinyalin ne kadarının radar antenine geri döndüğü bilgisi hedefin boyutunu belirler. Hedefin ebadının ölçümü, radar etki alanı olarak tanımlanır [9-10].
- **Anten Etki Alanı:** Vericiden gönderilen sinyaller hedeften yansıtılır ve yansıtılan sinyal radara geri dönerken yayılır. Alıcı antenin etki alanı arttıkça daha çok yansıtılan sinyaller geri dönecek ve alınan sinyalin gücünde artacaktır [9-10].

Şekil 4.7’de bir kürenin merkezinde yer alan izotropik anten verilmiştir [9-10].



Şekil 4.7. Bir kürenin merkezinde yer alan izotropik anten

Bir antenin kazancı maksimum olarak gönderim yönünde yayılan gücün, kayıpsız izotropik bir anten tarafından gönderilen güce oranıdır [9-10]. Denklem 4.4’de yönlendirilebilir bir antenin R kadar bir mesafe için güç yoğunluğu verilmiştir. [9-10].

$$Güç Yoğunluğu = \frac{P_t K}{4\pi R^2} \quad (4.4)$$

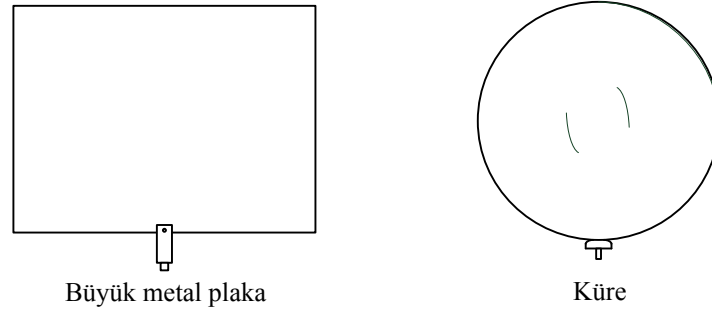
Burada K kazancı, P_t radar vericisinin ortalama gücünü, R ise anten ile hedef arasındaki mesafeyi gösterir [9-10].

Antenden R mesafe uzaklıkta bulunan bir hedeften radara geri yansıtılan gücün miktarı, hedefteki güç yoğunluğu ile hedefin radar etki alanının (σ) çarpımına eşittir bu duruma ait eşitlik Denklem 4.5’de verilmiştir.

$$Güç = \frac{P_t K}{4\pi R^2} \sigma \quad (4.5)$$

4.5. Radar Sinyallerinin Elde Edilmesi

Hedeften radara geri yansıyan dalgalara Radar Hedef Eko (RHE) sinyalleri denir. Şekil 4.8’de verilen iki adet gerçek hedef nesnesi kullanarak sonuçlar alınmıştır [98].



Şekil 4.8. Kullanılan hedefler

4.5.1. Radar Deney Setinden Verilerin Alınması

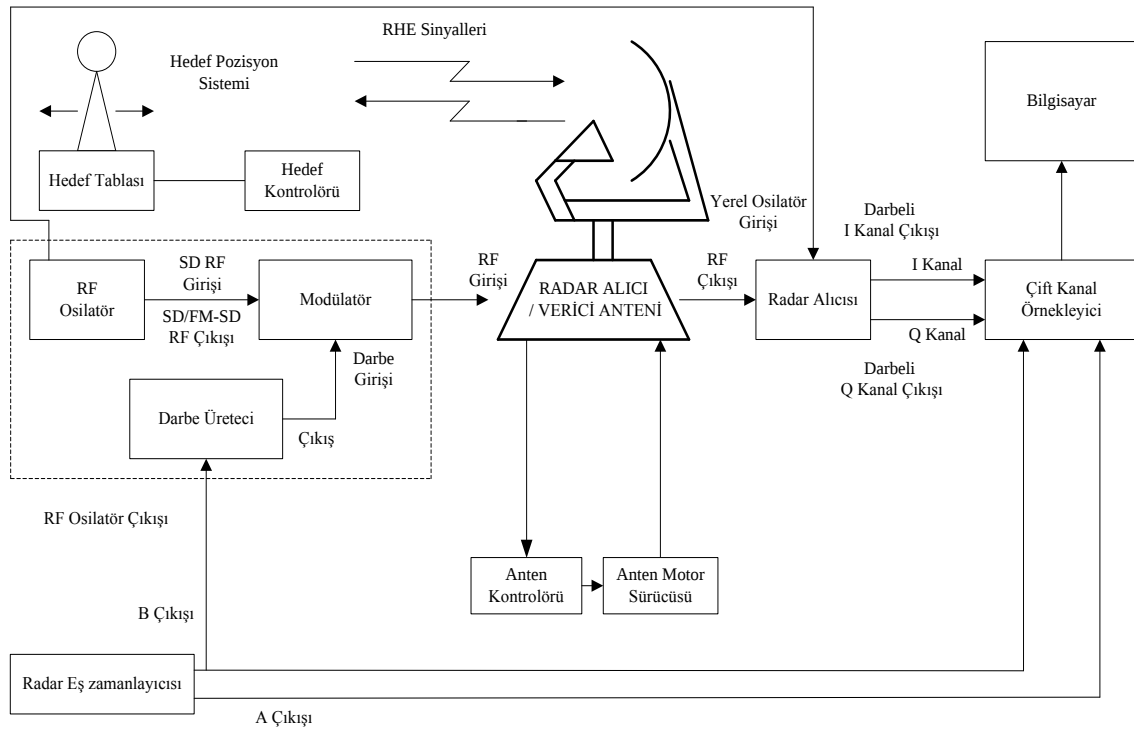
Bu çalışmada kullanılan RHE sinyalleri [92] nolu kaynaktan alınmıştır. Veriler alınırken Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi bölümünde bulunan radar deney seti kullanılmıştır ve bu radar deney setine ait blok diyagram Şekil 4.9’da verilmiştir. Deney setinden alınan RHE sinyalleri MATLAB

ortamında 750 örnek için ve SGO=0 dB olacak şekilde 48 kHz'lik örnekleme frekansı ile ses kartı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır [92].

Deneysel amaçlı kullanılan radar deney setiyle ilgili parametreler Tablo 4.1'de verilmiştir [92].

Tablo 4.1. Radar deney seti parametreleri

Parametreler	
Çıkış gücü	5 mW
Darbe genişliği	2 ns
RF Osilatör Frekansı	9.4 GHz
Radar alıcı anteni ile hedef tablası arasında kalan mesafe	135 cm
Darbe tekrarlama Frekansı	144 Hz



Şekil 4.9. Radar deney setinin blok diyagramı

Şekil 4.9'da görüldüğü gibi radar anteninden gönderilen sinyaller hedefe çarparak geri yansıtılır. Yansıyan RHE sinyalleri radar anteni tarafından alınarak çift kanallı

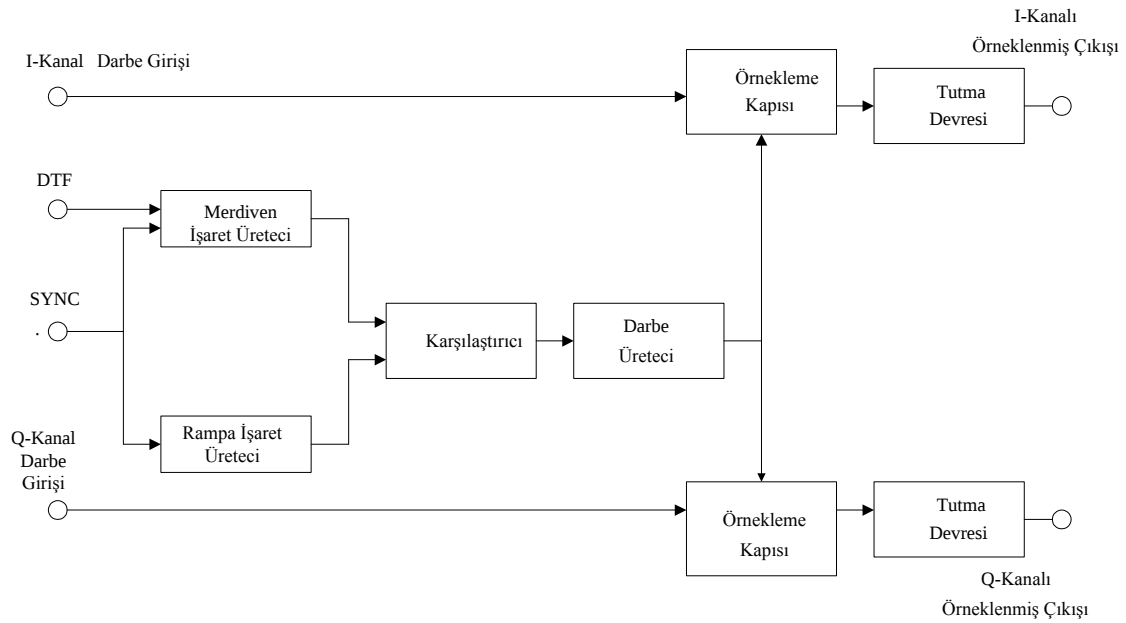
örnekleyiciye gönderilir. Burada zamana yayma olarak adlandırılan frekans düşürme işlemi yapılarak düşük frekanslı (0.05-2.5 kHz) sinyallere dönüştürülür [92].

4.5.2. İki Kanallı Örnekleyici

Darbeli radar sisteminde kısa patlamalar şeklinde ve sabit hızda RF sinyalleri iletilir. Oluşan bu patlamaların devam süresi darbeli radarın mesafe çözünürlüğünü etkiler. Radar anteni tarafından alınan sinyaller alıcıda demodüle edilir ve alıcı çıkışında tekrarlanan bir yapıda darbe sinyali üretilir. Alıcı çıkışından alınan bu sinyal geniş bant özelliğine sahiptir. Bu sinyali işleyecek devrenin de bant genişliği oldukça büyük olmalıdır. Bir darbe sinyalini işleyebilmek için gerekli olan bant genişliği Denklem 4.6’da verilmiştir [92].

$$B = \frac{1}{\tau} \quad (4.6)$$

Burada B bant genişliğini, τ sinyalin darbe genişliğini gösterir. Şekil 4.10’da iki kanallı örnekleyiciye ait blok diyagram verilmiştir [92].



Şekil 4.10. İki kanallı örnekleyiciye ait blok diyagram

Radar alıcısı tarafından alınan darbe sinyallerini işlemek için gerekli olan bant genişliği yaklaşık olarak 1 GHz'dir. Radar deney seti alıcısında gerekli olan bant genişliğinin çok fazla olması problem oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı I ve Q kanallarından gelen darbe sinyalleri zamana yayılarak bu problem engellenmiştir. Tekrarlayan darbe sinyallerinde farklı noktalardan örnekler alınıp ve bu örnekler bir sonraki değer alınana kadar saklanmak koşulu ile yayılabilir [92].

Radar alıcısı tarafından alınan eko sinyalleri iki kanallı örnekleyici devre kullanılarak frekans değeri küçültülür. Gönderilen darbeleri sinyallerin darbe genişliğinin artırılması ile zamana yayma işlemi sinyalin bant genişliğinin küçülmesine neden olacaktır [92].

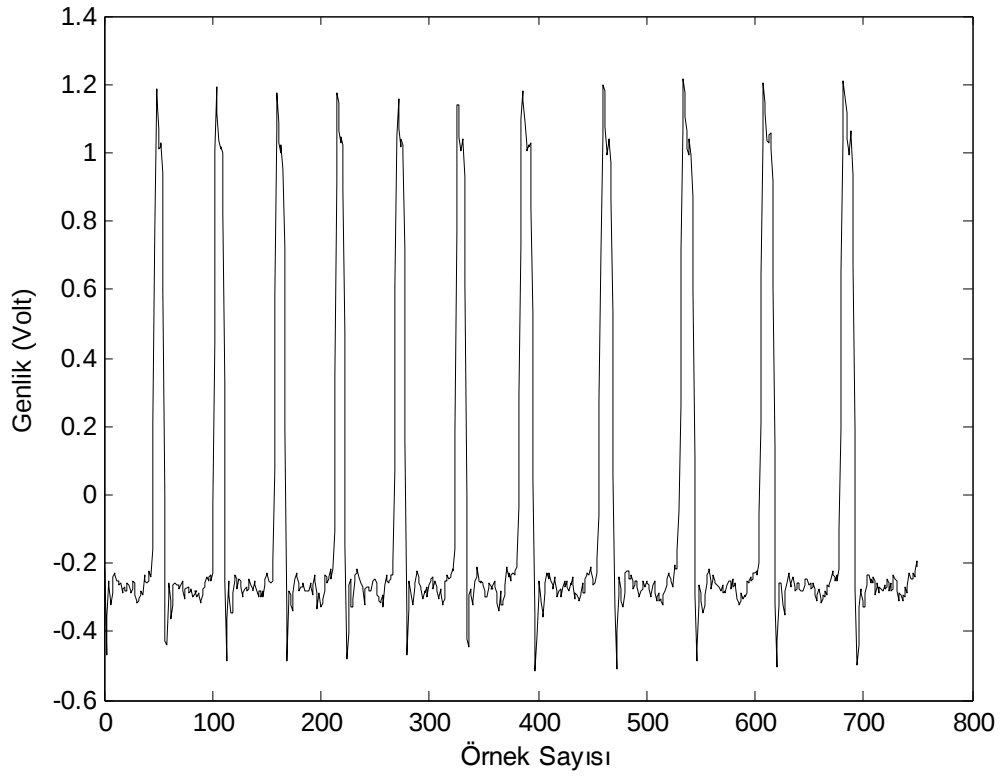
4.5.3. Radar Deney Setinden Alınan Veriler

Tablo 4.2'de sırasıyla radar deney setinden alınan RHE sinyallerinin hedeflere göre dağılımı verilmiştir [92].

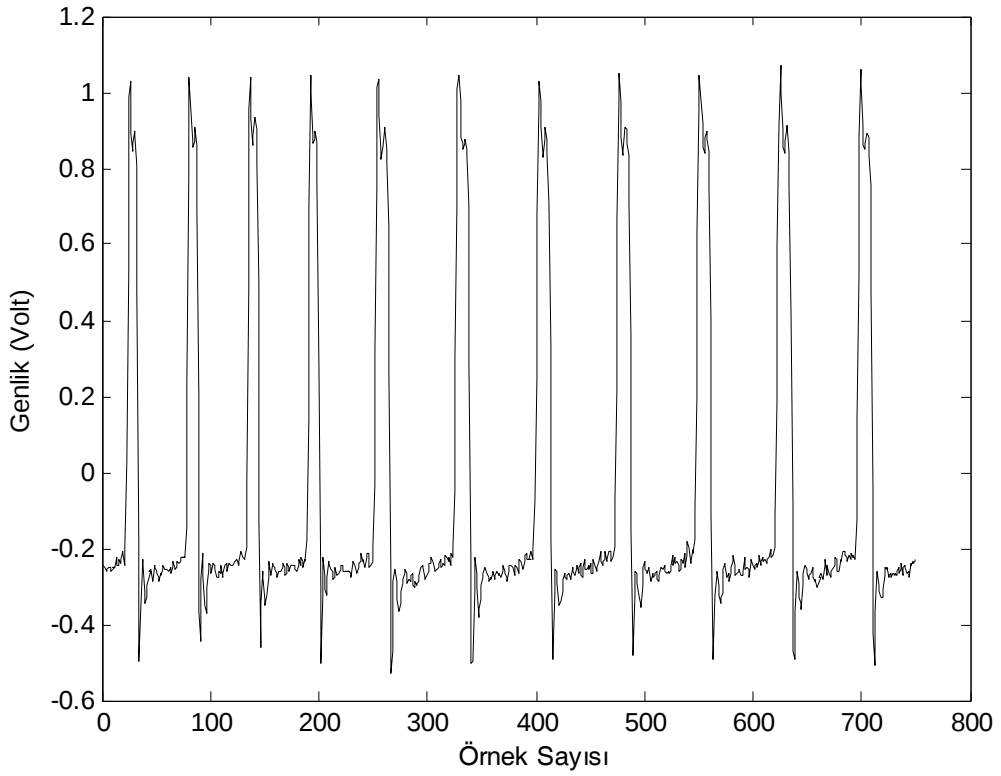
Tablo 4.2. RHE sinyallerinin hedeflere göre dağılımı

Hedefler	90 cm	135 cm	180 cm
Büyük Metal Plaka	1 Adet	1 Adet	1 Adet
Küre	1 Adet	1 Adet	1 Adet

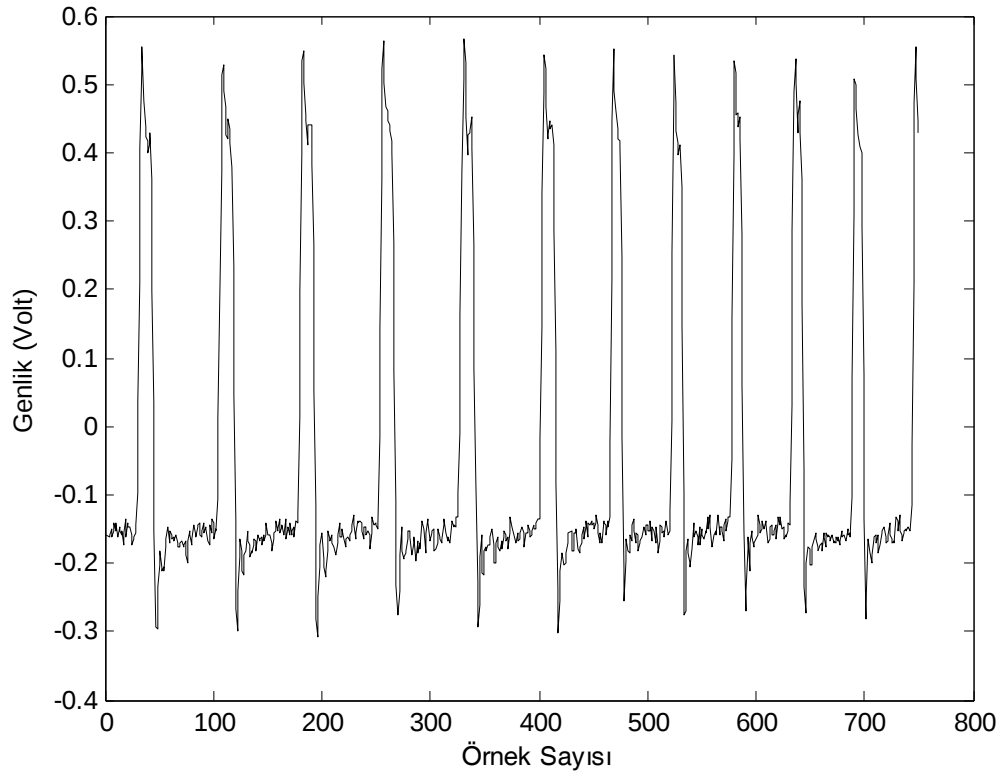
Bu hedeflere ait RHE sinyalleri aşağıda verilmiştir [92].



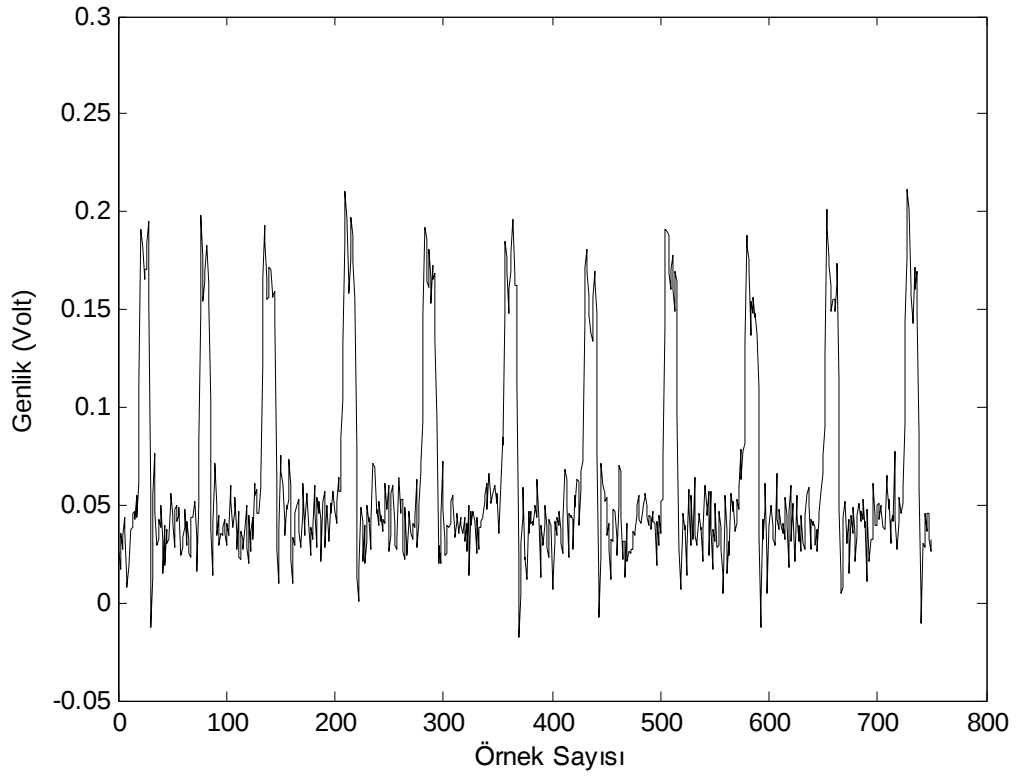
Şekil 4.11. 90 cm mesafede bulunan büyük metal plaka hedefi için RHE sinyali



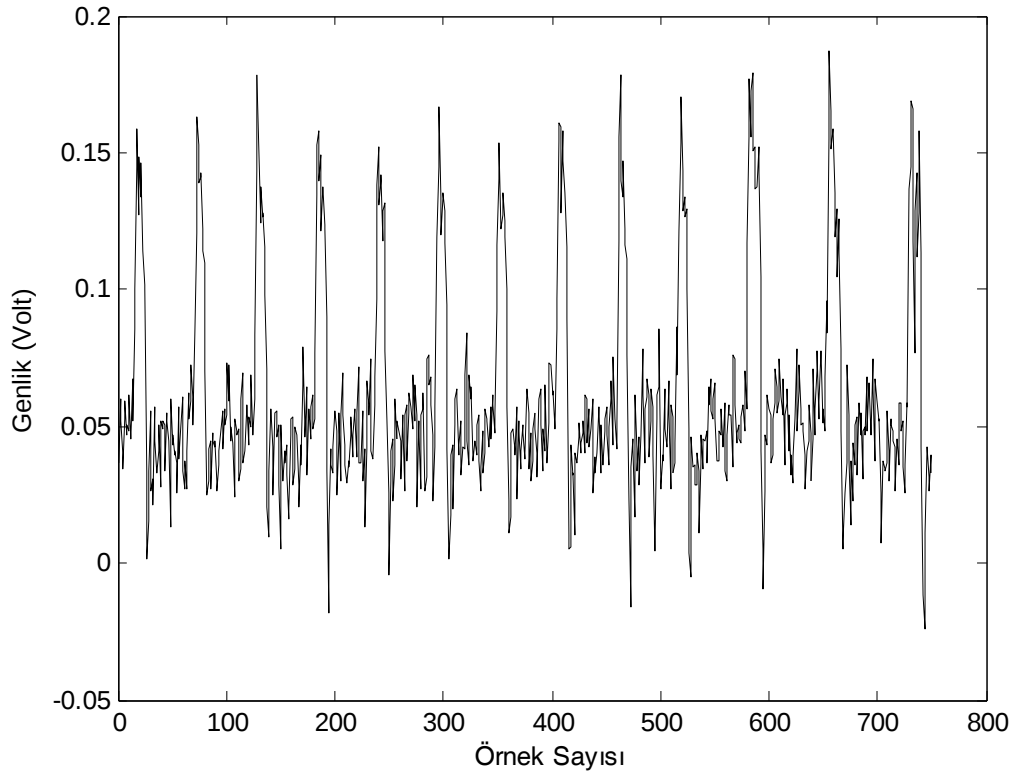
Şekil 4.12. 135 cm mesafede bulunan büyük metal plaka hedefi için RHE sinyali



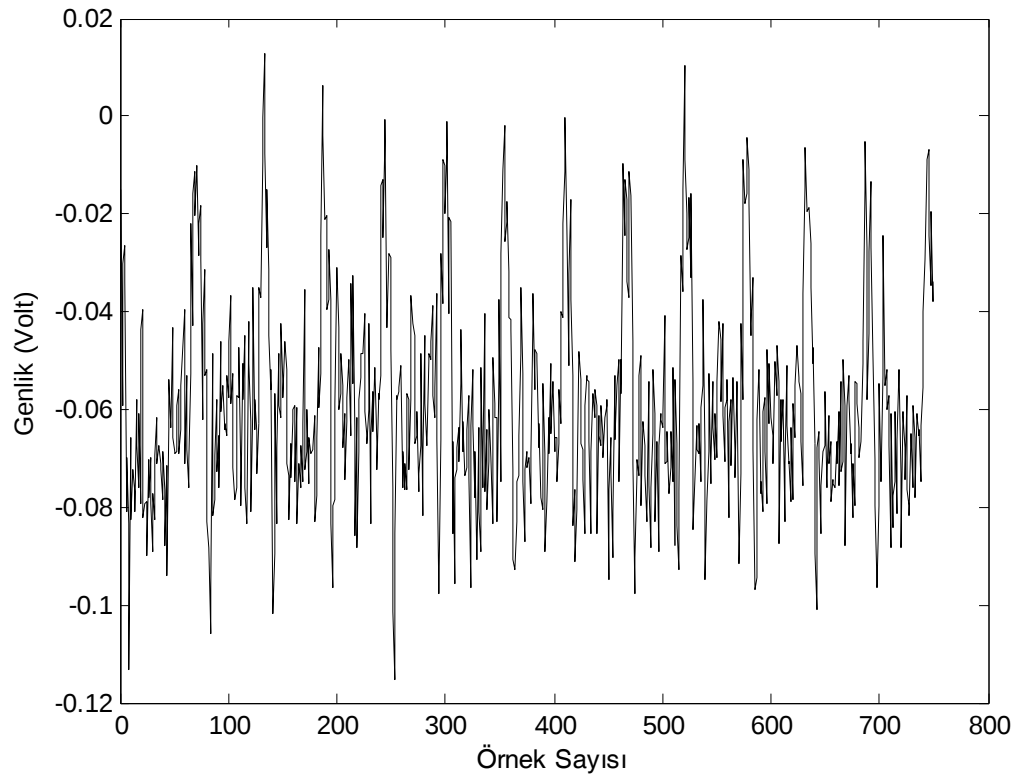
Şekil 4.13. 180 cm mesafede bulunan büyük metal plaka hedefi için RHE sinyali



Şekil 4.14. 90 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali



Şekil 4.15. 135 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali



Şekil 4.16. 180 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali

5. ZAYIF RADAR SINYALLERİNİN GÜRÜLTÜDEN ARINDIRILMASI İÇİN ÖNERİLEN VE İNCELENEN YÖNTEMLER

Bu bölümde, zayıf RHE sinyallerini gürültüden arındırabilmek için incelenen yöntemler verilmiştir.

5.1. Zayıf Radar Sinyallerini Gürültüden Arındırabilmek için Entropi Tabanlı Dalgacık Paket Dönüşümü

Bu bölümde, zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırabilmek için DPD ve entropi tabanlı bir yöntem kullanılmıştır [100]. Bu yöntemde gürültülü radar sinyallerine ilk önce DPD uygulanmakta ve daha sonra elde edilen dalgacık katsayılarının entropi değerleri hesaplanmaktadır. Her bir DPD seviyesi için hesaplanan entropi değerleri, seviyeler arasında karşılaştırılarak ayrışım sonucunda elde edilen katsayıların sinyale mi yoksa gürültüye mi ait olduğu belirlenmektedir. Gürültü olarak değerlendirilen katsayılar sıfıra çekilerek sinyal gürültüden arındırılır [100].

5.1.1. Entropi

Entropi terimi, termodinamik fiziğinde kullanılan herhangi bir sistemin düzenliliğini ölçmek için kullanılır. Shannon ilk olarak sinyal işleme alanında ve haberleşme alanında kullanmıştır [100].

Durağan olmayan herhangi bir sinyalin düzensizlik derecesini ölçmek için entropi yöntemi kullanılır. Yaygın olarak kullanılan entropi hesaplama türleri; Shannon, Norm, Eşik, Logaritmik Enerji ve Sure yöntemleridir [100]. Tablo 5.1’de sinyal işleme alanında kullanılan entropi türleri ve bunlara ait denklemler verilmiştir [101]. Burada s sinyali ve s_i sinyalin i . değerini göstermektedir.

Tablo 5.1. Sinyal işleme alanında yaygın olarak kullanılan entropi türleri ve denklemleri.

Entropi Türü	Denklem
Shannon Entropisi	$E(s) = -\sum_i s_i^2 \log_2(s_i^2)$ $\log(0)=0$ kabul edilir
Norm Entropisi	$E(s) = \sum_i s_i ^p$ ve $1 \leq p < 2$
Logaritmik Enerji Entropisi	$E(s) = \sum_i \log_2(s_i^2)$ $\log(0)=0$ kabul edilir
Eşik Entropisi	$E(s) = \sum_i E(s_i)$ ε pozitif bir eşik değeri olup $ s_i > \varepsilon \Rightarrow E(s_i) = 1$ ve $ s_i \leq \varepsilon \Rightarrow E(s_i) = 0$
Sure Entropisi	$ s_i \leq \varepsilon \Rightarrow E(s) = \sum_i \min(s_i^2, \varepsilon^2)$ burada ε pozitif bir eşik değeridir

5.1.2. Metodoloji

Bu yöntemde, Şekil 4.8’de verilen hedeflere ait RHE sinyallerine yüksek gürültü eklenerek yöntemin başarımı test edilmiştir. Yöntemi oluşturan adımlar sırası ile aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Laboratuvar ortamında kaydedilen radar sinyalleri ortalama olarak 750 örnek civarındadır. Sinyali oluşturan örnek sayısı DPD ayrışımı sırasında her bir seviye için yarıya indirileceğinden, özellikle son seviyelerdeki DPD dallarında işlenebilecek yeterli sayıda örnek bulunmayacaktır. Bu durumdan dolayı RHE sinyalleri yeniden örneklenerek, örnek sayılarının artırılması sağlanmıştır. Yeniden örneklenen RHE sinyallerinde 44100 örnek bulunmaktadır.

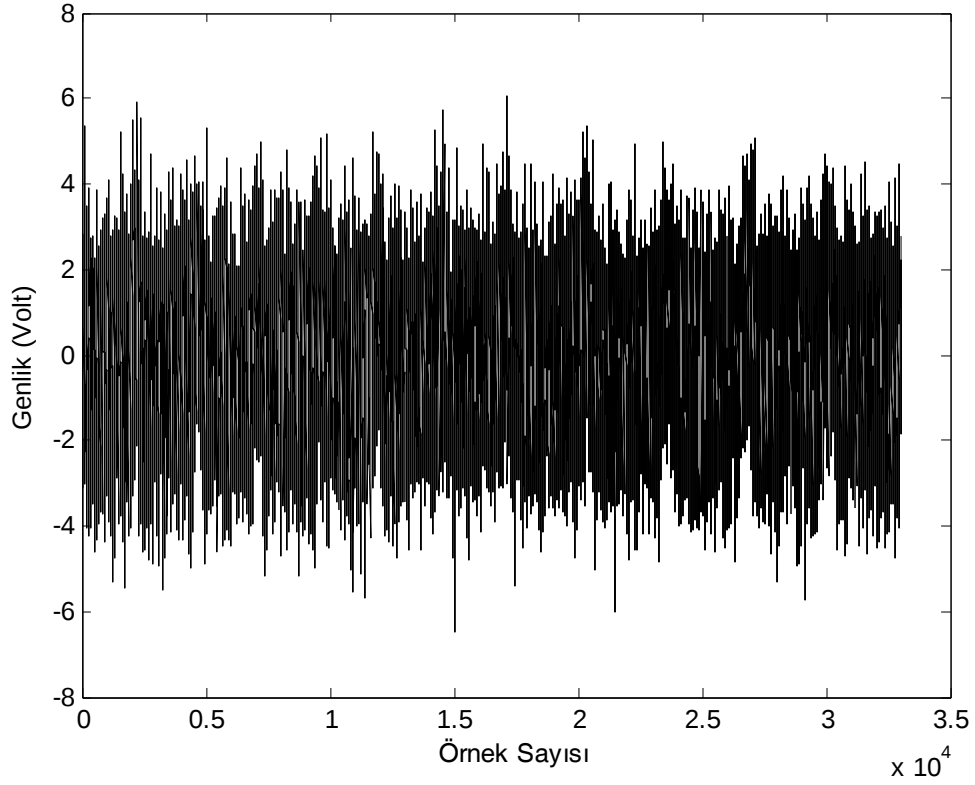
Adım 2: Yeniden örneklenen orijinal RHE sinyaline gürültü eklenerek gürültülü RHE sinyali elde edilir.

Adım 3: Gürültülü RHE sinyaline DPD uygulanarak n seviyeli ayrışım gerçekleştirilir.

Adım 4: $n-1$ ’inci seviyeden başlanarak her bir seviye için bu seviyede bulunan her bir düğüm ve bu düğümlere ait olan alt dalların entropileri hesaplanır. Gürültü olarak değerlendirilen katsayılar sıfıra çekilirken diğer dalgacık katsayıları korunur.

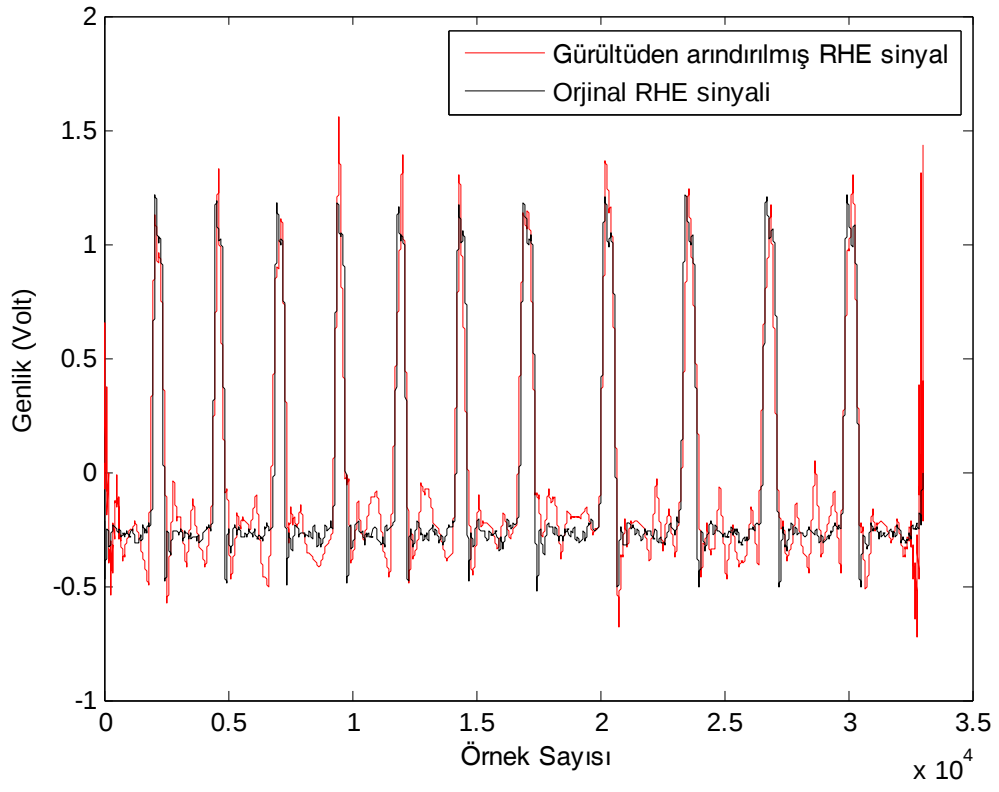
Adım 5: Adım 4 işleminden sonra korunan düğümler yeniden birleştirilerek gürültüsüz RHE sinyali elde edilir.

Şekil 4.11’de metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10 dB beyaz gürültü eklendiği zaman elde edilen gürültülü RHE sinyali Şekil 5.1’de verilmiştir.

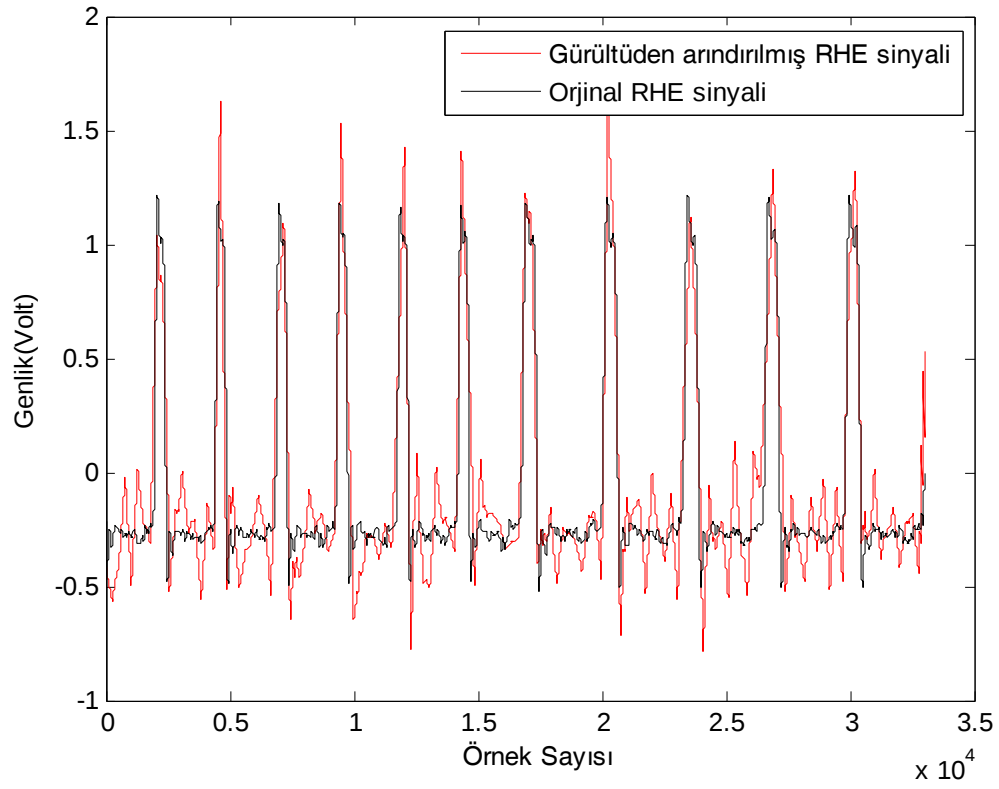


Şekil 5.1. Gürültü eklenmiş RHE sinyali

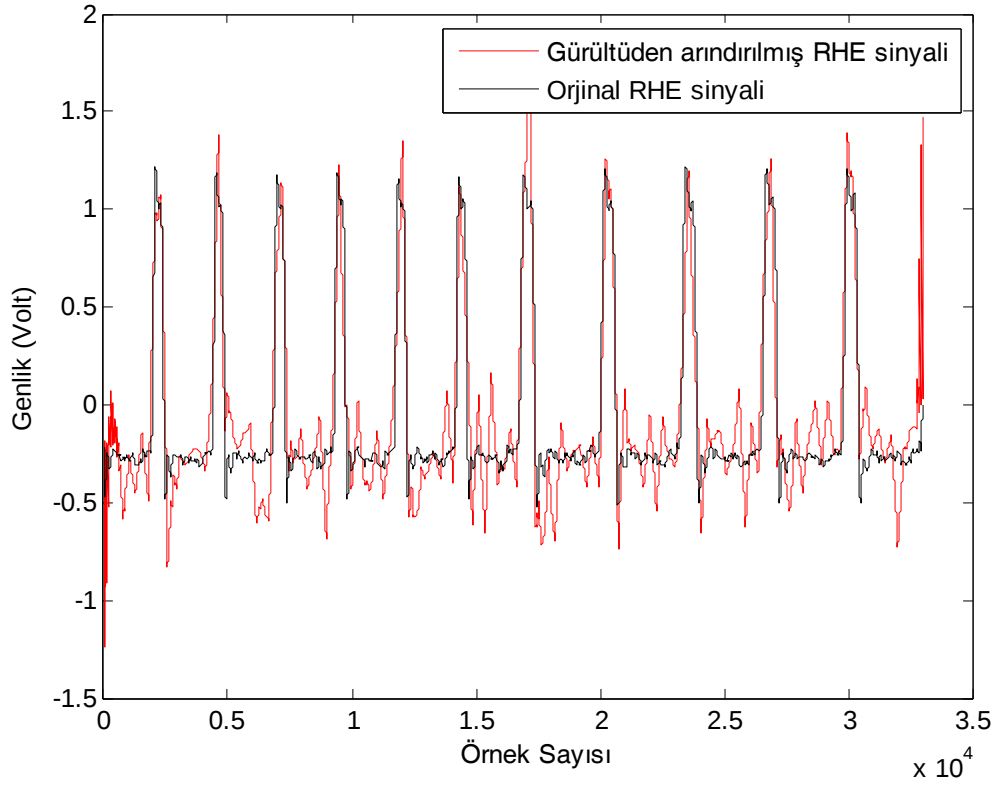
Metal plaka hedefi için, Şekil 5.2’de SGO=-10 dB, Şekil 5.3’de SGO=-12 dB, Şekil 5.4’de SGO=-13 dB ve Şekil 5.5’de SGO=-15 dB olan RHE sinyalinin gürültüden arındırılmış grafikleri sırasıyla verilmiştir.



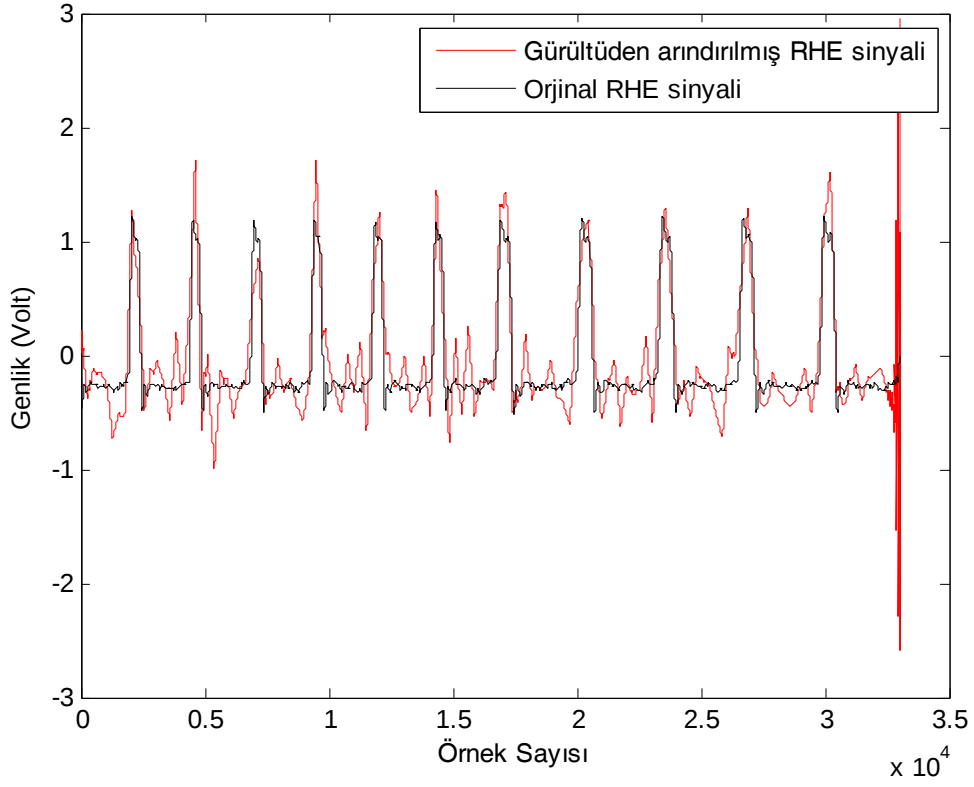
Şekil 5.2. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.3. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

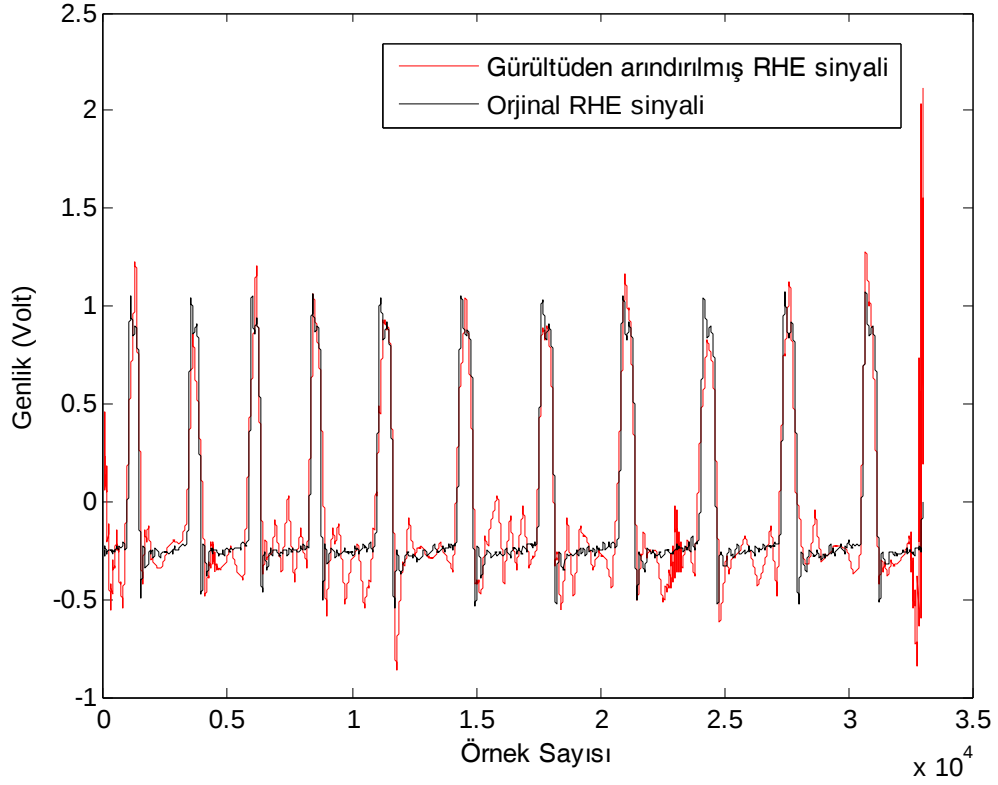


Şekil 5.4. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

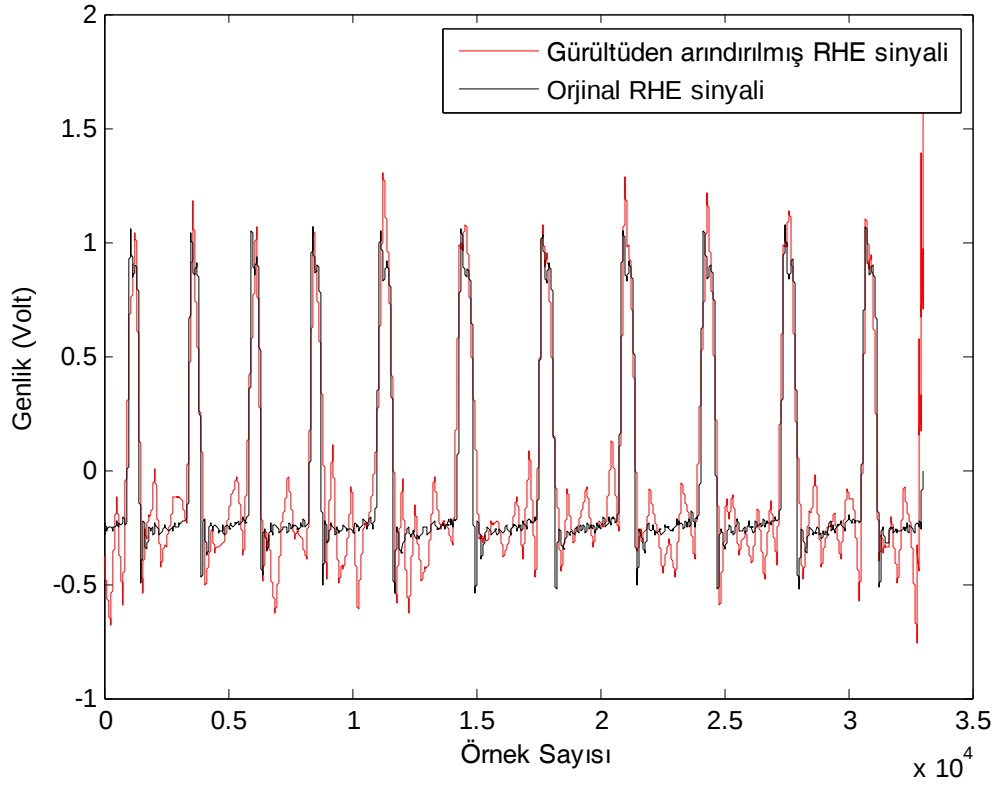


Şekil 5.5. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

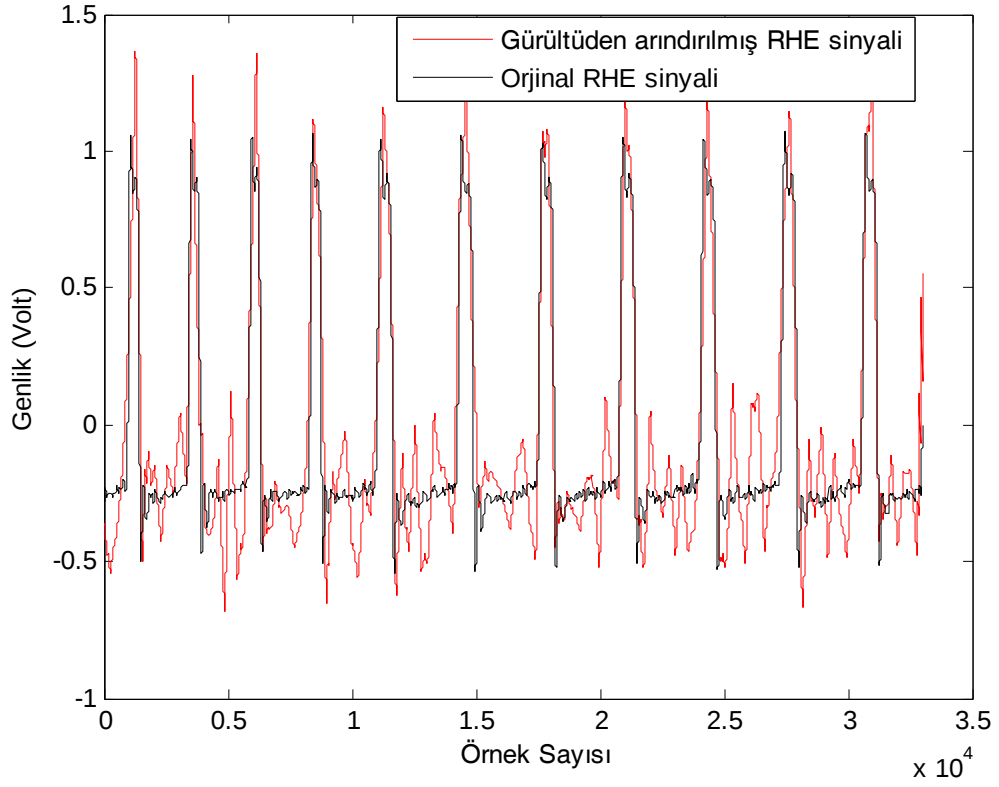
Şekil 4.12’de 135 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale sırasıyla -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.6-5.9)’da gösterilmiştir.



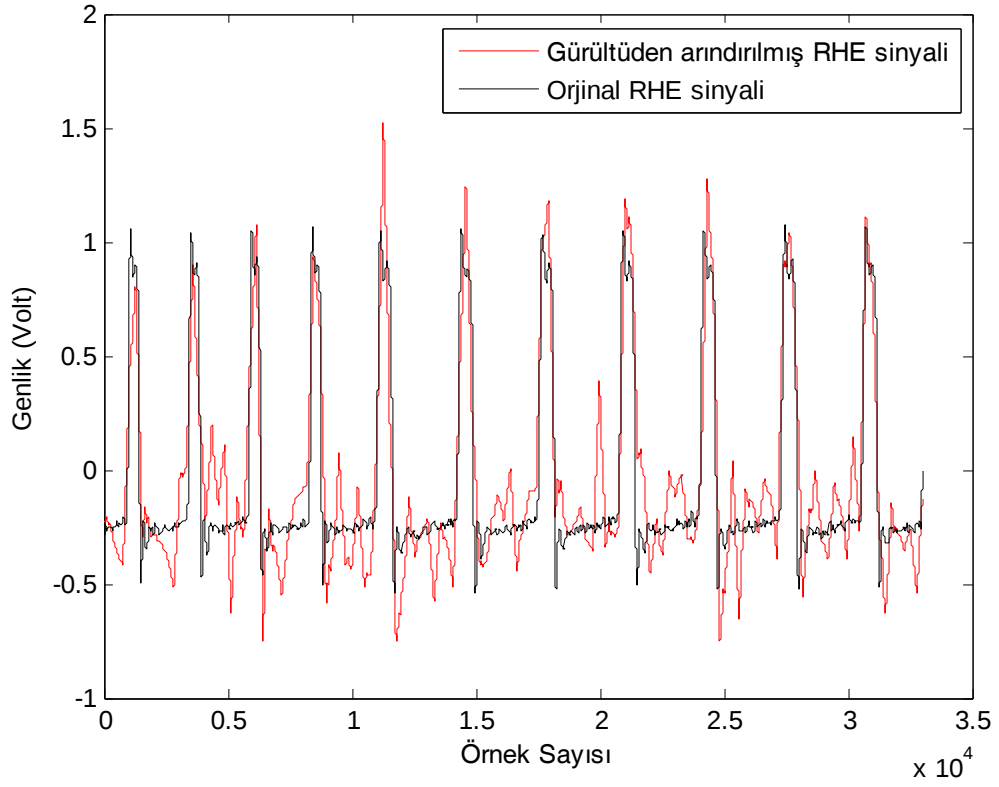
Şekil 5.6. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.7. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

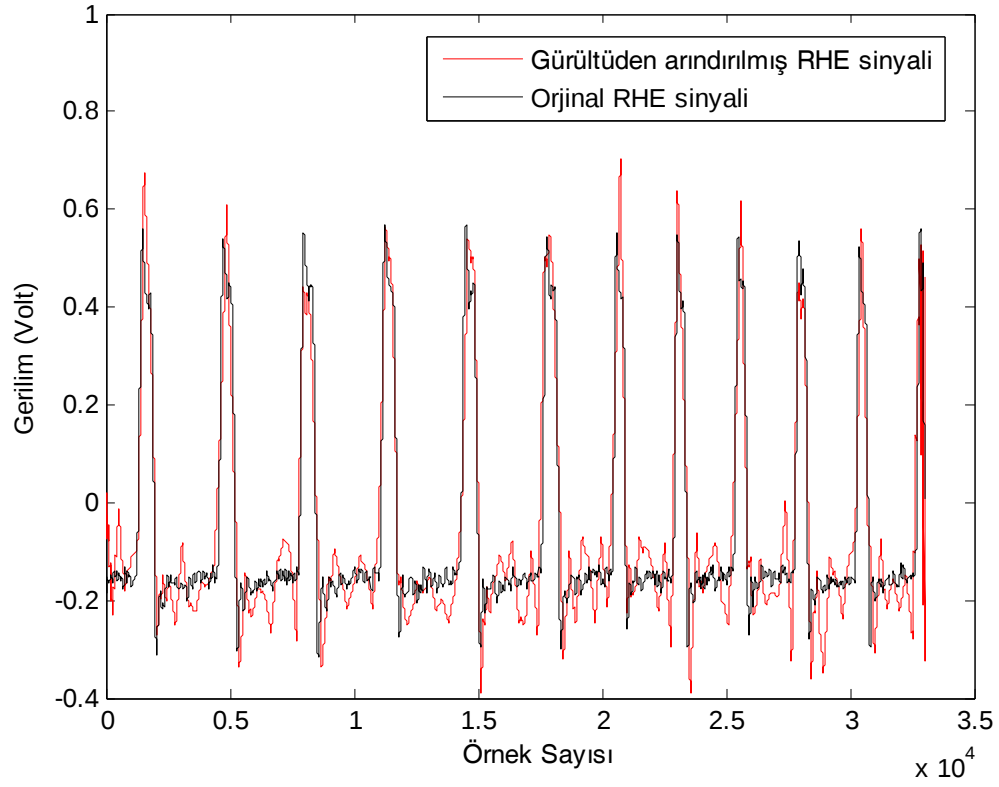


Şekil 5.8. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

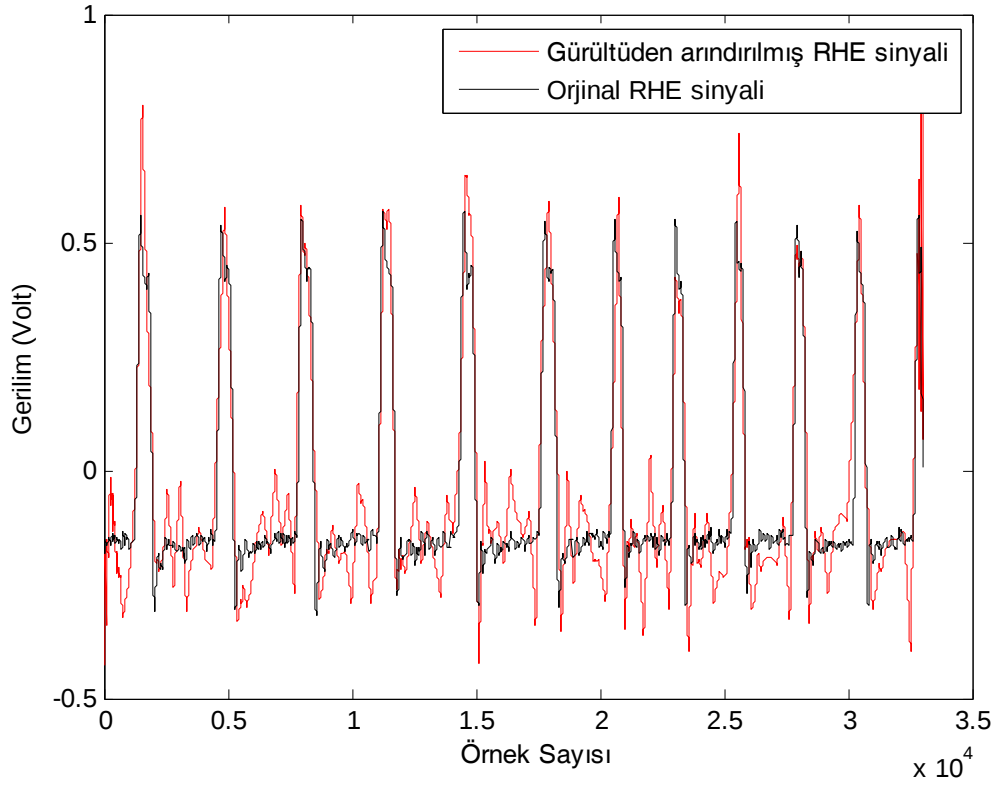


Şekil 5.9. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

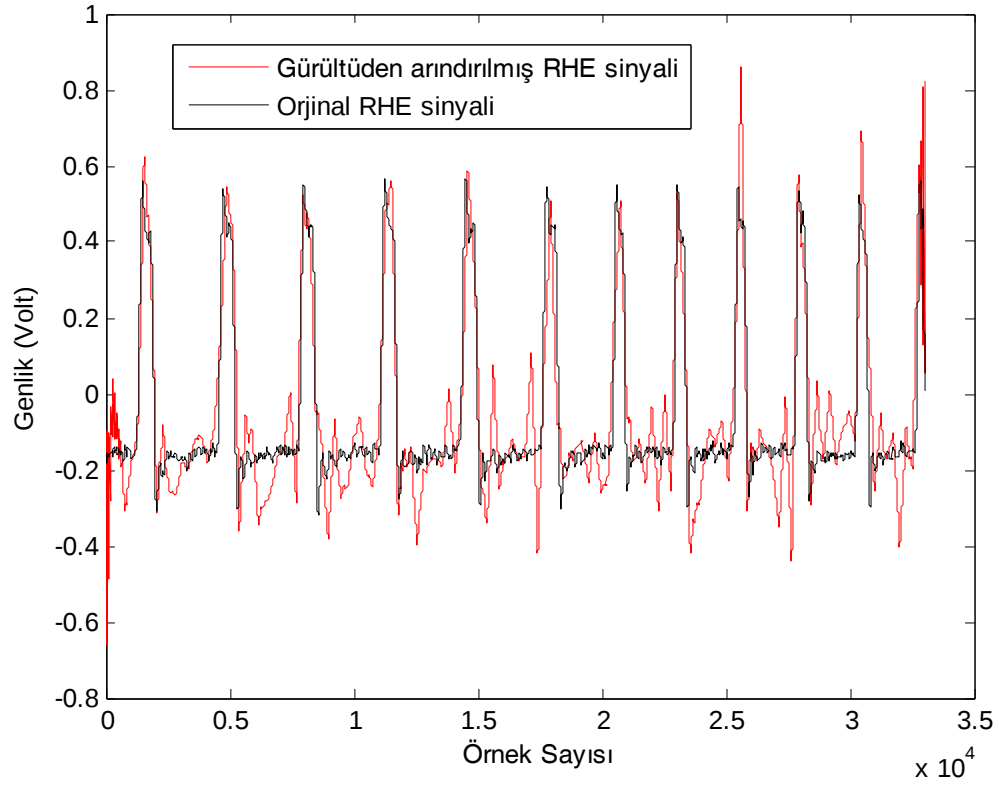
Şekil 4.13’de 180 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bir önceki sinyale benzer olarak, bu sinyale de sırasıyla -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.10-5.13)’de gösterilmiştir.



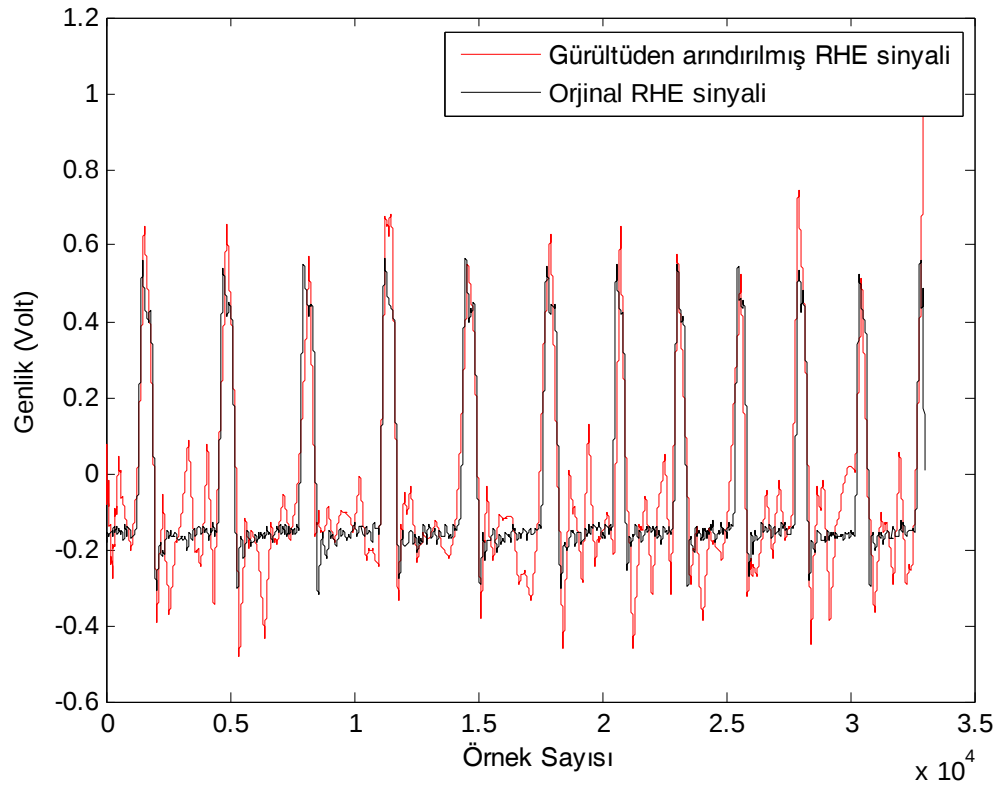
Şekil 5.10. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.11. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

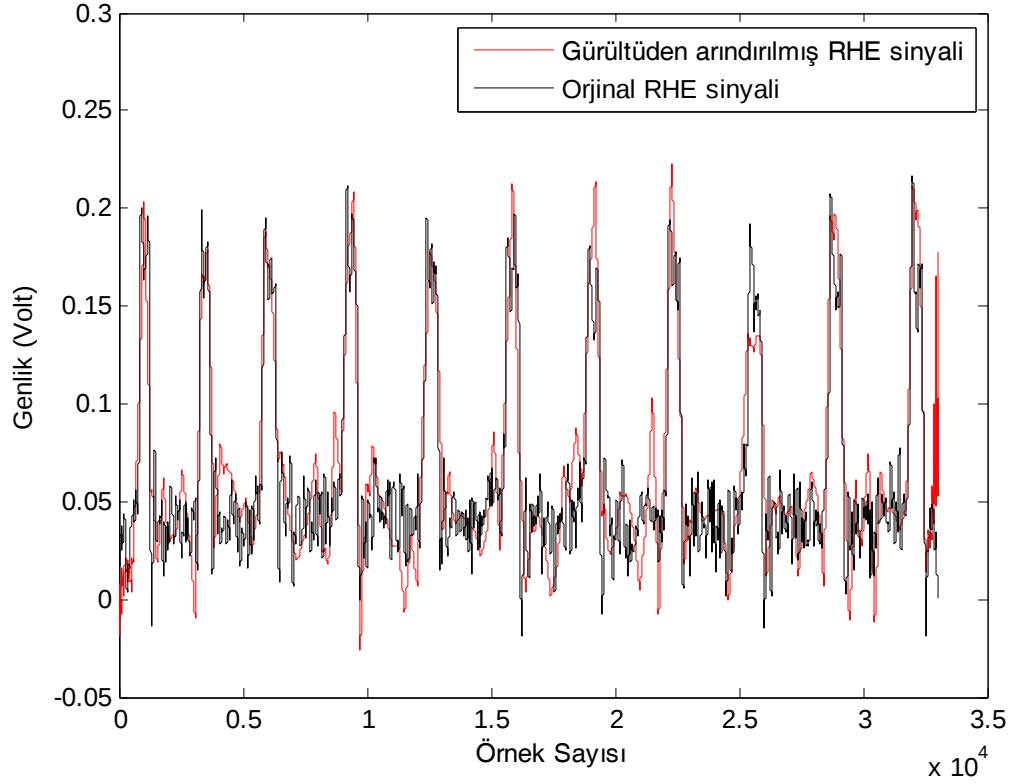


Şekil 5.12. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

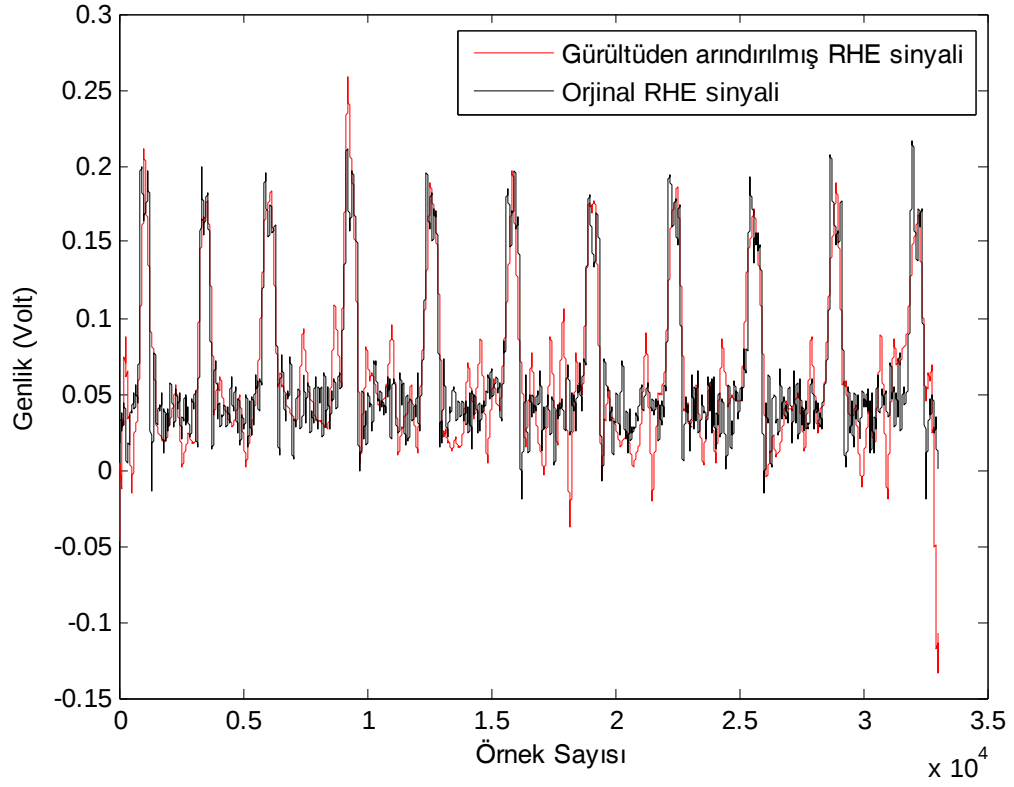


Şekil 5.13. Gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

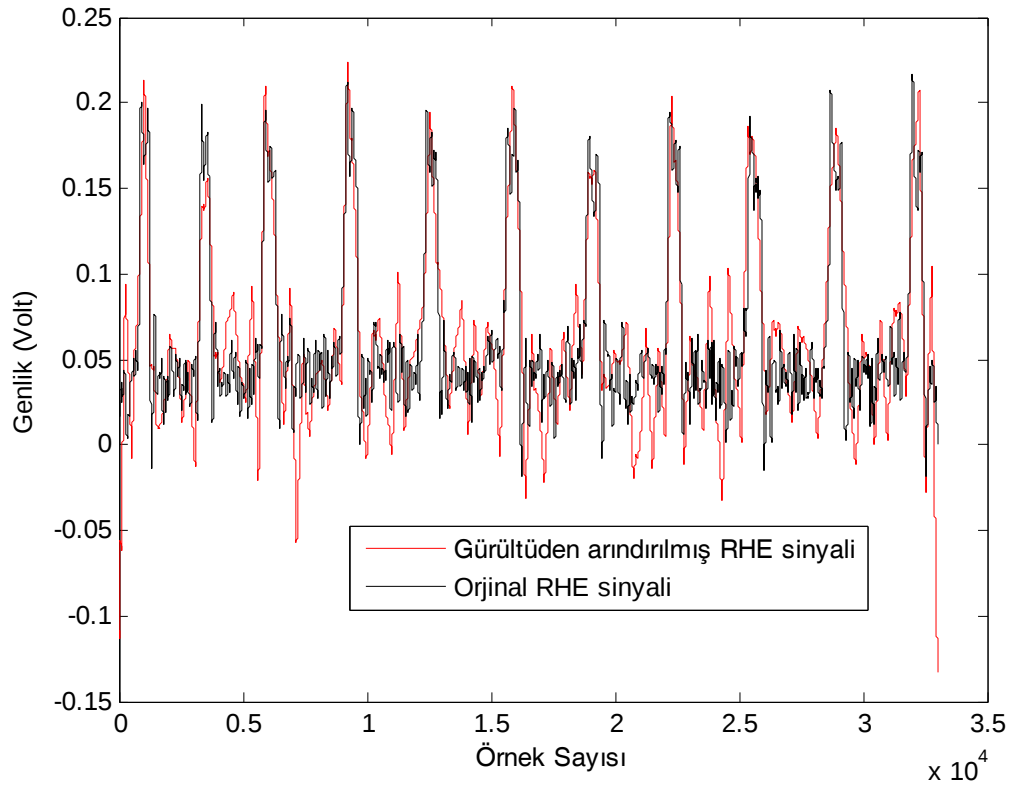
90 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali örneği Şekil 4.14’de verilmiştir. Yine bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri elde edilmiştir. Önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.14-5.17)’de gösterilmiştir.



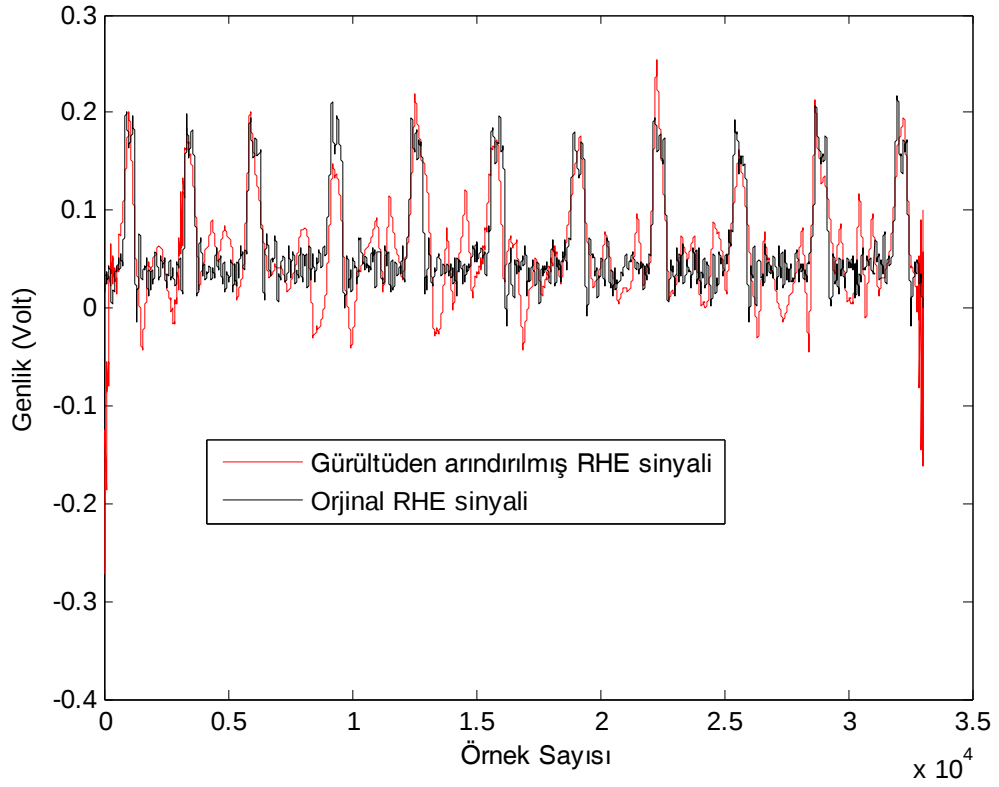
Şekil 5.14. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.15. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

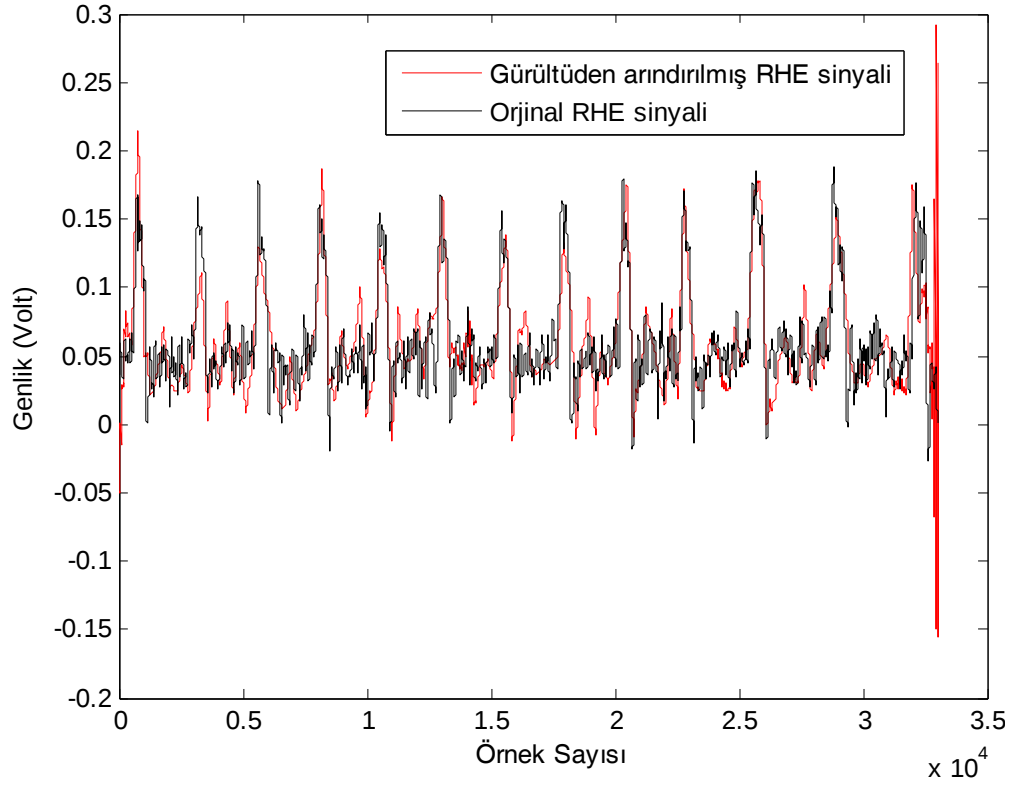


Şekil 5.16. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

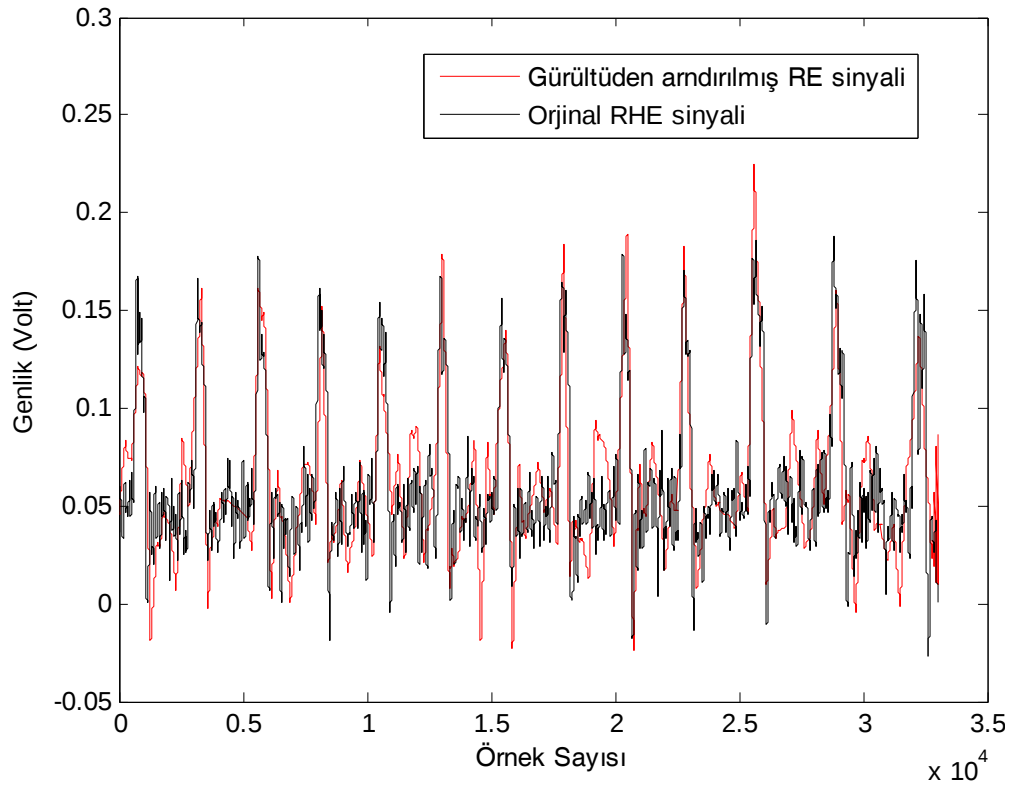


Şekil 5.17. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

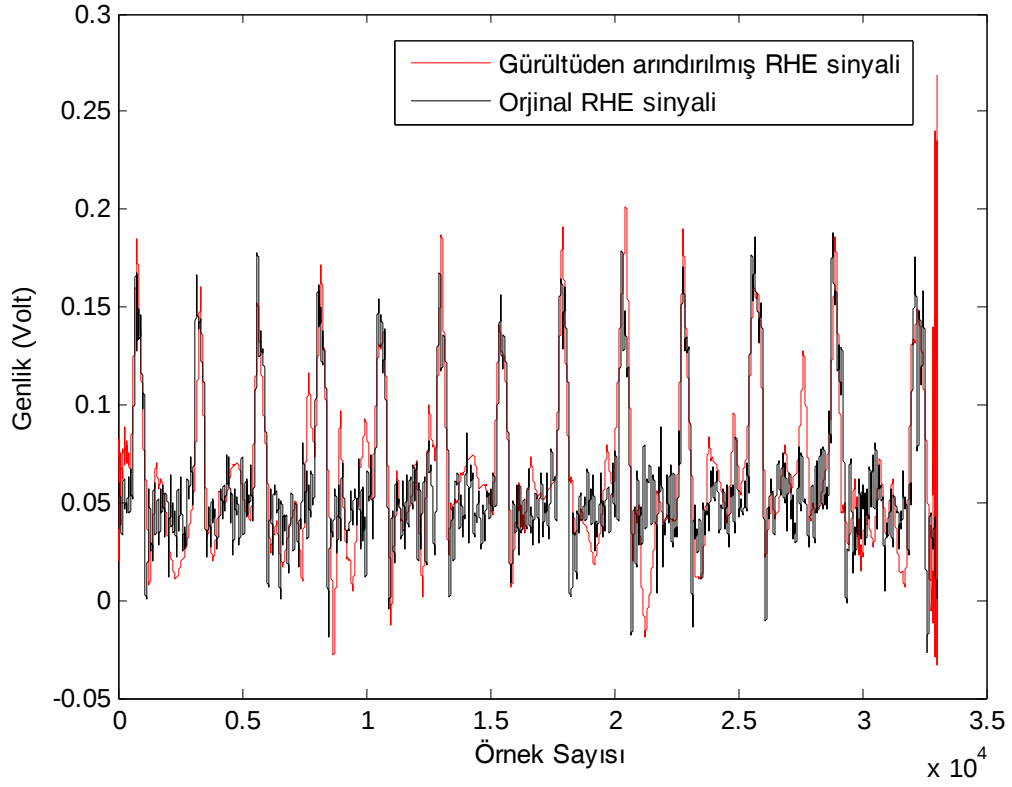
135 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali örneği Şekil 4.15’de verilmiştir. Yine bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri elde edilmiştir. Önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.18-5.21)’de gösterilmiştir.



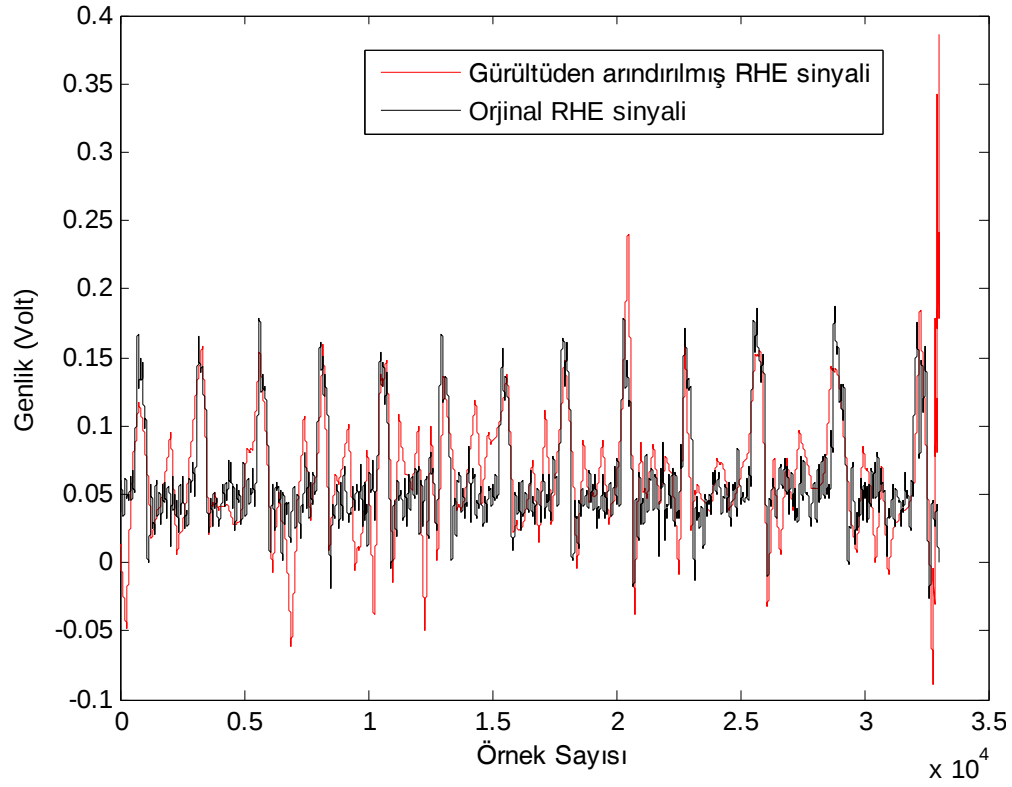
Şekil 5.18. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.19. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

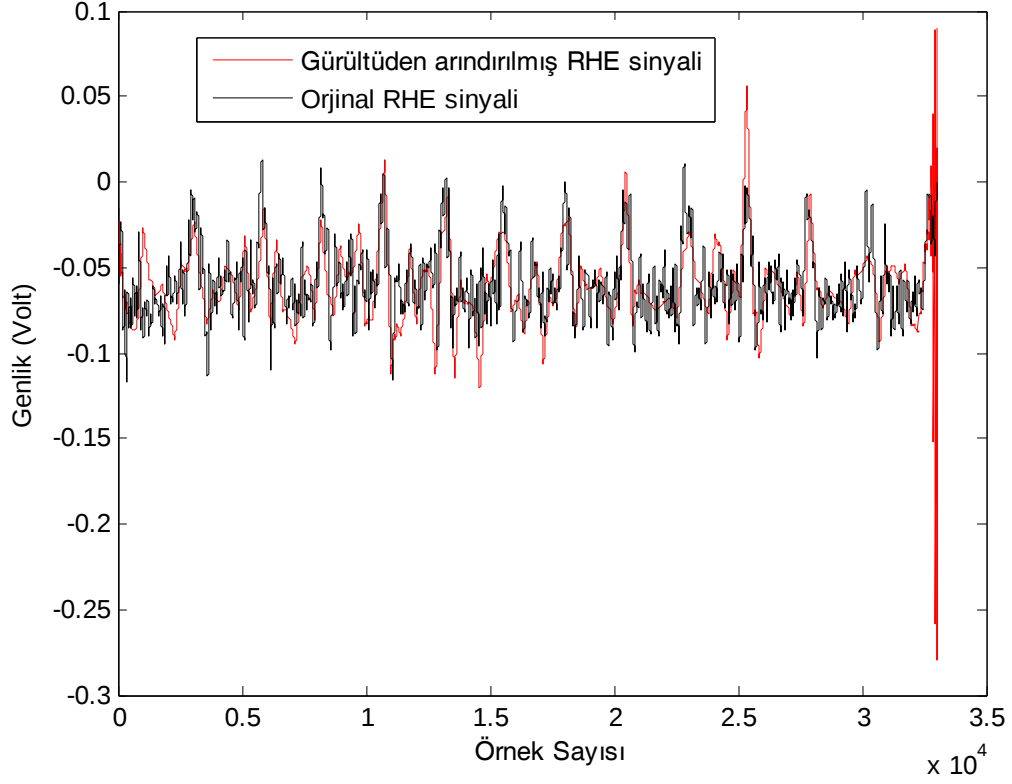


Şekil 5.20. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

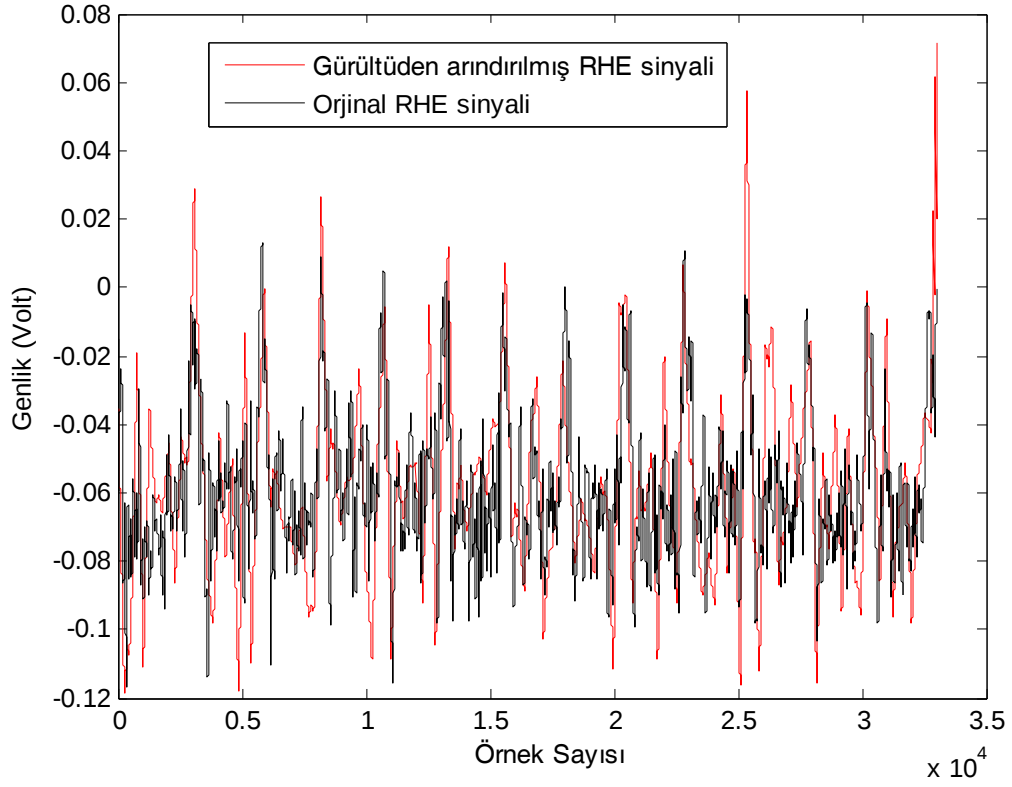


Şekil 5.21. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

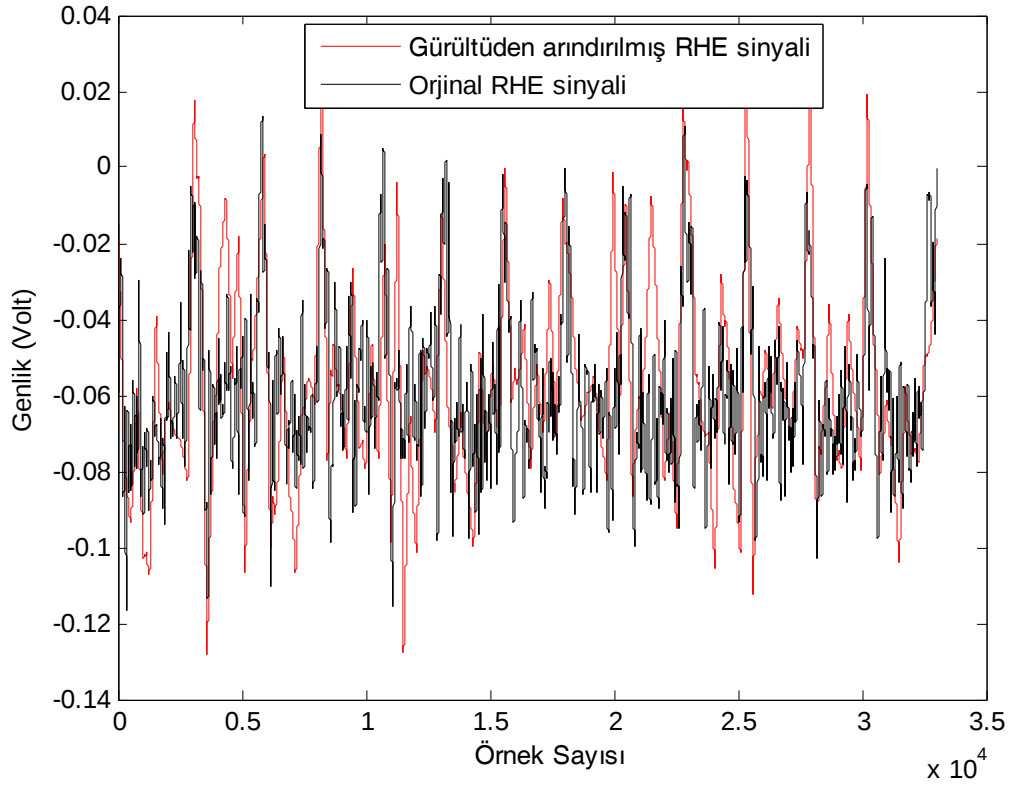
Şekil 4.16’da 180 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü bu sinyale eklenerek zayıf RHE sinyalleri elde edilmiştir. Elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.22-5.25)’de gösterilmiştir.



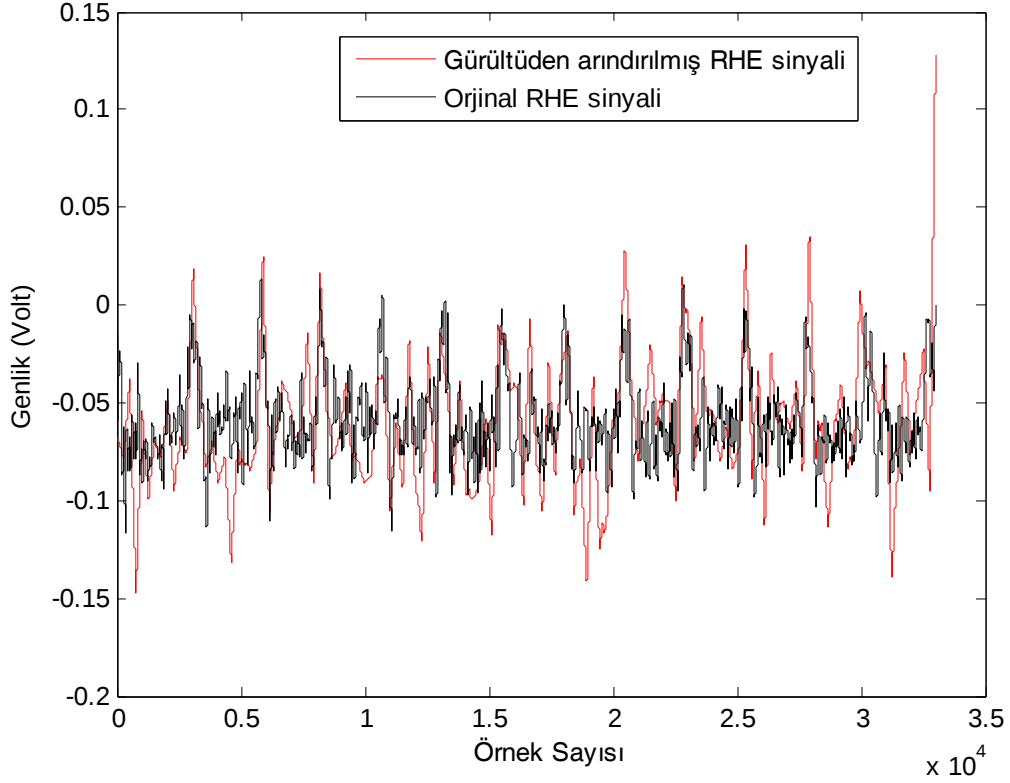
Şekil 5.22. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.23. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)



Şekil 5.24. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)



Şekil 5.25. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan hedeflere ait şekiller Şekil 4.8’de verilmiştir. Bu hedeflere ait farklı mesafeler için alınan RHE sinyallerine çeşitli oranlarda gürültü eklenmiştir. Gürültü giderimi işlemi için bölüm 5.1.2’de verilen adımlar tamamlandıktan sonra elde edilen grafikler Şekil 5.2’den 5.25’e kadar sırasıyla verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, gürültülü RHE sinyallerin tamamen gürültüden arındırılmadığı görülmektedir. Özellikle SGO oranı negatif yönde artırıldığı zaman bu fark gözle daha iyi görülebilmektedir. Aynı zamanda hedef mesafesi arttığı zaman RHE sinyallerinin genlik değerlerinin düştüğü de anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, önerilen yöntemin başarımını test etmek için iki farklı değerlendirme kriteri kullanılmıştır. Bunlar sırası ile Ortalama Karesel Hatanın Karekökü (OKHK) ve Korelasyon Katsayısıdır (KK). Bu değerlendirme kriterlerinin matematiksel gösterimleri Denklem 5.1 Denklem 5.2’de sırası ile verilmiştir.

$$OKHK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_{(i)} - T_{(i)})^2} \quad (5.1)$$

Bu denklemde $G_{(i)}$ orjinal sinyali $T_{(i)}$ ise gürültüden arındırılan sinyali göstermektedir. n ise örnek sayısını ifade etmektedir.

Diğer taraftan KK ise şöyle ifade edilir;

$$KK = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})(T_i - \bar{T})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2 \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}} \quad (5.2)$$

Burada yine $G_{(i)}$ orjinal sinyali, $T_{(i)}$ ise gürültüden arındırılan sinyali göstermektedir, ayrıca ve sırası ile orijinal sinyalin ve gürültüden arındırılan sinyalin ortalama değerlerini göstermektedir.

Küre ve metal plaka hedefleri için elde edilen OKHK ve KK değerleri Tablo 5.2’de gösterilmiştir. Her iki hedefe ait farklı gürültü oranlarındaki başarımlar sonuçları ilgili sütunlarda verilmiştir.

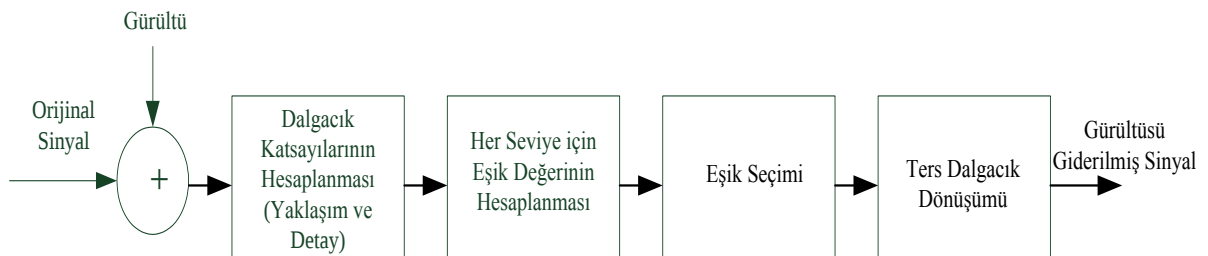
Tablo 5.2. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri

Metal Plaka Hedefi			Küre Hedefi		
90cm			90cm		
SGO(dB)	OKHK	KK	SGO(dB)	OKHK	KK
-10	0.1584	0.9388	-10	0.0273	0.8805
-12	0.1756	0.9266	-12	0.0282	0.8434
-13	0.1994	0.9051	-13	0.0302	0.8252
-15	0.2272	0.8901	-15	0.0378	0.7416
135cm			135cm		
-10	0.1663	0.9225	-10	0.0262	0.7711
-12	0.1761	0.9168	-12	0.0264	0.7701
-13	0.1782	0.9166	-13	0.0265	0.7710
-15	0.1976	0.8925	-15	0.0332	0.6586
180cm			180cm		
-10	0.0910	0.9201	-10	0.0192	0.5877
-12	0.0948	0.9122	-12	0.0216	0.5961
-13	0.1015	0.9021	-13	0.0220	0.5658
-15	0.1145	0.8827	-15	0.0263	0.5138

Metal plaka ve küre hedefleri için daha düşük mesafelerde OKHK ve KK değerlerinin daha iyi olduğu tablodan görülmektedir. Aynı zamanda gürültü belirli oranlarda artırıldığı zaman sinyalin tekrar geri elde edilmesindeki başarımının azaldığı görülmektedir. Örneğin metal plaka 180 cm mesafedeyken -10 dB’de KK değeri 0.9201 iken -15 dB değeri için KK 0.8827 olmaktadır. Küre hedefi 90 cm mesafedeyken -10 dB’de KK değeri 0.8805 iken -15 dB değeri için KK 0.7416 olmaktadır. Küre hedef mesafesini biraz daha artırdığımız zaman, örneğin 135 cm değerinde -10 dB oranında KK 0.7711 olmaktadır. -15 dB değerinde ise KK 0.6586 olmaktadır. Buradan, mesafe ve gürültü birlikte artırıldığı zaman sinyalin geri elde edilmesindeki başarımın düştüğü sonucu çıkarılabilir. Bu durum Tablo 5.2’den de anlaşılmaktadır.

5.2. Dalgacık Dönüşümü ve Seviye Bağımlı Eşikleme ile Zayıf Radar Sinyallerinde Gürültü Arındırma

Bu bölümde, zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırmak için DD ve Seviye Bağımlı Eşikleme (SBE) tabanlı bir yöntem verilmiştir. Bu yöntemde gürültülü radar sinyallerine ilk önce DD uygulanarak yaklaşık ve detay katsayıları elde edilir. Elde edilen DD katsayıları hem orijinal sinyale hem de gürültüye aittir. Gürültüye ait DD katsayıları genellikle verilen bir eşik değerden küçüktür. Böylece, DD katsayıları eşik değerinden daha küçük olanlar sıfır yapılır. Sinyallerin yüksek frekanslı ve düşük frekanslı bileşenlerinin standart sapma ve ortalama değer gibi farklı özellikleri mevcuttur. Bundan dolayı bu yöntemde, DD’nün her bir seviyesi için ayrı bir eşik değeri hesaplanır. SBE tabanlı eşiklemeye ait blok diyagram Şekil 5.26’da verilmiştir.



Şekil 5.26. SBE tabanlı eşiklemeye ait blok diyagram

5.2.1. Metodoloji

RHE sinyallerinde gürültüyü gidermek için kullanılan SBE tabanlı algoritma aşağıda adımlar halinde verilmiştir.

Adım 1: Bu adım, bölüm 5.1.2’de verilen metodolojinin ilk adımı ile aynıdır.

Adım 2: Yeniden örneklenen orijinal RHE sinyaline gürültü eklenerek gürültülü RHE sinyali elde edilir.

Adım 3: Gürültülü RHE sinyaline DD uygulanarak n seviyeli ayrışım gerçekleştirilir.

Adım 4: Denklem 5.3 kullanılarak gürültünün varyansı (σ^2) her seviye için hesaplanır [102].

$$\hat{\sigma} = \frac{\text{med}(|D_{j,k}|)}{0.6745} \quad (5.3)$$

Burada $\text{med}(\cdot)$ medyanı ifade ederken $D_{j,k}$ ise dalgacık katsayılarını gösterir.

Adım 5: Her seviye için eşik değeri Denklem 5.4 ile hesaplanır [102].

$$E = \hat{\sigma} \sqrt{2 \cdot \log(n)} \quad (5.4)$$

E değeri eşik değerini, n ise örnek sayısını göstermektedir.

Adım 6: Her seviye için eşik değeri hesaplandıktan sonra uygun eşikleme yöntemi seçilerek (sert ya da yumuşak) işlem yapılır [20]. Denklem 5.5’de yumuşak eşik ifadesi verilmiştir.

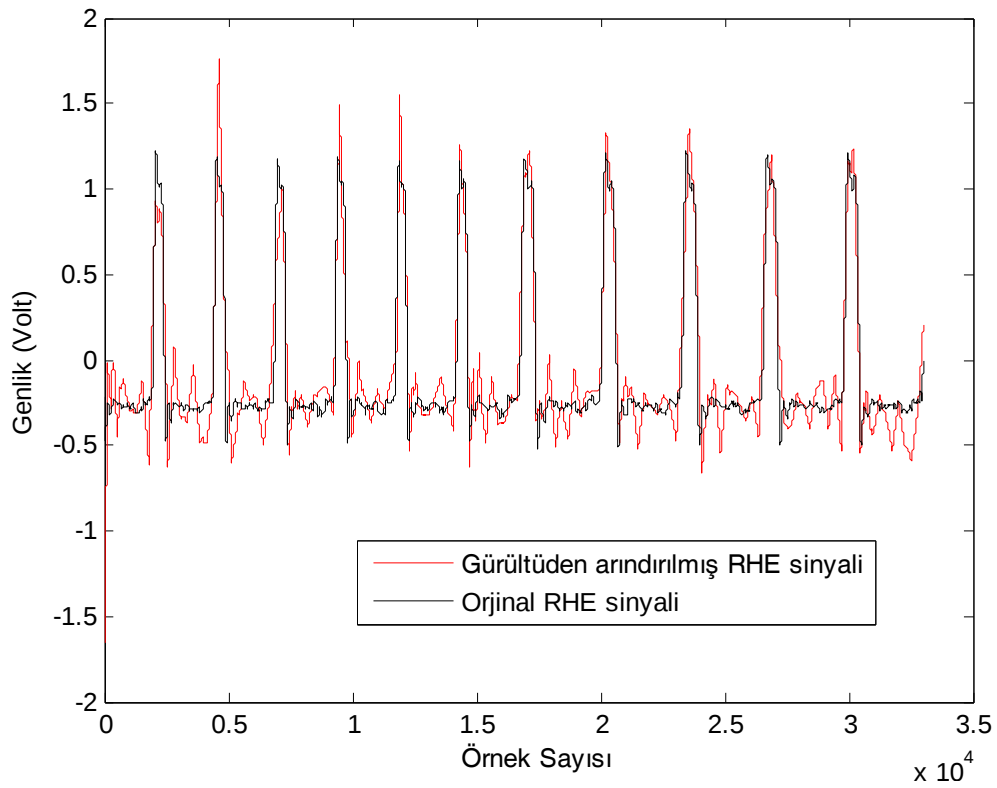
$$\hat{D}_{j,k} = \begin{cases} \text{sgn}(D_{j,k}) \cdot (|D_{j,k}| - E) & |D_{j,k}| \geq E \\ 0 & |D_{j,k}| < E \end{cases} \quad (5.5)$$

Denklem 5.6’da sert eşik eşitliği verilmiştir.

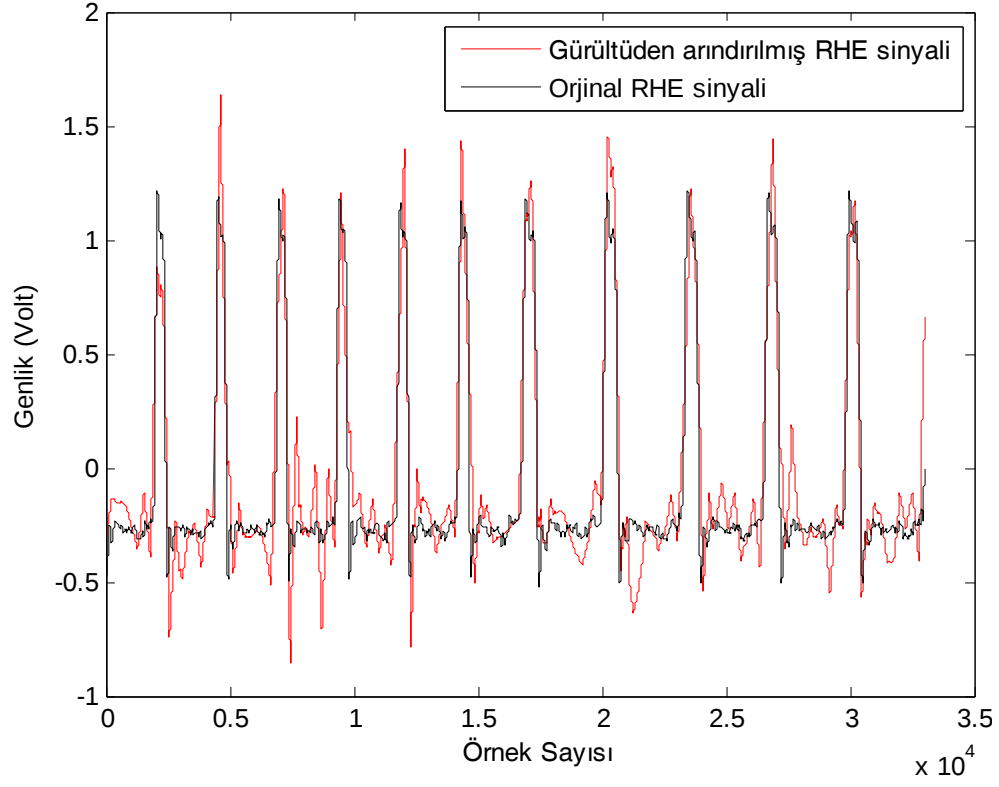
$$\hat{D}_{j,k} = \begin{cases} D_{j,k} & |D_{j,k}| \geq E \\ 0 & |D_{j,k}| < E \end{cases} \quad (5.6)$$

Adım 7: Adım 6 işleminden sonra, kalan katsayılar yeniden birleştirilerek gürültüsüz RHE sinyali elde edilir.

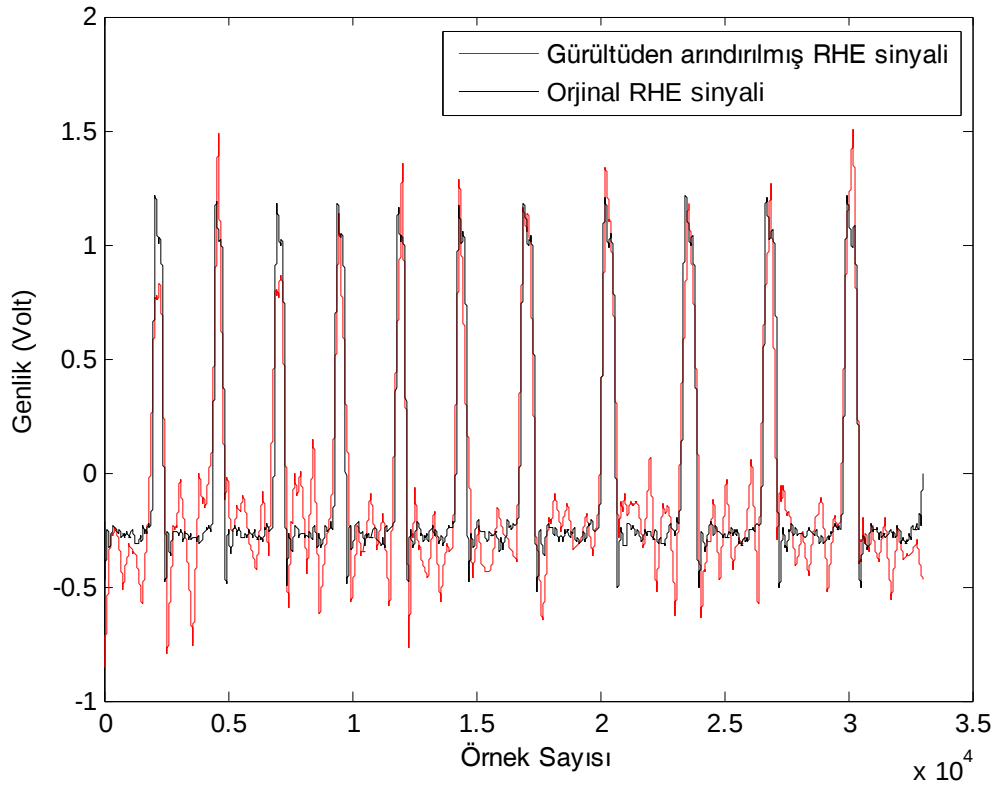
Şekil 4.11’de 90 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale sırasıyla -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen DD ve SBE tabanlı yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.27-5.30)’da gösterilmiştir.



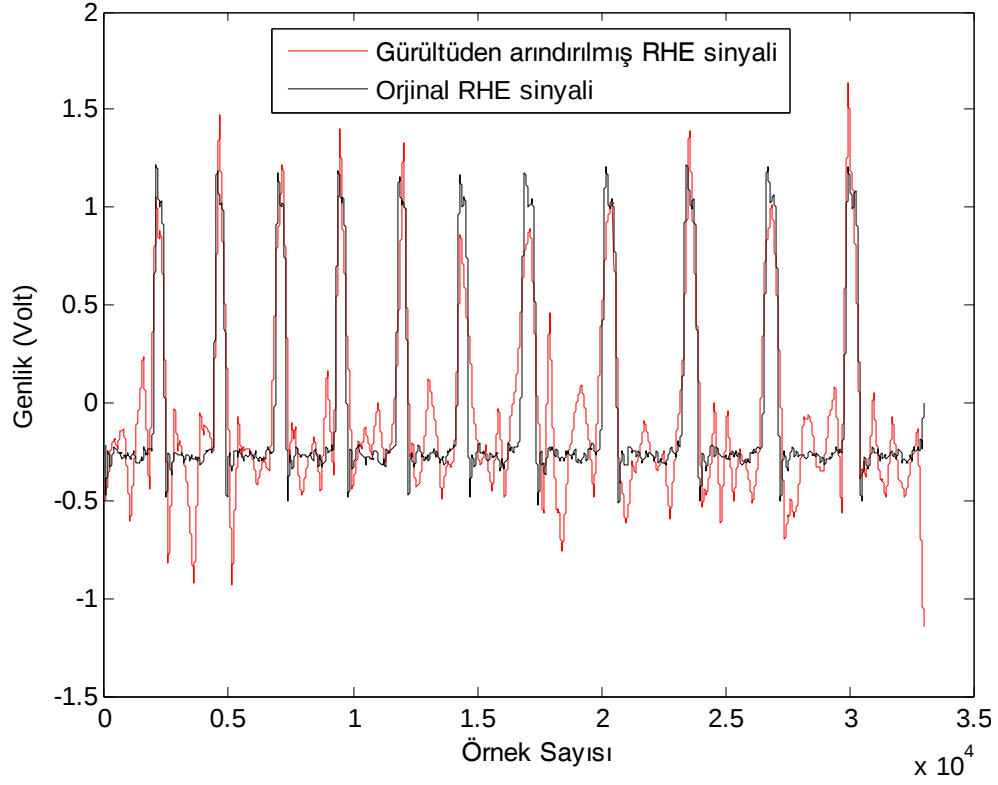
Şekil 5.27. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.28. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

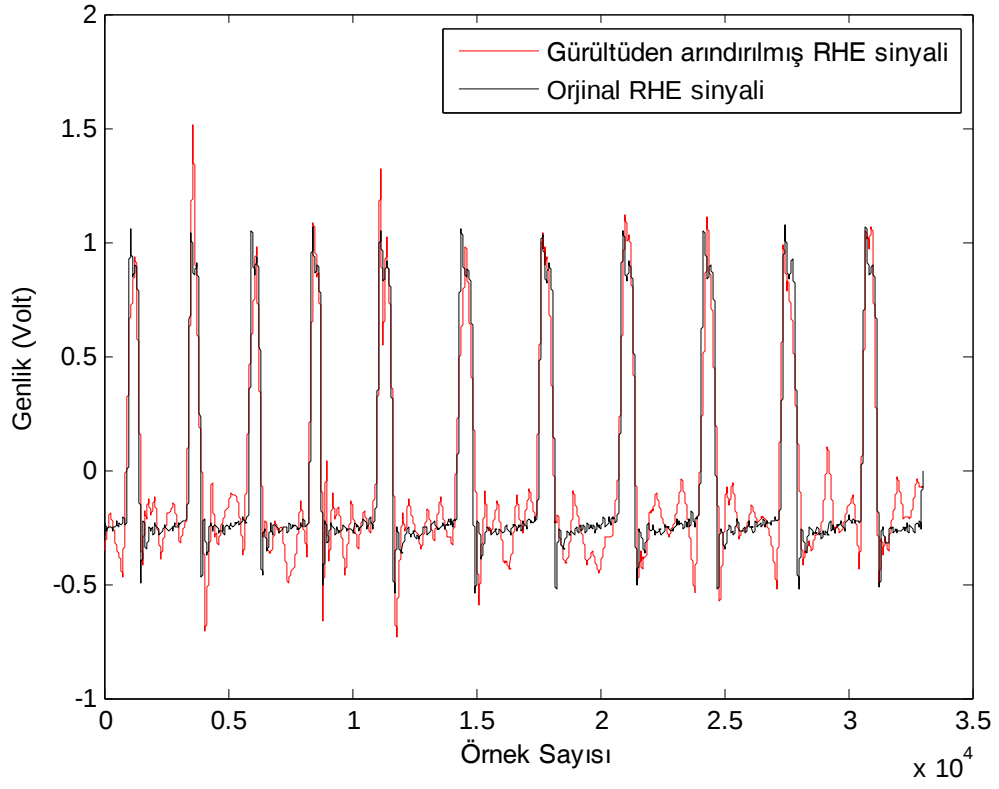


Şekil 5.29. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

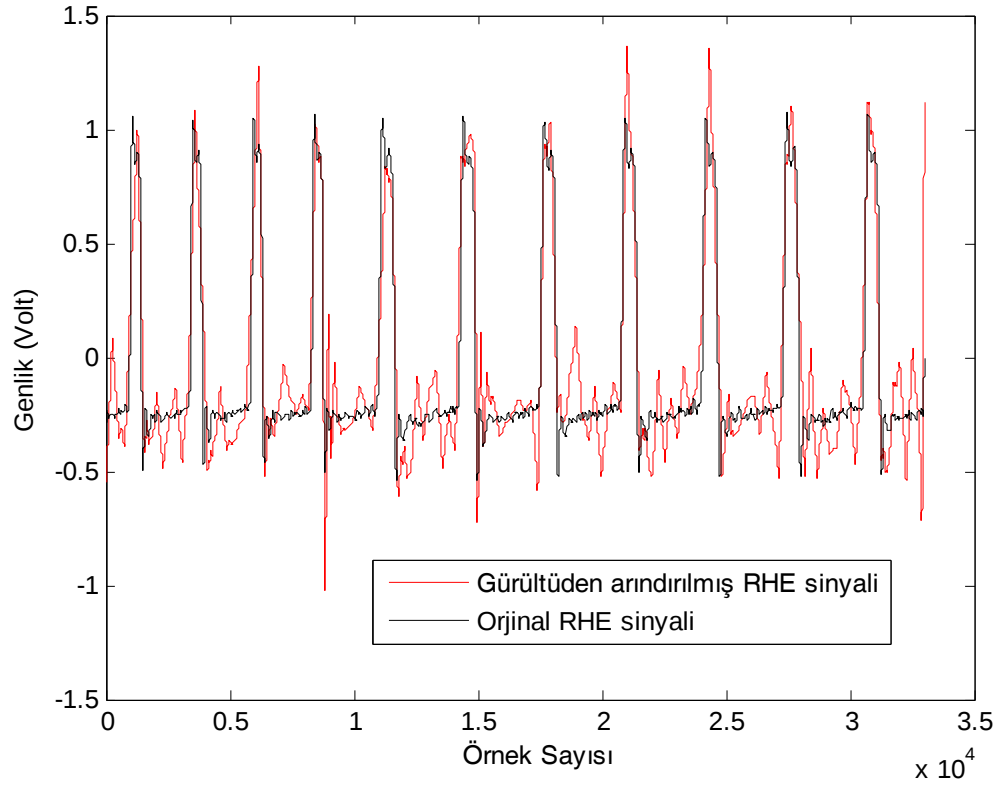


Şekil 5.30. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

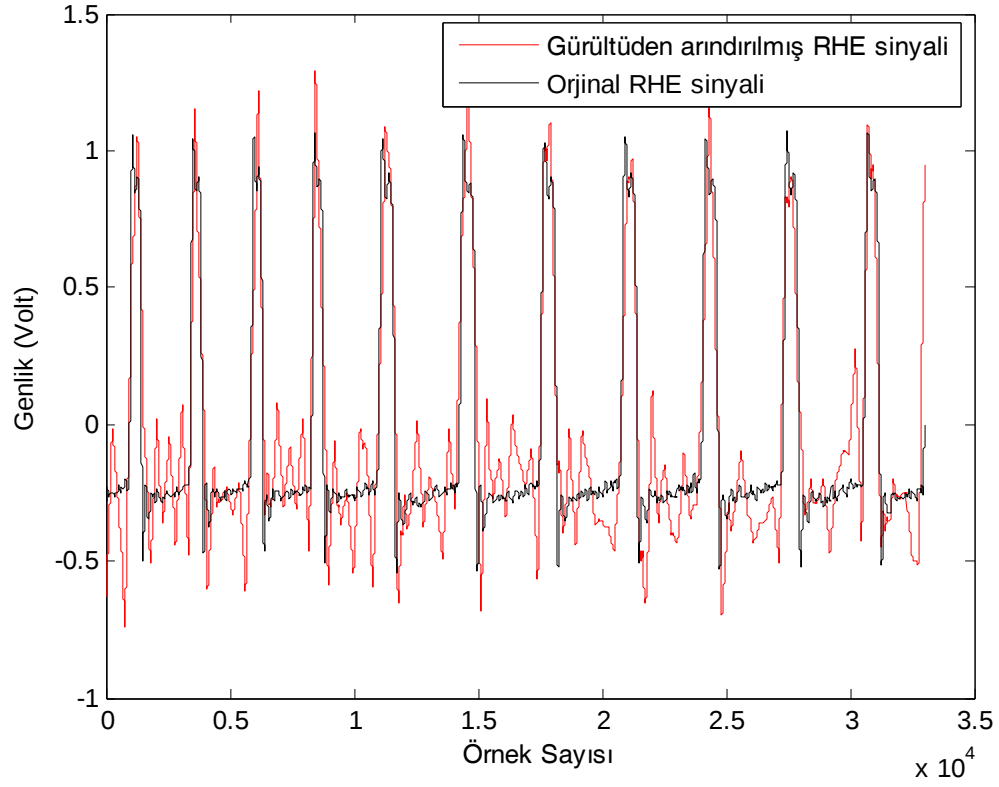
135 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali Şekil 4.12’de verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen DD ve SBE tabanlı yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.31-5.34)’de gösterilmiştir.



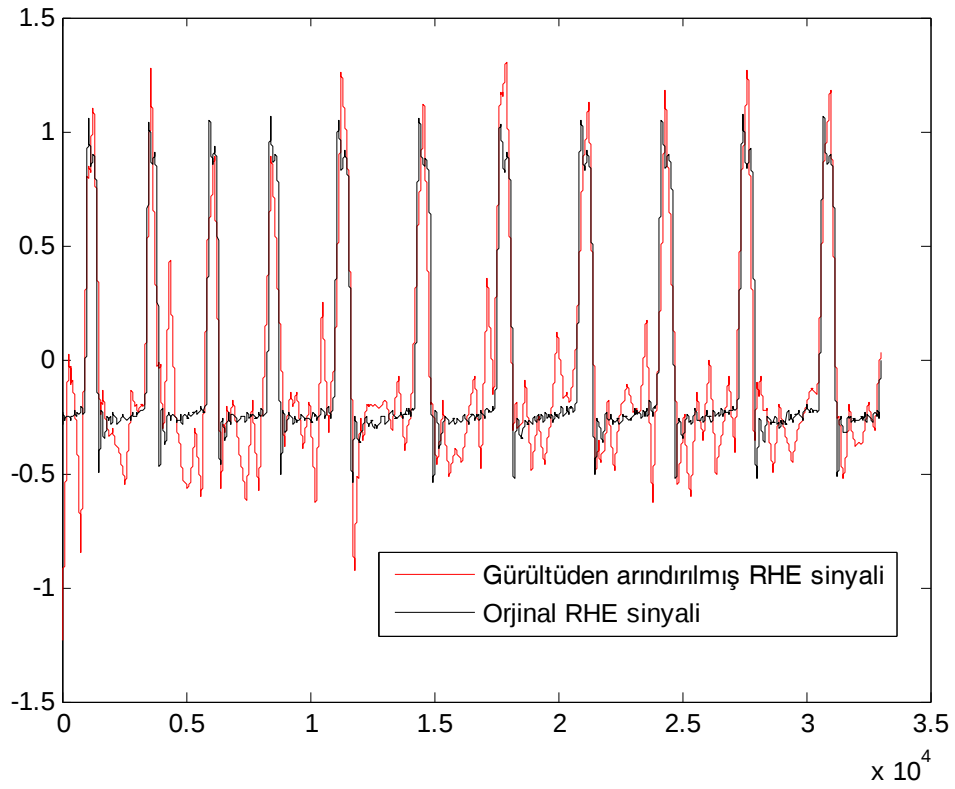
Şekil 5.31. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.32. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

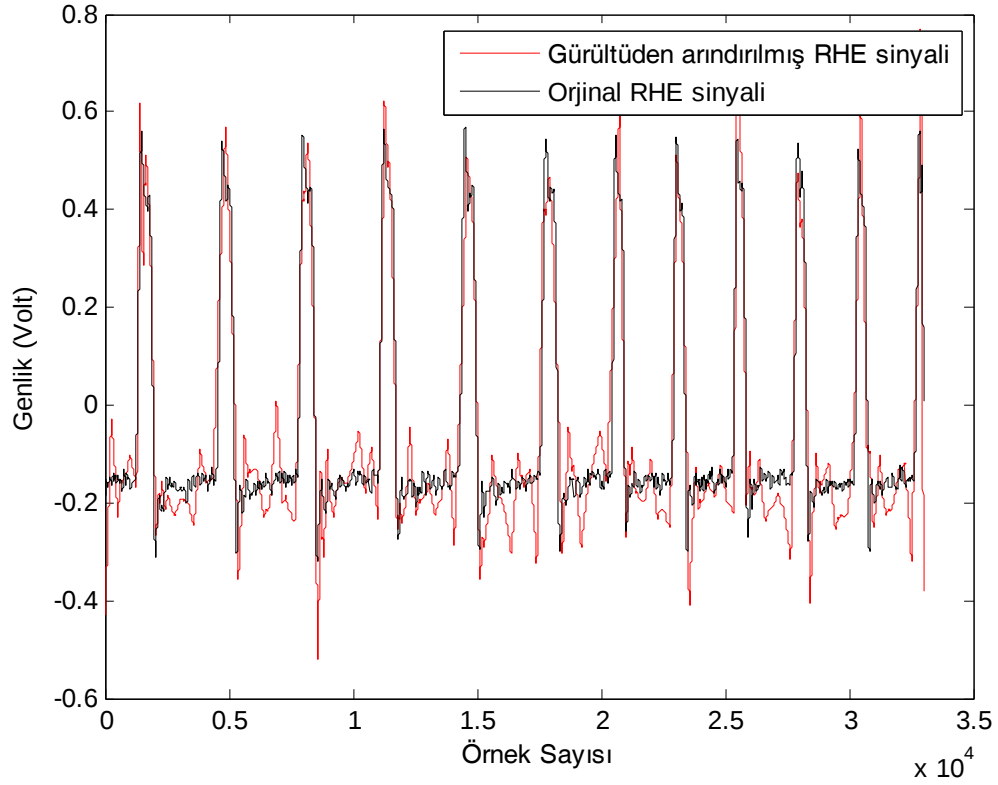


Şekil 5.33. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

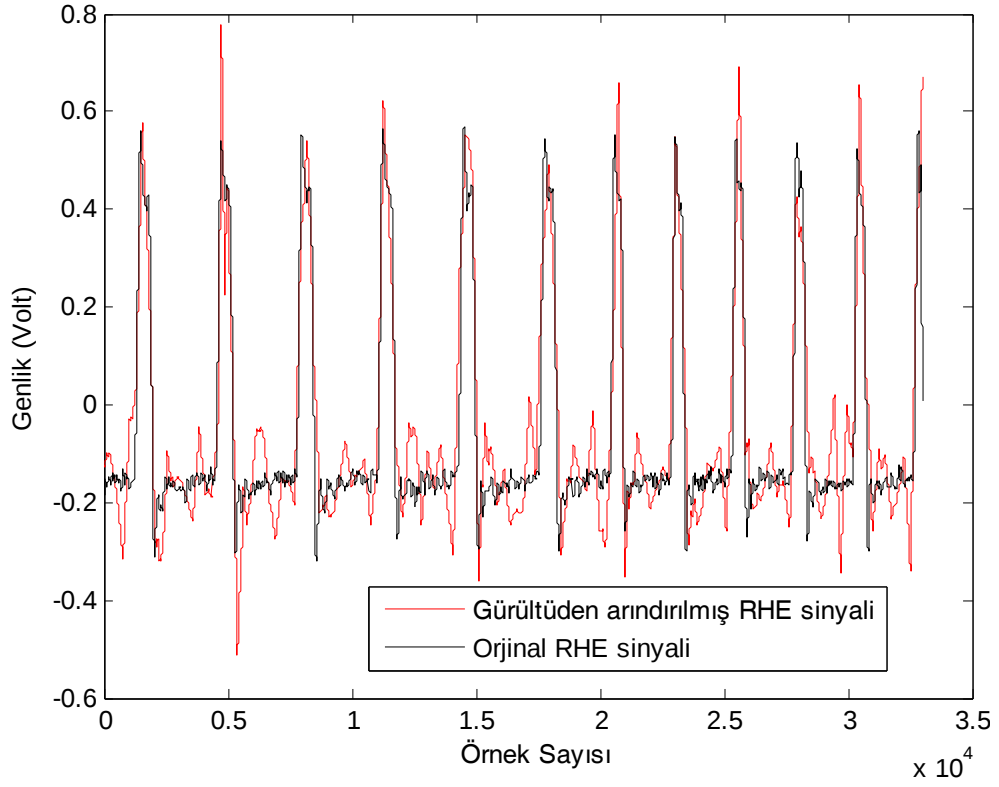


Şekil 5.34. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

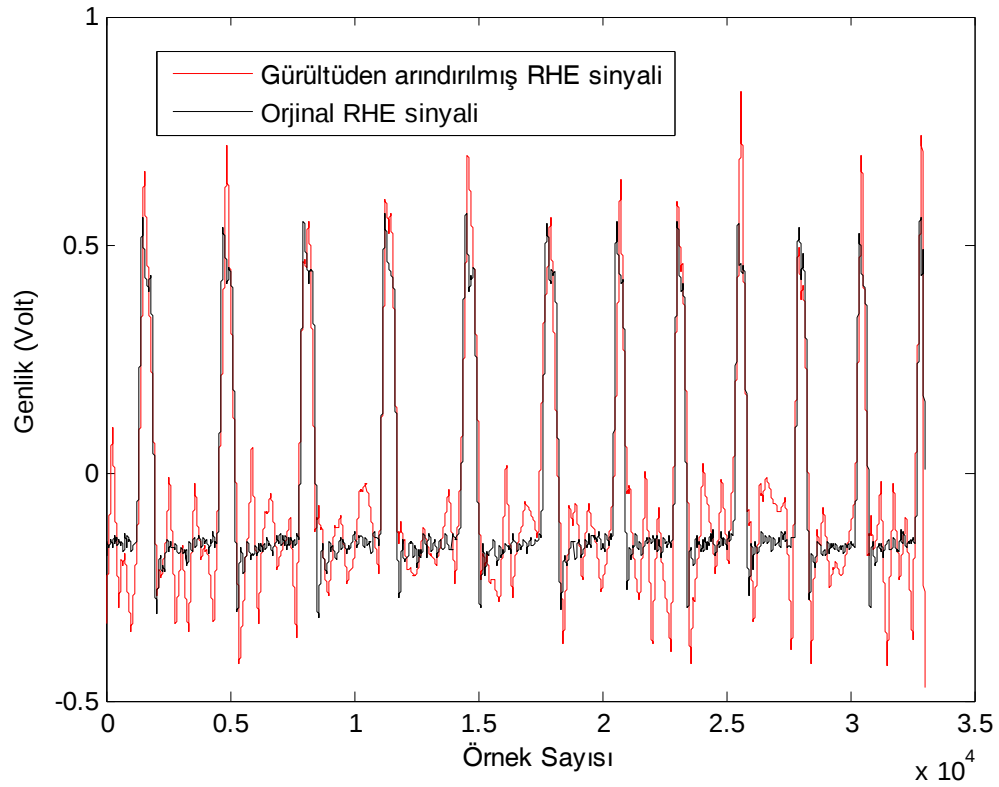
Şekil 4.13’de, 180 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale sırasıyla -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen DD ve SBE tabanlı yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.35-5.38)’de gösterilmiştir.



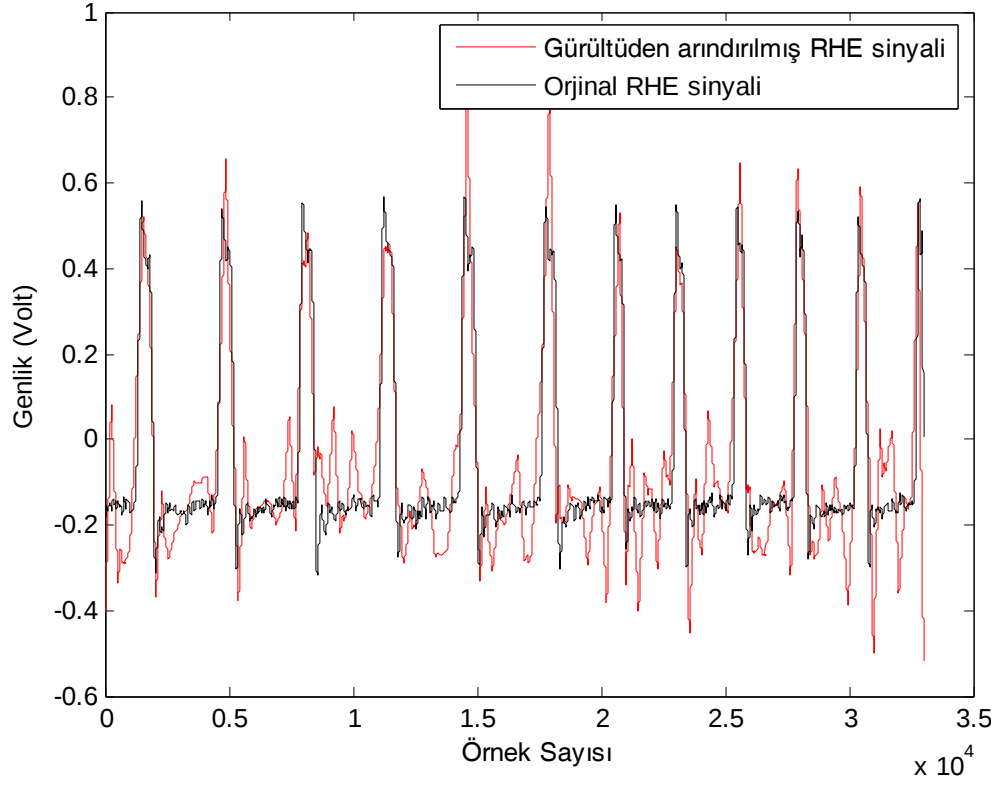
Şekil 5.35. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.36. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

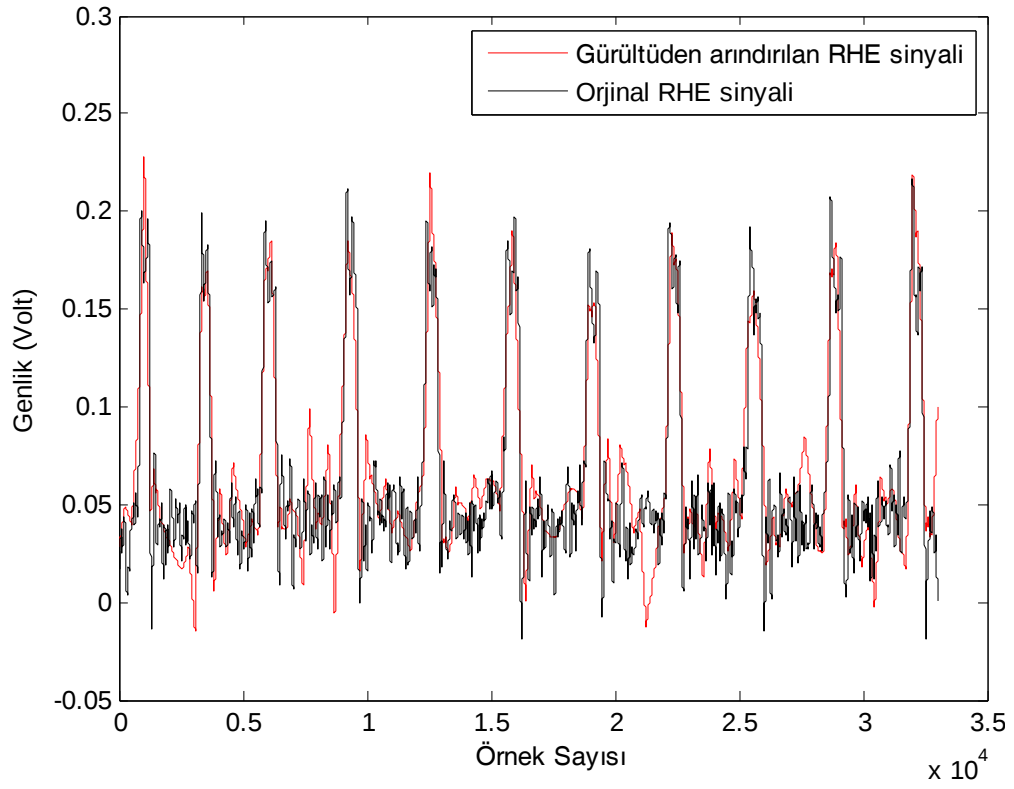


Şekil 5.37. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

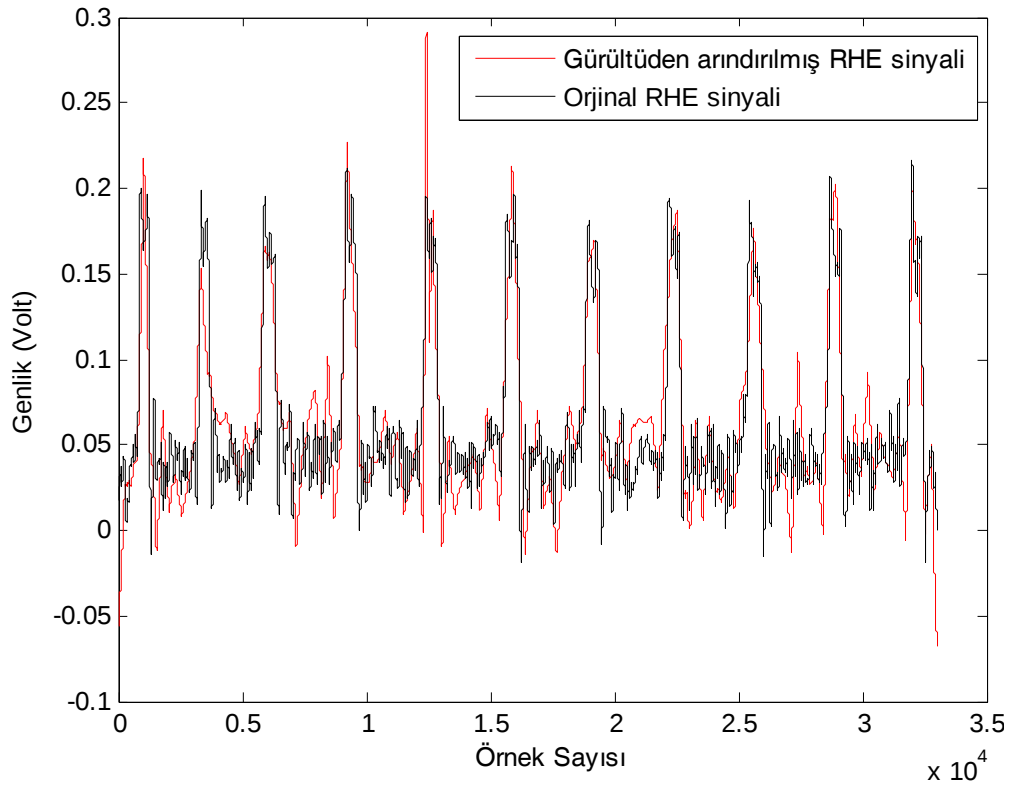


Şekil 5.38. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

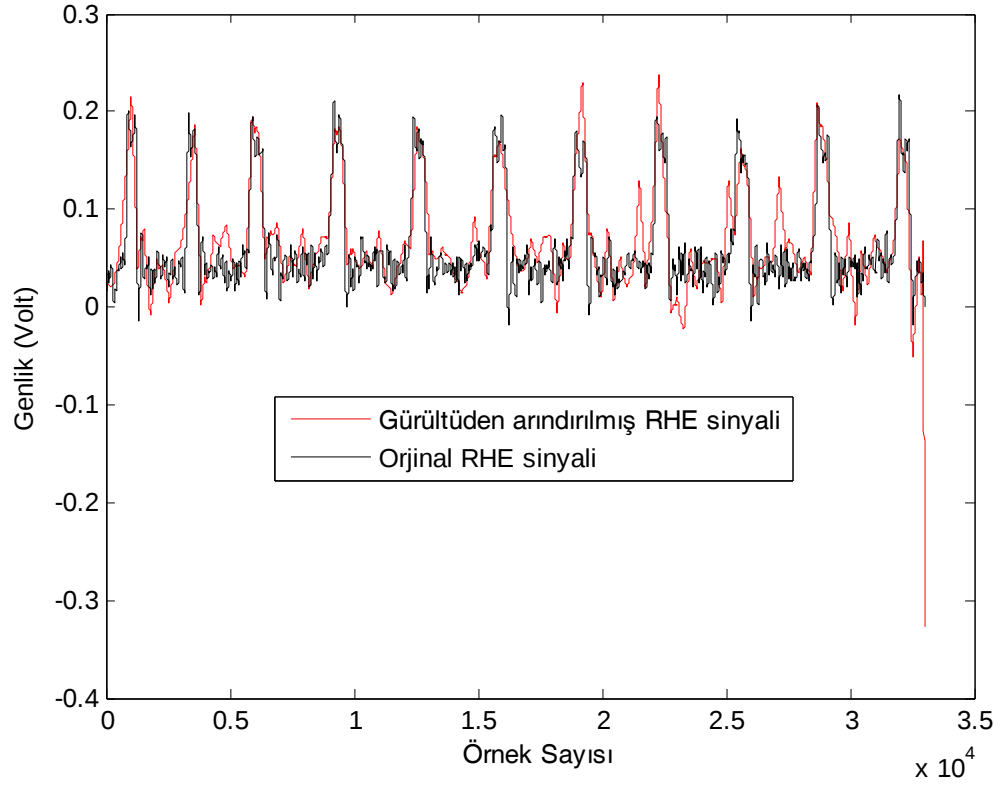
90 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali Şekil 4.14’de verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen DD ve SBE tabanlı yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.39-5.42)’de gösterilmiştir.



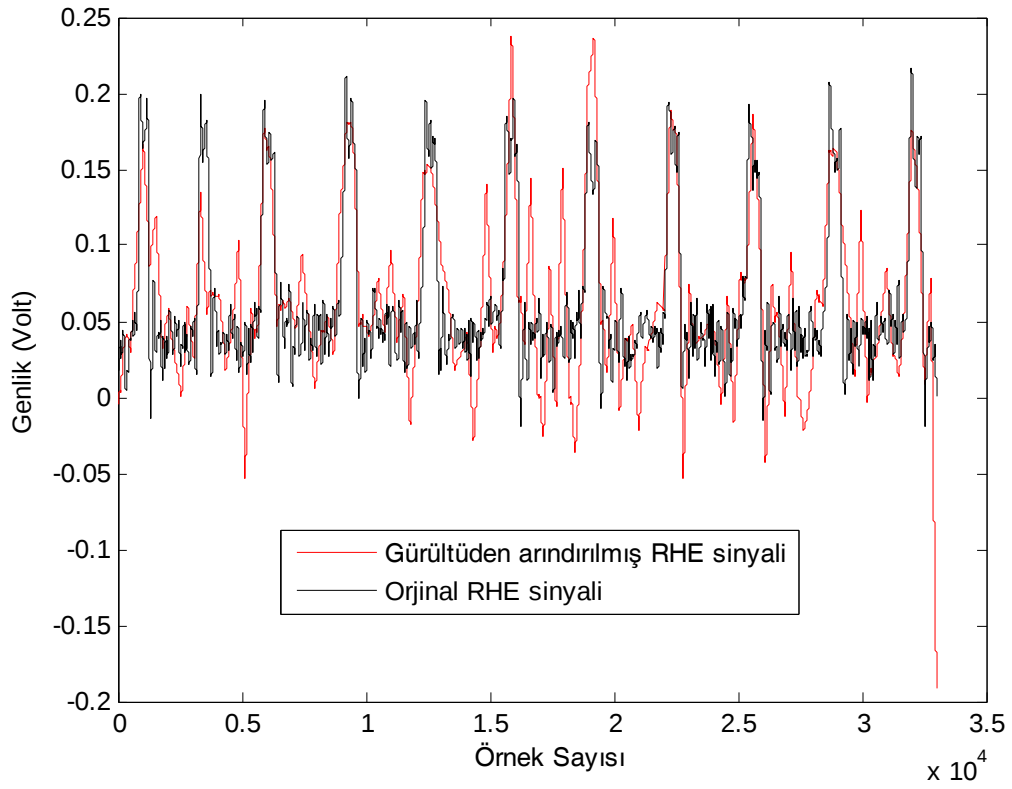
Şekil 5.39. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.40. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

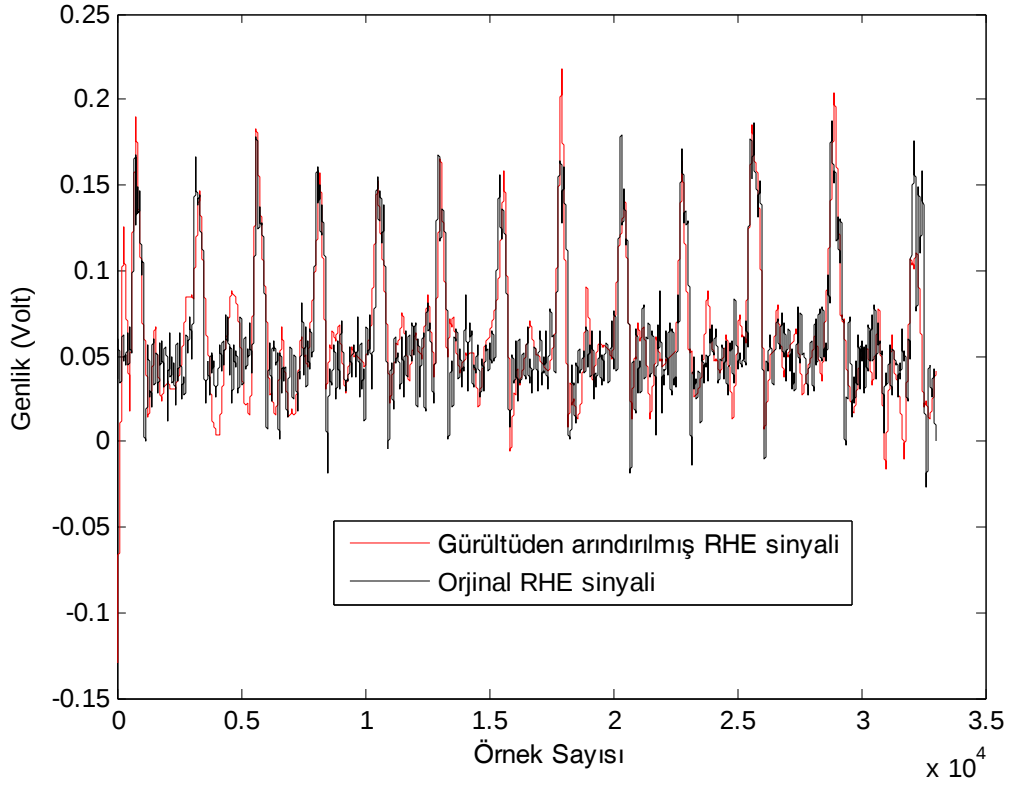


Şekil 5.41. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

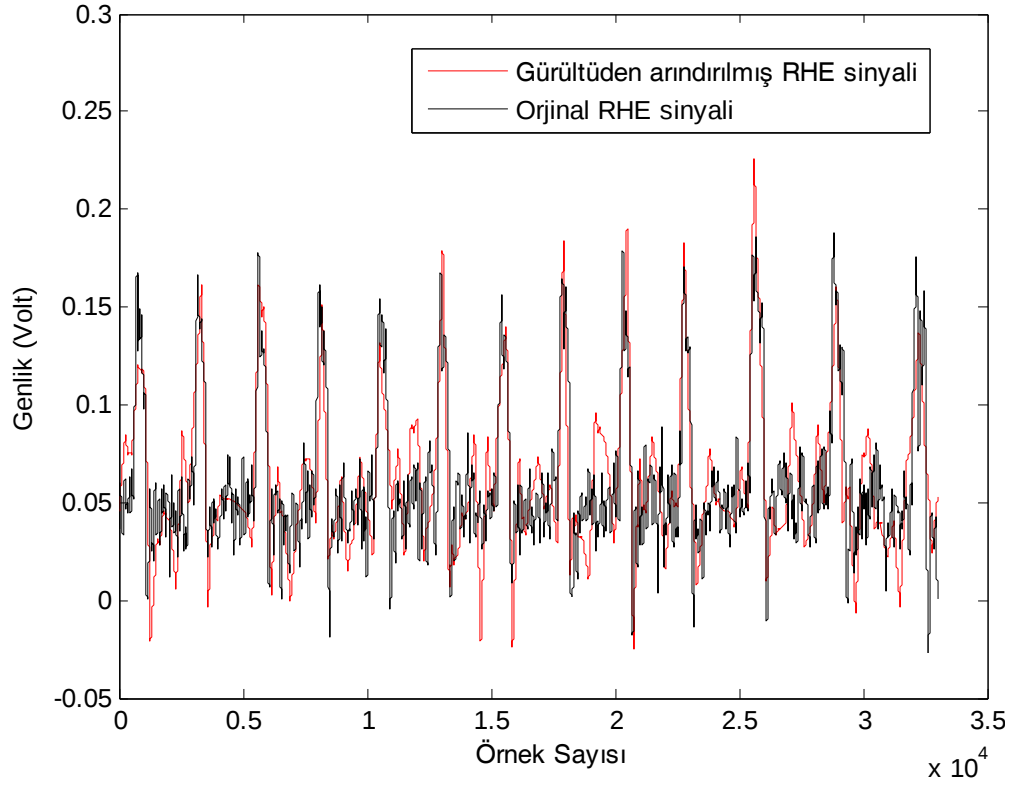


Şekil 5.42. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

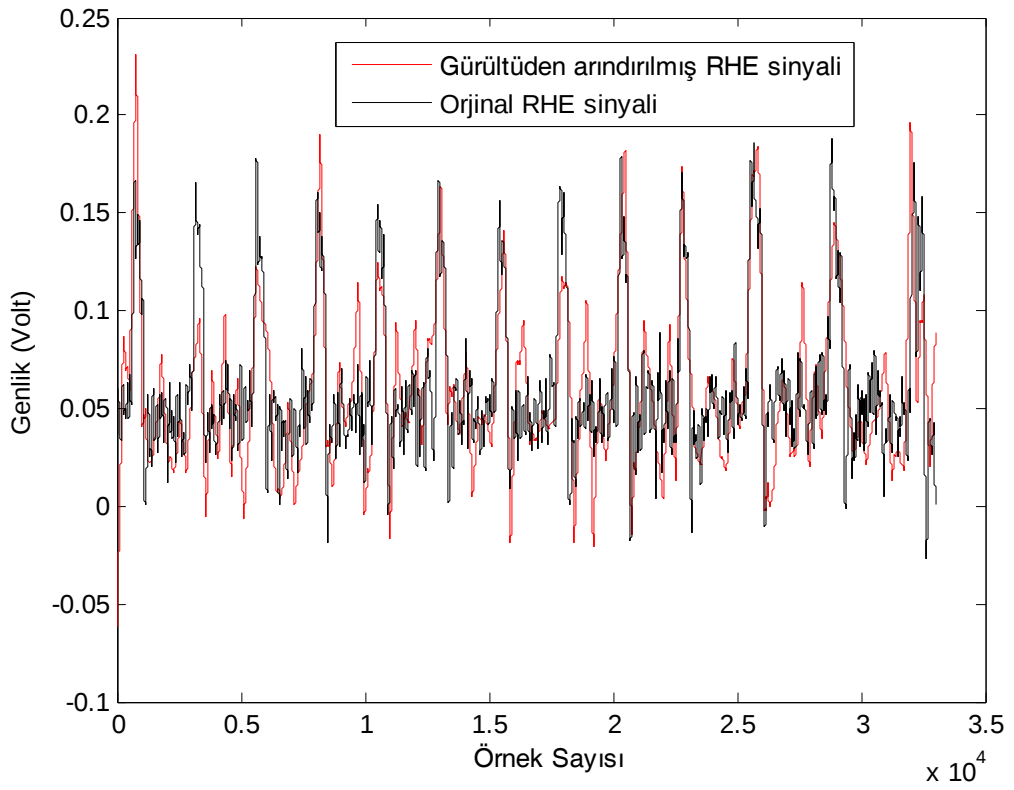
135 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali Şekil 4.15’de verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.43-5.46)’da gösterilmiştir.



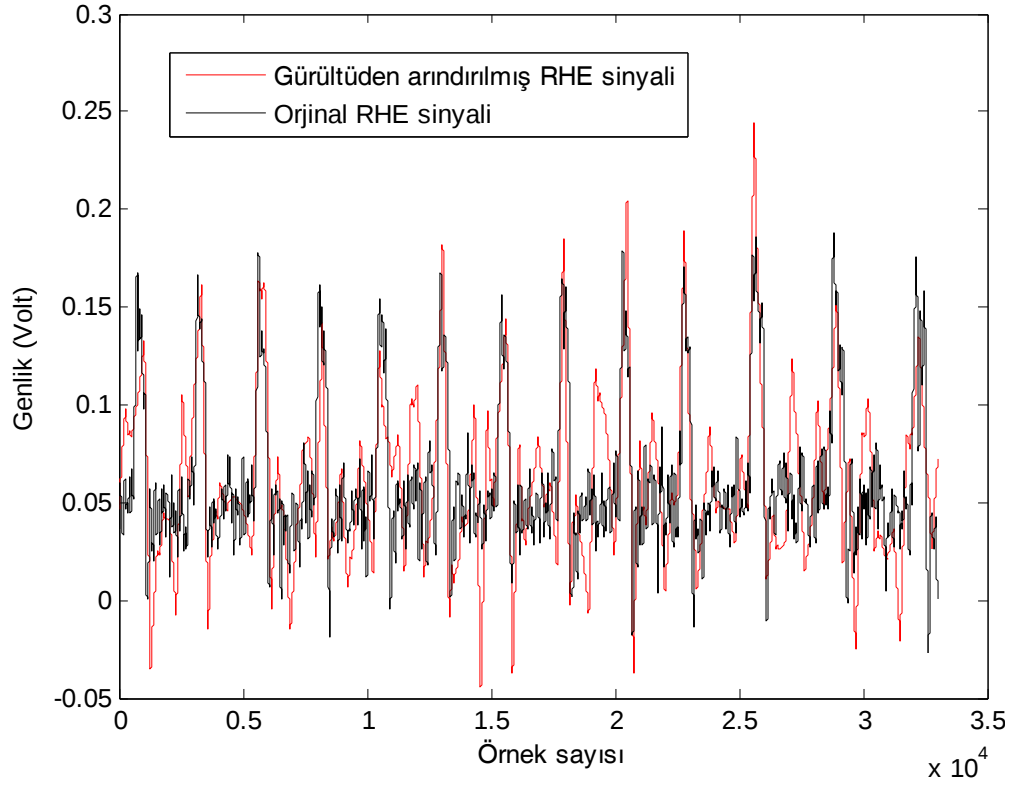
Şekil 5.43. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.44. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

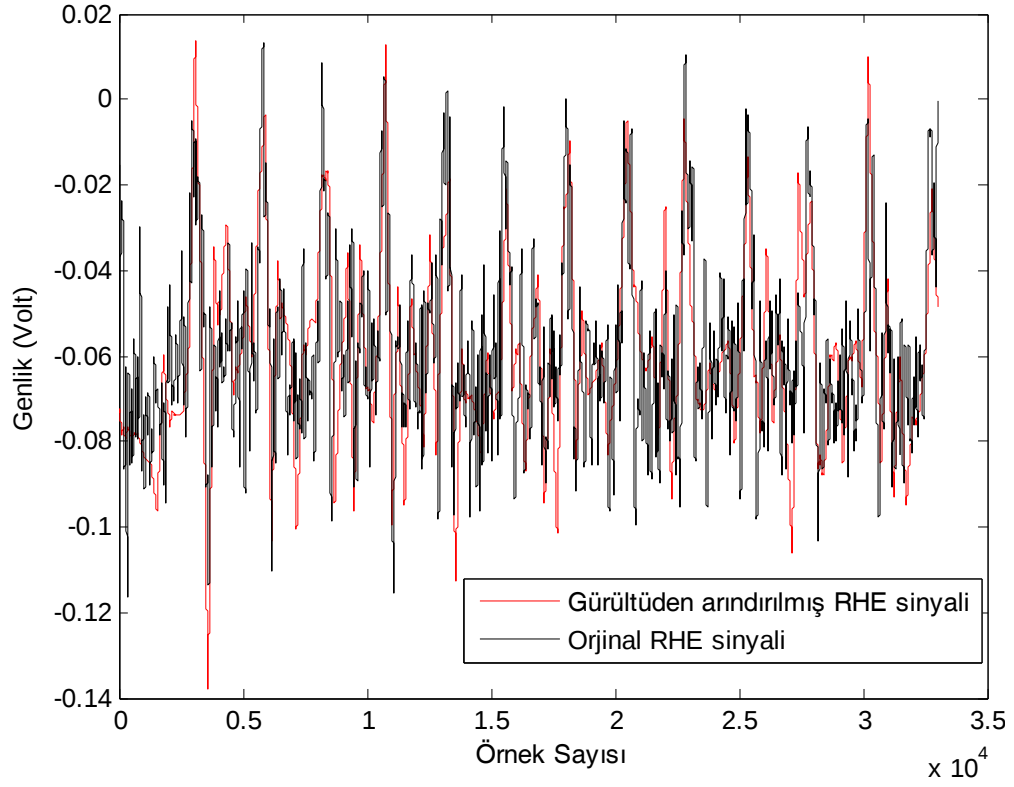


Şekil 5.45. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

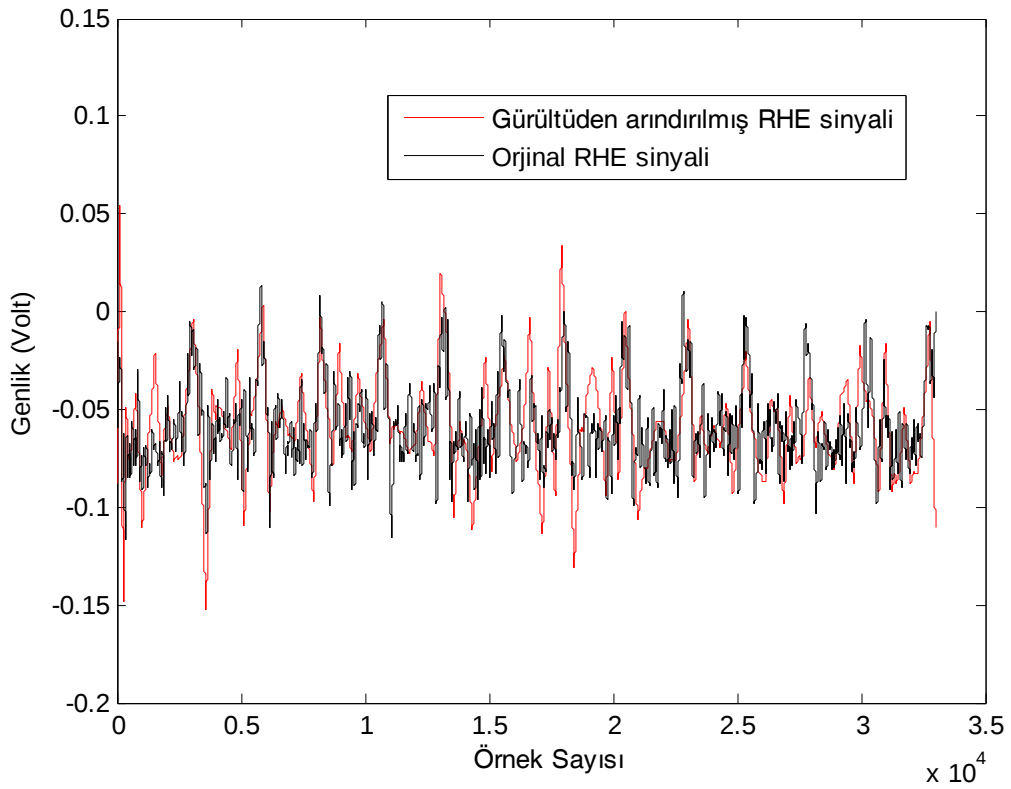


Şekil 5.46. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

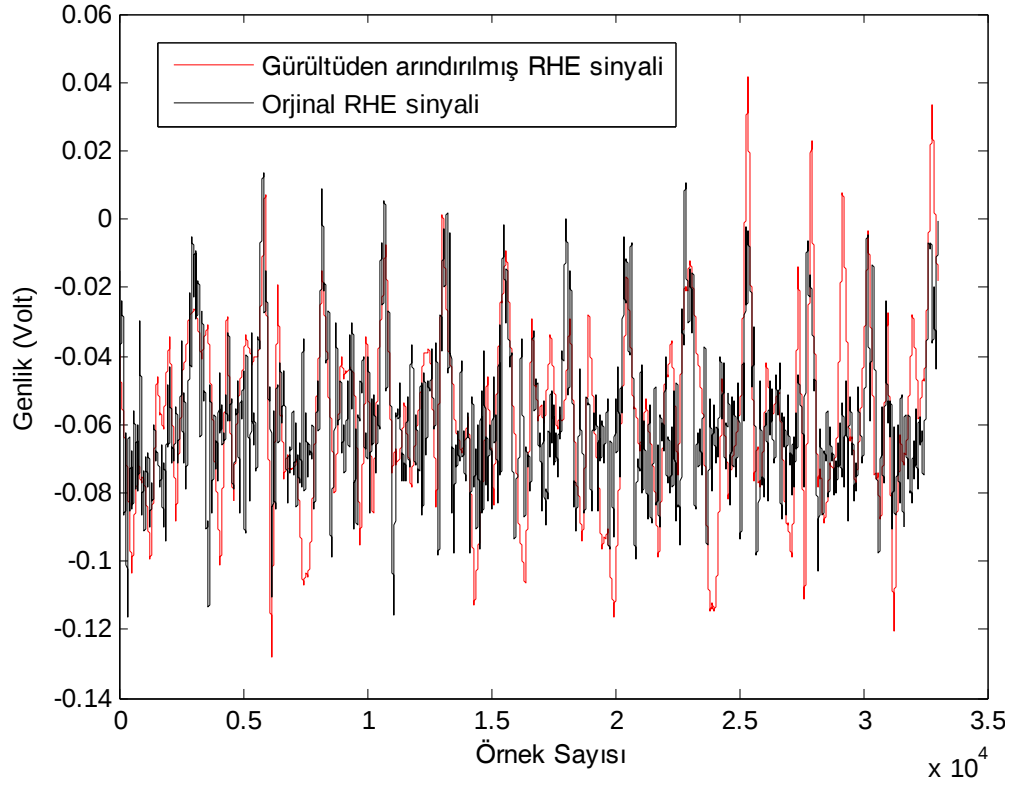
Şekil 4.16’da 180 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen DD ve SBE tabanlı yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.47-5.50)’de gösterilmiştir.



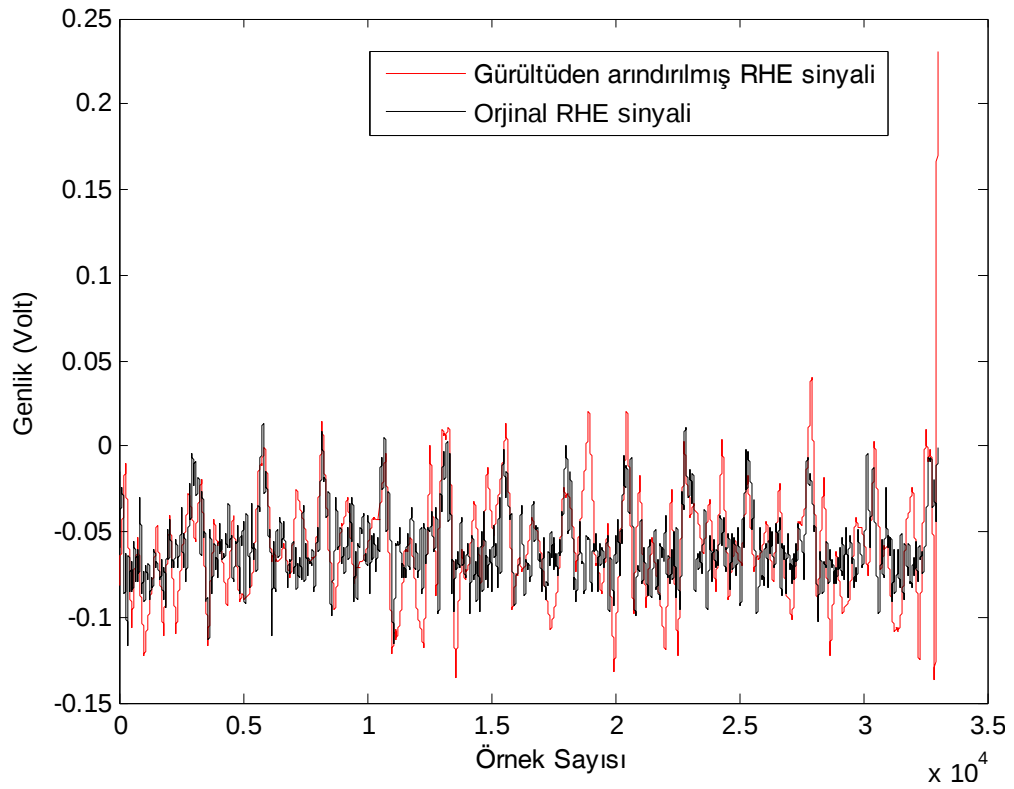
Şekil 5.47. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.48. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)



Şekil 5.49. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)



Şekil 5.50. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

Yine bir önceki yöntemde elde edilen sonuçlara paralel olarak, bu yöntemde de gürültülü RHE sinyallerinin gürültüden tamamen arındırılmadığı ve SGO oranının negatif yönde artırılması ile birlikte başarımın düştüğü görülmektedir. Ayrıca yine hedef mesafesi arttığı zaman RHE sinyallerinin genlik değerlerinin düştüğü de anlaşılmaktadır.

Tablo 5.3. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri

Metal Plaka Hedefi			Küre Hedefi		
90cm			90cm		
SGO(dB)	OKHK	KK	SGO(dB)	OKHK	KK
-10	0.1595	0.9394	-10	0.0240	0.8784
-12	0.1668	0.9339	-12	0.0269	0.8519
-13	0.1767	0.9249	-13	0.0304	0.8183
-15	0.2206	0.8935	-15	0.0364	0.7503
135cm			135cm		
-10	0.1482	0.9372	-10	0.0253	0.7767
-12	0.1635	0.9262	-12	0.0255	0.7683
-13	0.1812	0.9085	-13	0.0288	0.7259
-15	0.2031	0.8907	-15	0.0313	0.6859
180cm			180cm		
-10	0.0760	0.9453	-10	0.0174	0.6615
-12	0.0870	0.9254	-12	0.0213	0.5595
-13	0.0979	0.9136	-13	0.0226	0.5484
-15	0.1115	0.8840	-15	0.0269	0.5018

Her iki hedefe ait, gürültüden arındırılmış RHE sinyali için hesaplanan OKHK ve KK değerleri Tablo 5.3’de verilmiştir. Tablodan, gürültü belirli oranlarda artırıldığı zaman sinyalin tekrar geri elde edilmesindeki başarımının azaldığı görülmektedir. Örneğin küre hedefi 90 cm mesafedeyken -10dB’de KK değeri 0.8784 iken -15dB değeri için KK 0.7503 olmaktadır. Metal hedefi 90 cm uzaklıkta ve gürültü oranı -10 dB değerinde iken KK 0.9394 oranında başarım sağlıyor. Ama aynı hedef 135 cm mesafede aynı gürültüye tabi tutulursa KK değeri 0.9372 olmaktadır. Küre hedefinde ise 180 cm için ve -10 dB gürültü oranında KK 0.6615 civarında oluyor. Buradan, küre hedefinden elde edilen RHE

sinyalleri metal hedefinden elde edilen RHE sinyallerine göre genliği daha düşük olup düzensiz bir yapıya sahiptir sonucu çıkarılabilir. Bu sebeple gürültüden arındırılırken başarımları metal hedefine göre daha azdır. Bir diğer sonuç ise, her hedef için mesafe ve gürültü birlikte artırıldığı zaman sinyalin geri elde edilmesinde performansın düştüğü Tablo 5.3’den anlaşılmaktadır.

5.3. Dalgacık Paket Dönüşümü ve Bulanık S-fonksiyon Eşikleme ile Zayıf Radar Sinyallerinde Gürültü Arındırma

Bu bölümde, önceki bölümlerden farklı olarak zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırabilmek için DPD ve Bulanık s-fonksiyon Eşikleme tabanlı bir yöntem verilmiştir. Yine bu yöntemde de gürültülü radar sinyallerine ilk önce DD uygulanarak yaklaşık ve detay katsayıları elde edilir. Bu eşikleme yönteminde, eşikleme fonksiyonuna ait sabit “ a ” ve sabit “ b ” değerlerini kullanmak yerine en iyi korelasyon katsayı değerini buluncaya kadar “ a ” ve “ b ” değeri değiştirilerek orijinal sinyale yakın bir sinyal elde edilmeye çalışılır.

5.3.1. Metodoloji

Adım 1: Önerilen yöntemin ilk adımını RHE sinyallerinin örneklenmesi oluşturmaktadır. Diğer yöntemlere paralel olarak burada da RHE sinyalleri 44100 örnek olacak şekilde örneklenmiştir.

Adım 2: Yeniden örneklenen orijinal RHE sinyaline gürültü eklenerek gürültülü RHE sinyali elde edilir.

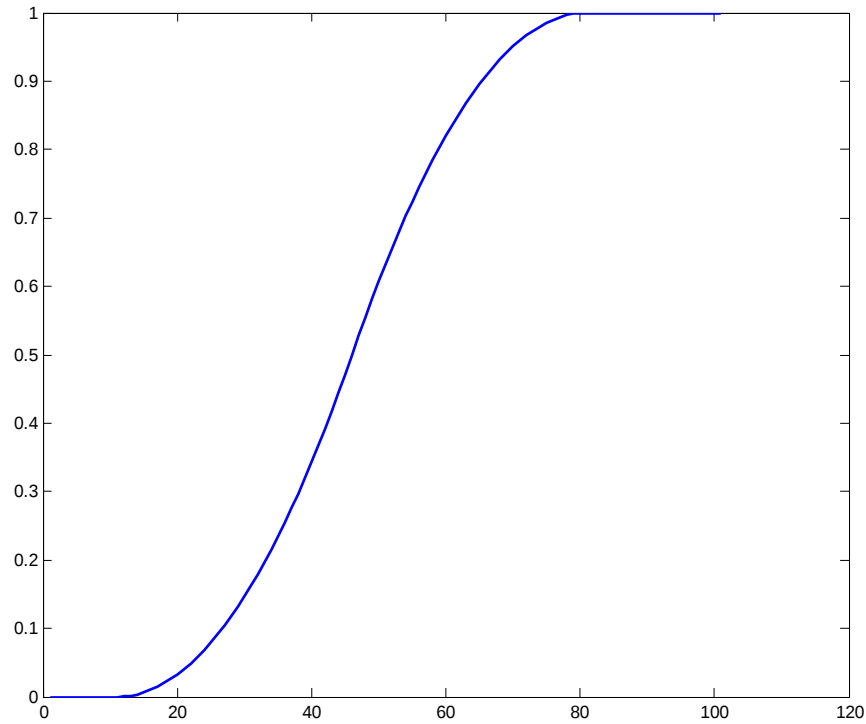
Adım 3: Gürültülü RHE sinyaline DPD uygulanarak n seviyeli ayrışım gerçekleştirilir.

Adım 4: Denklem 5.3 kullanılarak gürültünün varyansı (σ^2) hesaplanır.

Adım 5: Eşik değeri Denklem 5.4 ile hesaplanır.

Adım 6: Bulanık s-fonksiyon eşiklemeye ait eşitlik Denklem 5.7’de verilmiştir. Burada “ a ” ve “ b ” s-fonksiyon parametrelerdir. Şekil 5.51’de $a=15$ ve $b= 80$ için bir s-fonksiyon çizdirilmiştir.

$$f(D_{j,k};a,b)=\begin{cases} 0 & D_{j,k} \leq a \\ 2\left(\frac{D_{j,k}-a}{b-a}\right)^2, & a \leq D_{j,k} \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{D_{j,k}-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq D_{j,k} \leq b \\ 1 & D_{j,k} \geq b \end{cases} \quad (5.7)$$

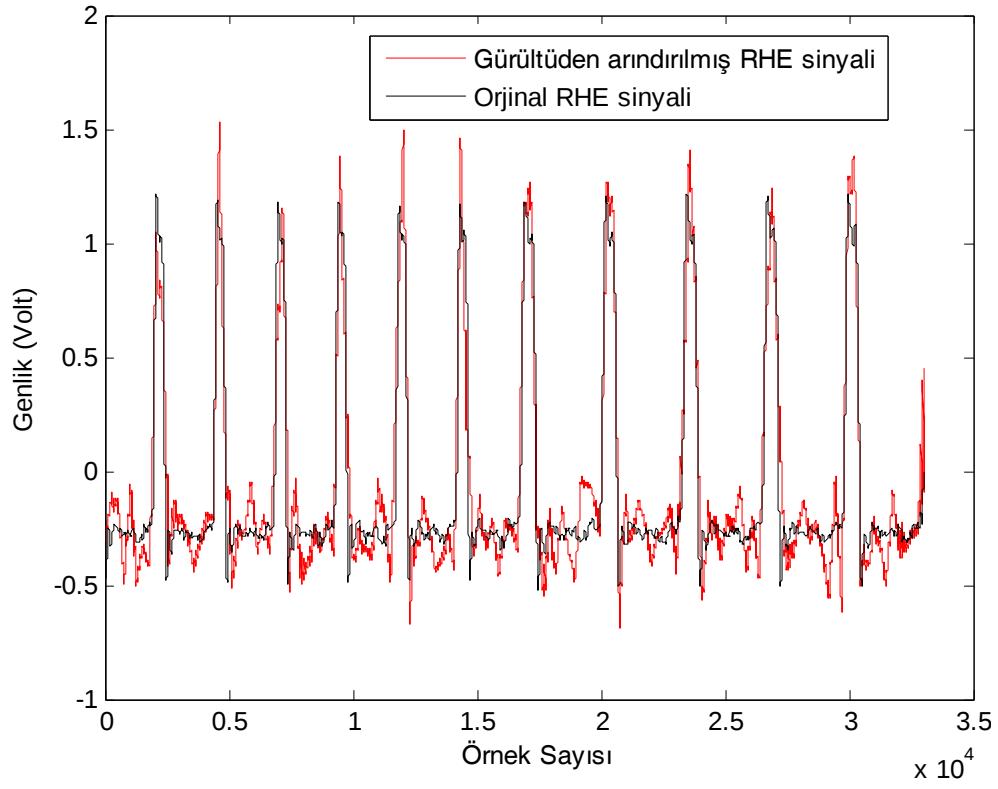


Şekil 5.51. Bulanık s-fonksiyon eşikleme.

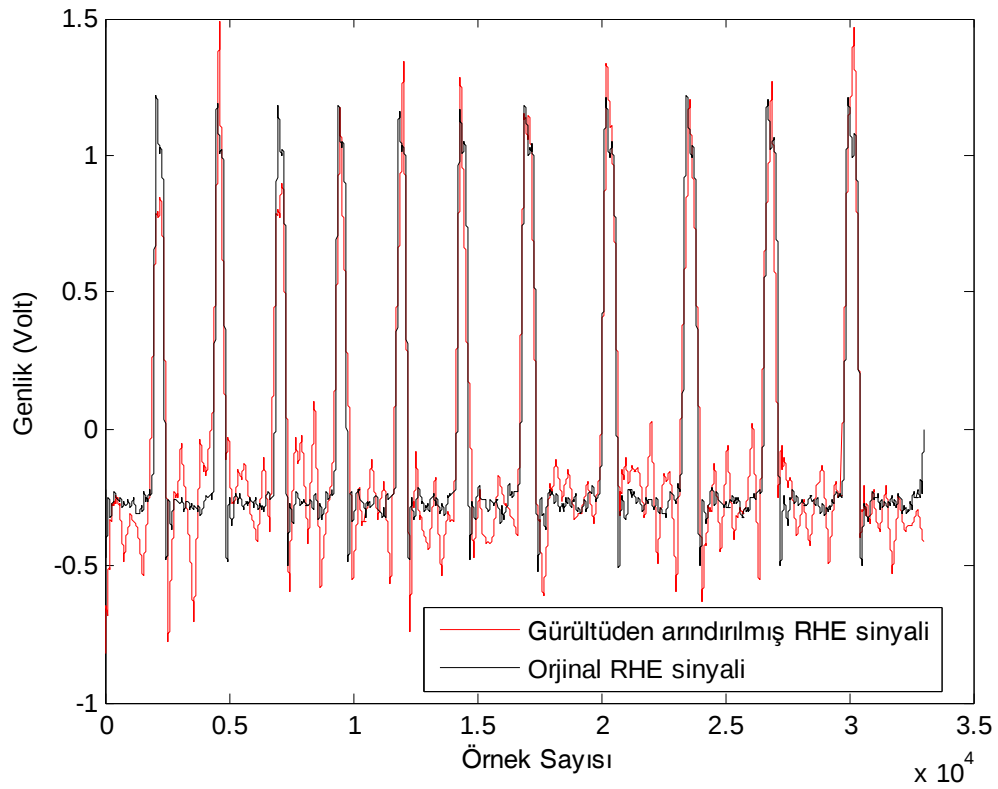
Adım 7: Denklem 5.7’deki ifadeye göre en iyi korelasyon katsayısına göre “a” ve “b” değeri hesaplanıp DD’ü sonucunda elde edilen katsayılar eşik fonksiyonundan geçirilir.

Adım 8: Eşikleme fonksiyonundan geçirildikten sonra elde kalan katsayılar tekrar birleştirilerek orijinal sinyal elde edilir.

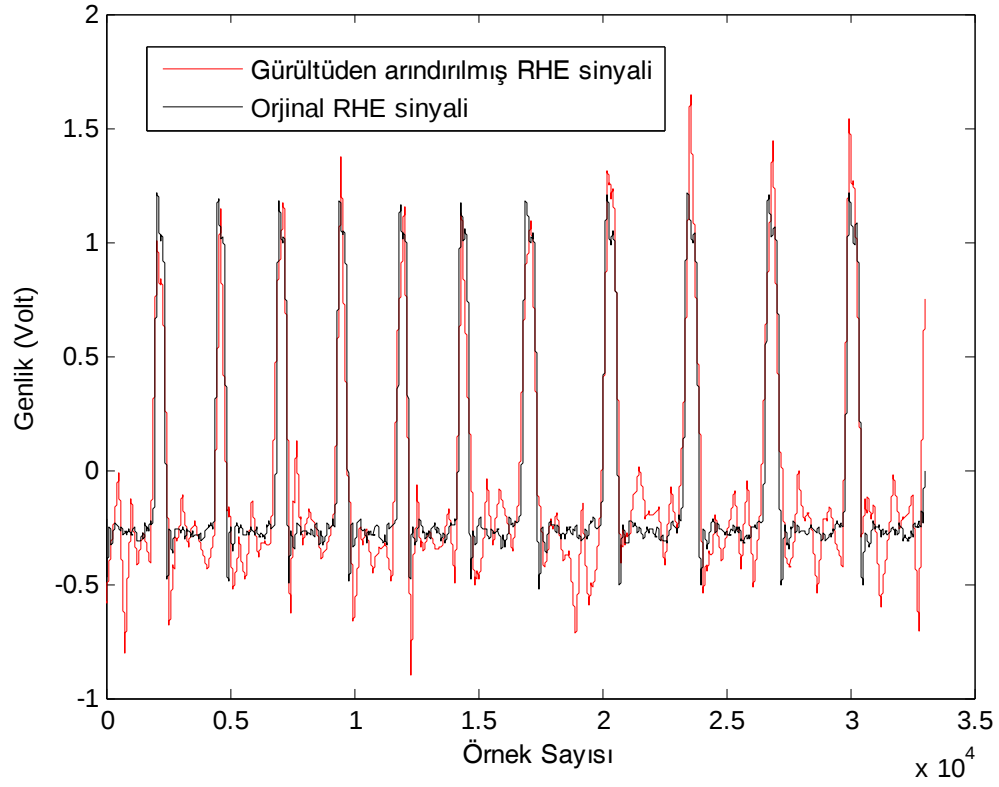
Şekil 4.11’de 90 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.52-5.55)’de gösterilmiştir.



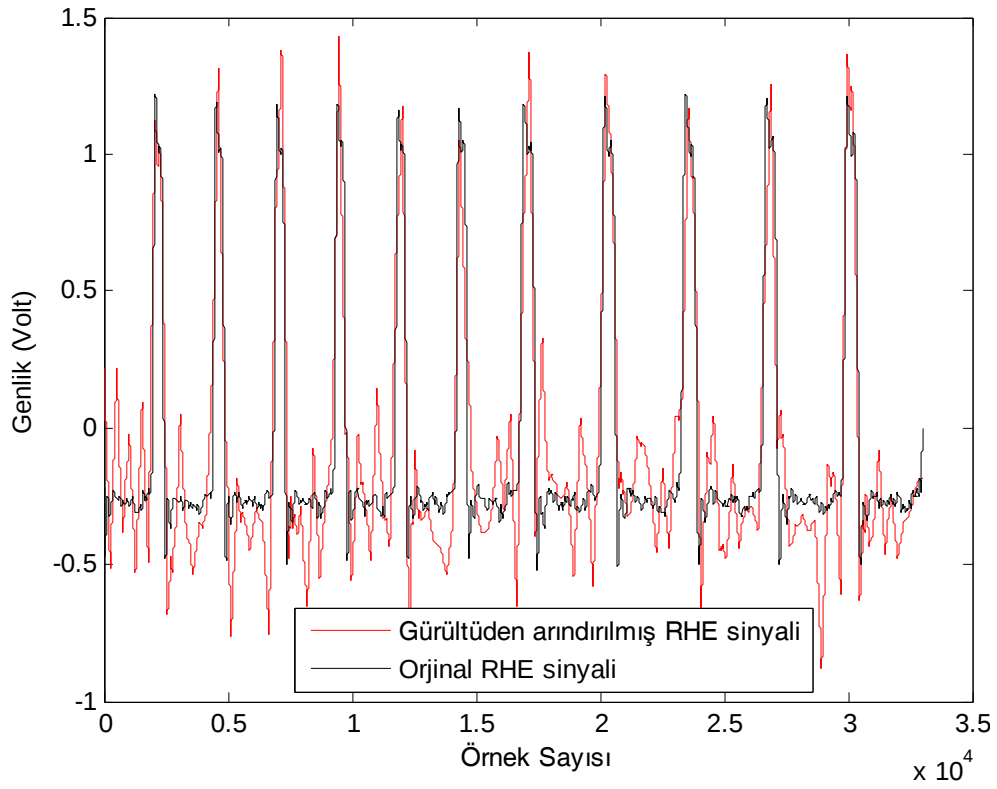
Şekil 5.52. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.53. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

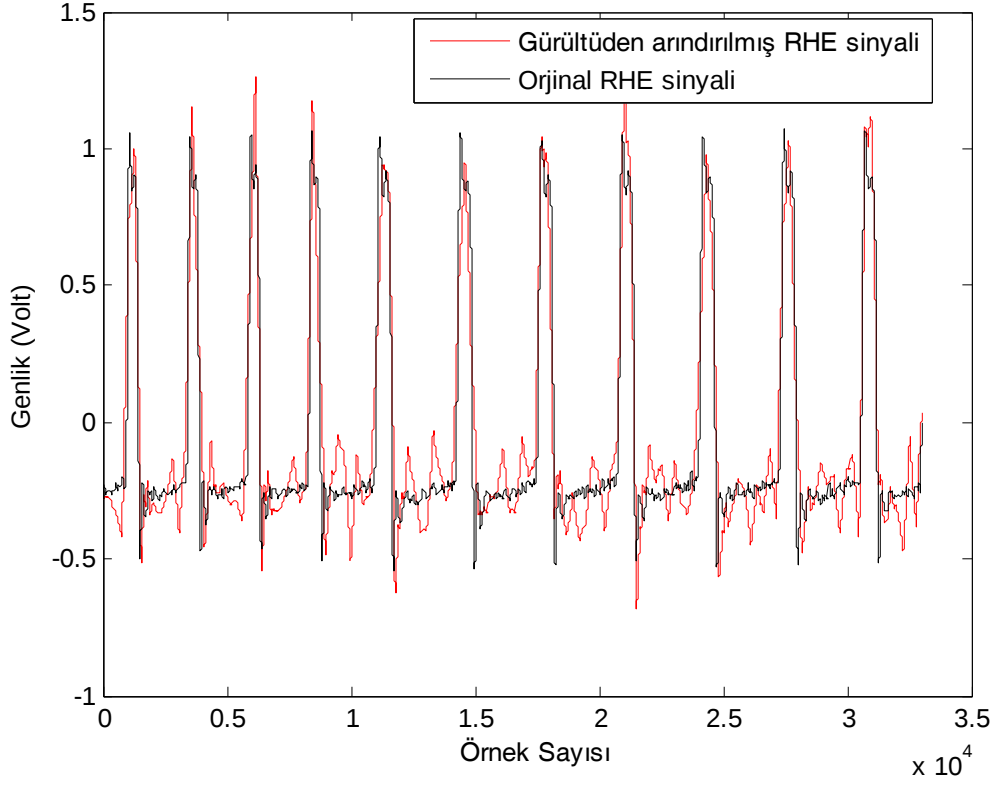


Şekil 5.54. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

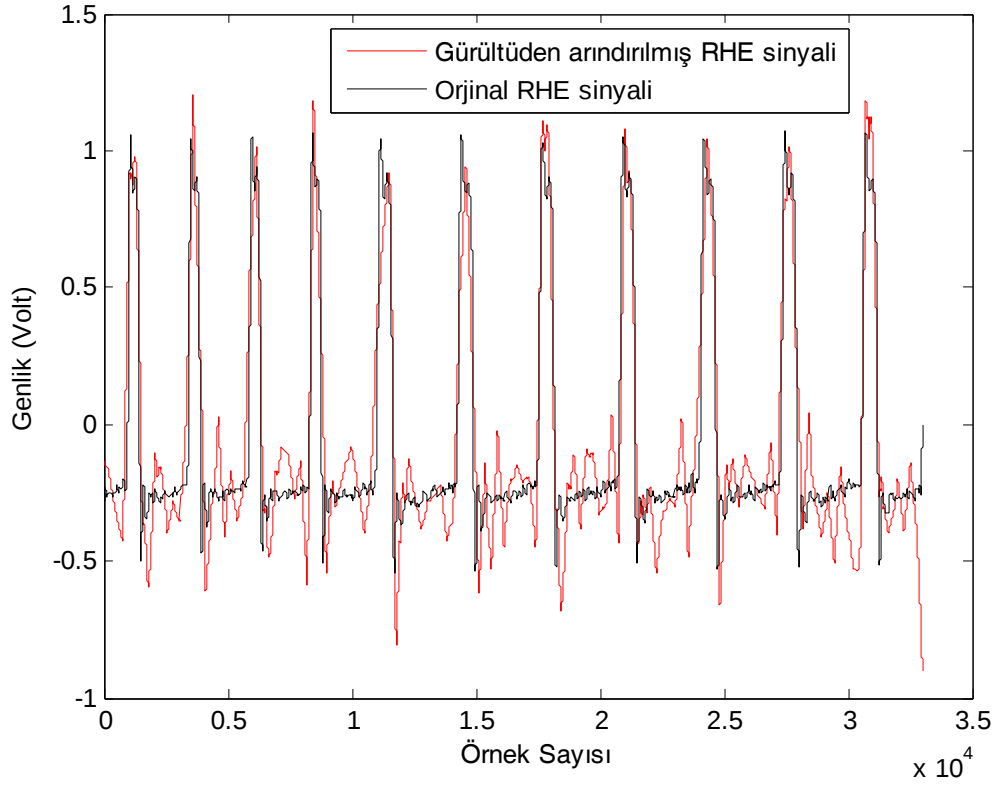


Şekil 5.55. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

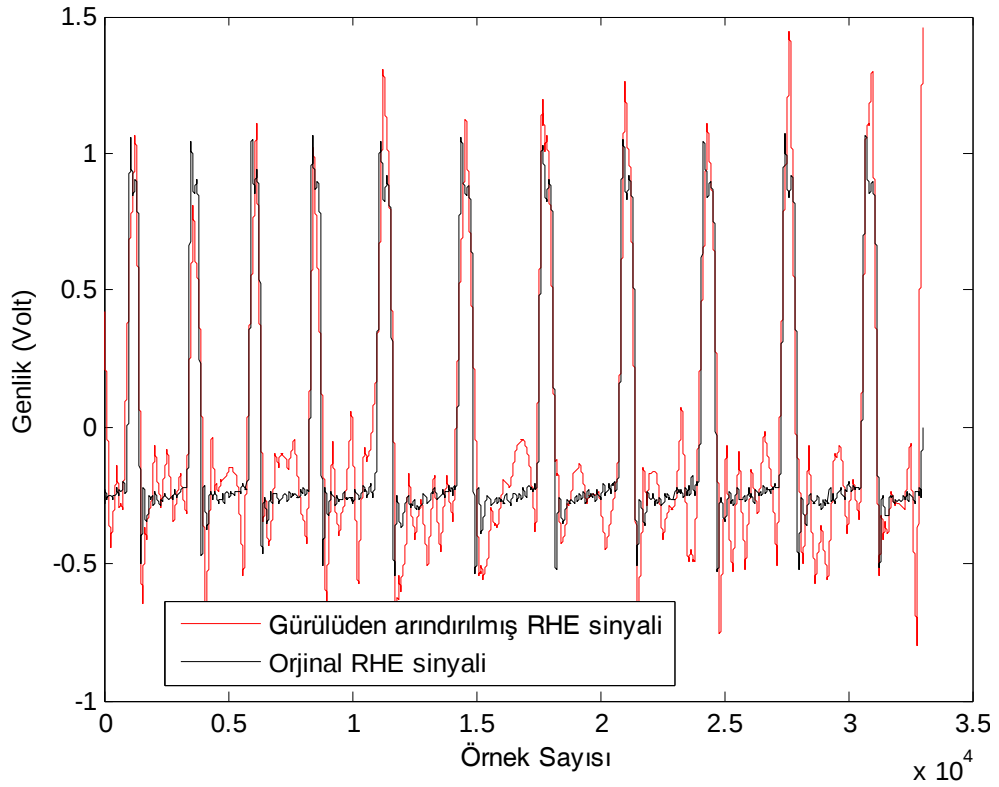
135 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için Şekil 4.12’de RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.56-5.59)’da gösterilmiştir.



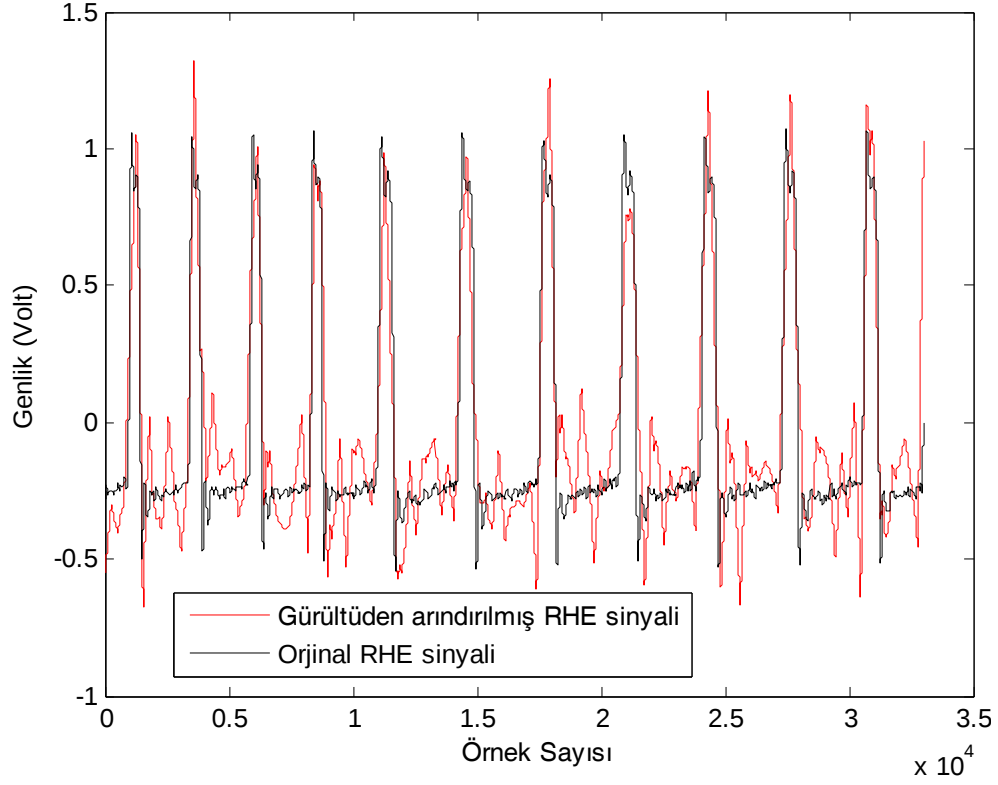
Şekil 5.56. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.57. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

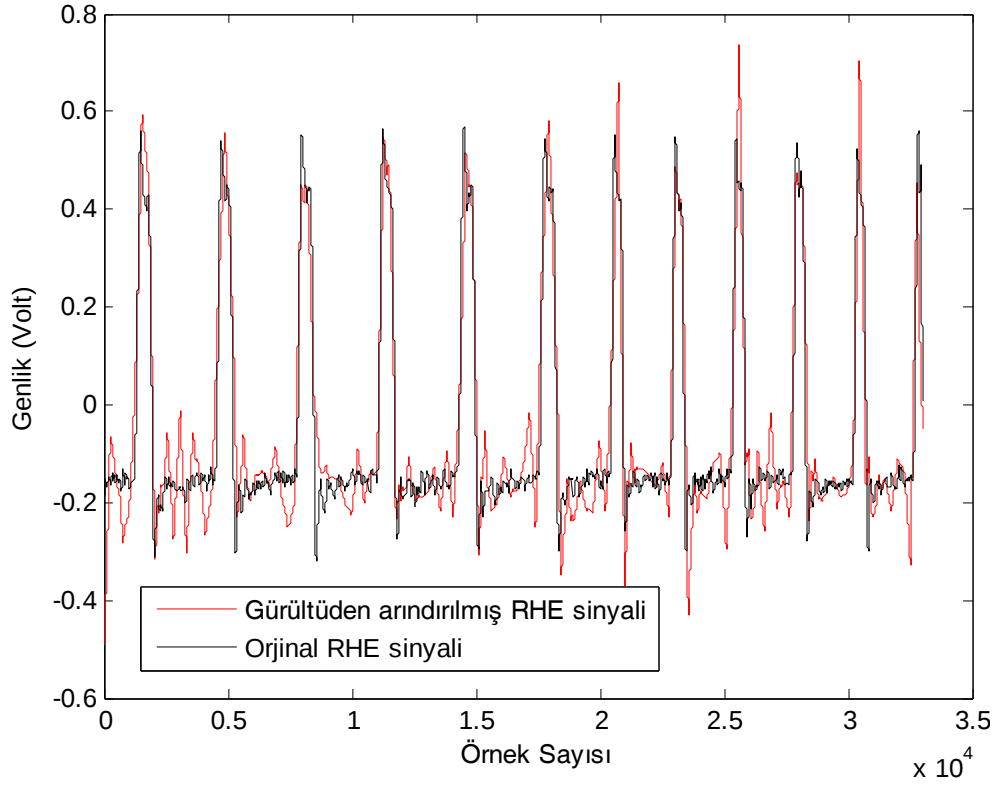


Şekil 5.58. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

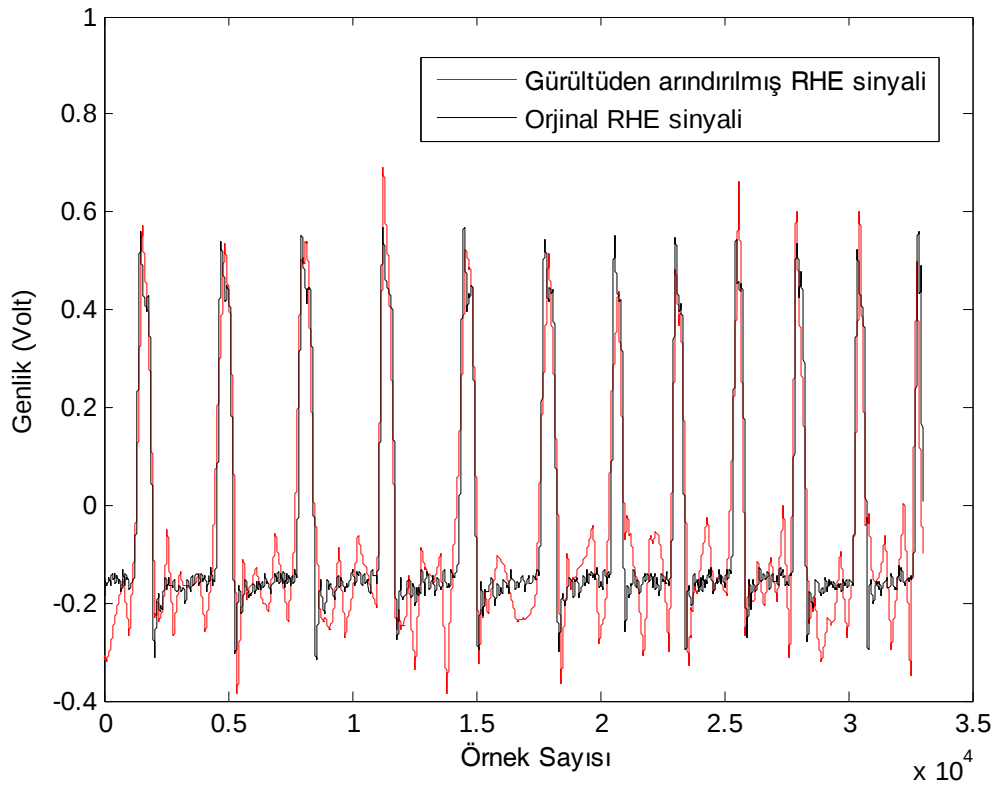


Şekil 5.59. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

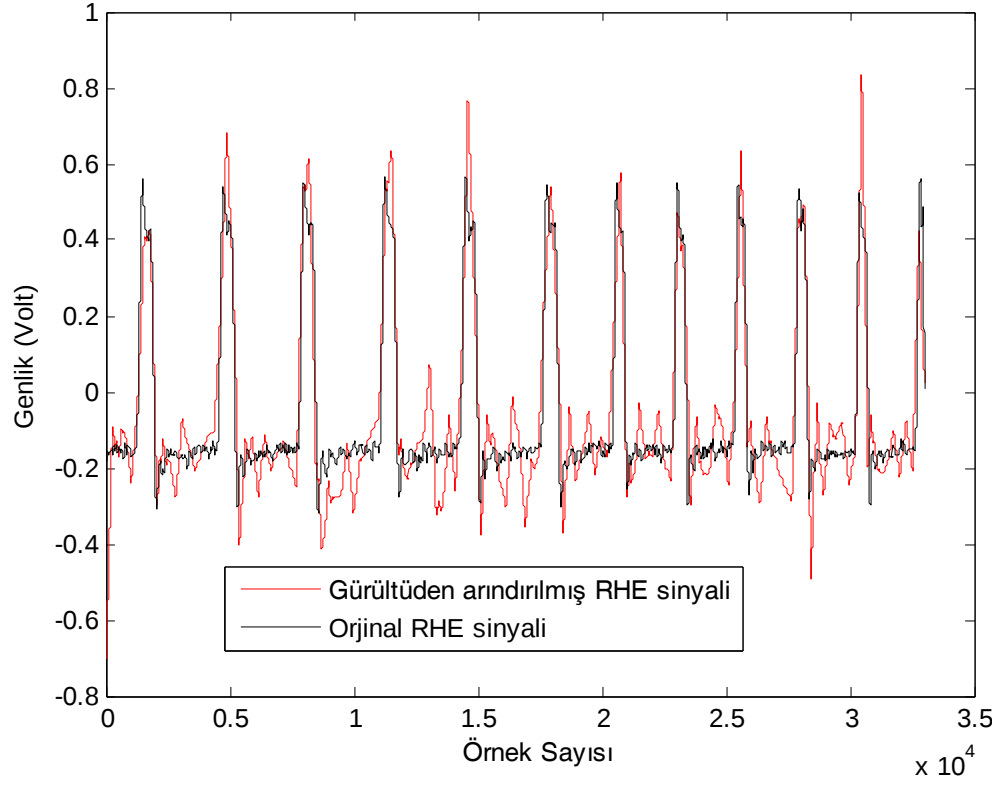
Şekil 4.13’de 180 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra incelenen yöntem sonucunda elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.60-5.63)’de gösterilmiştir.



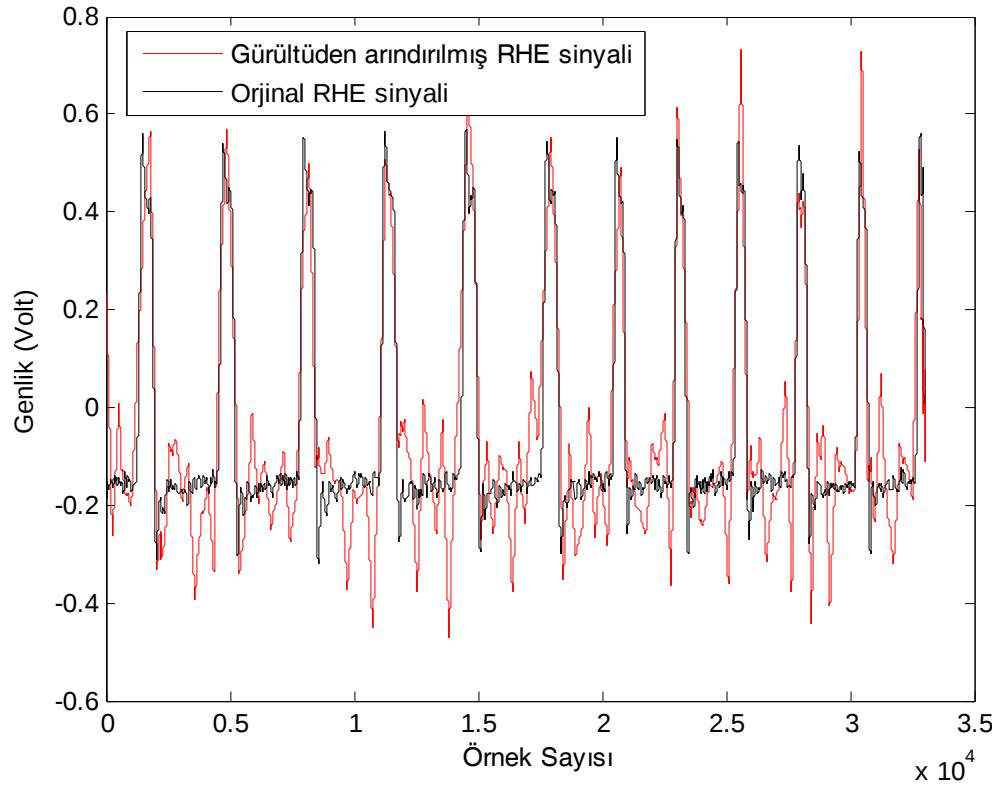
Şekil 5.60. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.61. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

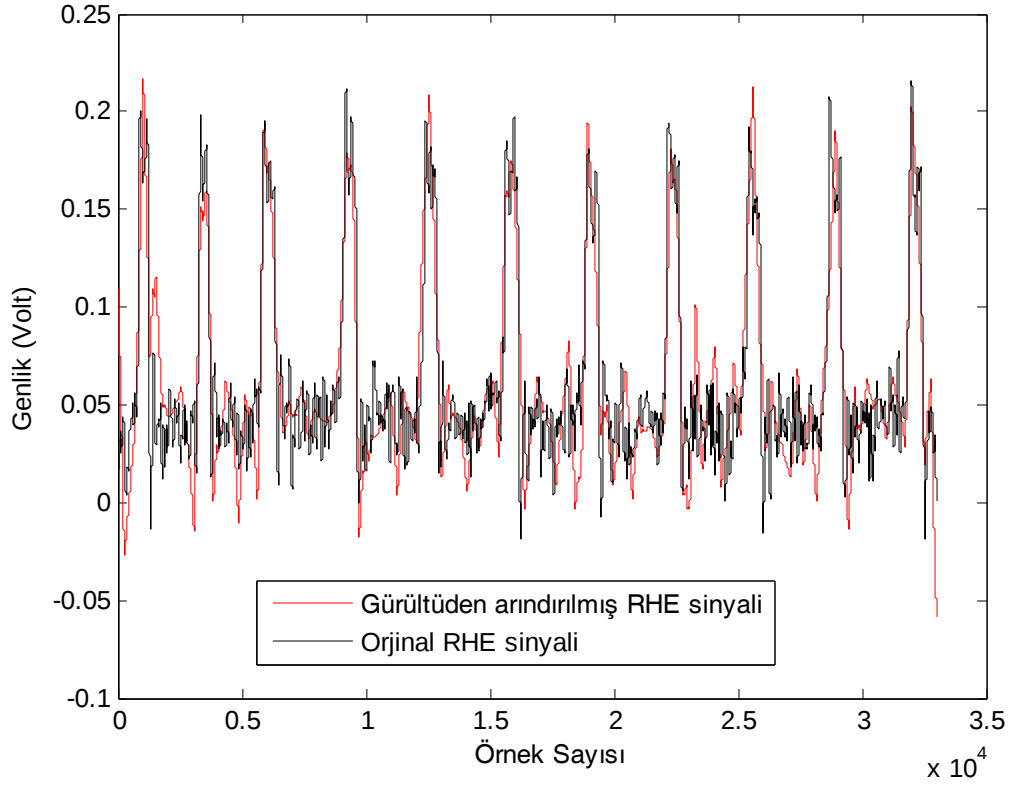


Şekil 5.62. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

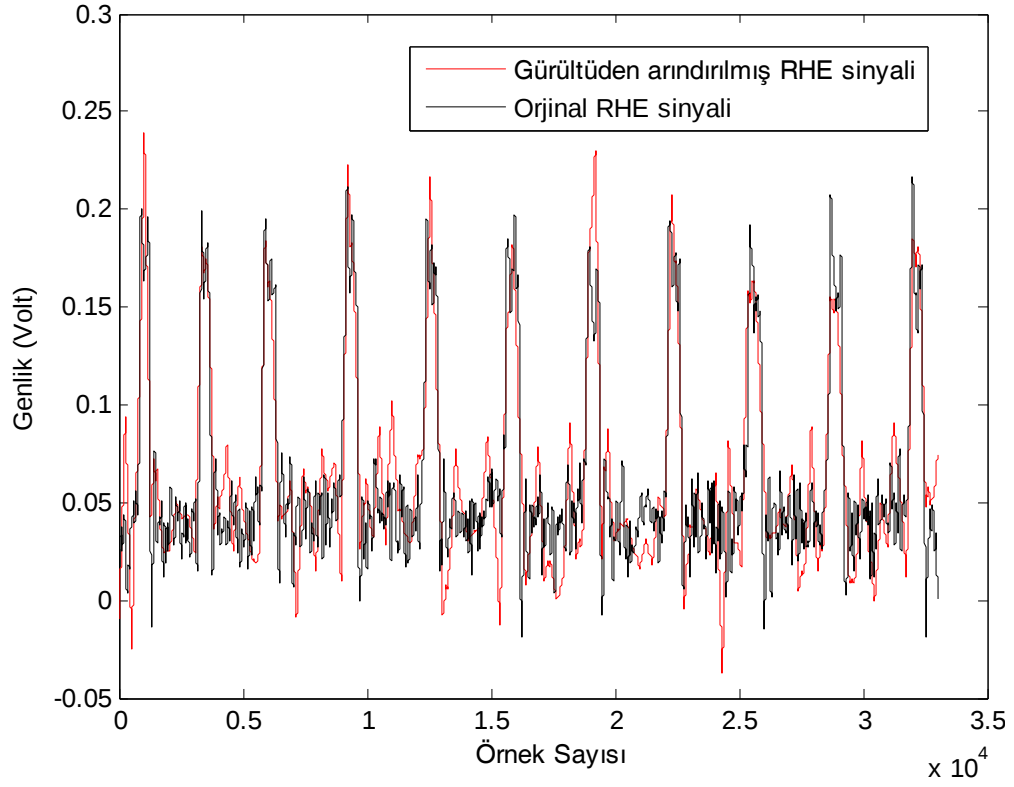


Şekil 5.63. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

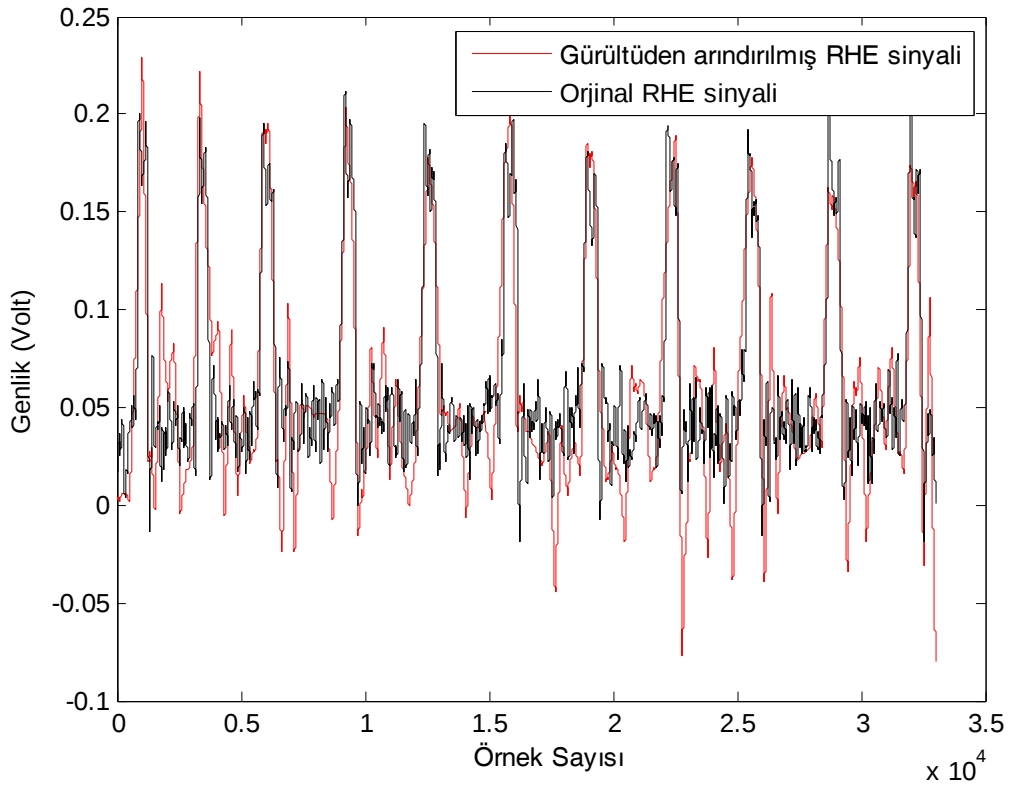
Şekil 4.14’de 90 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra incelenen yöntemin uygulanmasıyla gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.64-5.67)’de gösterilmiştir.



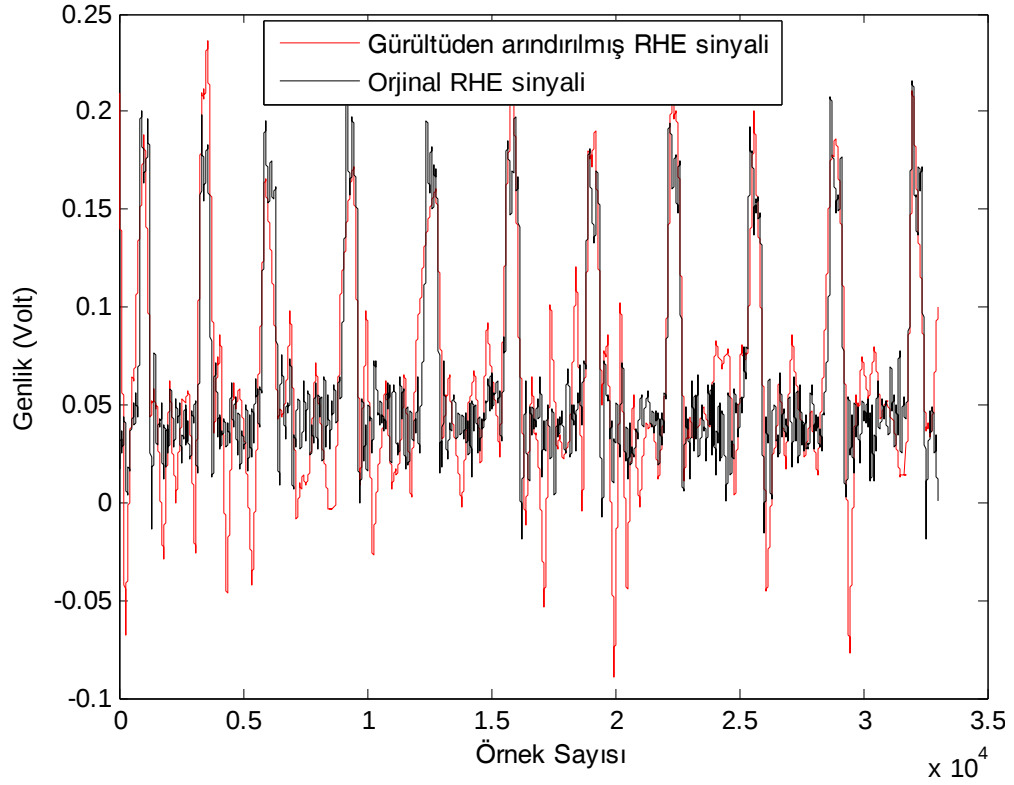
Şekil 5.64. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.65. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

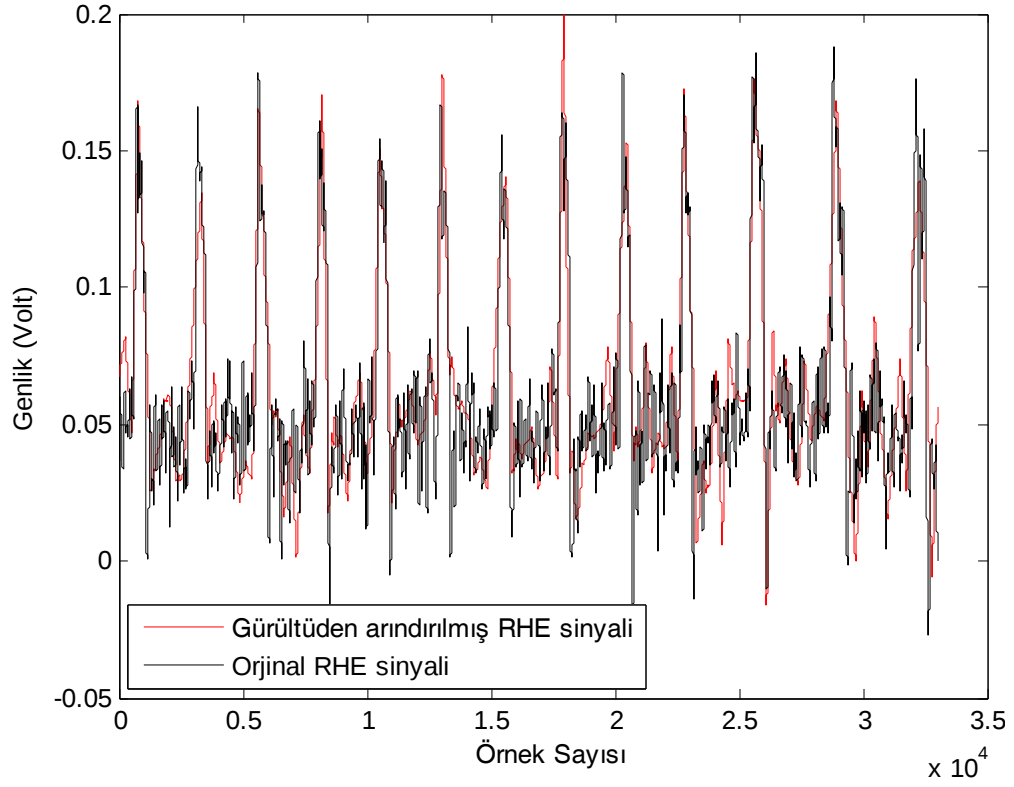


Şekil 5.66. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

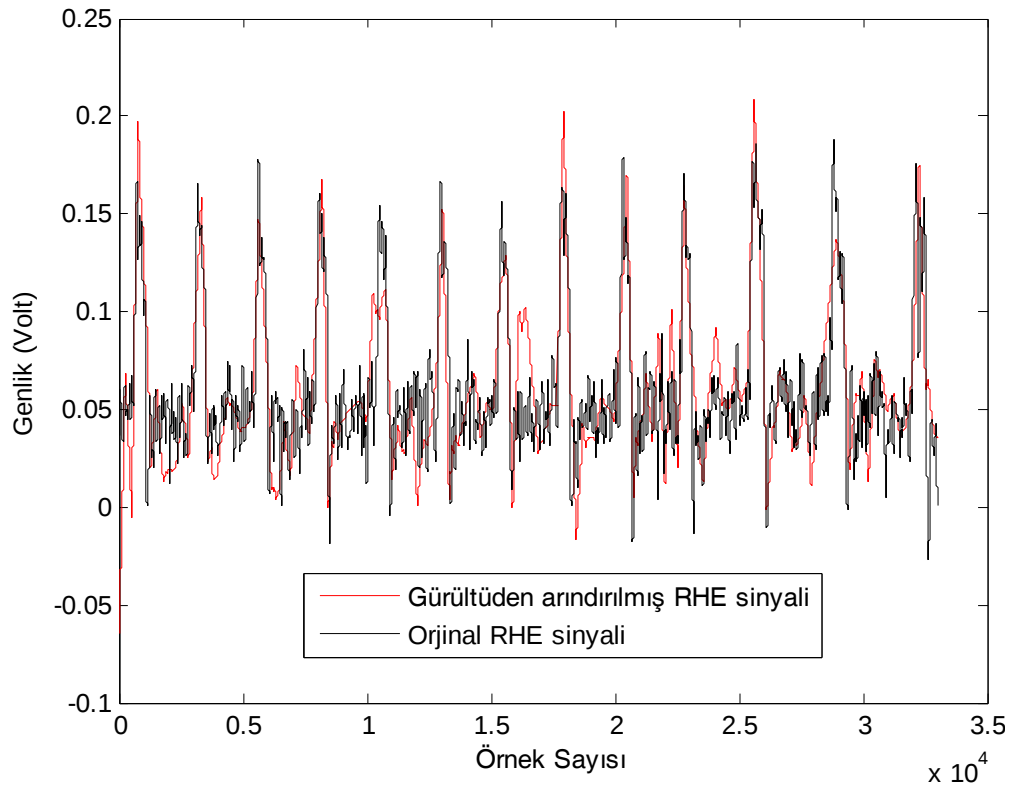


Şekil 5.67. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

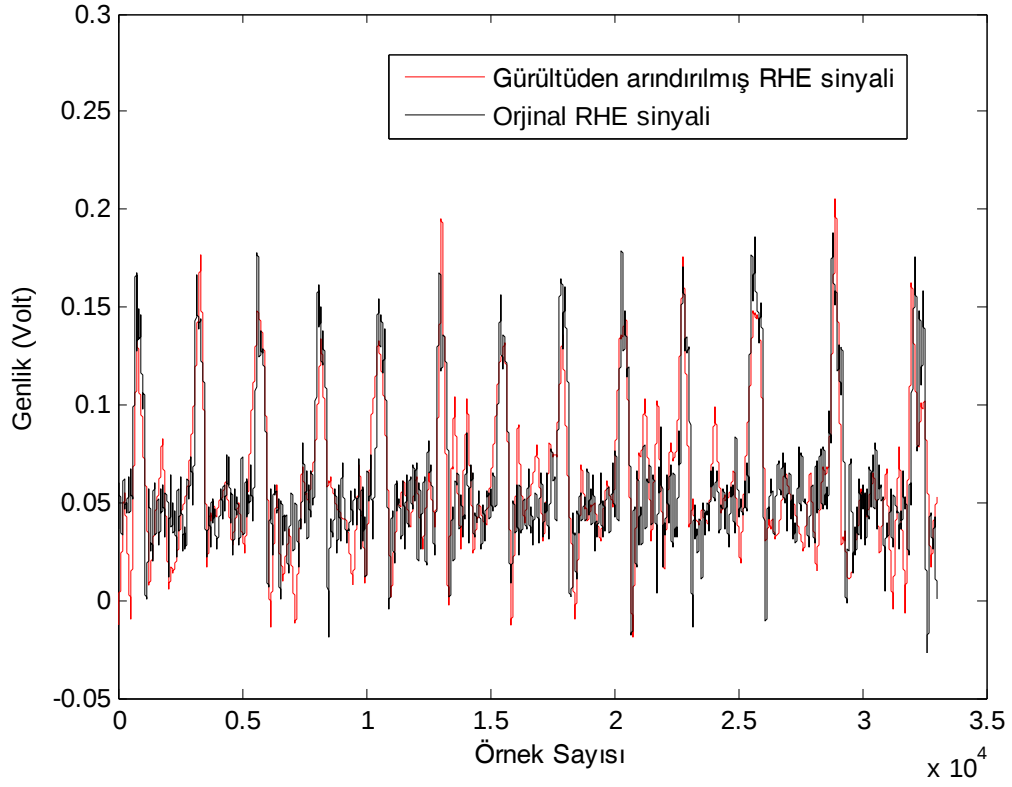
135 cm mesafede bulunan küre hedefi için Şekil 4.15’de RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. İncelenen yöntem bu gürültülü radar sinyaline uygulanarak, elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.68-5.71)’de gösterilmiştir.



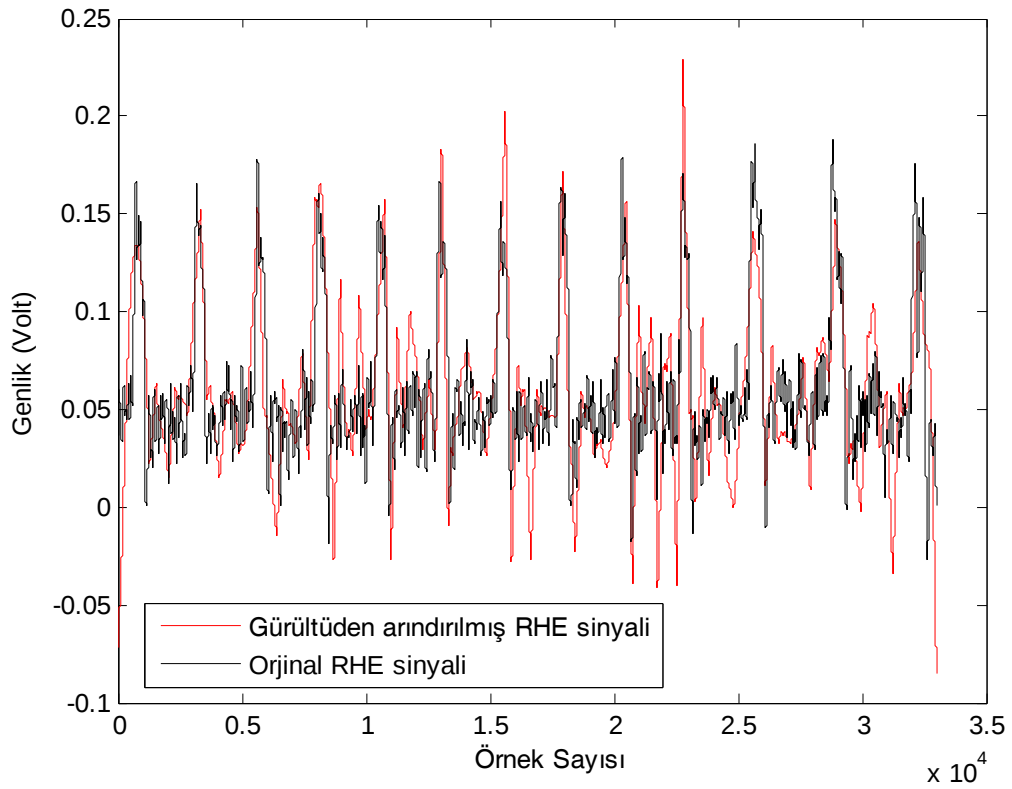
Şekil 5.68. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.69. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)

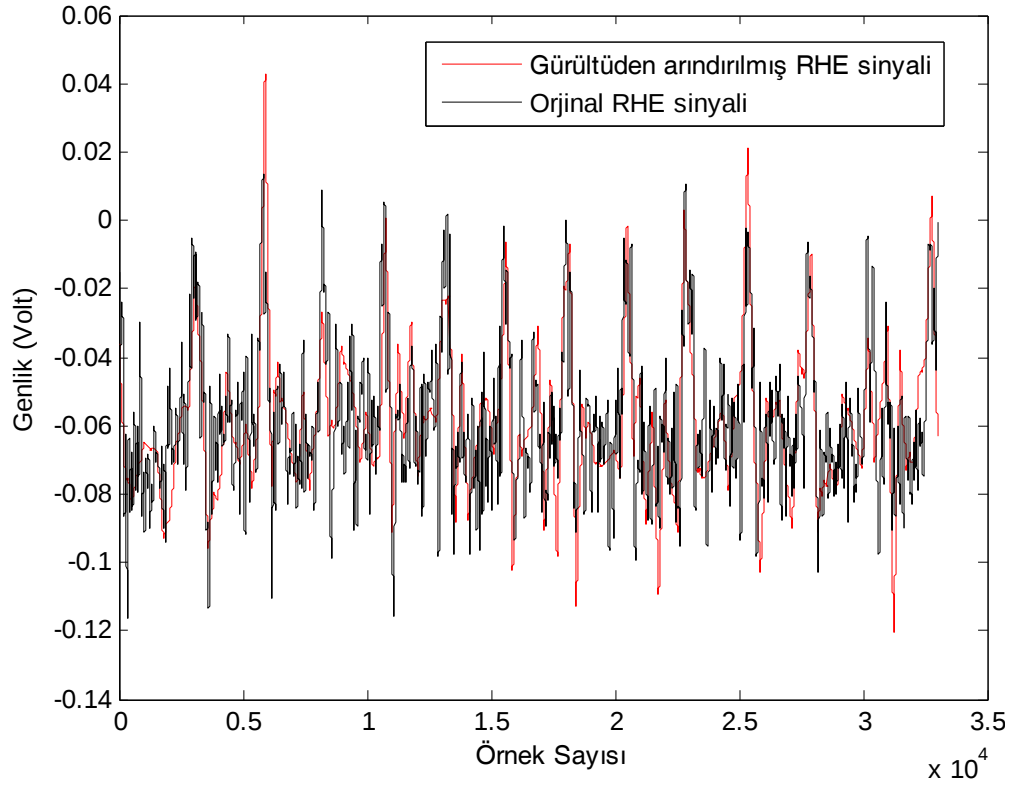


Şekil 5.70. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)

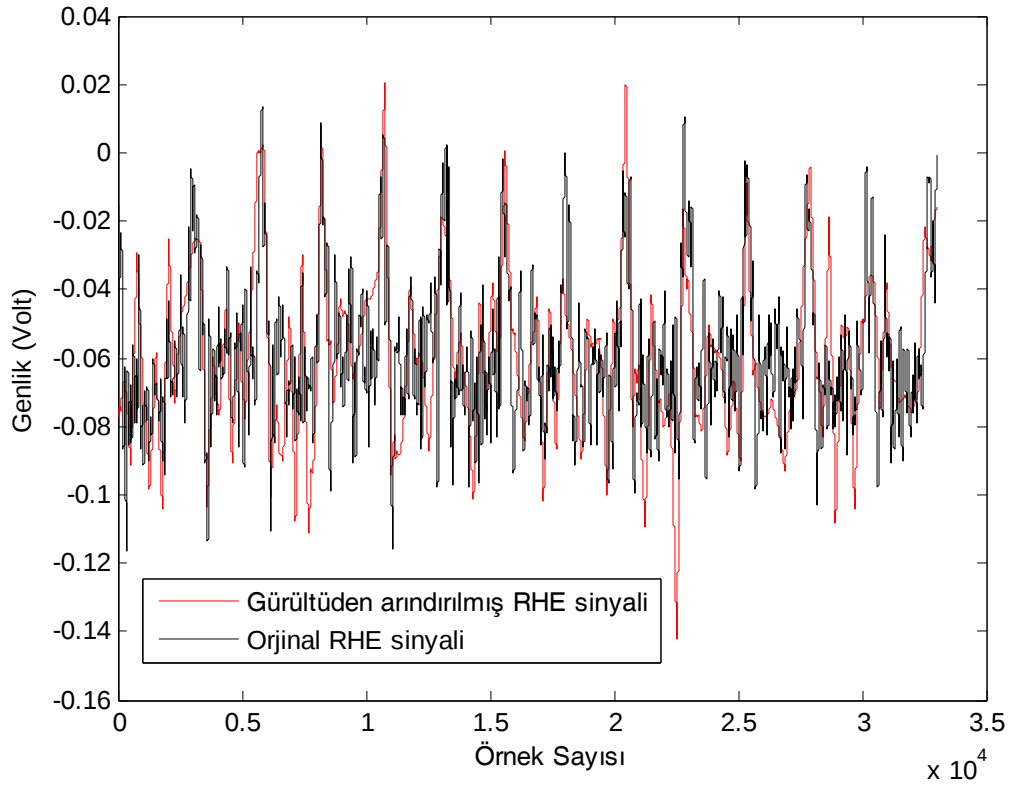


Şekil 5.71. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

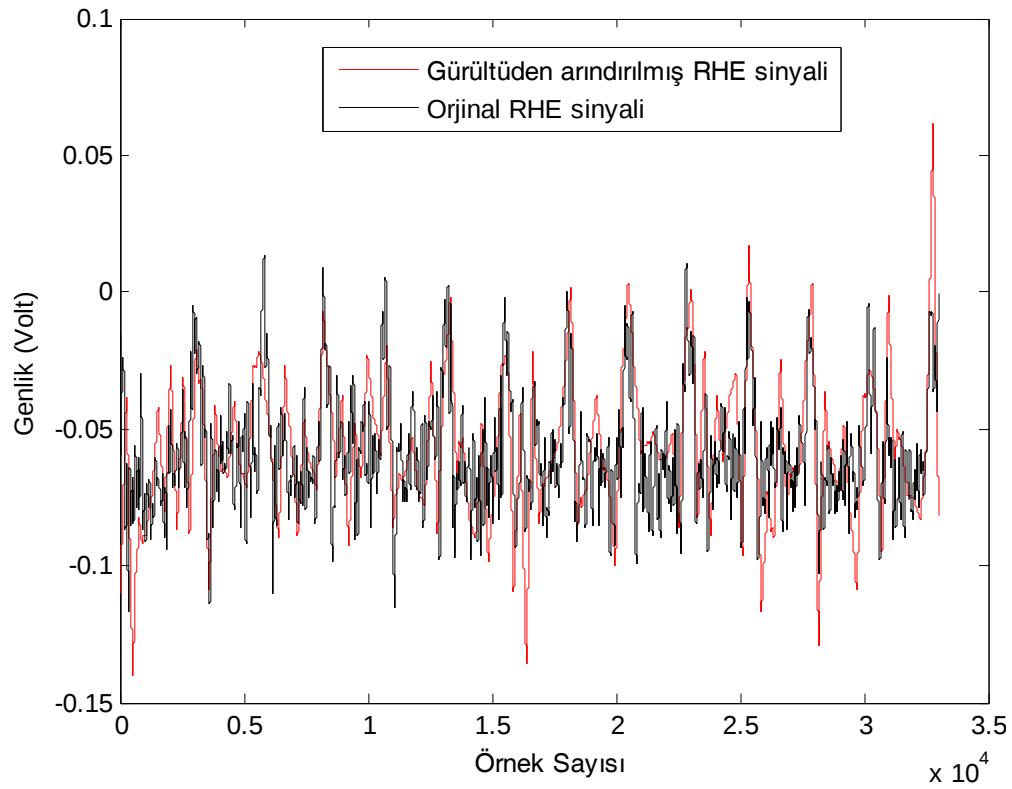
Şekil 4.16’da 180 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale -10, -12, -13 ve -15 dB oranlarında beyaz gürültü eklenerek zayıf RHE sinyalleri oluşturulmuştur. Daha sonra incelenen yöntem ile elde edilen gürültüden arındırılmış RHE sinyalleri sırasıyla Şekil (5.72-5.75)’de gösterilmiştir.



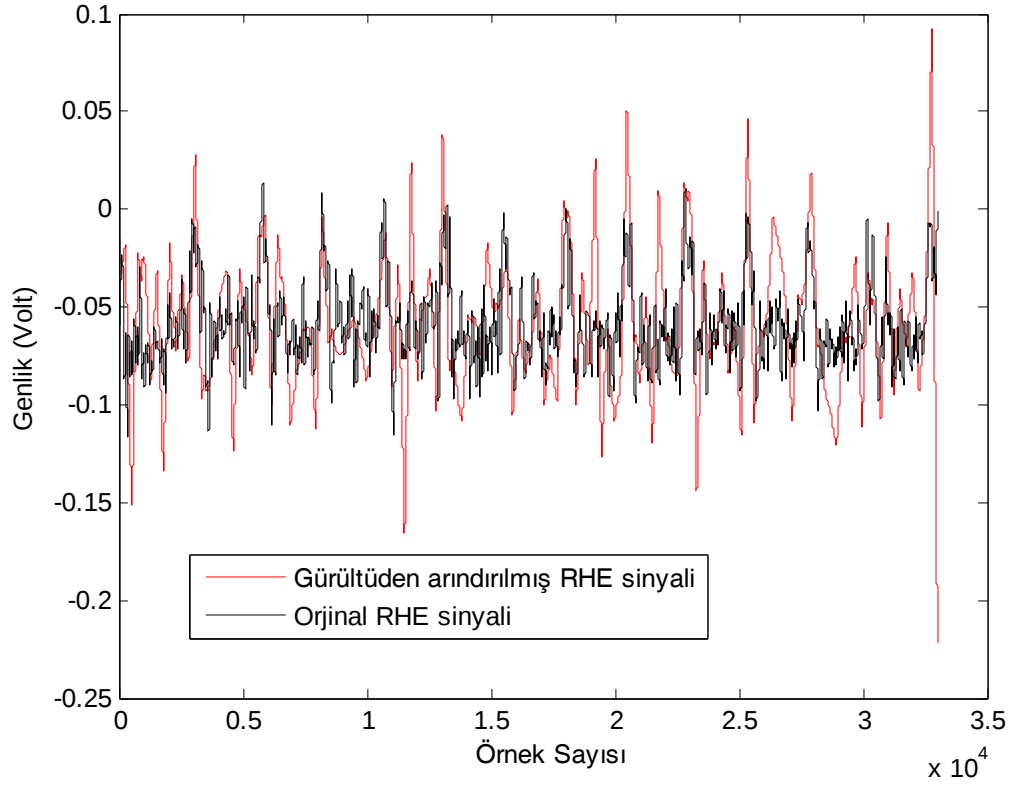
Şekil 5.72. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB)



Şekil 5.73. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB)



Şekil 5.74. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB)



Şekil 5.75. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB)

Bu yöntemin başarımını gösteren OKHK ve KK değerleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri

Metal Plaka Hedefi			Küre Hedefi		
90cm			90cm		
SGO(dB)	OKHK	KK	SGO(dB)	OKHK	KK
-10	0.1506	0.9461	-10	0.0230	0.8790
-12	0.1664	0.9330	-12	0.0257	0.8653
-13	0.1802	0.9238	-13	0.0309	0.8315
-15	0.1972	0.9081	-15	0.0345	0.7963
135cm			135cm		
-10	0.1455	0.9394	-10	0.0212	0.8356
-12	0.1678	0.9216	-12	0.0249	0.7834
-13	0.1859	0.9095	-13	0.0258	0.7570
-15	0.1889	0.8971	-15	0.0306	0.7044
180cm			180cm		
-10	0.0806	0.9356	-10	0.0168	0.6748
-12	0.0884	0.9235	-12	0.0193	0.6208
-13	0.0951	0.9169	-13	0.0212	0.5767
-15	0.1045	0.8959	-15	0.0276	0.5274

Tablo incelendiğinde metal hedefi 90 cm mesafedeyken -10 dB’de KK değeri 0.9461 iken -15 dB değeri için KK 0.9081 olmaktadır. Aynı hedef 180 cm mesafede -10 dB değerinde KK 0.9356 ve -15 dB seviyesinde iken KK 0.8959 oranında başarımlı sağlıyor. Benzer şekilde verilen örneklerdeki hedefler için sırasıyla OKHK değerleri de 0.1506, 0.1972, 0.0806 ve 0.1045 olmaktadır. Buradan OKHK başarımlı kriteri için şunlar söylenebilir, incelenen hedef mesafesinde kendi aralarındaki gürültü oranlarına bakılarak çıkarım yapılabilir. Örneğin küre hedefi için 90 cm mesafedeki çeşitli gürültü oranlarında OKHK kriteri anlamlı olur. 90 cm mesafedeki küre hedefi ile 180 cm uzaklıkta olan küre hedefinin aynı gürültü oranlarında olsalar bile, OKHK değerlerini karşılaştırmak doğru sonucu vermez. Benzer şekilde, her hedef için mesafe ve gürültü birlikte artırıldığı zaman sinyalin geri elde edilmesindeki performansı olumsuz etkilediği Tablo 5.4’den anlaşılmaktadır.

5.4. Genetik Algoritma, Dalgacık Paket Dönüşümü ve Bulanık s-fonksiyon Eşikleme Kullanarak Zayıf Radar Sinyallerinin Gürültüden Arındırılması

Önerilen yöntemde, Bölüm 5.3’de verilen yönteme ilave olarak DPD’nin aşağıda tanımlanan bazı parametrelerinin en iyi değerlerini bulabilmek için GA kullanılmıştır.

Bu yöntemde, ayrıntıları 3.Bölümde verilmiş olan GA yapısı kullanılarak dalgacık ailesi türü, entropi türü, dalgacık ayrışım seviyesi değerleri en iyiye yakın olacak şekilde korelasyon katsayısının maksimum olduğu uygunluk fonksiyonu kullanılarak seçilmiştir.

Burada Genetik Algoritma’nın her bir bireyi, kullanılan dalgacık türlerini (sırasıyla, Daubechies1, Daubechies2, Daubechies3, Daubechies4, Daubechies5, Daubechies6, Daubechies7, Daubechies8, Daubechies9, Daubechies10, Symlet1, Symlet2, Symlet3, Symlet4, Symlet5, Symlet6, Symlet7, Symlet8, Coiflets1, Coiflets2, Coiflets3, Coiflets4, Coiflets5, Biorthogonal1.1, Biorthogonal1.3, Biorthogonal1.5, Biorthogonal2.2, Biorthogonal2.4, Biorthogonal2.6, Biorthogonal2.8, Biorthogonal3.1, Biorthogonal3.3), entropi türlerini (sırasıyla Shannon, Log enerji, Sure, Norm entropi) ve dalgacık ayrışım seviyelerini (1-8) temsil etmektedir. Şekil 5.76’da bu şekilde oluşturulmuş bir adet rastgele birey görülmektedir.



Şekil 5.76. Rastgele oluşturulmuş birey.

Yukarıda verilmiş olan GA uygulamasındaki işlemler aşağıda sırayla verilmiştir.

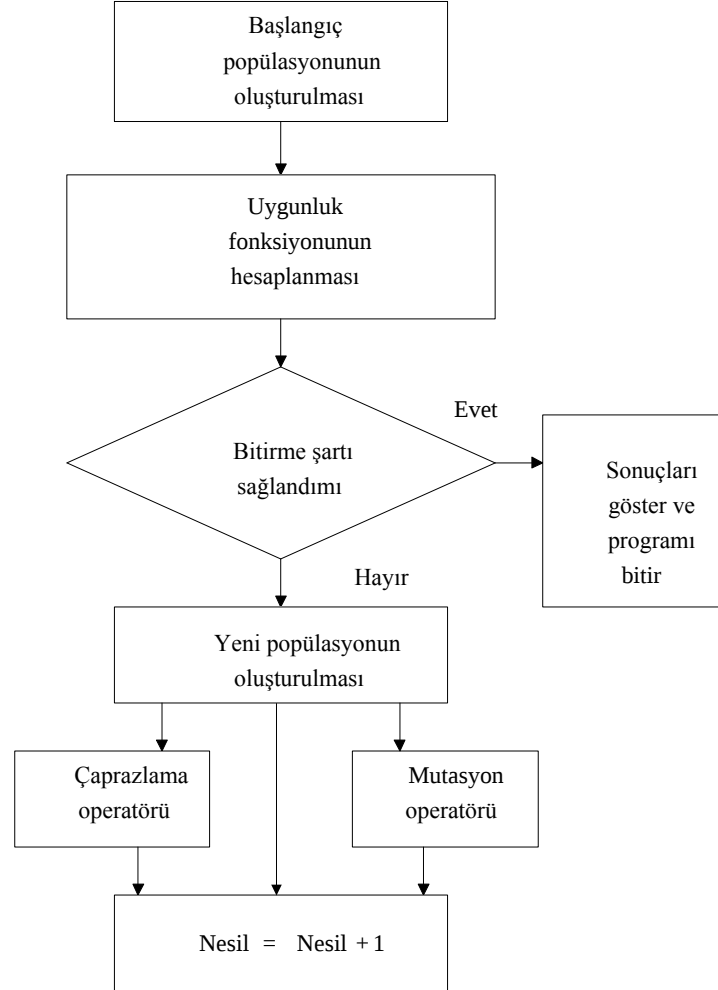
1) Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması: Yukarıda verilen bir adet rastgele oluşturulmuş bireyden 20 adet oluşturularak başlangıç popülasyonu meydana getirilmiştir.

2) Çaprazlama Operatörü: Çaprazlama oranı %60 seçilerek elde edilen 10 adet iyi bireyin rastgele 6 tanesi kendi aralarında çaprazlama işlemine tabi tutulur. Burada çaprazlama operatörü olarak tek noktalı çaprazlama seçilmiştir.

3) Mutasyon Operatörü: Geriye kalan 4 birey için ise, mutasyon operatörü olarak bit tersleme yöntemi seçilerek buradan yeni 4 adet birey elde edilmiştir.

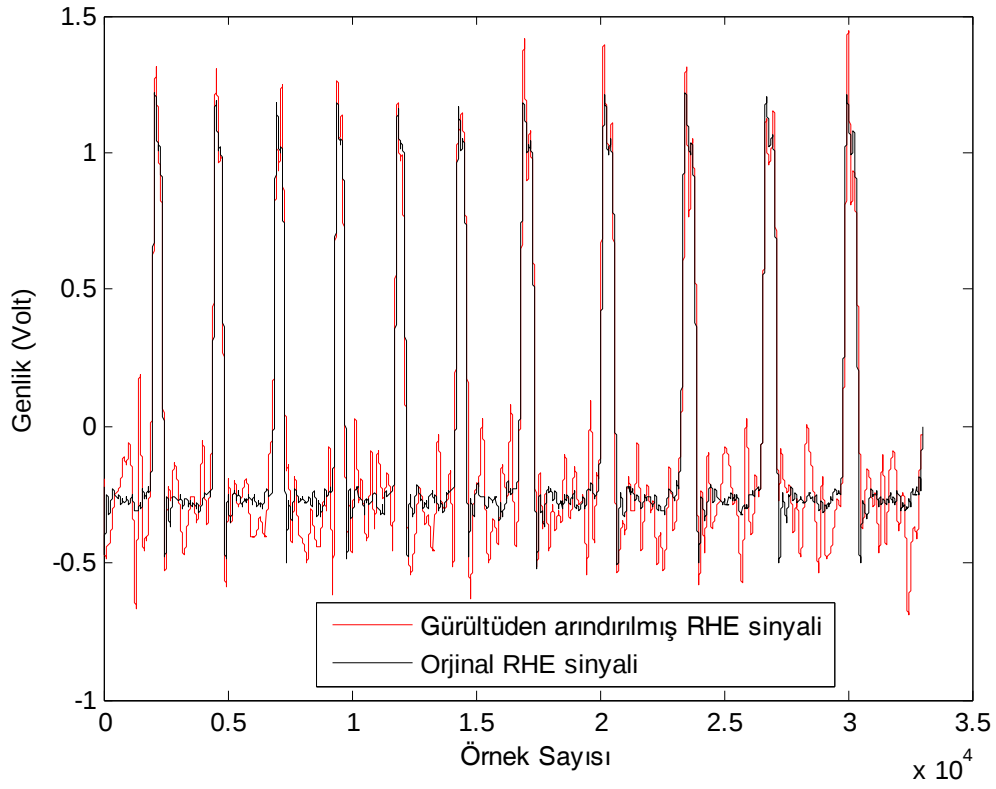
10 birey ise çaprazlama ve mutasyon işlemine tabi tutulmadan bir sonraki popülasyona aktarılmıştır. Böylelikle yeni popülasyon için toplam 20 adet yeni birey elde edilmiş olur. Yukarıda verilen adımlar tekrarlanarak devam eder.

Şekil 5.77’de bu yöntemde kullanılan GA’ya ait akış diyagramı verilmiştir.

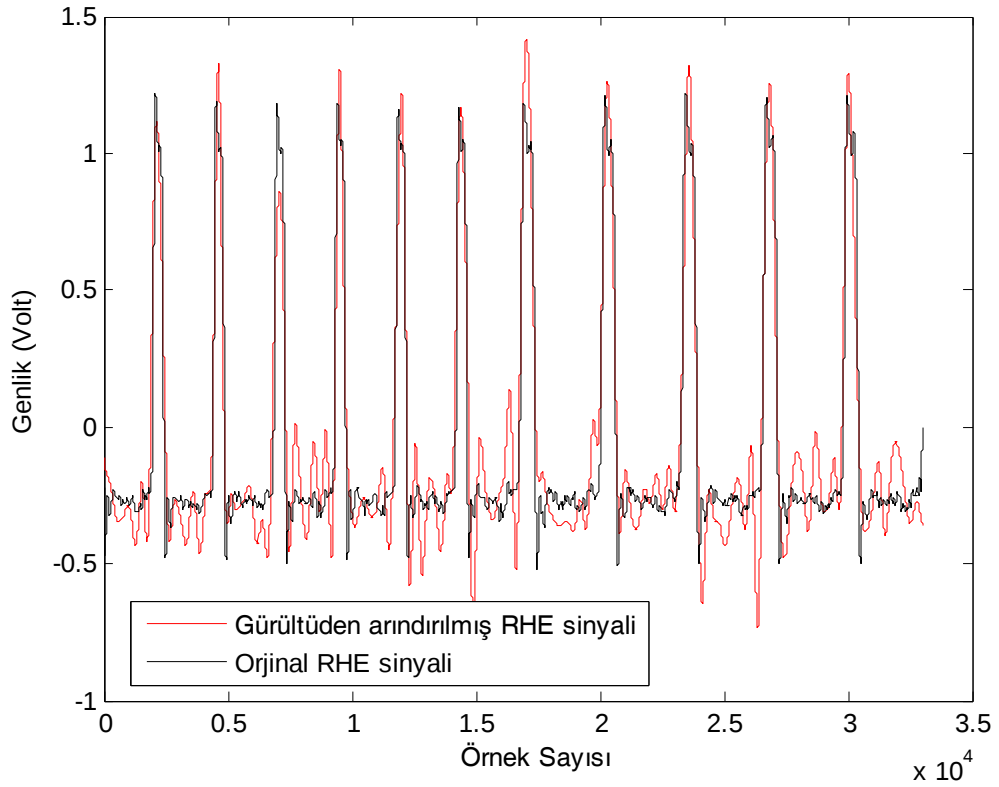


Şekil 5.77. Kullanılan GA akış diyagramı.

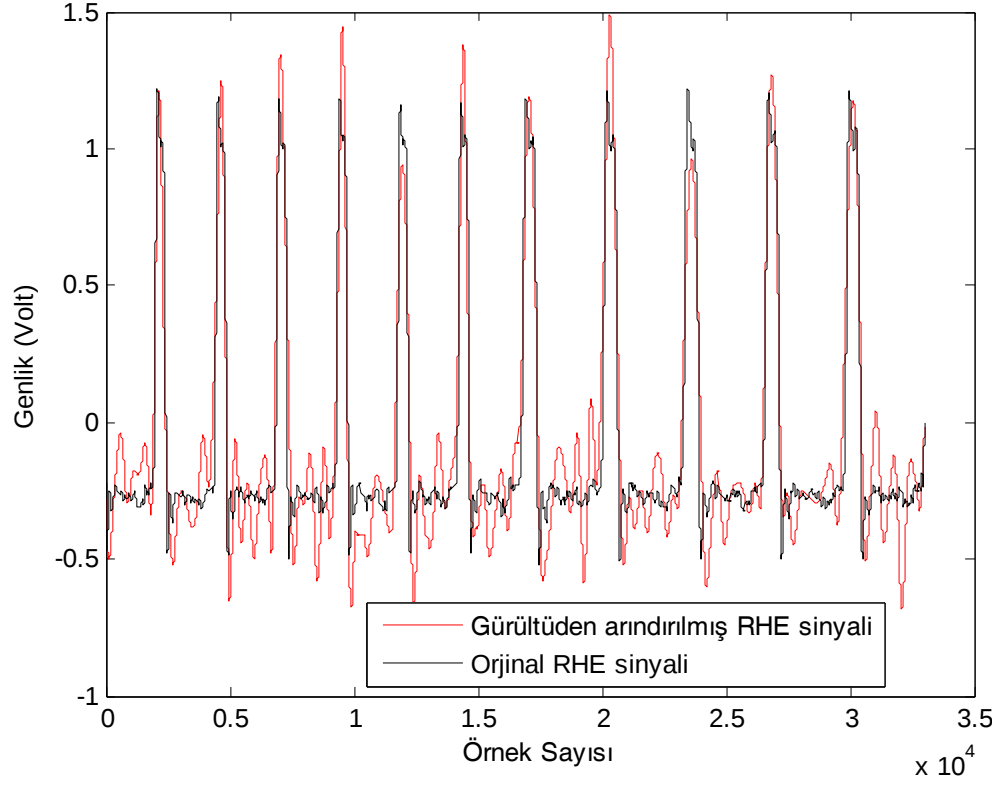
Şekil 4.11’de 90 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale aşağıda belirtilen oranlarda gürültü eklendikten sonra DPD ve bulanık s- fonksiyon eşikleme ile birlikte GA tabanlı yöntem kullanarak RHE sinyallerinin gürültüden arındırılmış grafikleri aşağıda sunulmuştur. Her bir hedef için elde edilen en iyi parametre değerlerine göre grafikler çizdirilip, en iyi parametre değerleriyle birlikte verilmiştir.



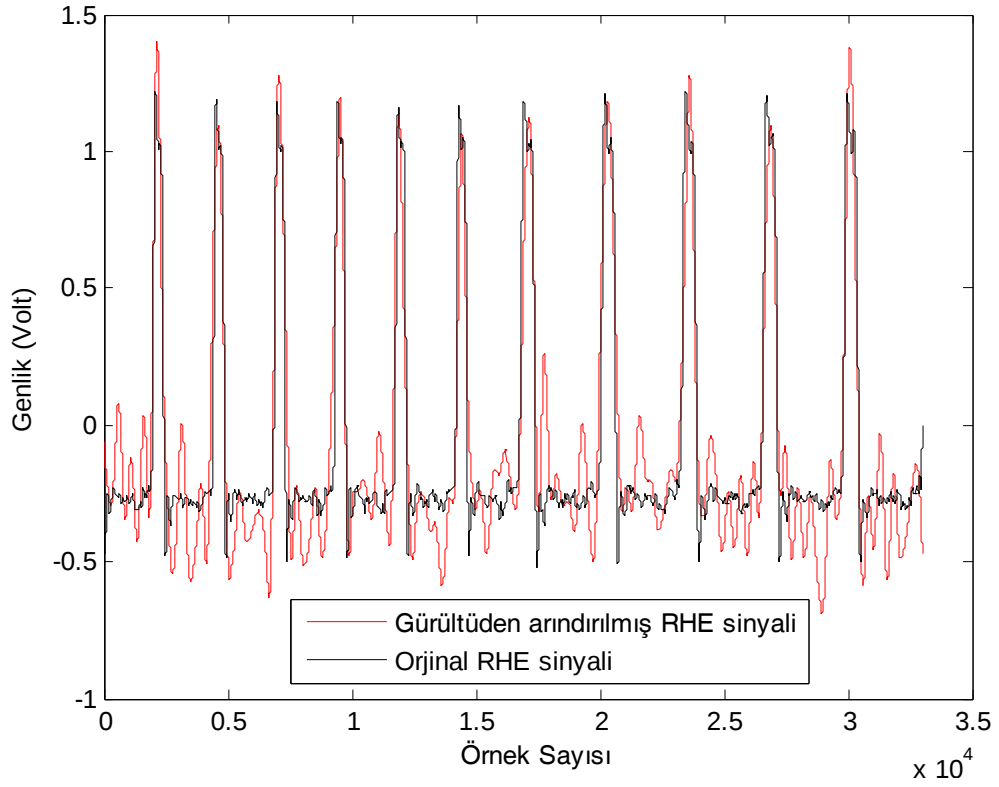
Şekil 5.78. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, sym7, Shannon entropi, 7 seviye)



Şekil 5.79. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, coif4, Sure entropi, 8 seviye)

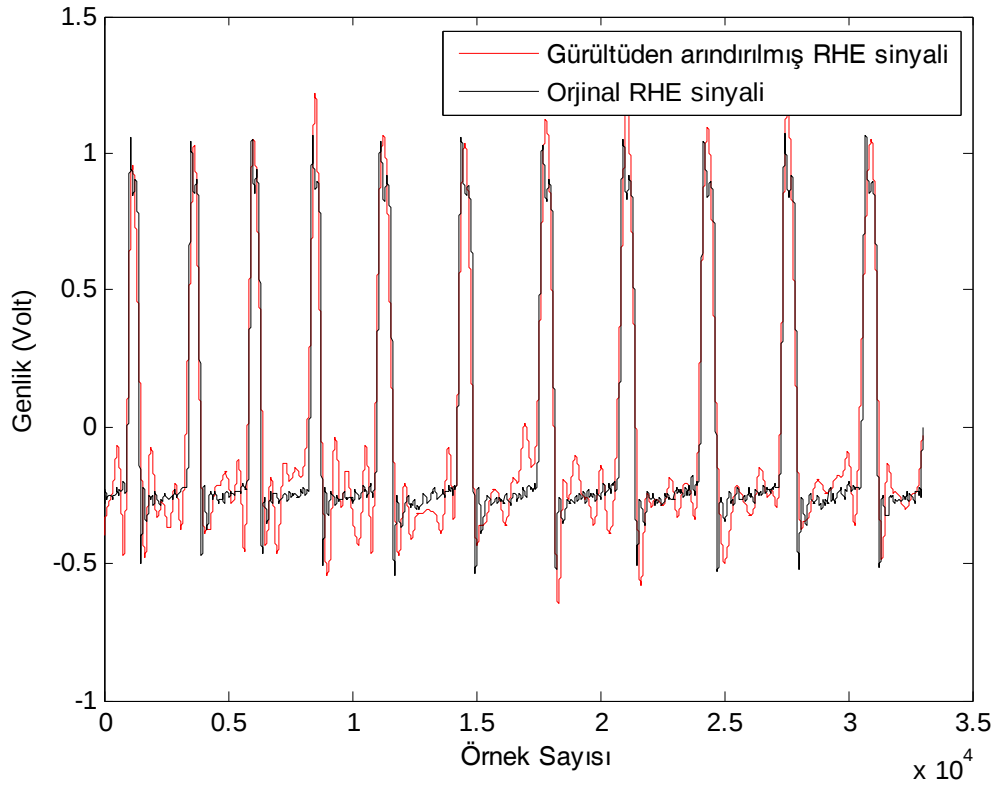


Şekil 5.80. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)

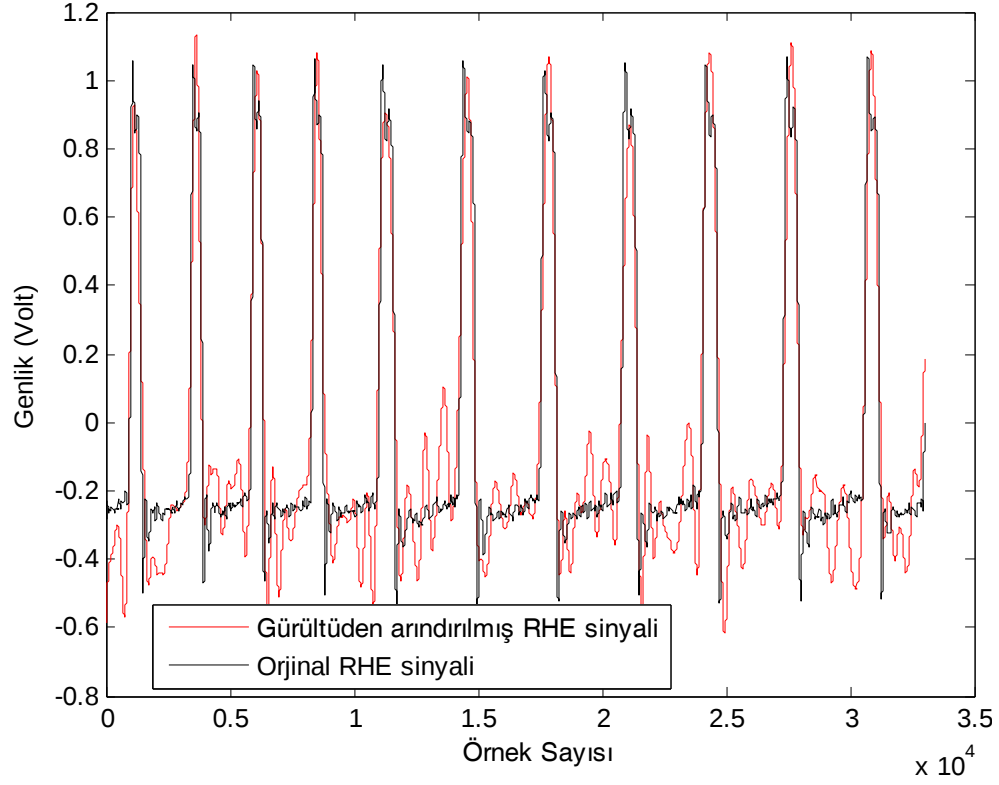


Şekil 5.81. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)

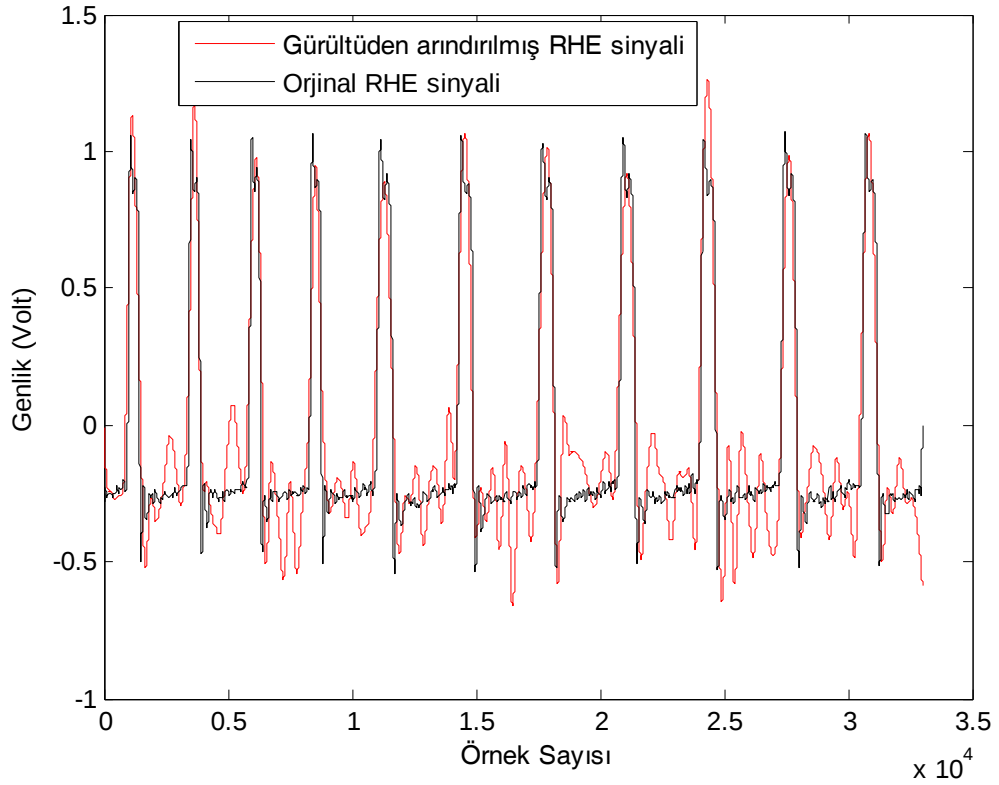
Şekil 4.12’de 135 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale aşağıda belirtilen oranlarda gürültü eklendikten sonra DPD ve bulanık s- fonksiyon eşikleme ile birlikte GA tabanlı yöntem kullanarak RHE sinyallerinin gürültüden arındırılmış grafikleri aşağıda sunulmuştur. Her bir hedef için elde edilen en iyi parametre değerlerine göre grafikler çizdirilip, en iyi parametre değerleriyle birlikte verilmiştir.



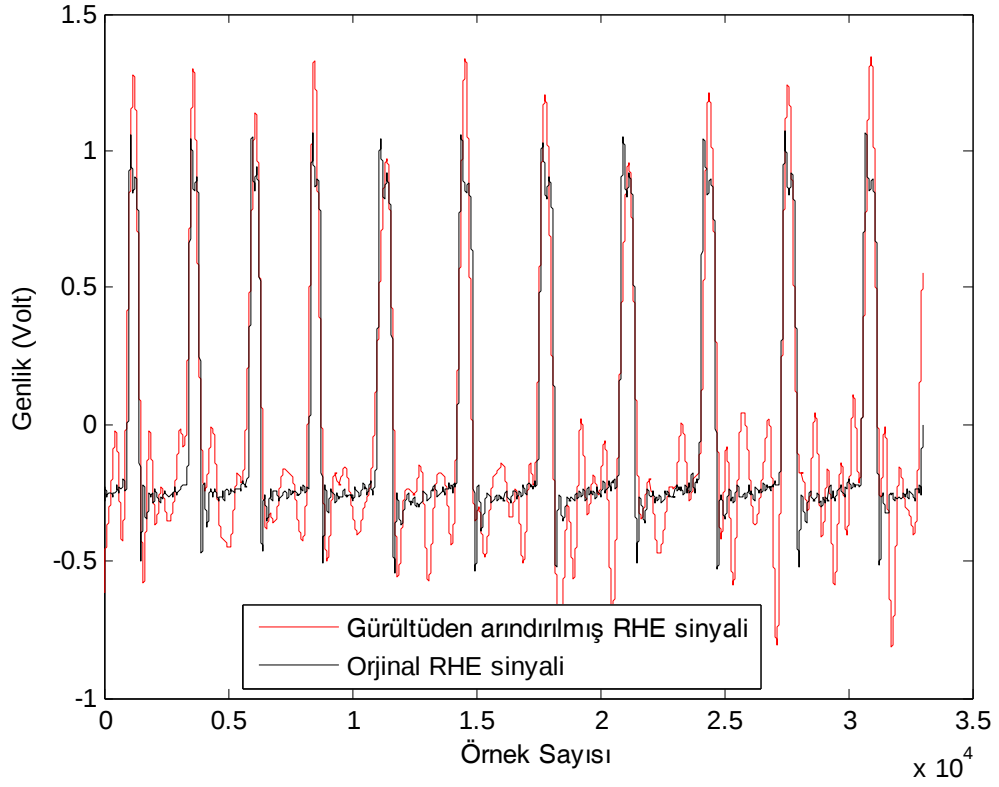
Şekil 5.82. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)



Şekil 5.83. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db8, Log enerji, 8 seviye)

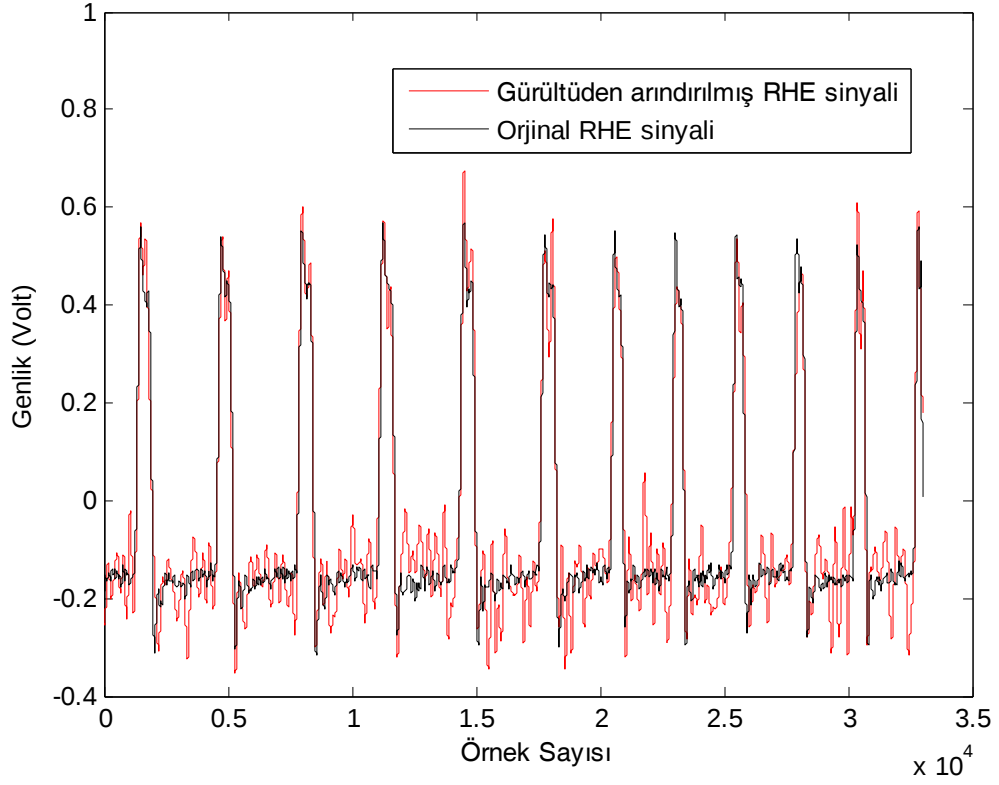


Şekil 5.84. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym7, Shannon entropi, 8 seviye)

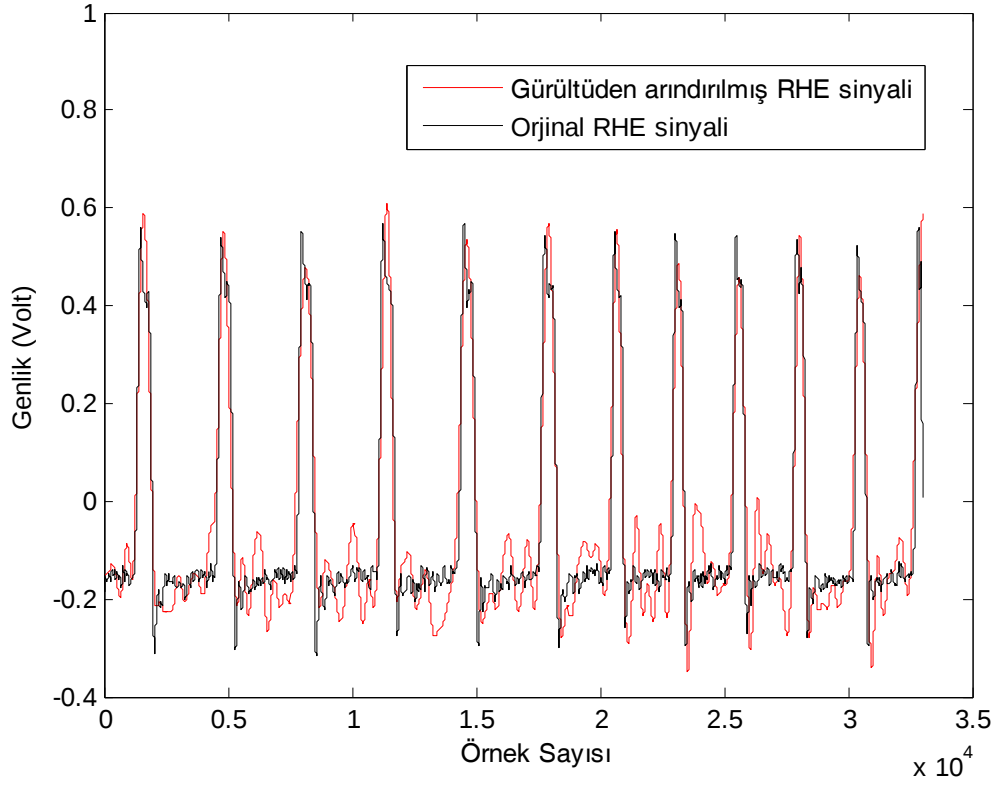


Şekil 5.85. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, coif5, Log enerji entropi, 8 seviye)

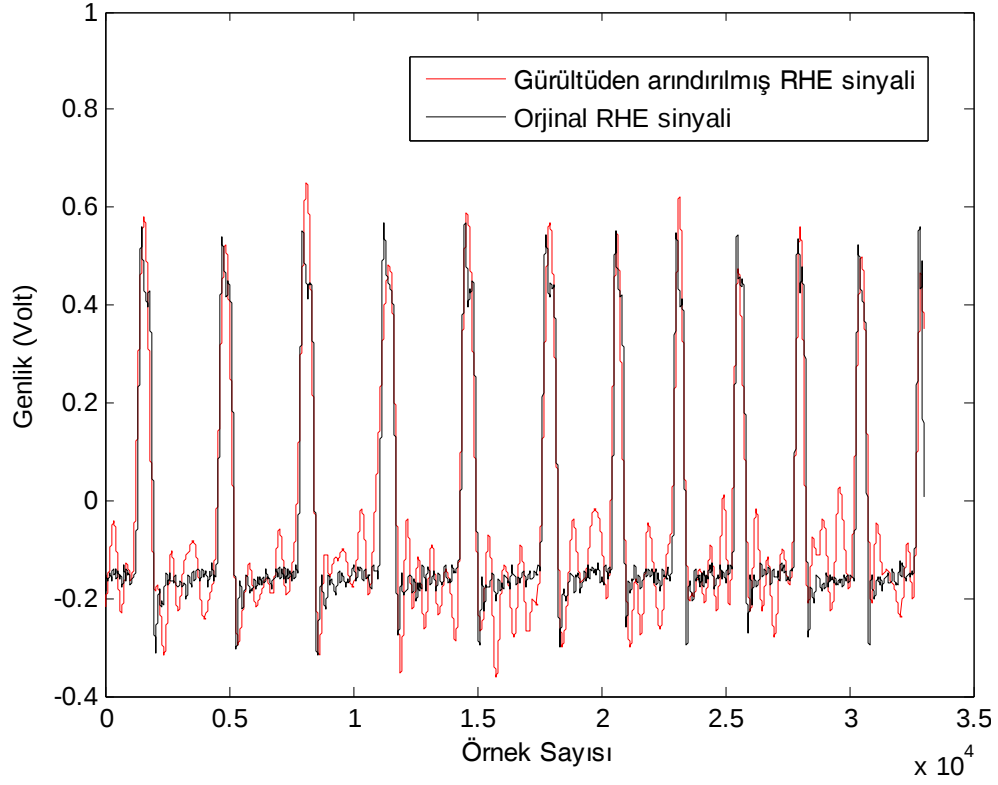
Şekil 4.13’de 180 cm mesafede bulunan metal plaka hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale aşağıda belirtilen oranlarda gürültü eklendikten sonra DPD ve bulanık s- fonksiyon eşikleme ile birlikte GA tabanlı yöntem kullanarak RHE sinyallerinin gürültüden arındırılmış grafikleri aşağıda sunulmuştur. Her bir hedef için elde edilen en iyi parametre değerlerine göre grafikler çizdirilip, en iyi parametre değerleriyle birlikte verilmiştir.



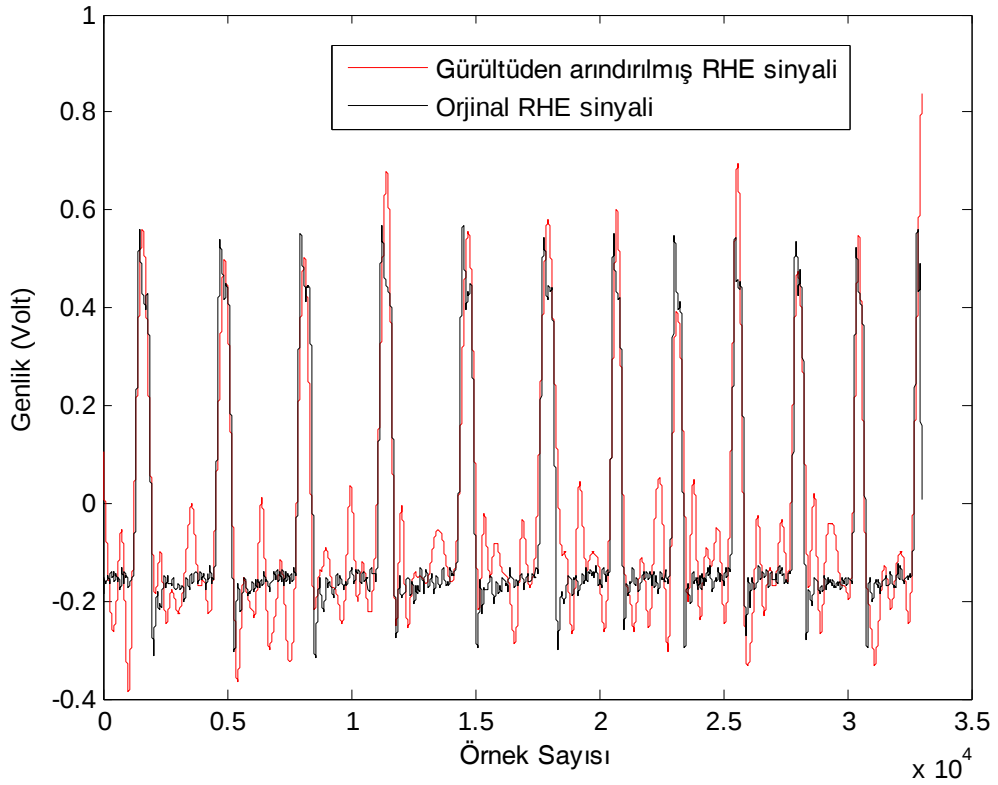
Şekil 5.86. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, db8, Sure entropi, 7 seviye)



Şekil 5.87. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db10, Sure entropi, 8 seviye)

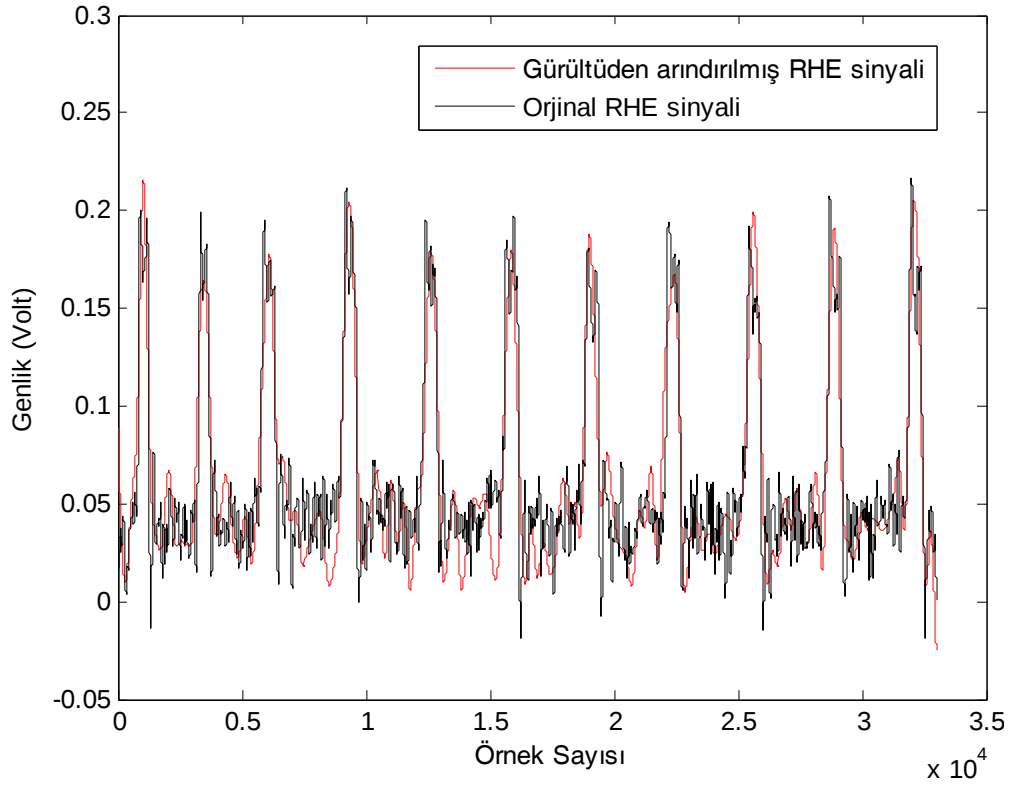


Şekil 5.88. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, db9, Norm entropi, 8 seviye)

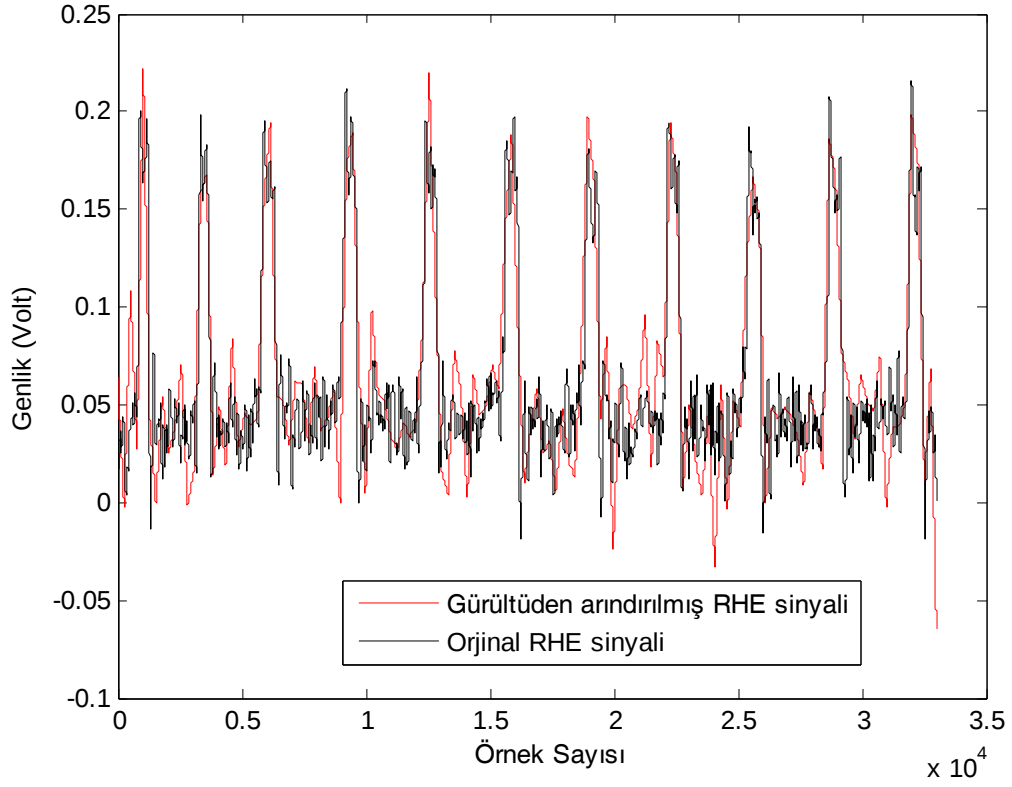


Şekil 5.89. Metal hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, db7, Shannon entropi, 8 seviye)

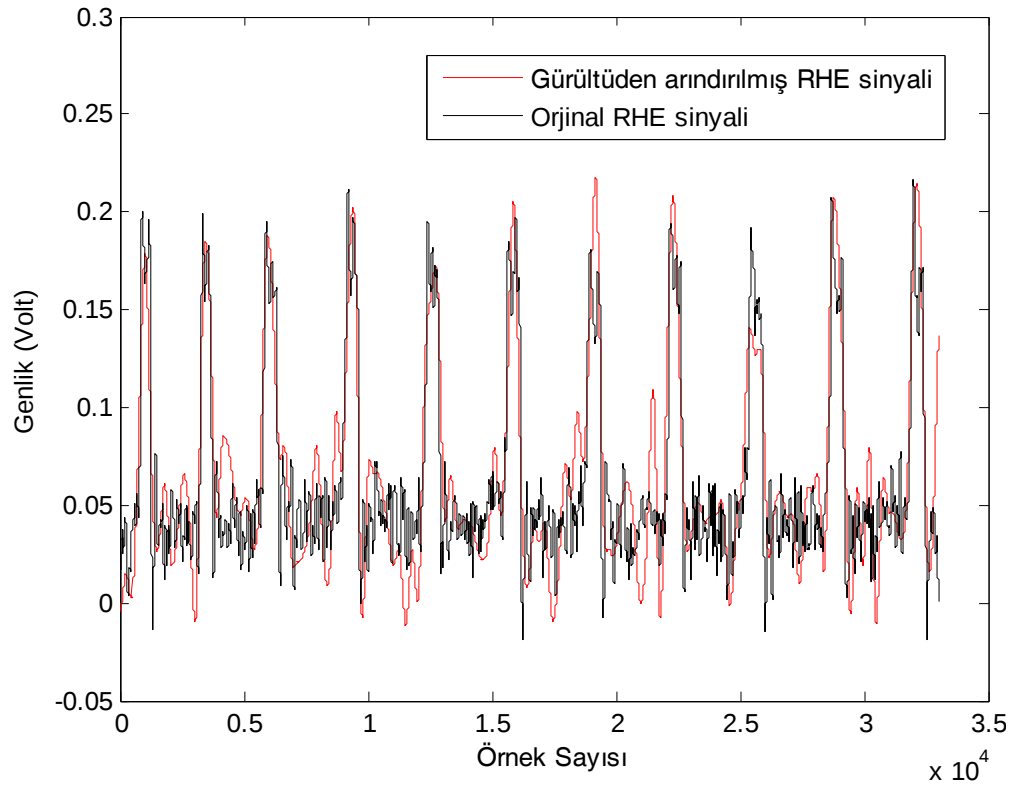
Şekil 4.14’de 90 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale aşağıda belirtilen oranlarda gürültü eklendikten sonra DPD ve bulanık s- fonksiyon eşikleme ile birlikte GA tabanlı yöntem kullanarak RHE sinyallerinin gürültüden arındırılmış grafikleri aşağıda sunulmuştur. Her bir hedef için elde edilen en iyi parametre değerlerine göre grafikler çizdirilip, en iyi parametre değerleriyle birlikte verilmiştir.



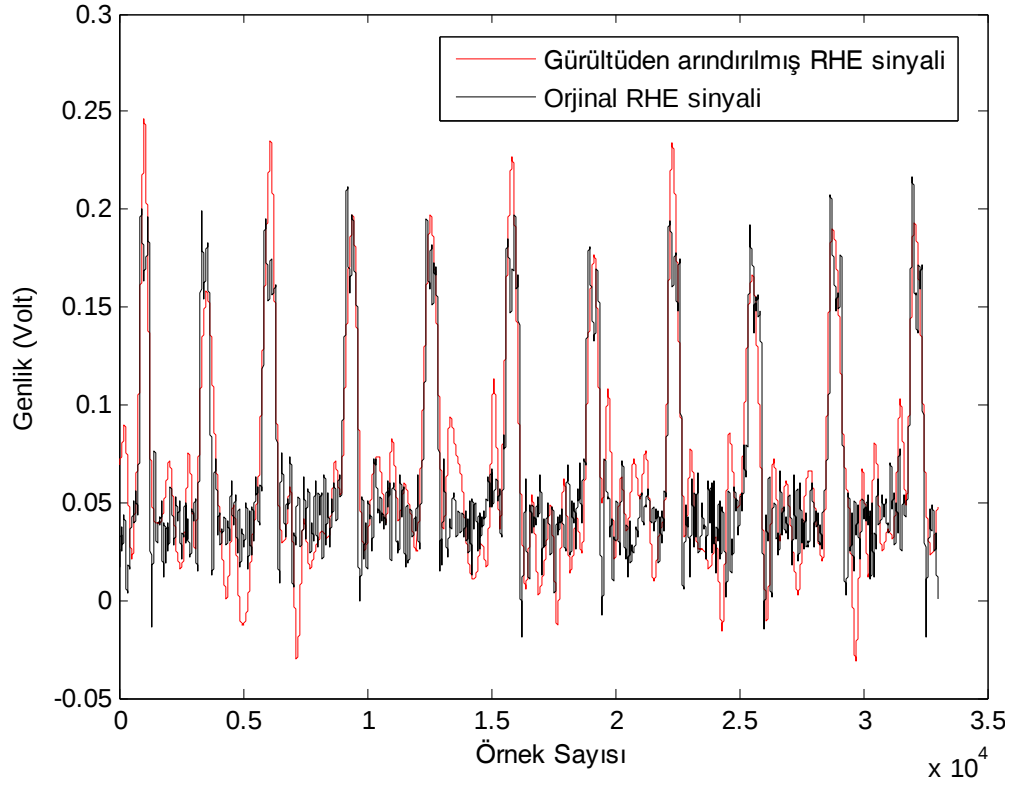
Şekil 5.90. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, sym8, Norm entropi, 8 seviye)



Şekil 5.91. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, bior2.4, Shannon entropi, 8 seviye)

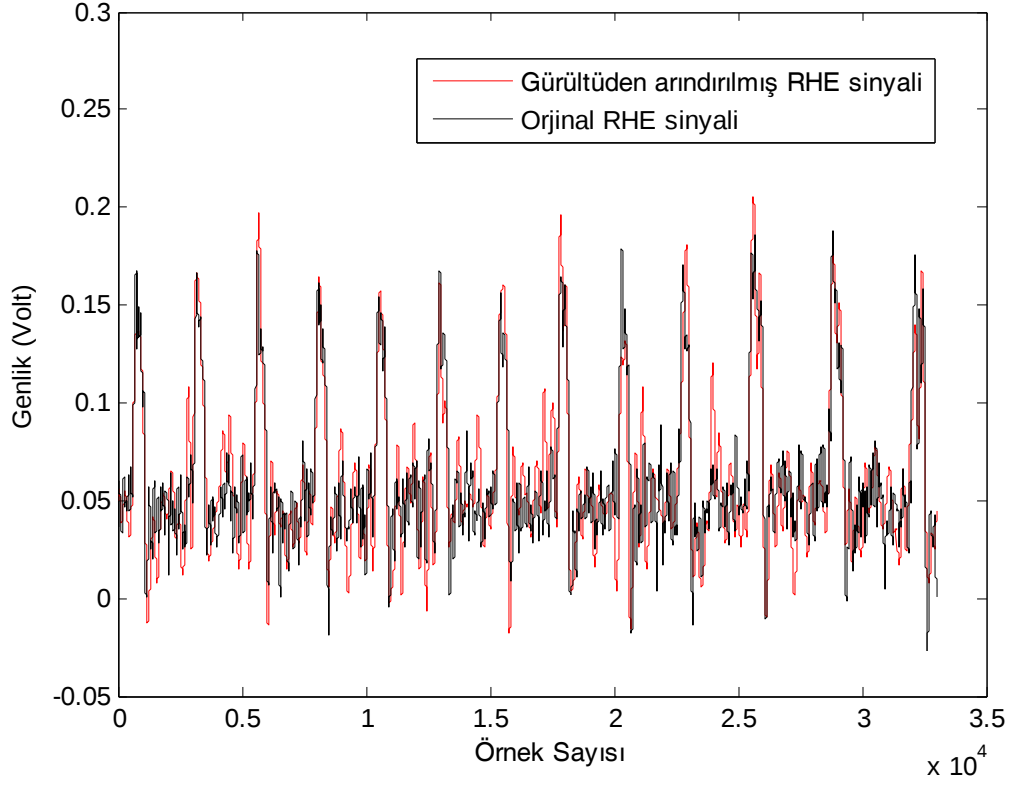


Şekil 5.92. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, coif4, Norm entropi, 8 seviye)

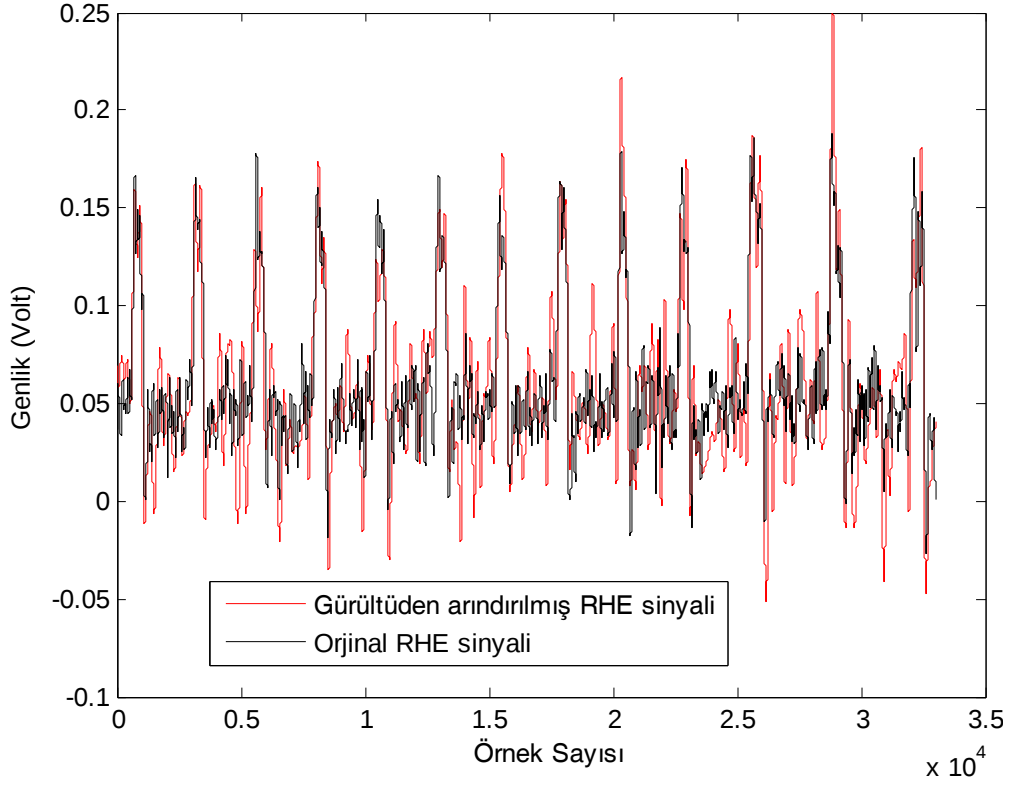


Şekil 5.93. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, sym6, Norm entropi, 8 seviye)

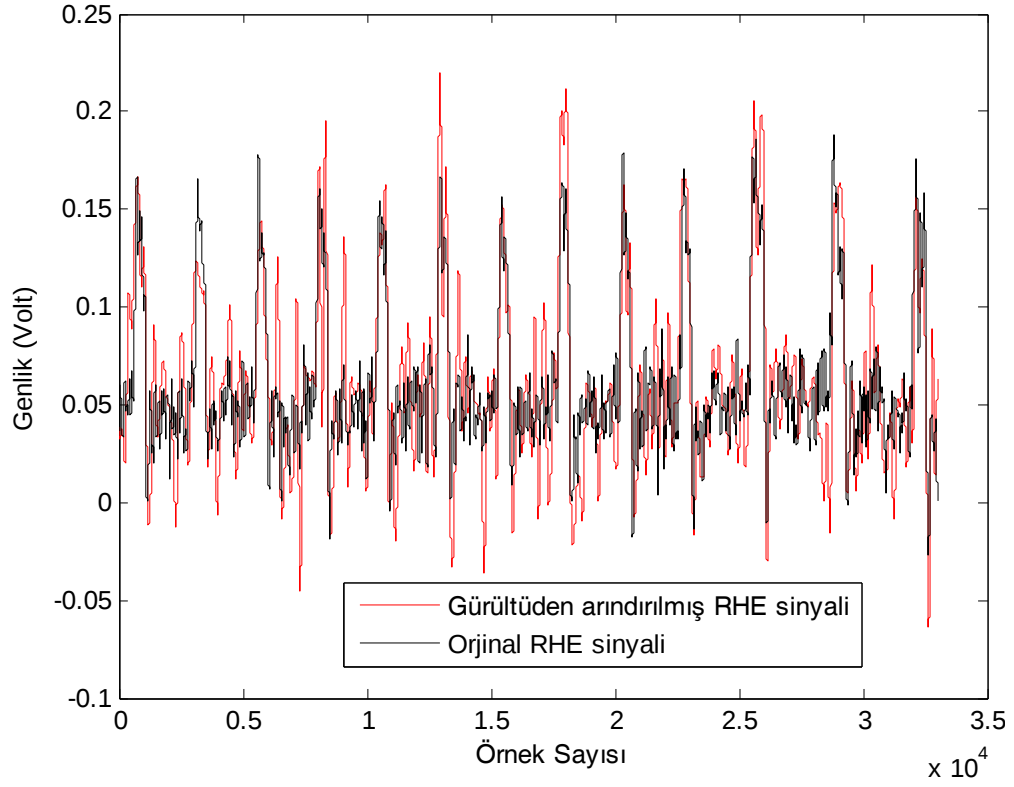
Şekil 4.15’de 135 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale aşağıda belirtilen oranlarda gürültü eklendikten sonra DPD ve bulanık s-fonksiyon eşikleme ile birlikte GA tabanlı yöntem kullanarak RHE sinyallerinin gürültüden arındırılmış grafikleri aşağıda sunulmuştur. Her bir hedef için elde edilen en iyi parametre değerlerine göre grafikler çizdirilip, en iyi parametre değerleriyle birlikte verilmiştir.



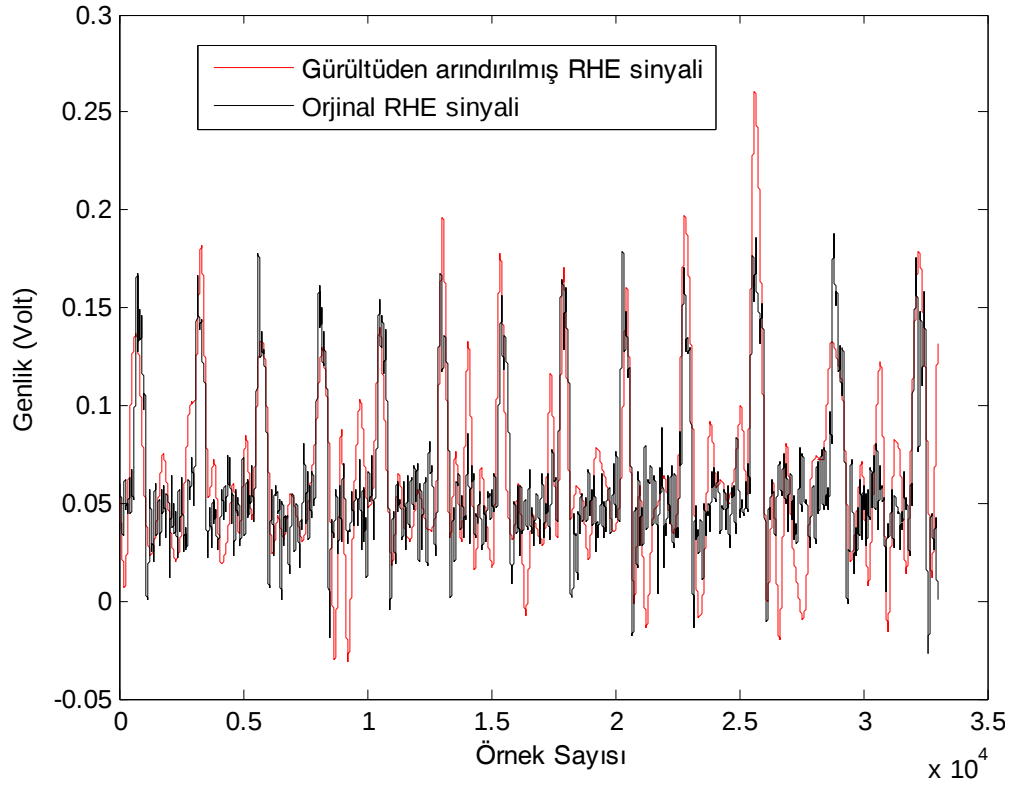
Şekil 5.94. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, db8, Norm entropi, 7 seviye)



Şekil 5.95. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db9, Sure entropi, 7 seviye)

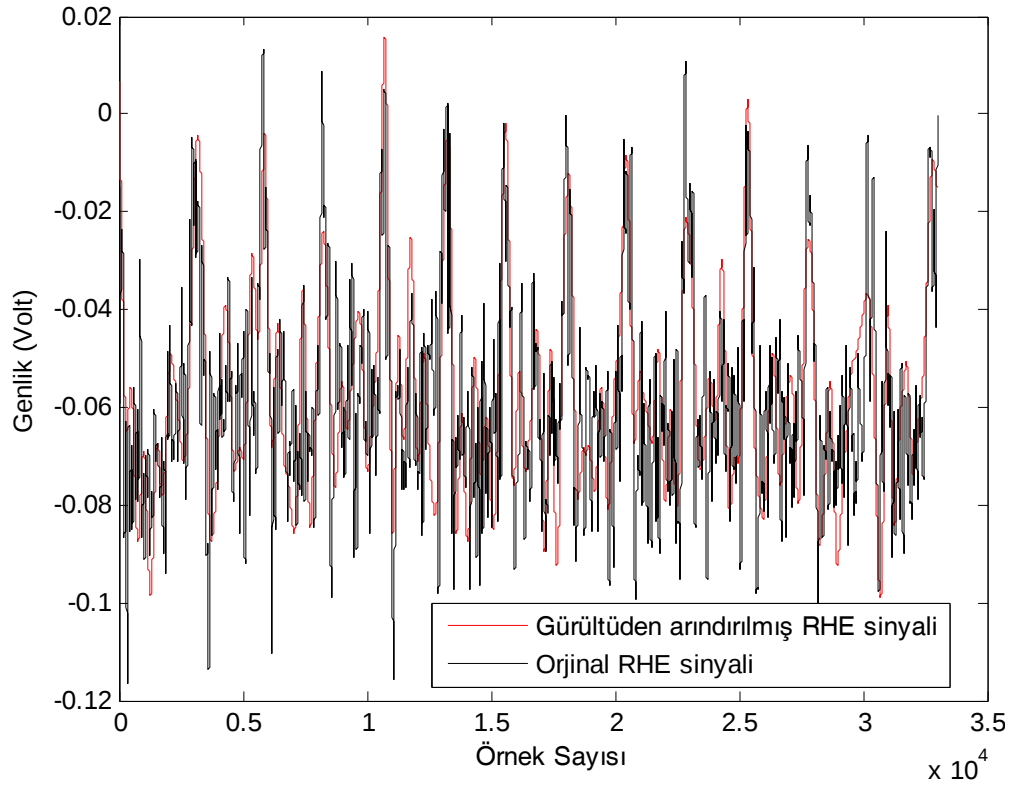


Şekil 5.96. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym6, Norm entropi, 7 seviye)

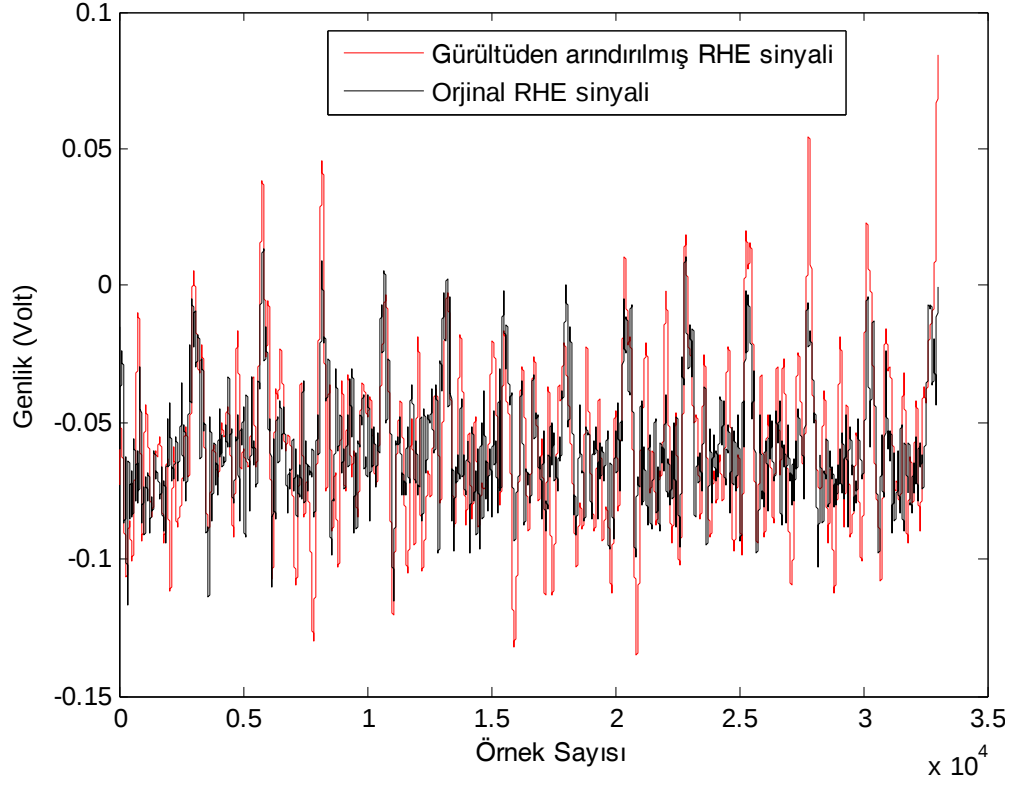


Şekil 5.97. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, coif3, Norm entropi, 8 seviye)

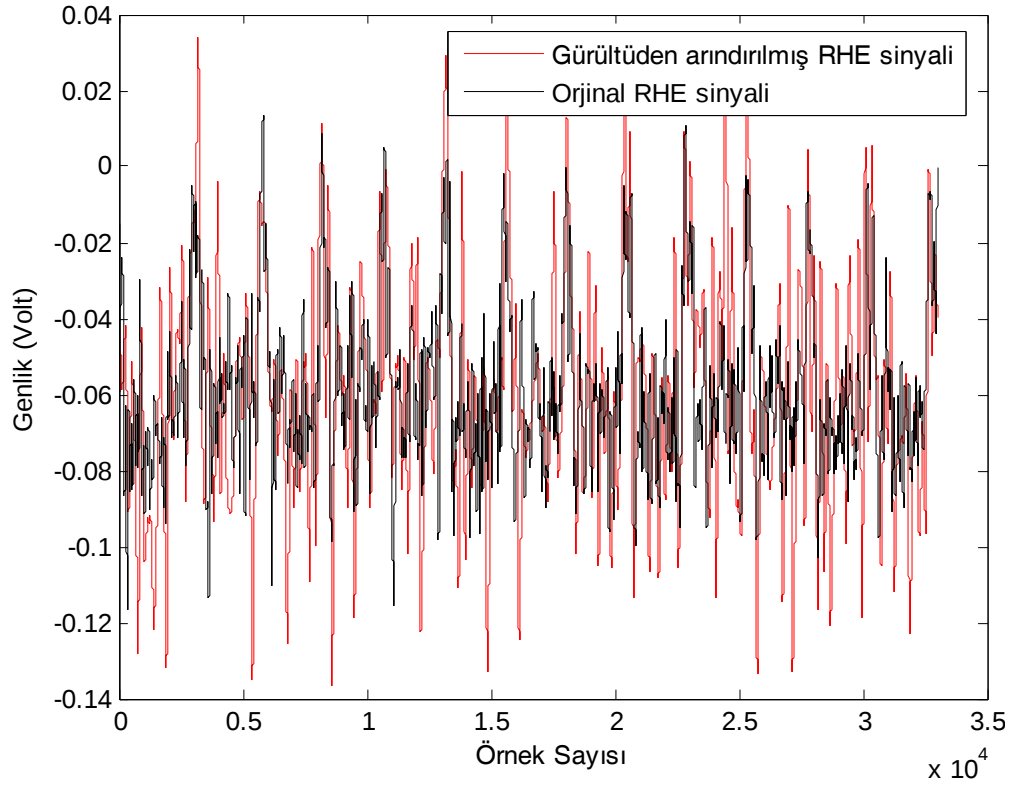
Şekil 4.16’da 180 cm mesafede bulunan küre hedefi için RHE sinyali verilmiştir. Bu sinyale aşağıda belirtilen oranlarda gürültü eklendikten sonra DPD ve bulanık s-fonksiyon eşikleme ile birlikte GA tabanlı yöntem kullanarak RHE sinyallerinin gürültüden arındırılmış grafikleri aşağıda sunulmuştur. Her bir hedef için elde edilen en iyi parametre değerlerine göre grafikler çizdirilip, en iyi parametre değerleriyle birlikte verilmiştir.



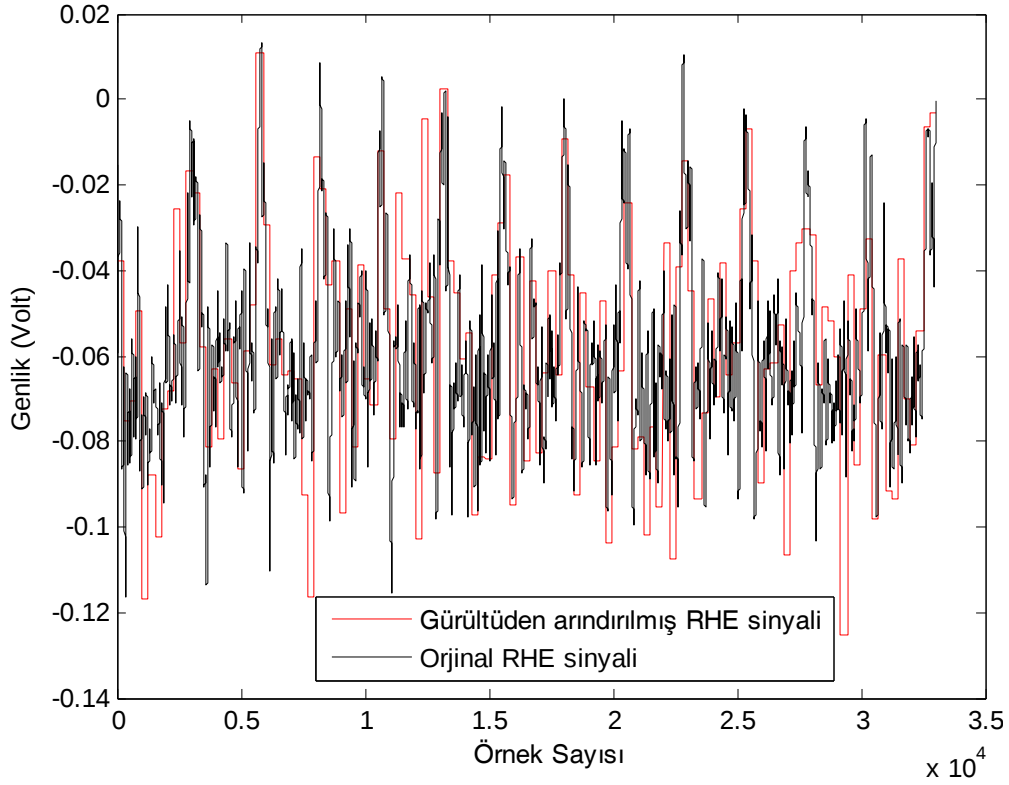
Şekil 5.98. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-10dB, db7, Sure entropi, 8 seviye)



Şekil 5.99. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-12dB, db8, Log energy entropi, 7 seviye)



Şekil 5.100. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-13dB, sym4, Shannon entropi, 7 seviye)



Şekil 5.101. Küre hedefi için gürültüden arındırılmış RHE sinyali (SGO=-15dB, db1, Log energy entropi, 8 seviye)

Önerilen yöntemin başarımlar değerleri Tablo 5.5'e kaydedilmiştir. GA ile en iyi dalgacık ailesi, entropi türü ve ayrışım seviyesi seçilebilmiştir. -15 dB SGO değerinde, 90 cm mesafedeki metal plaka için 0.9210 KK değeri elde edilmiştir. Bu değer diğer yöntemlerde oldukça düşüktür. Diğer taraftan -15 dB SGO değerinde, 135 cm mesafedeki metal plaka için elde edilen KK değeri 0.9096'dır. Bu yöntemin daha iyi sonuç verdiği Tablo (5.2, 5.3 ve 5.4) ile karşılaştırıldığında görülmektedir.

Tablo 5.5. Farklı gürültü oranlarında KK ve OKHK değerleri

Metal Plaka Hedefi			Küre Hedefi		
90cm			90cm		
SGO(dB)	OKHK	KK	SGO(dB)	OKHK	KK
-10	0.1225	0.9646	-10	0.0232	0.8907
-12	0.1537	0.9436	-12	0.0254	0.8671
-13	0.1653	0.9373	-13	0.0277	0.8543
-15	0.1825	0.9210	-15	0.0292	0.8461
135cm			135cm		
-10	0.1381	0.9474	-10	0.0214	0.8510
-12	0.1517	0.9355	-12	0.0261	0.8193
-13	0.1664	0.9224	-13	0.0280	0.7942
-15	0.1969	0.9069	-15	0.0317	0.7271
180cm			180cm		
-10	0.0638	0.9612	-10	0.0168	0.6848
-12	0.0775	0.9405	-12	0.0236	0.6368
-13	0.0837	0.9321	-13	0.0246	0.5844
-15	0.0995	0.9066	-15	0.0239	0.5625

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında, zayıf radar sinyallerini gürültüden arındırabilmek için önerilen ve incelenen yöntemlere ait başarımlar sonuçları karşılaştırmalı olarak aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 6.1. Metal hedefine ait incelenen yöntemlerin başarımlar karşılaştırılması

90 cm mesafedeki Metal hedef (-10 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.1584	0.1595	0.1506	0.1225
KK	0.9388	0.9394	0.9461	0.9646
90 cm mesafedeki Metal hedef (-15 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.2272	0.2206	0.1972	0.1825
KK	0.8901	0.8835	0.9081	0.9210
135 cm mesafedeki Metal hedef (-10 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.1663	0.1482	0.1455	0.1381
KK	0.9225	0.9372	0.9394	0.9474
135 cm mesafedeki Metal hedef (-15 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.1976	0.2031	0.1889	0.1969
KK	0.8925	0.8907	0.8971	0.9069
180 cm mesafedeki Metal hedef (-10 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0910	0.0760	0.0806	0.0638
KK	0.9374	0.9453	0.9356	0.9612
180 cm mesafedeki Metal hedef (-15 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.1145	0.1115	0.1045	0.0995
KK	0.8827	0.8801	0.8959	0.9066

Tablo 6.2. Küre hedefine ait incelenen yöntemlerin başarımlarının karşılaştırılması

90 cm mesafedeki Küre hedefi (-10 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0273	0.0240	0.0230	0.0232
KK	0.8805	0.8784	0.8790	0.8907
90 cm mesafedeki Küre hedefi (-15 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0378	0.0364	0.0345	0.0292
KK	0.7416	0.7503	0.7963	0.8461
135 cm mesafedeki Küre hedefi (-10 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0262	0.0253	0.0212	0.0214
KK	0.7711	0.7767	0.8356	0.8510
135 cm mesafedeki Küre hedefi (-15 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0332	0.0313	0.0306	0.0317
KK	0.6586	0.6859	0.7044	0.7271
180 cm mesafedeki Küre hedefi (-10 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0192	0.0174	0.0168	0.0168
KK	0.5877	0.6615	0.6748	0.6848
180 cm mesafedeki Küre hedefi (-15 dB)	1.Yöntem	2.Yöntem	3.Yöntem	Önerilen Yöntem
OKHK	0.0263	0.0269	0.0276	0.0239
KK	0.5138	0.5018	0.5274	0.5625

Tablo (6.1-6.2)'de her iki hedefe ait -10 dB ve -15 dB gürültü oranlarında başarımların sonuçları yer almaktadır.

İncelenen algoritmaların ilkinin DPD ve Entropi tabanlı bir yaklaşım oluşturmaktadır. Bu yöntemde, dalgacık parametreleri, daubechies3 dalgacık ailesi, Sure entropi ve ayrışım için 8 seviye seçilmiştir. İncelenen yöntemin etkinliği, gerçek RHE sinyalleri üzerinde gerçekleştirilen uygulamalar ile gösterilmiştir.

İncelenen ikinci yöntem, Dalgacık Dönüşümü ve Seviye Bağımlı Eşikleme ile zayıf radar sinyallerinde gürültü arındırma uygulamasıdır. Bu yöntemde, ilk yöntemde olduğu gibi dalgacık parametreleri, daubechies3 dalgacık ailesi ve ayrışım için 8 seviye seçilmiştir. Seçilen bu parametreler deneysel çalışmalar sonucunda bulunan en iyi

değerlerdir. Karşılaştırmanın sağlıklı yapılabilmesi için ilk üç yöntemde aynı dalgacık parametreleri kullanılmıştır.

İncelenen üçüncü yöntem, Dalgacık Paket Dönüşümü ve Bulanık s-fonksiyon Eşikleme ile zayıf radar sinyallerinde gürültü arındırma uygulamasıdır. Bu yöntemde, ilk iki yöntemde olduğu gibi dalgacık ailesi olarak daubechies3, Sure entropi ve ayrışım için 8 seviye seçilmiştir.

Bu tez çalışmasında önerilen yöntem, Genetik Algoritma, Dalgacık Paket Dönüşümü ve Bulanık s-fonksiyon Eşikleme kullanarak zayıf radar sinyallerinde gürültü arındırma uygulamasıdır. Önerilen yöntemin en büyük avantajı, DPD'nin parametrelerinin en iyi değerlerini bulabilmek için GA kullanılmasıdır. Bu sayede her gürültü seviyesinde en iyi dalgacık ailesi, entropi türü ve ayrışım seviyesi oluşturulan algoritma tarafından tespit edilerek yüksek başarımlar sağlanmıştır.

Bu çalışmada verilen her iki hedef ve hedef mesafesi için önerilen yöntemin başarımlarının diğer yöntemlerden çok daha iyi olduğu tablolar karşılaştırıldığında rahatlıkla görülebilir. Bunun nedeni her gürültü seviyesi için GA tarafından elde edilen dalgacık parametre değerleridir. Bu algoritma ile gürültülü radar sinyallerinin gürültüden arındırılması daha etkili olmaktadır.

6.1. Öneriler

- Bu tez çalışmasında önerilen yöntem diğer sinyallere de uygulanarak (biyomedikal sinyaller, sonar, GPS, deprem sinyalleri gibi) başarımlarını test edilebilir.
- Dalgacık dönüşümü yönteminde eşikleme fonksiyonu olarak daha başka uyarlanabilir fonksiyonların eklenip eklenmeyeceği incelenebilir.
- İncelenen sinyale göre bir veri tabanı oluşturulabilir. Böylece hangi gürültü oranlarında hangi dalgacık türünün, hangi seviyenin seçileceği önceden bilinebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **V.Vaseghi, Saeed.**, 2008, Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction, *John Wiley and Sons ltd.*
- [2] **Hippenstiel, Ralph D.**, 2002, Detection Theory Applications and Digital Signal Processing, *CRC Press*, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- [3] **YANG Bao-jun, LI Yue**, 2004, Introduction of chaotic oscillator detection, Beijing: *Publish House of Electronics Industry.*
- [4] **Couch II, L.W.**, 1990. Digital and Analog Communication Systems. Maxwell MacMillan, New York, A.B.D.
- [5] **Cunningham I. A. and Shaw R.**, 1999, Noise in imaging systems and human vision: signal-to-noise optimization of medical imaging systems, *Journal of the Optical Society of America*, A16 (3), s.621-632.
- [6] **Chen Wei, Meng Chen, Wang Cheng, Zhang Zhe.**, 2009, Summary on Weak Signal Detection Methods based on Chaos Theory, *The Ninth International Conference on Electronic Measurement and Instruments*, 978-1-4244-3864-8/09, IEEE.
- [7] **Wang Guanyu etc.**, 1997, Application of chaos oscillator in detection of signal under the background of strong noise. *Beijing: Chinese Journal of Scientific Instrument*, 18(2), 209-212.
- [8] **Ehara N, Sasase I and Mori S.**, 1994, Weak radar signal detection based on wavelet transform, 0-7803-1775-0/94, IEEE.
- [9] **Ahern J., Delisle G. Y., etc.**, 1989, Radar, Lab-Volt Ltd., vol. 1, Canada.
- [10] **Ahern J., Delisle G. Y., etc.**, 1990, Radar, Lab-Volt Ltd., vol. 2, Canada.
- [11] **O.A.M.Aly and A.S. Omar.**, 2006, Detection and Localization of RF Radar Pulses in Noise Environments Using Wavelet Packet Transform and Higher Order Statistics, *Progress in Electromagnetics Research*, PIER 58, 301-317.
- [12] **Skolnik, M. I.**, 2001, Introduction to Radar Systems, 3rd edition, McGrawhill, New York.
- [13] **Yoshida**, 1984, Radar Technology, I.E.C.E. Publ.
- [14] **Henry Leung.**, 1995, Applying chaos to radar detection in an ocean environment: an experimental study, *IEEE journal of Oceanic Engineering*, Vol.20, No.1,1, pp56-64.

- [15] **Simon Haykin, Xiao bo Li.**, 1995, Detection of signals in chaos, *Proceedings of the IEEE*, Vol.83, No.1,1, pp95-122.
- [16] **A. V Oppenheim et al.**, 1992, Signal Processing in the context of chaotic signals, *Proc. IEEE-ICSASSP'92*, Vol.4, 117-120.
- [17] **Weichongyu and Zhuweijuan.**, 2010, Weak Signal Denoising method Based on Accumulation in frequency domain and Wavelet Transform, *Third International Symposium on Information Processing, IEEE*.
- [18] **Chongsheng Li.**, 2005, Study of Weak Signal Detection Based on Second FFT and Chaotic Oscillator, *Nature and Science*, 3(2).
- [19] **Khairnar, D.G., Merchant, S.N., Desai, U.B.**, 2008, Radar signal detection in non-gaussian noise using RBF neural network, *Journal of Computers*, Vol.3, No.1.
- [20] **To, A.C., Moore, J.R., Glaser, S.D.**, 2009, Wavelet denoising techniques with applications to experimental geophysical data, *Signal Processing* 89, 144-160.
- [21] **Yang, R., Ren, M.**, 2011, Wavelet denoising using principal component analysis, *Expert systems with Applications* 38, 1073-1076.
- [22] **L.N.Sharma., S.Dandapat., A. Mahanta.**, 2010, ECG signal denoising using higher order statistics in Wavelet subbands, *Biomedical Signal Processing and Control* 5, 214-222.
- [23] **Bingo Wing-Kuen L., Charlotte H., Hak-Keung L., Thomas Pak-Lin W., Albert Y., Peter Kwong S.**, 2008, Fuzzy rule based Multiwavelet ECG signal denoising, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*.
- [24] **G.Geetha., S.N.Geethalakshmi.**, 2011, EEG De-noising using SURE thresholding based on Wavelet transforms, *International Journal of Computer Applications*, 0975-8887, Vol.24, No.6, June.
- [25] **M.Talbi., L.Salhi., W.Barkouti., A.Cherif**, 2009, Speech enhancement with bionic Wavelet transform and recurrent neural network, *5th International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications*, March.
- [26] **B.M.Kumar.,R.V.Lavanya.**, 2011, Signal denoising with soft threshold by using Chui-Lian multiwavelet, *International Journal of Electronics and Communication Technology*, Vol.2, Issue 1, March.

- [27] **L.Liu., J.Jiang.,** 2011, Using stationary wavelet transformation for signal denoising, *Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, IEEE.*
- [28] **S.Song., Y-Y.QI., J-F.Qiao,** 2007, Research on de-noising of pulse signal based on fuzzy threshold in wavelet packet domain, *Proceedings of the 2007 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition,* Beijing, China, 2-4 Nov.
- [29] **Q.Zhang., R.A.Rossel., P.Choi,** 2006, Denoising of gamma-ray signals by interval-dependent thresholds of wavelet analysis, *Measurement Science and Technology,* 17, 731-735.
- [30] **F.Liu., X.E.Ruan,** 2007, Wavelet-based diffusion approaches for signal denoising, *Signal Processing* 87, 1138-1146.
- [31] **F.Catte., T.Coll, P.L.Lions., J.M.Morel,** 1992, Image selective smoothing and edge detection by nonlinear diffusion, *SIAM, J. Numer, Anal,* 29, 182-193.
- [32] **E.Memin., P.Perez,** 1998, A multigrid approach for hierarchical motion estimation, *Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Vision, IEEE Computer Society Press, Bombay, India,* pp.933-938, January.
- [33] **M.Chipot., R.March., Mrosati., G.V.Caffarelli,** 1997, Analysis of a nonconvex problem related to signal selective smoothing, *Math.Models Methods Appl.Sci.,* 7(3), 313-328.
- [34] **G.I.Barenblatt., M.Bertsch., R.Dal Passo., M.Ughi,** 1993, A degenerate pseudo parabolic regularization of a nonlinear forward-backward heat equation arising in the theory of heat and mass exchange in stably stratified turbulent shear flow, *SIAM J.Math.Anal.,* 24, 1414-1439.
- [35] **X.Li., T.Chen,** 1994, Nonlinear diffusion with multiple edginess thresholds, *Pattern recogn.,* 27(8), 1029-1037.
- [36] **D.Li-Xiang., Z.Lai-Bin., W.Zhao-Hui,** 2006, De-noising of diesel vibration signal using wavelet packet and singular value decomposition, *Front.Mech.Eng.China,* 4:443-447.
- [37] **L.Shoudo., Z.Laibin.,W.Zhaohui,** 2001, Application of wavelet de-noising in diesel fault diagnosis, *Journal of Mech.Strength,* 23(2):134-137 (in Chinese).
- [38] **Z.Yu., L.Chao., Z.Zhipei,** 2001, To identify for diesel signals with strong noise based on wavelet, *Transactions of CSICE,* 19(4):365-368 (in Chinese).

- [39] **S.Hui., Y.Qijun., P.Junfen,** 1999, Application of wavelet packets transform to the condition monitoring of reciprocating pump piston, *Journal of the University of Petroleum, China (Natural Science Edition)*, 23(3):60-62 (in Chinese).
- [40] **H.Zhengjia., Z.Yanyang., Z.Zhousuo.,** et al, 2001, Fault diagnosis principles of non-stationary signal and applications to mechanical equipment, *Beijing:Higher Education Press.*, 38-41 (in Chinese).
- [41] **H.Changhua., L.Guohua., L.Tao., et al,** 2004, System analysis and design based on matlab 6.x-wavelet analysis, *Xidian University Press.*, 334-341 (in Chinese).
- [42] **M.Alfaouri., K.Daqrouq.,** 2008, ECG signal denoising by wavelet transform thresholding, *American Journal of Applied Sciences*, 5(3):276-281.
- [43] **M.Merri., M.Alberto., A.J.Moss.,** 1993, Dynamic analysis of ventricular representation duration from 24-hour recording, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.40, No.12.
- [44] **A.Shrouf.,** 1994, The lineal prediction methods analysis and compression, *PhD thesis of Slask Technical University in Gliwice.*
- [45] **D.L.Donoho.,** 1995, De-noising by soft thresholding, *IEEE Transaction on Information Theory*, Vol.41, pp.613-627, May.
- [46] **V.Almenar., A.Albiol,** 1999, A new adaptive scheme for ECG enhancement, *Signal Processing*, 75, pp:253-265.
- [47] **S.Mallat., S.Zhong.,** 1992, Characterisation of signals from multiscale edges, *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Vol.14, No.7, pp.710-732.
- [48] **P.Ravier., P. Amblard.,** 2001, Wavelet packets and de-noising based on higher order statistics for transient detection, *Signal Processing*, 81, 1909-1926.
- [49] **P.Abry., P.Flandrin.,** 1994, Multiresolution transient detection, *IEEE-SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis*, Philadelphia, USA, pp.225-228, October.
- [50] **L.Senhadji., G.Carrault., J.Bellanger.,** 1994, Interictal EEG spike detection: a new framework based on wavelet transform, *IEEE-SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis*, Philadelphia, pp.548-551.
- [51] **M.G.Kendall., A.Stuart.,** 1977, The advanced Theory of statistics distribution theory, Charles Griffin and Company Ltd.

- [52] **P.Ravier., P. Amblard.,** 1998, Combining an adapted wavelet transform with 4th order statics for transient detection, *Signal Processing*, 70 (2), 115-128.
- [53] **P. Amblard., Ph.Ravier.,** 1995, Experimental performance analysis of an on-line transient detector, *IEEE Signal Processing Workshop on Higher-Order Statistics*, pp.171-175, Barcelona.
- [54] **C.A.Medina., A.Alcaim., J.A.Apolinario.,** 2003, Wavelet denoising of speech using neural networks for threshold selection, *Electronics Letters* 11th, Vol.39, No.25, December.
- [55] **D.L.Donoho., I.M.Johnstone,** 1994, Threshold selection for wavelet shrinkage of noisy data, 16th Annual Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp.24a-25a, Maryland, USA.
- [56] **D.L.Donoho., I.M.Johnstone,** 1995, Adapting to unknown smoothness via wavelet shrinkage, *J.Am.Stat.Assoc.*, 90, (432), pp.1200-1224.
- [57] **S.F.Boll.,** 1979, Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction, *IEEE Trans.Acoustic Speech Signal Process*, 27, pp.113-120.
- [58] **I.Daubechies.,** 1988, Orthonormal bases of compactly supported wavelets, *Commun.Pure Appl.Math.*, 41, pp.909-996.
- [59] **J.I.Agbinya.,** 1996, Discrete wavelet transform techniques in speech processing, *Proc.IEEE Tencon, Digital Signal Processing Applications*, Perth, WA, pp.514-519, Australia.
- [60] **D.A.Reynolds., T.F.Quartieri., R.B.Dunn.,** 2000, Speaker verification using adapted Gaussian mixture models, *Digit.Signal Process.*, 10, pp.19-41.
- [61] **G.Y.Chen., T.D.Bui.,** 2003, Multiwavelets denoising using neighboring coefficients, *IEEE Signal Processing Letters*, Vol.10, No.7, July.
- [62] **T.T.Cai., B.W.Silverman,** 2001, Incorporating information on neighboring coefficients into wavelet estimation, *Shankya:Ind.J.Stat.B.*, pt.2, Vol.63, pp.127-148.
- [63] **E.P.Simoncelli., E.H.Adelson,** 1996, Noise removal via Bayesian wavelet coring, in *Proc.ICIP*, Lausanne, Switzerland.
- [64] **L.Sendur., I.W.Selesnick,** 2002, Bivariate shrinkage functions for wavelet-based denoising, in *Proc.ICASSP*, Orlando, FL.

- [65] **M.K.Mihcak., I.Kozintsev., K.Ramchandran., P.Moulin.,** 1999, Low-complexity image denoising based on statistical modeling of wavelet coefficients, *IEEE Signal Processing Lett.*, Vol.6, pp.300-303, Dec.
- [66] **J.S.Geronimo., D.P.Hardin., P.R.Massopust,** 1994, Fractal functions and wavelet expansions based on several scalling functions, *J.Approx.Theory*, Vol.78, pp.373-401.
- [67] **V.Strela., P.N.Heller., G.Strang., P.Topiwala., C.Heil,** 1999, The application of multiwavelet filter banks to image processing, *IEEE Trans.*, Image Processing, Vol.8, pp.548-563, Apr.
- [68] **X.G.Xia., J.Geronimo., D.Hardin., B.Suter,** 1996, Design of prefilters for discrete multiwavelet transforms, *IEEE Trans.Signal Processing*, Vol.44, pp.25-35, Jan.
- [69] **T.R.Downie., B.W.Silwerman,** 1998, The discrete multiple wavelet transform and thresholding methods, *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol.46, pp.2558-2561, Sept.
- [70] **M.Albayrak.,** 2008, EEG sinyallerindeki epileptiform aktivitenin veri madenciliği süreci ile tespiti, *Doktora Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst.
- [71] **Ö.Demir.,** 2008, EEG dalgalarının Wavelet (Dalgacık) dönüşümü ile değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi.
- [72] **R.A.Abbak.,** 2005, Deniz düzeyi gözlemlerinin en küçük kareler yöntemiyle spectral analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi.
- [73] **Polikar, R.,** 1999, The engineer's ultimate guide to wavelet analysis the wavelet tutorial, <http://engineering.rowan.edu/~polikar/wavelets/wtpart3.html>.
- [74] **Miner, N.E.,** 1998, An introduction to wavelet theory and analysis. Sandia Report, NM,October:1-25 p.
- [75] **Batar, H.,** 2005, EEG işaretlerinin dalgacık analiz yöntemleri kullanılarak yapay sinir ağlarıyla sınıflandırılması, *Yüksek lisans tezi*, fen bilimleri enstitüsü, elektrik-elektronik müh., Anabilim dalı, Sütçü İmam Üniv.
- [76] **Miner, N.E.,** 1998, An introduction to wavelet theory and analysis, Sandia Report, NM,October:1-25 p.
- [77] **Chongsheng Li.** 2005, Study of Weak Signal Detection Based on Second FFT and Chaotic Oscillator, *Nature and Science*, 3(2).

- [78] **Bilgin.S.**, 2008, Kalp Hızı Değişkenliğinin Dalgacık Dönüşümü ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Analizi, *Doktora Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [79] **N.Arı., Ş.Özen., Ö.H.Çolak.**, 2008, Dalgacık Teorisi, Palme Yayıncılık, Ankara.
- [80] Papoulis, A. 1962, The Fourier Integral and Its Applications, Mc Graw Hill, New York.
- [81] **Goswami J, C., Chan A. K.** 1999, Fundamentals of Wavelets Theory, *Algorithm and Applications*, John Wiley & Sons, USA.
- [82] **Vetterli, M., Herley, C.** 1992, Wavelets and Filter Banks: Theory and Design, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 40, No. 9.
- [83] **Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G., Poggi, J. M.**, 1997-2002, Wavelet Toolbox for use with MATLAB, *User's Guide*, The Mathworks Inc.
- [84] **Fliege, N.J.**, 1996, Multirate digital signal processing (Multirate systems-filter bankswavelets, *John Wiley & Sons*, Chichester, 251 p.
- [85] **Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G., Poggi, J.M.**, 1996-1997, Wavelet toolbox users guide, *copyright by the MathWorks, Inc.*
- [86] **Percival, D.B., and Walden, A.T.**, 2002, Wavelet methods for time series analysis, *Cambridge University press*, second edition.
- [87] **Lee, J.J., Lee, S.M., Kim, I.Y., Min, H.K., ve Hong, H.S.**, 1999, Comparison between short time fourier and wavelet transform for feature extraction of heart sound, *IEEE TENCON*, Volume:102:18-55.
- [88] **T.Ç.Akıncı.**, 2005, Dalgacık (Wavelet) tabanlı dağıtım sistemleri koruma algoritması, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi.
- [89] **A.H.Kayran., E.Ekşioğlu.**, 2004, Sayısal İşaret İşleme, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [90] **B.Vidakovic., B.Muller.**, 1999, Wavelets for kids, Duke University.
- [91] **V.V.Nabiyev.**, 2005, Yapay zeka, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- [92] **A.Engin.**, 2005, Akıllı radar ile hedef tanıma sistemi, *Doktra Tezi*, Fırat Üniversitesi.
- [93] **G. G. EMEL., Ç. TAŞKIN.**, 2002, Genetik Algoritmalar ve uygulama alanları, Uludağ Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt XXI, Sayı 1, s. 129-152.
- [94] **Gonzales E. L. and Fernandez M.A.R.** 2000, Genetic Optimisation of A Fuzzy Distribution Model, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Volume 30, Number 7/8, s. 681-696.

- [95] **Beasley D., Bull D.R. ve Martin R.R.** 1993, 2002, A Sequential Niche Technique for Multimodal Function Optimization, www.citeseer.nj.nec.com/beasley93sequential.html.
- [96] **Karr C. L. ve Freeman M. L.,** 1999, Industrial Applications of Genetic Algorithms, *CRC Press*, USA.
- [97] **Wehenkel L.,** 2002, Machine Learning and Datamining, <http://www.montefiore.ulg.ac.be/~lwh/>.
- [98] **Avcı E.,** 2004, Radar Sistemlerinde hedef analizi ve Matlab Uygulamaları, *Doktora Semineri*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [99] **Coşar S.,** 2005, Radar Doppler İşaretleri ile Otomatik Hedef Tanıma, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [100] **Üstündağ M., Şengür A., Gökbulut M., Ata F.,** 2011, Zayıf Radar Sinyallerinde Gürültü Gidermek için Dalgacık Paket Dönüşümü ve Entropi Tabanlı Bir Yöntem, *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst dergisi*, 24-2, (Kabul edildi).
- [101] **A.Şengür.,** 2006, Endoskopik görüntülerin değerlendirilmesinde görüntü işleme temelli akıllı karar destek sistemi, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi.
- [102] **B. Kotnik., D. Vlaj., Z. Kačič., B. Horvat.,** 2002, Robust MFCC Feature Extraction Algorithm using Efficient Additive and Convolutional noise reduction procedures, *ICSLP'02 Proceedings*, Denver, pp.445-448, USA.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Elazığ'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Elazığ'da tamamladım. 1998 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Eğitimi Bölümünde lisans öğrenimime başladım. 2006-2007 bahar döneminde doktora başladım. Halen Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Eğitimi Bölümünde Arş. Gör. olarak çalışmaktayım.