

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

SUALTI GÖRÜNTÜLERİNDE İYİLEŞTİRME
VE HEDEF TESPİTİ

Aysun TAŞYAPI ÇELEBİ

KOCAELİ 2012

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**SUALTI GÖRÜNTÜLERİNDE İYİLEŞTİRME
VE HEDEF TESPİTİ**

Aysun TAŞYAPI ÇELEBİ

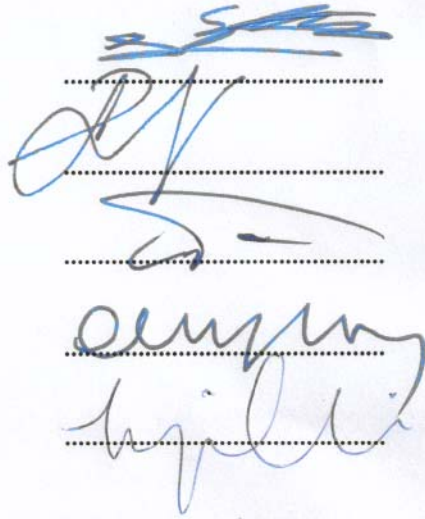
Prof.Dr. Sarp ERTÜRK
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Erhan BÜTÜN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Tülay YILDIRIM
Jüri Üyesi, Yıldız Teknik Üniv.

Doç.Dr. Oğuzhan URHAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Yrd. Doç.Dr. M.Kemal GÜLLÜ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.


.....
.....
.....
.....
.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 22.10.2012

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez de sualtı görüntülerinin işlenmesi ile ilgili gerçekleştirdiğim çalışmanın bu konuda çalışmak isteyenlere faydalı olmasını temenni ederim.

Doktora eğitimim boyunca beni desteklediği, gece gündüz her sıkıştığım anda yardım ettiği ve en önemlisi bana yaptığım işi sevdirdiği için tez danışman hocam Prof. Dr. Sarp Ertürk'e teşekkür ederim. O olmasaydı bu tez çalışmasını tamamlamam mümkün olmazdı. Her zaman kendisini, çalışkanlığını örnek alarak yoluma devam edeceğim.

Tez çalışmalarım boyunca yardımlarını eksik etmeyen Yrd. Doç. M. Kemal Güllü'ye, her zaman yanımda destek olan Doç. Dr. Oğuzhan Urhan, ve güzel ve anlayışlı bir çalışma ortamını paylaştığımız KULİS'teki tüm araştırmacı arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Moralimin en bozuk anlarında bana moral vermeyi görev edinmiş hep yanımda olan sevgili arkadaşlarım Sinem Özer ve Ozan Kuşçu'ya çok teşekkür ederim.

Ayrıca beni her zaman bu yolda cesaretlendiren, destek ve sabırlarını esirgemeyen, en sıkıntılı, stresli anlarımda yanımda olan beni yatıştırmaya çalışan biricik eşim Anıl Çelebi'ye ve doktorayı bitirmemi herkesten çok isteyen öncelikle babam olmak üzere sevgili aileme de teşekkürü borç bilirim.

Eylül - 2012

Aysun TAŞYAPI ÇELEBİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR.....	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
GİRİŞ	1
1. GÖRÜNTÜLEME SONARI İLE YAKALANMIŞ GÖRÜNTÜLERDE ENGEL VE HEDEF TESPİTİ	6
1.1. Mekanik Taramalı Görüntüleme Sonarı.....	6
1.2. Görüntüleme Sonarı Kullanılarak Yapılmış Mevcut Çalışmalar	8
1.3. Bulanık Mantık Temelli Hedef /Engel Tespiti.....	9
1.3.1. Bulanık mantık sistemi	9
1.3.2. Hedef/Engel tespiti için önerilen yöntem	11
1.3.2.1. Ön-işlem	12
1.3.2.2. Bulanık mantık temelli tespit.....	13
1.3.3. Deneysel sonuçlar	16
1.4. Sonuç.....	20
2. YANDAN TARAMALI SONAR GÖRÜNTÜLERİNDE HEDEF TESPİTİ.....	22
2.1. Yandan Taramalı Sonar Görüntülerinde Hedef Tespiti için Literatürde Yapılmış Çalışmalar	22
2.2. Yandan Taramalı Sonar Görüntülerinde Hedef Tespiti	25
2.2.1. Ampirik kip ayrışımı temelli hedef tespiti	25
2.2.1.1. Ampirik kip ayrışımı (AKA)	25
2.2.1.2. Tezde önerilen yöntem	29
2.2.1.3. Deneysel sonuçlar	31
2.2.2. Markov rassal alanlar ile hedef tespiti	36
2.2.2.1. Markov rassal alanlar yöntemi.....	36
2.2.2.2. Deneysel sonuçlar	38
2.2.3. Aydınlik dengelemesi yapılmış sonar imgelerinde MRA ile hedef tespiti.....	42
2.2.3.1. Ayrık kosinüs dönüşümü temelli aydınlık dengeleme	44
2.2.3.2. Deneysel sonuçlar	45
2.2.4. Viola-Jones yöntemi ile nesne tespiti	48
2.2.4.1. Deneysel sonuçlar	50
2.2.5. Seyreklik ayrıştırma ile nesne tespiti	53
2.2.5.1. Sözlük tasarımı	56
2.2.5.2. Negatif olmayan kısıtlı en küçük kareler yöntemi.....	58
2.2.5.3. Nesne/Hedef tespiti.....	59
2.2.5.4. Deneysel sonuçlar	62
2.2.6. Seyreklik ayrıştırma ve uyarlamalı sinirsel bulanık mantık çıkartım sistemi ile nesne/hedef tespiti	66

2.2.6.1. Önerilen yöntem	66
2.2.6.2. Deneysel sonuçlar	69
2.2.7. Yöntemlerin karşılaştırılması	71
2.3. Sonuç	75
3. SUALTI GÖRÜNTÜLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ	77
3.1. Geçmiş Çalışmalara Genel Bakış	78
3.2. AKA Temelli Geliştirilen Sualtı Görüntülerinin İyileştirilmesi	
Yöntemleri	80
3.2.1. AKA temelli iyileştirme	80
3.2.1.1. Önerilen yöntem	81
3.2.1.2. Deneysel sonuçlar	83
3.2.2. Genetik algoritma ve AKA kullanılarak sualtı görüntülerinin	
iyileştirilmesi	85
3.2.2.1. Genetik algoritma	86
3.2.2.2. Renk düzeltme yöntemi	87
3.2.2.3. Deneysel sonuçlar	88
3.3. HDR Temelli İyileştirme	92
3.3.1. Önerilen yöntem	95
3.3.1.1. Karşıtlık yayma	97
3.3.1.2. HDR imge oluşturma	97
3.3.1.3. Farklı pozlanmış imgelerin birleştirilmesi	103
3.3.1.4. Renk düzeltme yöntemi	105
3.3.2. Deneysel sonuçlar	107
3.4. Sonuç	112
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	117
KİŞİSEL YAYINLAR ve ESERLER	125
ÖZGEÇMİŞ	126

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	(a) Super Seaking görüntüleme sonarı, (b) Super SeaKing sonarı tarafından üretilen yelpaze şeklindeki huzme	7
Şekil 1.2.	(a) 325 kHz’de alınmış örnek akustik görüntü, (b) 650 kHz’de alınmış örnek akustik görüntü.	8
Şekil 1.3.	Önerilen sistemin blok şeması	11
Şekil 1.4.	(a) Örnek bir ping, (b) ön-işlem çıkışı	12
Şekil 1.5.	(a) Akustik Görüntü, (b) ön-işlem sonucu	13
Şekil 1.6.	Örnek ayrıştırılmış alt-ping.....	14
Şekil 1.7.	Bir alt-ping ve kullanılan girişleri	14
Şekil 1.8.	Bulanık düzeltme sistemi için 2 giriş-1 çıkış bulanık çıkartma sistemi ..	15
Şekil 1.9.	325kHz sonar çalışma frekansında (a) giriş 1 için üyelik fonksiyonu, (b) giriş 2 için üyelik fonksiyonu.....	15
Şekil 1.10.	Çalışma ortamı.....	17
Şekil 1.11.	(a) Akustik görüntü, (b) bulanık mantık çıkışı	17
Şekil 1.12.	Farklı koşullarda alınmış akustik görüntüler ve bulanık mantık çıkışıyla elde edilen sonuçlar	19
Şekil 1.13.	(a) Orijinal sonar imgeleri, (b) [7]’deki yöntemin sonucu, (c) önerilen yöntemin sonucu	20
Şekil 2.1.	Yandan taramalı sonardan elde edilen örnek bir görüntü	23
Şekil 2.2.	(a) Orijinal EEG işareti, (b) 1. İKF, (c) 2. İKF, (d) 3. İKF, (e) 4. İKF, (f) 5. İKF, 6.İKF	29
Şekil 2.3.	(a) Orijinal sonar imgesi, (b) 1. İKF, (c) 2. İKF, (d) 3. İKF, (e) 4. İKF, (f) kalan	29
Şekil 2.4.	(a) Orijinal sonar imgesi (b) 1. İKF, (c) ilk iki İKF’nin toplamı	30
Şekil 2.5.	AKA temelli hedef tespiti yönteminin blok şeması.....	31
Şekil 2.6.	(a) Orijinal sonar imgesi, (b) 1. İKF, (c) 1. İKF 'e morfolojik işlemler uygulanarak yapılan bölütleme, (d) 1. İKF+2. İKF, (e) 1. İKF+2. İKF’e morfolojik işlemler uygulanarak yapılan bölütleme, (f) önerilen yöntem ile elde edilen bölütleme	32
Şekil 2.7.	(a) Orijinal sonar imgesi, (b) sadece morfolojik işlem uygulanarak yapılan bölütleme sonucu	33
Şekil 2.8.	(a) Orijinal sonar imgesi, (b) sadece morfolojik işlem uygulanarak yapılan bölütleme sonucu, (c) AKA sonrası morfolojik işlem uygulanması durumunda elde edilen bölütleme sonucu.....	34
Şekil 2.9.	(a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulandığında elde edilen sonuçlar	35
Şekil 2.10.	MRA komşuluk sistemleri, a) 2. dereceden komşuluk, b) 2. derece komşuluk için tüm klikler	38
Şekil 2.11.	(a) Orijinal sonar imgesi, (b) MRA uygulandıktan sonra elde edilen imge, (c) tespit sonucu	40
Şekil 2.12.	(a) Orijinal sonar imgesi, (b) MRA uygulandıktan sonra elde edilen imge	42

Şekil 2.13. Yandan taramalı sonar imgesi	43
Şekil 2.14. (a) Aydınlik farklılığı olan imgelerden alınan satırlar, (b) aydınlık farklılığı olmayan imgelerden alınan satırlar.....	44
Şekil 2.15. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) $n=5$ için aydınlık dengelemesi, (c) $n=15$ için aydınlık dengelemesi	45
Şekil 2.16. (a-c) Orijinal sonar imgeleri, (b-d) aydınlık dengelemesi yapılmış imgeler.....	46
Şekil 2.17. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) MRA ile mayın tespit sonuçları, (c) aydınlık dengelemesi ardından MRA ile mayın tespiti sonuçları.....	47
Şekil 2.18. Viola-Jones için örnek özellik dikdörtgenleri.....	48
Şekil 2.19. Kademeli sınıflandırıcının yapısı.....	49
Şekil 2.20. İntegral imge oluşturma.....	49
Şekil 2.21. Herhangi bir bölgenin alanının hesaplanmasında izlenen yol hesabı.....	50
Şekil 2.22. Kullanılan Haar dikdörtgenleri: (a) Şablon 1,(b) Şablon 2.....	51
Şekil 2.23. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) Viola-Jones uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar	53
Şekil 2.24. DET yönteminin blok şeması	55
Şekil 2.25. Yandan taramalı sonar verisinde seyreklik ayrıştırma ile hedef tespiti...	56
Şekil 2.26. Sonar verisine uygun sözlük oluşturma.....	57
Şekil 2.27. (a-b) Nesne bulunan örnek satırlar, (c-d) DET sonunda elde edilen atomlar.....	60
Şekil 2.28. (a-b) Nesne bulunmayan örnek satırlar, (c-d) DET sonunda elde edilen atomlar.....	61
Şekil 2.29. Önerilen yöntemin blok şeması	62
Şekil 2.30. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen sonuçlar.....	64
Şekil 2.31. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) standart en küçük kareler yöntemi ile DET sonrası tespit sonuçları, (c) NOKEKK kullanılarak DET sonrası tespit sonuçları.....	66
Şekil 2.32. Seyreklik gösterimi ve ANFIS ile nesne tespiti.....	67
Şekil 2.33. Bulunan Gabor atomu için temsili yankı gölge gösterimi.....	68
Şekil 2.34. ANFIS mimarisinin yüksek düzeyde blok şeması.....	69
Şekil 2.35. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar	71
Şekil 2.36. (a) Orijinal yandan taramalı sonar imgeleri (sırasıyla imge1, imge2, imge3, imge4, imge5, imge6, imge7 ve imge8), (b) Viola-Jones ile tespit sonucu, (c) MRA ile tespit sonucu, (d) seyreklik ayrıştırma kullanılarak elde edilen tespit sonucu, (e) ANFIS ve seyreklik ayrıştırma kullanılarak elde edilen tespit sonucu.....	73
Şekil 2.37. (a) Farklı tespit algoritmalarının ROC eğrileri, (b) küçük bir kesit.....	74
Şekil 3.1. Sualtında renklerin görünmesi.....	78
Şekil 3.2. R, G, B kanallarına ayrı ayrı AKA uygulanması.	81
Şekil 3.3. Örnek bir sualtı görüntüsüne 2B-AKA uygulaması (a) orijinal imge, (b) yeşil renk kanalı (c)1. İKF, (d) 2. İKF, (e) 3. İKF, (f) 4. İKF, (g) kalan işareti.....	82
Şekil 3.4. Önerilen sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi yöntemi.....	83
Şekil 3.5. (a) Orijinal sualtı görüntüsü, (b) $\hat{I}KF_1 \times 0.33 + \hat{I}KF_2 \times 0.33 + \hat{I}KF_3 \times 0.33$ (c) $\hat{I}KF_1 \times 0.5 + \hat{I}KF_2 \times 0.3 + \hat{I}KF_3 \times 0.2$, (d) $\hat{I}KF_1 \times 0.7 +$	

	$\dot{I}KF_2 \times 0.2 + \dot{I}KF_3 \times 0.1$, (e) $\dot{I}KF_1 \times 0.3 + \dot{I}KF_2 \times 0.5 + \dot{I}KF_3 \times 0.2$, (f) $\dot{I}KF_1 \times 0.2 + \dot{I}KF_2 \times 0.3 + \dot{I}KF_3 \times 0.5$	84
Şekil 3.6.	(a) Örnek sualtı görüntüleri, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen görüntüler.....	84
Şekil 3.7.	(a) Orijinal imge, (b) renk düzeltme uygulandıktan sonra elde edilen imge.....	88
Şekil 3.8.	(a) Orijinal imgeler, (b) GA'lı AKA sonrası elde edilen imgeler, (c) renk düzeltme uygulandıktan sonraki elde edilen imgeler.....	89
Şekil 3.9.	(a) Orijinal sualtı görüntüleri, (sırasıyla imge1, imge2, imge3 ve imge4), (b) karşıtlık yayma sonucu elde edilen imgeler, (c) [79]'daki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler, (d) [75]'deki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imge, (e) sabit ağırlık kullanılarak AKA uygulanması sonucu elde edilen imge, (f) GA'lı AKA ve renk düzeltme uygulanması sonucu elde edilen imgeler.....	91
Şekil 3.10.	(a) [75]'de sunulan yöntem sonucu elde edilen imge ve küçük bir kesit, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen imge ve küçük bir kesit...	92
Şekil 3.11.	Önerilen HDR temelli iyileştirme yönteminin blok şeması.....	96
Şekil 3.12.	(a) Orijinal imge, (b) karşıtlık yayma uygulandıktan sonra elde edilen imge.....	97
Şekil 3.13.	AHA'nin 1-seviye gösterimi.....	98
Şekil 3.14.	(a) V kanalı, (b) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_0 , (c) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_1	99
Şekil 3.15.	(a) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_0 , (b) KLAHE sonrası elde edilen V_{0_CL} , (c) doğrusal yayma sonrası elde edilen V_{OE} , (d) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_1 , (e) KLAHE sonrası elde edilen V_{1_CL} , (f) doğrusal yayma sonrası elde edilen V_{UE}	101
Şekil 3.16.	(a) Çok-pozlanmış imge, (b) ikili süzgeçleme sonrası elde edilen imge, (c) keskinleştirici süzgeçleme sonrası elde edilen imge, (d) az-pozlanmış imge, (e) ikili süzgeçleme sonrası elde edilen imge, (f) keskinleştirici süzgeçleme sonrası elde edilen imge.....	103
Şekil 3.17.	(a) İyileştirilmiş az-pozlanmış imge (I_{UE}), (b) iyileştirilmiş çok-pozlanmış imge (I_{OE}), (c) normal-pozlanmış imge (I_{NE}).....	104
Şekil 3.18.	(a) Orijinal imgeler, (b) ön-işlem olarak karşıtlık yayma sonrası elde edilen imgeler, (c) HDR imge.....	105
Şekil 3.19.	(a) Elde edilen HDR imge, (b) renk düzeltmesi uygulandıktan sonra elde edilen nihai sonuçlar.....	107
Şekil 3.20.	(a) Orijinal imgeler, (b) ön-işlem olarak karşıtlık yayma sonrası elde edilen imgeler, (c) HDR imgeler, (d) renk düzeltmesi uygulandıktan sonra elde edilen nihai sonuçlar.....	108
Şekil 3.21.	(a) Orijinal imge, (b) [98]'deki gibi sadece doğrusal yayma uygulandıktan sonra oluşturulan HDR imge, (c) önerilen yöntem uygulandıktan sonra elde edilen HDR imge.....	109
Şekil 3.22.	(a) Gürültü giderimi olmadan HDR imge (b) [27]'deki gürültü giderimi uygulandıktan sonra elde edilen HDR imge, (c) önerilen yöntemdeki gürültü giderimi uygulandıktan sonra elde edilen HDR imge.....	109
Şekil 3.23.	(a) HDR imge, (b) [75]'de önerilen renk düzeltme algoritma sonucu, (c) önerilen renk düzeltme algoritma sonucu.....	110

Şekil 3.24. (a) Orijinal imgeler (sırasıyla imge1 imge2 imge3 ve imge4 şeklinde), (b) [83]'deki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler, (c) AKA temelli yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler, (d) önerilen yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler 110

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Bulanık sistem için kural tabanı.	16
Tablo 2.1. Uygulanan tespit yöntemlerinin işlem süresi.....	75
Tablo 3.1. Şekil 3.10'daki görüntüler için entropi ve ortalama gradient değerleri... 92	
Tablo 3.2. Şekil 3.26'daki imgeler için kör imge kalite değerleri	112
Tablo 3.3. Uygulanan yöntemlerin işlem süreleri.....	112

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

Simgeler

A	: Sinyalin geri oluşturulmuş hali
c	: Renk kanalı
$C(m)$: İkili süzgeçte normalizasyon katsayısı
D	: Sözlük
dv	: Dual vektör
d_j	: D sözlüğündeki her bir atom
e_{\max}	: Üst zarf işareti
e_{\min}	: Alt zarf işareti
ent	: Entropi
$grad_{ort}$: Ortalama gradient
$g_{u,s,f}(t)$: Gabor fonksiyonu
$H_V(l)$: V kanalının histogramını
$I_i(x,y)$: İntegral İmge
$İKFl$: l . İçkin Kip Fonksiyonu
J	: Amaç fonksiyonu
k	: Seyreklik miktarı
$N(m)$: Uzamsal komşuluk
NOP	: Toplam piksel sayısı
ort	: Ortalama zarf işareti
P	: Aktif Küme
R_l	: Ampirik Kip Ayrışımı sonucu oluşan l . artıklık işaret
S	: Normalizasyon sabiti
$U(x)$: Enerji fonksiyonu
w_t	: t . İKF'nin ağırlığı
w_{AHA}	: Ağırlıklı Histogram Ayırma yöntemindeki ağırlıklandırma faktörü
X	: Katsayı vektörü
Y	: Sinyalin seyrek gösterimi
Z	: Pasif küme
V_{OE}	: Çok-pozlanmış imge
V_{UE}	: Az-pozlanmış imge
V_{NE}	: Normal-pozlanmış imge
μ	: Ortalama değer
μ_d	: İstenilen ortalama değer
σ	: Standart sapma
τ	: Eşik değeri

Kısaltmalar

AHA	: Ağırlıklı Histogram Ayırma
AHE	: Adaptif Histogram Eşitleme
AKA	: Ampirik Kip Ayırımı
AKD	: Ayrık Kosinüs Dönüşümü
ANFIS	: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkartım Sistemi)
AUV	: Autonomous Underwater Vehicles (Otonom Sualtı Aracı)
BE	: Beklenti Enbüyükleme
CAR	: Correct Accept Rate (Doğru Kabul Oranı)
CPBD	: Cumulative Probability of Blur Detection (Bulanıklık Algılamanın Birikimsel Olasılığı)
DET	: Dikgen Eşleşme Takibi
FAR	: False Alarm Rate (Yanlış Alarm Oranı)
GA	: Genetik Algoritma
GRA	: Gibbs Rassal Alanları
HDR	: High Dynamic Range (Yüksek Dinamik Aralık)
İKF	: İçkin Kip Fonksiyonu
JNB	: Just Noticeable Blur (Sadece Farkedebilir Bulanıklık)
KLAHE	: Karşıtlık Limitli Adaptif Histogram Eşitlemesi
LDR	: Low Dynamic Range (Düşük Dinamik Aralık)
MSIS	: Mechanically Scanned Imaging Sonar (Mekanik Taramalı Görüntüleme Sonarı)
MRA	: Markov Rassal Alanları
MAP	: Maximum a Posteriori (Maksimum Sonsal)
OMP	: Orthogonal Matching Pursuit (Dikgen Eşleşme Takibi)
NOKEKK	: Negatif Olmayan Kısıtlı En Küçük Kareler
ROC	: Receiver Operating Characteristics (Alıcı İşletim Karakteristiği)
ROV	: Remotely Operated Vehicles (Uzaktan Kumandalı Araçlar)
TVG	: Time Varied Gain (Zamanla Değişen Kazanç)
2-B AKA	: İki Boyutlu Ampirik Kip Ayırımı

SUALTI GÖRÜNTÜLERİNDE İYİLEŞTİRME VE HEDEF TESPİTİ

ÖZET

Deniz tabanı fizyonomisi ve sualtı hedeflerin algılanması ve sınıflandırılması; deniz bilimleri, sivil ve askeri birçok uygulama için son yıllarda önemli bir konu olmuştur. Bu amaçla sualtı görüntülerini yakalamak için çeşitli akustik sensörler (sonarlar) ve kısa menzilli uygulamalar için optik sensörler (kameralar) kullanılmaktadır. Sonarlar ile yakalanan görüntülerde mayın tespiti ve sınıflandırılması, hedef tespiti ve sınıflandırılması veya deniz dibi haritalarının çıkarılması, AUV navigasyon ve yol planlaması, ayrıca optik sensörler aracılığı ile yakalanan görüntülerde sınırlı görünürlük, bulanıklık ve pus etkisinin kaldırılması gibi birçok uygulama için görüntü işleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında ise akustik görüntülerdeki hedef/nesne/engel tespiti ve optik sensör görüntüleri üzerinde görüntü iyileştirme yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Bu tez kapsamında insansız bir sualtı aracının güvenli bir şekilde ilerleyebilmesi için görüntüleme sonarı kullanarak engel/nesne tespiti yapan ve gerçek zamanlı çalışan bulanık mantık temelli bir yöntem önerilmiştir. Ayrıca insansız bir sualtı aracında deniz dibini görüntülemek için kullanılan yandan taramalı sonar görüntüleri üzerinde nesne/hedef tespiti yapan özgün yöntemler geliştirilmiştir. Büyük batıkların tespiti amaçlı Ampirik Kip Ayrışımı temelli bir yöntem önerilmiştir. Mayın gibi küçük batıklar için Markov Rassal Alanlar yönteminin aydınlık dengelemesi yapıldıktan sonra kullanılması önerilip doğru tespit sayısını arttırdığı gösterilmiştir. Seyreklik ayrıştırma temelli yaklaşımlar geliştirilerek yandan taramalı sonar görüntülerinde nesne/hedef tespiti yapılarak başarımlar büyük oranda arttırılmıştır.

Bu tez kapsamında optik sensörle yakalanan görüntülerin iyileştirilmesi için iki özgün yöntem önerilmiştir. İlk yöntem Ampirik Kip Ayrışımı temelli bir yöntem iken diğer yöntem ise HDR (High Dynamic Range) imge oluşturmaya dayanan bu sırada karşıtlık limitli adaptif histogram eşitleme kullanılarak daha geniş dinamik aralık elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir.

Anahtar Kelimeler: Ampirik Kip Ayrışımı, Hedef/Nesne Tespiti, Seyreklik Ayrıştırma, Sualtı Görüntü İyileştirme, Yandan Taramalı Sonar.

IMAGE ENHANCEMENT AND TARGET DETECTION IN UNDERWATER IMAGES

ABSTRACT

Sea floor physiognomy and detection and classification of underwater targets have been important topics for many applications in marine sciences, civilian and military fields in the recent years. Therefore acoustic sensors and optical sensors (cameras) are being used to capture underwater images. Image processing methods are required for the detection and classification of mines, detection and classification of targets, AUV navigation and route planning using the images captured by acoustic sensors. Image processing is also necessary in order to remove limited visibility, blur and fog effects in the images captured by optical sensors. In this thesis the detection of targets/objects/obstacles in acoustic images and image enhancement methods in optical sensor images has been targeted.

A fuzzy logic based method operating in realtime which performs obstacle/object detection using imaging sonar for an unmanned underwater vehicle to move safely has been proposed in this thesis. Original methods have been proposed for detecting object/target in side scanned sonar images which are used to display the sea floor in unmanned underwater vehicles. A method based on Empirical Mode Decomposition has been proposed for the detection of large sunken objects. Utilization of Markov Random Fields after illumination equalization has been proposed for small sunken objects like mines and this has been shown to increase the number of correct target detection. The performance has been increased substantially by developing approaches based on Sparse Decomposition.

Two original methods have been proposed in this thesis for improving images captured by optical sensors. The first method is based on Empirical Mode Decomposition, while the other method relies on HDR (High Dynamic Range) image forming that facilitates a wider dynamic range by using contrast limited adaptive histogram equalization.

Key Words: Empirical Mode Decomposition, Target/Object Detection, Sparse Decomposition, Underwater Image Enhancement, Side Scan Sonar.

GİRİŞ

Dünyanın %70'i sularla kaplı olup dünya nüfusunun yaklaşık %37'si su kaynaklarının içinde yaşamakta ve su geniş biyolojik ve mineralojik kaynaklar içermektedir. Bu sebeplerden dolayı son zamanlarda sualtı araştırmaları büyük önem kazanmıştır. Sualtını keşfedebilmek için sivil ve askeri birçok uygulama için insansız sualtı araçları geliştirilmiştir. İnsansız sualtı araçları en genel tanımı ile bir operatörün uzaktan kontrol edebildiği, sualtında değişik amaçlara yönelik bir dizi işlevi yerine getiren sualtı robotlarıdır. Sualtı araçları, sualtı Uzaktan Kumandalı Araçlar (Remotely Operated Vehicles-ROV) ile denizaltı ve askeri operasyonlar için Otonom Sualtı Araçları (Autonomous Underwater Vehicles-AUV) olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu doğrultuda AUV navigasyon ve yol planlaması, kaynakların keşfi, hedef lokalizasyonu ve tanımlama, engellerden kaçınma, boru hatları, deniz platformları, gemi tankları, su depoları tespiti, oşinografik haritalama gibi bir dizi işlev yerine getirilmektedir [1]. Ticari, askeri ve bilimsel amaçla çeşitli uygulamalarda kullanılmakta olan bu araçlar, sualtı görüntülerini yakalamak için optik sensörler (kameralar), lazer sensörleri, görüntüleme sonarları ve yandan taramalı sonarlar gibi farklı akustik sensörler ile donatılmaktadırlar.

Günümüzde AUV'lerin güvenli ilerletilmesinde, deniz tabanındaki mayın tespiti ve sınıflandırılmasında, hedef tespiti ve sınıflandırılmasında, balık sürülerinin tespitinde, dalga ve akıntıların ölçümü veya deniz dibi haritalarının çıkarılmasında çoğunlukla akustik sensörler tercih edilmektedir. Akustik sensörler ile yakalanan görüntüler nesne/hedef/engel tespitine yönelik işlenirken genelde dört adım takip edilmektedir. İlk aşamada imgeler bir ön-işlemden geçirilmekte olup genellikle bu ön-işlem gürültü azaltımı olmaktadır. İkinci adımda bölütleme yapılarak nesnelerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bir sonraki aşamada tespit edilen nesnelere ait özellik çıkartımı yapılmaktadır. Son aşamada ise sınıflandırma gerçekleştirilmektedir. Akustik sensörler ile yakalanan görüntülerde bölütleme ve nesne/hedef/engel tespiti çeşitli gürültülerin varlığı nedeniyle zor bir görev olduğu

kadar kritik bir görevdir. Bu sensörler ile yakalanan görüntülerde nesne tespiti sınıflandırılması için literatürde farklı imge işleme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda en büyük sorun çoğu zaman geliştirilen yöntemlerin işlemsel yükünün çok olması ve gerçek zamanlı uygulamalarda çalışmaması olup aynı zamanda tespit başarımı da yetersiz kalabilmektedir.

Sualtı araçlarında, kısa mesafede daha detaylı görüntüleme için genellikle optik kameraların kullanılması tercih edilmektedir. Optik sensörler kullanılarak elde edilen görüntülerin yüksek çözünürlüklü olmaları tercih edilmekle beraber bu görüntülerde birçok problem mevcuttur. Sualtı uygulamalarında optik sensörlerin kullanılmasındaki en büyük dezavantaj sınırlı görünürlüktür. Temiz sularda yaklaşık yirmi metre olan görünürlük kıyı ve bulanık sularda ise birkaç metreye kadar düşmektedir. Bunun yanında sualtında homojen olmayan ışıklandırma, düşük karışıklık, bulanıklık, deniz karı gibi birçok bozucu etken oluşabilmektedir. Bu görüntülerde görüntü kalitesini iyileştirmek ve belirtilen bu sıkıntıları ortadan kaldırmak için görüntü iyileştirme algoritmalarının kullanılması gerekmektedir. Görüntü kalitesini artırmak, zayıflama etkilerini telafi etmek, karışıklık geliştirmek, renk dengelemesi yapmak, gürültü ve bulanıklığı gidermek için sualtı görüntülerine bir ön-işlem olarak görüntü iyileştirme yöntemleri uygulamak görüntülerin görsel olarak daha düzgün hale gelmesini sağlamaktadır. Literatürde bu amaçla çeşitli görüntü iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Ancak mevcut yöntemlerin başarımı oldukça sınırlıdır.

Bu tez çalışmasında akustik sensörler ile elde edilen görüntülerde yüksek başarım ve özellikle gerçek zamanlı çalışabilecek hedef/nesne/engel tespiti yapmak ve ayrıca optik sensörle elde edilen görüntülerde ışığın yayılmasından dolayı oluşan bozuklukları giderip iyileştirme yapmak için çalışılmış ve aşağıda belirtilen özgün yöntemler geliştirilmiştir.

1. Günümüzde, insansız sualtı araçlarında kullanılan akustik sensörlerler, genellikle görüntüleme sonarı ve yandan taramalı sonarlardır. Bu tez kapsamında görüntüleme sonarı ile alınan görüntülerde engel/nesne tespiti yapan yöntemler üzerine çalışılarak özgün bir yöntem geliştirilmiştir. Bulanık mantık temelli olan bu yöntemde gürültü giderimi ve tespit aşamasında uzamsal bilginin kullanılması iki önemli özgünlüktür.

Geliştirilen yöntem gerçek zamanlı çalışmakta ve düşük sayıda yanlış alarm vermektedir.

2. Bu tez kapsamında yandan taramalı sonar görüntüleri üzerinde de çalışılmıştır. Bu amaçla literatürde yapılan yöntemler incelenmiş ve başarımlar değerlendirilmesi için mevcut bazı yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemlere ek olarak özgün yöntemler geliştirilmiştir. Deniz dibindeki büyük batıkların tespiti amaçlı Ampirik Kip Ayırışımı (AKA) yaklaşımı kullanılarak özgün bir tespit yöntemi önerilmiştir. AKA uyarlamalı ve doğrusal olmayan bir işaret ayırıştırma yöntemidir. Önerilen yöntemde sonar imgeleri AKA yöntemi ile İçkin Kip Fonksiyonlarına (İKF) ayırıştırılmıştır. Birinci İKF ile birinci ve ikinci İKF'nin toplamı sonucunda oluşan verilere morfolojik işlemlerin uygulanması ve sonuçların birleştirilmesi ile hedef tespiti yapılmasının sadece morfolojik işlem ile bölütleme yapılmasına göre daha başarılı bir sonuç verdiği gösterilmiştir.

3. Literatürde yandan taramalı sonar görüntülerinde hedef tespiti amaçlı Markov Rassal Alanlar (MRA) yöntemi sıkça uygulanmış bir yöntemdir. Ancak MRA aydınlık farklılıkların olduğu imgelere direk uygulanıldığı zaman düzgün tespit sonucu vermemektedir. Bu tez kapsamında kendi içinde dengeleme yapılmamış imgelerin tespit edilip bu imgelere ön-işlem olarak aydınlık dengelemesi yapılarak MRA uygulanması önerilmiştir. Bu amaçla ayırık kosinüs dönüşümüne dayalı aydınlık dengelemesi kullanılmıştır. Bu sayede aydınlık farklılıkları olan imgelere sadece MRA uygulayarak elde edilen sonuçlardan ön-işlem olarak dengeleme sonrası MRA uygulamanın daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

4. Yandan taramalı sonar görüntülerinde bugüne kadar uygulanan tespit yöntemlerinden farklı olarak seyreklik ayırıştırma temelli yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu zamana kadar yapılan tespit çalışmaları giriş verisi olarak imge kullanarak nesne tespiti yapılmaktadır. Bu tez kapsamında ise tespit amaçlı seyreklik ayırıştırma temelli geliştirilen yöntemlerde yandan taramalı sonardan gelen her bir satır için veri tek tek işlenmekte ve o anki satırda hedef var/yok kararı verilebilmektedir. Seyreklik ayırıştırma temelli iki yöntem önerilmiştir; i) her bir satır atomlarına ayırıştırıldıktan sonra atomların katsayı değerine göre karar verilmektedir. ii) ilk geliştirilen yöntemin doğruluğunu arttırmak için seyreklik ayırıştırmaya dayalı

bir Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkartım Sistemi (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System-ANFIS) hedef algılayıcı kullanılması önerilmiştir. ANFIS kullanılarak bulunan atomların farklı özellikleri de tespit aşamasında kullanılmakta ve böylece daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Önerilen seyreklik ayrıştırma temelli yöntemler, yüksek algılama başarımına sahiptir. Bu yöntemlerin en büyük avantaj ise hedef tespitini satır satır yapmasıdır. Bu şekilde yandan taramalı sonardan gelen her bir satır için veri tek tek işlemekte ve o anki satırda hedef var/yok kararı verilebilmektedir. Ayrıca bu yöntemlerin tespit başarımının yüksek olmasının yanında yanlış alarm oranı da çok düşüktür. Hesapsal yükleri de diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında daha düşüktür. Bu nedenle geliştirilen yöntemlerin gerçek zamanlı olarak sualtı otonom araçlarında kullanılması mümkündür.

5. Bu tez kapsamında akustik sensör görüntüleri haricinde optik kamera ile alınan görüntüler üzerinde de çalışılmıştır. Çeşitli bozulmalara uğramış optik kamera görüntülerinin kalitesini arttırmak için iki özgün iyileştirme yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen ilk yaklaşım AKA temelli bir iyileştirme yaklaşımıdır. Sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi için AKA yaklaşımına dayalı iki farklı iyileştirme yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımlarda, öncelikle, iki boyutlu (2-B) AKA renkli sualtı görüntülerinin her bir renk kanalına uygulanmış ve i) üst seviyedeki İKF'ler önceden belirlenmiş ağırlıklar ile çarpılıp toplanarak yeni görüntü elde edilmiştir, ii) üst seviyedeki İKF'ler birleştirilirken genetik algoritma kullanılarak İKF'ler için en uygun ağırlık seti bulunmuş ve bu ağırlıklara göre İKF'ler iyileştirilmiş görüntüyü oluşturmak için toplanmıştır. İyileştirilmiş imge renk ve netlik açısından yorumlanabilirlik ve görünürlük bakımından daha iyidir. Sualtı görüntülerinde yaygın olarak karşılaşılan düşük karşıtlık sorunu ise bu yöntem ile kısmi olarak çözülmüş ve imgenin karşıtlığı geliştirilmiştir.

6. Sualtı görüntülerini iyileştirmek amaçlı tez kapsamında yapılan diğer bir çalışma ise sualtı görüntülerinde Yüksek Dinamik Aralıklı (High Dynamic Range-HDR) bir imge oluşturmak için farklı pozlanmış imgelerin birleştirilmesine dayalı özgün bir yöntemdir. HDR imgeye dayalı imge iyileştirme düşük karşıtlığa sahip sualtı görüntüleri için çok uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Önerilen yöntemde tek bir imge kullanılarak normal, az ve çok pozlanmış karakteristikte imgeler elde edilerek bu imgelerin birleştirilmesi ile HDR imge oluşturulmaktadır.

Bu yaklaşım, iyileştirme başarımının artırılması ve hesapsal yükün düşürülmesi özgünlüklerine sahiptir. İlk özgünlük, az ve çok pozlanmış imgeleri oluştururken Karşıtlık Limitli Adaptif Histogram Eşitlemesini (KLAHE) kullanmasıdır. KLAHE imgede yerel detayları ortaya çıkarır ve sonuç olarak elde edilen imge yerel detaylar daha iyi ortaya çıkmış yüksek dinamik aralığa sahip olur. İkinci özgünlük ise düşük hesapsal yük için gürültü giderimi için ikili (bilateral) süzgeç ve kenarların daha da belirgin elde edilmesi için ardından keskinleştirici (unsharp) süzgeç kullanılmasıdır. Ayrıca bunların yanında özgün bir renk düzeltme algoritması önerilmektedir. Bu yöntem ile baskın mavi renk dengelenerek kayıp renklerin daha etkin biçimde ortaya çıkarılması sağlanmıştır.

Bu tez çalışmasının 1. bölümünde görüntüleme sonarlarının çalışma prensipleri anlatılmış olup sonrasında bulanık mantık temelli hedef tespiti yapan özgün yöntem ve bu yöntemin sonuçları gösterilmiştir. 2. bölümde yandan taramalı sonar görüntülerine uygulanan ve geliştirilen tespit yöntemleri detaylı olarak anlatılmıştır. Tezin 3. bölümünde ise optik kamera ile çekilen sualtı görüntülerindeki sorunlar anlatılmış ve önerilen yöntemler açıklanmıştır. Son bölümde ise genel sonuçlar verilerek, gelecek çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

1. GÖRÜNTÜLEME SONARI İLE YAKALANMIŞ GÖRÜNTÜLERDE ENGEL VE HEDEF TESPİTİ

Bu bölümde insansız sualtı araçlarının güvenli bir şekilde ilerleyebilmesi için görüntüleme sonarı verilerinde hedef ve engel tespiti yapan bir yaklaşım önerilmektedir. Bu doğrultuda sualtını görüntülemek için mekanik taramalı bir görüntüleme sonarı kullanılmaktadır ve görüntüleme sonarı ile alınan akustik görüntülerde öncelikle yüzey yansımaları gibi sebeplerden kaynaklanan gürültülerin giderimi için özgün bir ön-işlem önerilmektedir. Daha sonra, gürültü giderimi yapılmış görüntüde bulanık mantık temelli hedef/engel tespiti yapılmakta ve farklı senaryolar için deneysel sonuçlar verilmektedir.

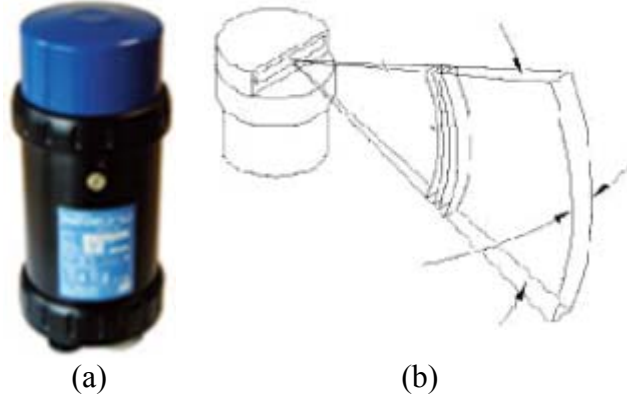
1.1. Mekanik Taramalı Görüntüleme Sonarı

Mekanik Taramalı Görüntüleme Sonarları (Mechanically Scanned Imaging Sonars-MSIS), genellikle insansız sualtı araçlarında engel ve hedef tespiti/sakinme amaçlı kullanılmaktadır. Görüntüleme sonarı, nesnelere dönen yankılara (echo) bağlı olarak imge oluşturabilmekte ve bu imge, sonar etrafında bulunan nesnelere dair bilgiler içermektedir. Böylece insansız sualtı aracının güvenli bir şekilde yoluna devam etmesi sağlanmaktadır.

MSIS'lerde [2] önceden ayarlanmış küçük açısız artışlarla mekaniksel bir şekilde verici (transducer) başı döndürülerek yatay iki boyutlu düzlemde taramalar gerçekleştirilmektedir. Ortaya çıkan açısız pozisyonların herbiri için akustik yelpaze şeklinde ışın elde edilmektedir. Bu ışın demetinin dar yatay genişliği ve geniş dikey genişliği vardır. Bir ışın demeti gönderildiğinde, akustik sinyal su içinde ilerler ve herhangi bir hedefe veya yolu üzerindeki herhangi bir engele çarpar. Gönderilen bu enerjinin bir kısmı yankı olarak alıcıya geri döner. Kısacası sonar bir ışın demeti gönderdiği zaman geriye menzile bağlı yankı genlikleri serisi alır. Ardından verici bir sonraki yönelim (orientation) için adım aralığı kadar döner ve yeni açı değeri için tekrar menzile bağlı yankı genliklerini alır. Yukarıdaki işlemler, belirtilen dönme

adım aralığı kadar saat yönü ya da tersine tarama şeklinde devam eder ve 360°'yi kapsayan imgeler oluşturulur.

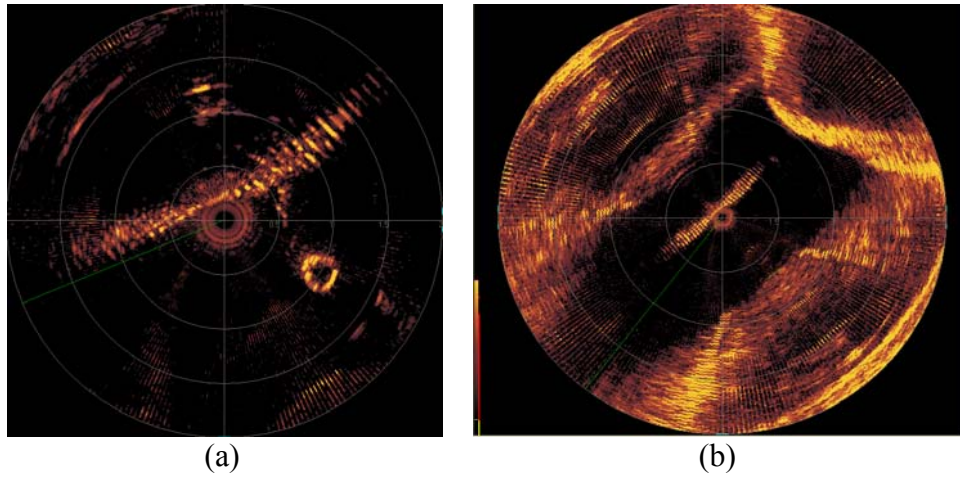
Her seferinde sonara geri dönen bilgi “ping” olarak adlandırılmaktadır. Ping, sonarın yankı genlik değerlerinden oluşmaktadır. Her ping verisi ise belli sayıda aralığa (bin) bölünmüş haldedir ve her bir aralık farklı uzaklıklardan geri dönen yankı şiddetini vermektedir. Dolayısıyla, sonarın ölçüm menzili önceden belirlenen aralıklara bölünmüş olmakta ve ilgili yönelimde engel/hedef olması durumunda, engelin/hedefin bulunduğu mesafeye karşılık gelen aralıkta yüksek yankı şiddeti bulunmaktadır. Örneğin; 100 m ölçüm menziline 70 m’de bir engel olması durumunda, 250 aralığa bölünmüş bir ping için 175. aralık civarında yüksek genlik değeri beklenmektedir. Vericiden (transducer) çıkan ve engelden yansıtılarak sonara geri dönen yankı bilgisi kullanılarak ses dalgasının yolculuk süresi hesaplanmakta ve ses dalgasının gönderildiği yolda hangi uzaklıkta hedef ya da engel olduğu tespit edilebilmektedir.



Şekil 1.1. (a) Super Seaking görüntüleme sonarı, (b) Super SeaKing sonarı tarafından üretilen yelpaze şeklindeki huzme

Akustik görüntü, sesin yolculuk mesafesinin yankı genliğine göre çizilmesi ile elde edilmektedir. Bu sayede sualtının iki boyutlu görüntüsü üretilmektedir. Eğer ses sinyali su içerisinde ilerlerken herhangi bir nesneye çarpmazsa geri dönen pingde anlamlı yankı genliği oluşmaz sadece biraz gürültü oluşmaktadır [2]. Eğer ses sinyali herhangi bir nesneye çarparsa yüksek yankı genliklerinin bulunduğu pingler elde edilmektedir.

Şekil 1.1 (a)'da, bu tez kapsamında veri almak için kullanılan görüntüleme sonarı görülmektedir. Bu sonar, Trittech firmasının Super Seaking sonarındır. Bu sonar, çift frekanslı (325 kHz-650 kHz) ve chirp teknolojisi ile çalışan standart bir engel sakınma sonarındır [3]. Bu sonarın yaklaşık 300 m'ye kadar görme mesafesi mevcuttur. Bu sonarda ses dalgası yelpaze hüzmesi şeklinde gönderilmektedir. Dikey hüzme genişliği 325 kHz için 20°, 650 kHz için 40° olmaktadır. Yatay hüzme genişliği ise 325 kHz için 3°, 650 kHz için 1.5°'dir. Şekil 1.1 (b)'de görüntüleme sonarının yelpaze şeklindeki hüzme şekli gösterilmektedir. Düşük frekansta (325 kHz) 300 metreye varan menzile kadar hedef tespit edilebilmektedir. Yüksek frekansta ise yüksek çözünürlüklü görüntüler oluşturmak için dar bir ışın demeti kullanılmakta ve bu nedenle sonar daha kısa bir menzil değerine (100 m) sahip olmaktadır. Böylece daha ayrıntılı görüntüler elde edilebilmektedir. Şekil 1.2'de bu sonar ile bir havuz içerisinde farklı frekanslarda elde edilmiş örnek akustik görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 1.2. (a) 325 kHz'de alınmış örnek akustik görüntü, (b) 650 kHz'de alınmış örnek akustik görüntü

1.2. Görüntüleme Sonarı Kullanılarak Yapılmış Mevcut Çalışmalar

Literatürde görüntüleme sonarı ile hedef/nesne/engel tespiti amaçlı çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yakalanan imgenin karakteristiğinden dolayı bu işlev temel görüntü işleme algoritmaları kullanılarak çözülebilecek bir problemdir. Ancak buradaki en büyük görev insansız sualtı aracının güvenli bir şekilde ilerleyebilmesi için gerçek zamanda ve yüksek başarımda çalışacak sistemler tasarlamaktır.

[4]'deki çalışmada ortam gürültüsünü kaldırmak için iki seviyeli eşikleme yapılmaktadır. Ardından da nesneden yansıyan yankı gücünün arka plan gürültüsüne göre anlamlı derecede yüksek olduğu varsayımıyla görüntüdeki en yüksek yankı gerçek nesne olarak işaretlenmektedir.

[5]'deki çalışmada bir sonar imgesi dört sınıf olarak bölütlenmektedir. İlk olarak yüksek yankı genliğine sahip alanlar tespit edilmektedir. Bunun için eşik değeri maksimum piksel değerinin %75'i olacak şekilde seçilmektedir. Ardından diğer üç sınıfın tespiti için ortalama süzgeç kullanılarak imge yumuşatılmakta ve gürültü azaltılmaktadır. Üçüncü adımda süzgeçlenen imge gölge bölgesinin tespiti için eşiklenmektedir. Burada eşik değeri ise yankılaşım (reverberation) ortalaması olarak kestirilmektedir. En sonunda ise orta yankı genlikli kısımlar tespit edilmektedir. Kalan bölge ise arka plan olarak belirlenip ihmal edilmektedir.

[6]'daki çalışmada kontrollü bir ortamda silindirik bir su tankı içerisinde nesne tespiti yapan bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde öncelikle gürültü giderimi için süzgeçleme yapıp ardından da morfolojik işlemlerden faydalanılarak nesne tespiti yapılmaktadır.

[7]'deki çalışmada kontrolsüz bir ortamda toplanan veriler üzerinde bulanık mantık temelli bir tespit yöntemi önerilmektedir. Bulanık mantık sistemi her alınan ping için maksimum yankı genliği ve nesne olmaya aday bölgelerin uzunluğuna göre karar üretmektedir. Bu tezde [7]'deki yöntemde dayana ve uzamsal bilgiyi de kullanan yeni bir yöntem önerilmiştir.

1.3. Bulanık Mantık Temelli Hedef /Engel Tespiti

Bu bölümde, görüntüleme sonarı ile alınan görüntülerde engel tespiti için geliştirilen bulanık mantık temelli yaklaşım detaylı olarak sunulmaktadır. Başlangıç olarak özet şeklinde bulanık mantık yaklaşımı anlatılmakta ve sonrasında geliştirilen yöntem açıklanmaktadır.

1.3.1. Bulanık mantık sistemi

Bulanık Mantık Sistemi doğrusal olmayan ve belirsizlik bulunan sistemlerde sistemin girdi ve çıktı değişkenleri arasında karmaşık ve doğrusal olmayan bir ilişkiye

denmektedir. Bulanık Mantık, İngilizce adıyla “Fuzzy Logic”, kuramı ilk kez 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atılmıştır [8].

Bulanık küme teorisi, temelinde klasik küme teorisine dayanmakta olup, klasik küme teorisinin yeterli olmadığı durumlarda daha açıklayıcı olması için geliştirilmiştir. Klasik yaklaşımda bir eleman bir kümeye aittir veya değildir. Kümeye aitlik işlevi matematiksel olarak ifade edildiğinde kümenin elemanı olduğunda 1 kümenin elemanı olmadığı zaman 0 değerini almaktadır. Klasik küme teorisinde bir elemanın bir kümede aynı anda hem olması hem de olmaması mümkün değildir. Fakat gerçek hayatta klasik küme teorisinde bir elemanın kısmen bir kümeye ait olması kabul edilmediği için, problemler yeterince tanımlanamaz ve çözümlenemez. Ancak bulanık kümelerde bir eleman birden fazla kümeye belirli oranlarda ait olabilmektedir ve kesinlik kavramı yoktur.

Bulanık kümede her bir elemanın üyelik derecesi vardır. Elemanların üyelik derecesi, (0,1) aralığında herhangi bir değer olabilir ve bu değer bir elemanın ait olduğu kümeye hangi oranda ait olduğunu ifade etmektedir. Üyelik fonksiyonları ise elemanın kümeye dâhil olma ilişkisini gösteren matematiksel ifadelerdir. Kullanılan üyelik fonksiyonları genellikle üçgen, yamuk, Gauss veya çan yapısında tanımlanmaktadır.

Bulanık mantık sistemi, dilsel değişkenlerden oluşmaktadır [9]. Dilsel değişkenler genellikle kesin olmayan ve dilsel terimlerle ifade edilebilen değişkenlerdir. Örneğin, “sıcaklık” bir dilsel değişken olarak tanımlanırsa, sıcaklık değişkeninin alabileceği değerler {az sıcak, orta sıcak, çok sıcak} şeklinde olabilir. Bulanık değerlerin önemi, durumlar arasındaki aşamalı geçişi kolaylaştırmasıdır. Oysaki klasik kümelerin doğasında böyle bir olanak yoktur.

Bulanık mantık sistemler dört temel kısımdan oluşmaktadır [10]. Bu kısımlar aşağıda açıklanmaktadır.

Bulanıklaştırma: Bu kısımda problem tanımlanır ve buna uygun giriş değişkenleri seçilerek dilsel bir yapıya dönüştürülür ve üyelik fonksiyonları oluşturulur.

Kurallar: Giriş ile çıkış arasındaki ilişki bir dizi bulanık kural ile tanımlanmaktadır. Bu kurallar bulanık mantık sisteminin davranışını belirlemektedir.

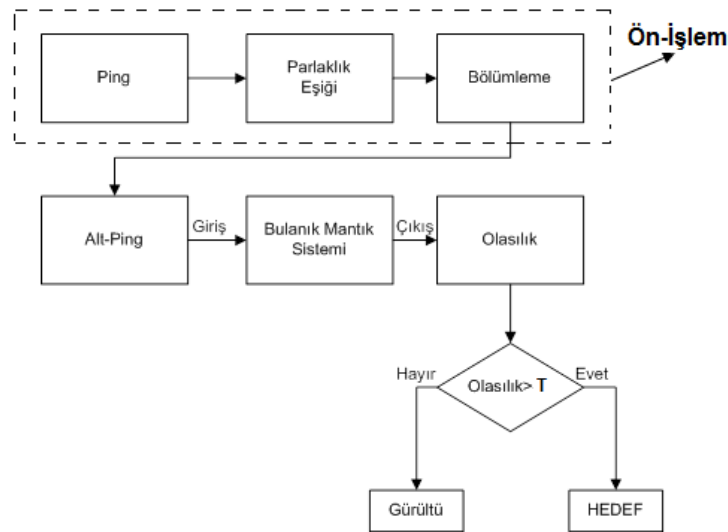
Çıkarım: Bulanıklaştırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerine uygulayarak bulanık karar işlemini gerçekleştirmektedir.

Durulaştırma: Çıkarım ünitesinden gelen bulanık kontrol işaretini sayısal değer biçimine dönüştürmektedir. Bulanık kontrolde kullanılan durulaştırma yöntemlerinden bazıları, merkez yöntemi ve ağırlık merkezi yöntemi olarak verilebilir.

Bulanık mantık sisteminde öncelikle girişler üyelik fonksiyonları ile değerlendirilerek bulanıklaştırılır. Daha sonra seçilen çıkarım yöntemine göre ve kural tabanından faydalanarak çıkarım yapılır ve elde edilen bulanık sonuç durulaştırılarak klasik sayı haline dönüştürülür.

1.3.2. Hedef/Engel tespiti için önerilen yöntem

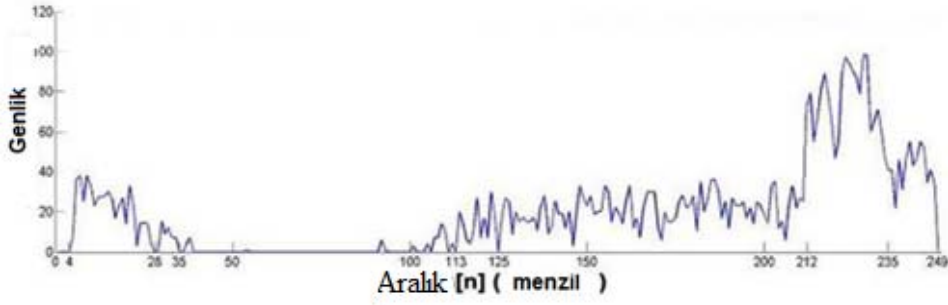
Bu tezde, görüntüleme sonarı ile alınan görüntülerde engel tespiti için ardışık iki işlem uygulanmaktadır. Bunlardan ilki ön işlemdir ve bu işlemde amaçlanan, elde edilen görüntülerdeki gürültüleri azaltmaktır. Sonraki adımda ise gürültüsü azaltılmış görüntüde bulanık mantık temelli engel tespiti yapılmaktadır. Şekil 1.3’de önerilen sistemin blok şeması gösterilmektedir.



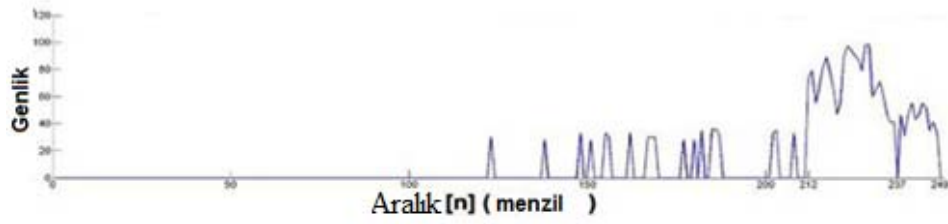
Şekil 1.3. Önerilen sistemin blok şeması

1.3.2.1. Ön-işlem

Alınan akustik görüntüde oldukça fazla gürültü ve yansıma bulunmaktadır. Bu gürültü etkisi, sonardan gelen veri işlenirken yanlış tespit oranını ve ileriki adımlardaki işlem yükünü arttırmaktadır. Bu sebepten ilk aşamada her bir pingdeki gürültünün yok edilmesi için bir ön-işlem yapılmalıdır.



(a)



(b)

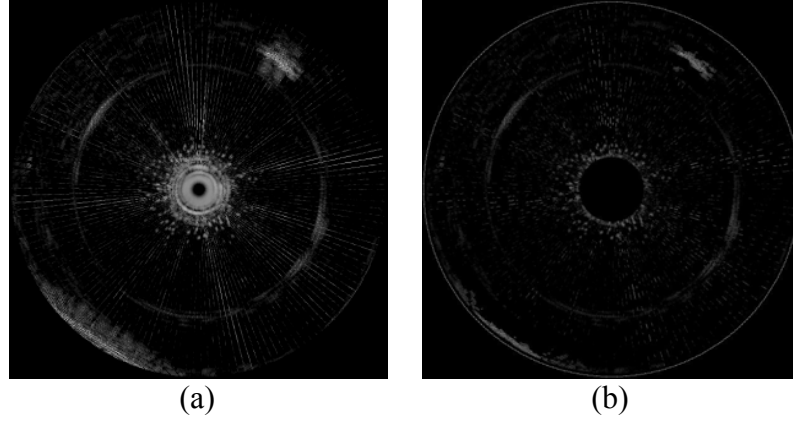
Şekil 1.4. (a) Örnek bir ping, (b) ön-işlem çıkışı

Ön-işleme sırasında pingdeki yankı genliklerine blok blok erişilerek [7]'deki yaklaşıma paralel şekilde bir eşikleme yapılmaktadır. [7]'deki çalışmada global eşikleme yapılırken bu çalışmada eşikleme 90 aralıktan oluşan örtüşen pencereler alınarak yapılmaktadır. Alınan penceredeki yankı genlikleri kullanılarak [11]'de önerilen eşikleme yöntemi kullanılarak yerel bir eşik değeri hesaplanıp ortadaki 30'luk penceredeki yankı genlikleri değerleri bu eşik değerinin altında ise ilgili değerler sıfıra çekilmektedir, eşikten yüksek olan değerler ise tutulmaktadır. Eşik değeri Eşitlik (1.1)'deki gibi uyarlamalı olarak hesaplanmaktadır.

$$T = \mu + 0.5 \times \sigma \quad (1.1)$$

Buradaki μ o anki pencerenin ortalama değerini, σ ise standart sapmasını göstermektedir.

Akustik görüntünün merkezinde sensör gürültüsü oluşmaktadır. Bu gürültüyü ihmal etmek amacıyla her pingde belli miktarda yankı genliği sıfıra çekilmektedir.



Şekil 1.5. (a) Akustik görüntü, (b) ön-işlem sonucu

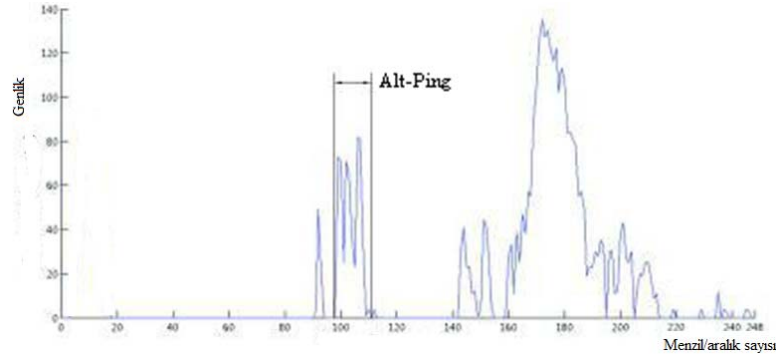
Şekil 1.4’de örnek bir ping ve ön-işlem sonrası elde edilen ping gösterilmektedir. Şekil 1.5’de ise örnek bir akustik görüntü ve ön-işlem sonrası elde edilen görüntü gösterilmektedir.

1.3.2.2. Bulanık mantık temelli tespit

Tespit için öncelikle taranan ping, engel/hedef tespiti için alt-pinglere bölünmektedir. Alt-pingler ardı ardına gelen yankı genliğinin sıfırdan farklı olduğu yerlerdir. Örnek olarak Aralık(55) ile Aralık(60) arasında sürekli olarak sıfırdan farklı genlikler elde edilmişse bu bölgeye alt-ping denilmektedir. Şekil 1.6’da ön-işlemden geçmiş bir ping üzerinde bulunan alt-ping gösterilmektedir. [7]’deki çalışma gibi bu bölgenin uzunluğu birinci giriş olarak, bu aralıktaki maksimum genlik ise ikinci giriş olarak bulanık mantık sisteminde giriş olarak kullanılmaktadır. Tasarlanılan bulanık mantık sistemi iki girişli tek çıkışlı bir sistemdir. Giriş değişkenleri alt-pinglerdeki darbe uzunluğu ve maksimum yankı genlik değerleridir. Şekil 1.7’de örnek bir alt-pingin kullanılan girişleri gösterilmektedir.

Bu çalışmada [7]’den farklı olarak uzamsal bilgiden de faydalanılmaktadır. Bulunan her bir alt ping bulanık mantık sistemine giriş olarak verilmemektedir. İlk aşama olarak işlenen alt pingin bir hedef adayı olup olmadığını anlamak için uygun bir önkoşul belirlenmekte ve eğer istenilen koşulu sağlıyorsa, bu alt-pingin giriş

değişkenleri nihai kararı belirlemek için bulanık mantık sistemine verilmektedir. Bu şekilde yanlış tespit oranı ve işlem yükü azaltılmaktadır.



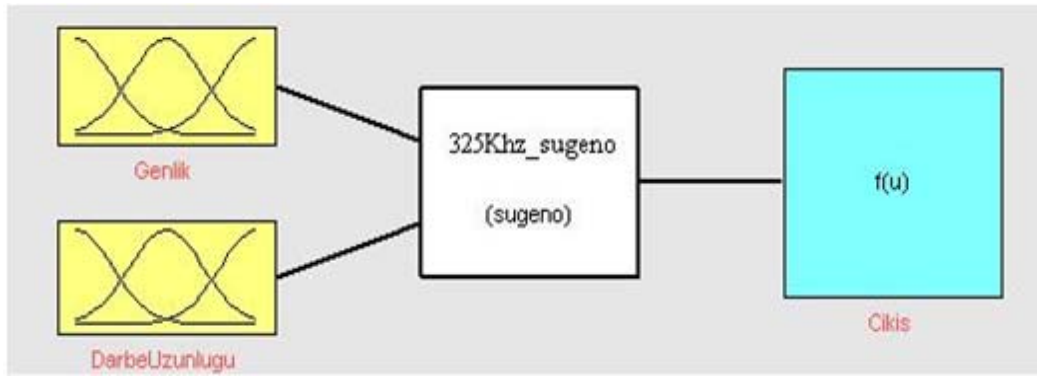
Şekil 1.6. Örnek ayrıştırılmış alt-ping

Yöntemde önkoşul olarak uzamsal bilgiden faydalanılmaktadır. İşlenen pingden önceki ve sonraki iki pingdeki yankı genlikleri kullanılarak işlenen pingdeki alt-pingin komşuluklarına bakılmaktadır. Bu pinglerdeki alt pingin komşuluğundaki konumlarda sıfırdan farklı kaç yankı genliği olduğu hesaplanmaktadır. Buradaki amaç eğer işlenen alt-ping bir hedefin parçası ise bu pingten önceki veya sonraki pingin benzer konumlarında da hedeften parça olmalıdır. Hesaplanan sıfırdan farklı genliğe sahip toplam komşu sayısı alt-pingin uzunluğu ile normalize edilmektedir. Bulunan değer önceden belirlenen bir orandan büyük ise önkoşul sağlanmış olmaktadır. Bu durumda işlenen alt pingin bir hedefin parçası olduğu düşünülmekte ve bulanık mantık sistemine giriş olarak verilmektedir. Bulanık mantık sistemi ise hedef olup olmadığına dair kesin kararı vermektedir.



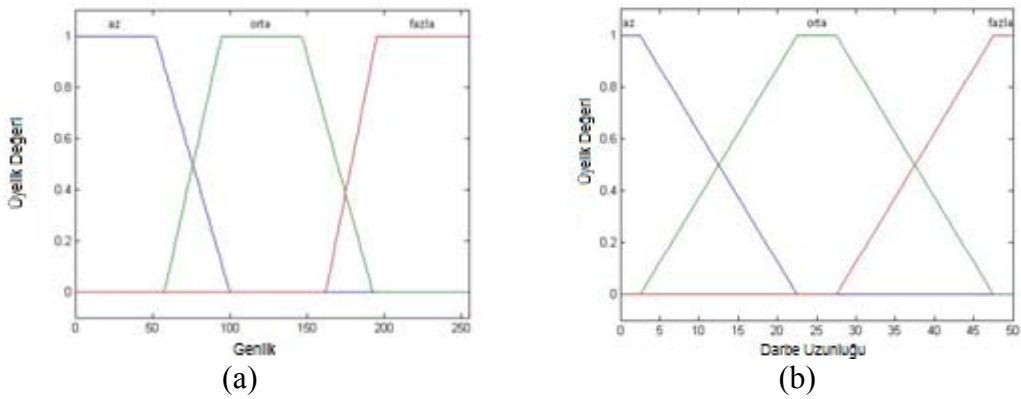
Şekil 1.7. Bir alt-ping ve kullanılan girişleri

Tasarlanan bulanık mantık sisteminde kullanılan üyelik fonksiyonları ise yamuk üyelik fonksiyonlarıdır. Her bir giriş ve çıkış için az, orta ve fazla olmak üzere üç adet üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır. Ayrıca Sugeno [12] tipi bulanık mantık modeli kullanılmaktadır. Sugeno çıkış üyelik fonksiyonu doğrusal ya da sabit olmaktadır. Bu nedenle, durulaştırma aşamasında Sugeno yöntemi hesaplama açısından verimlidir ve böylece hızlı kararlar alınması gereken kritik durumlarda daha hızlı tepki verebilmektedir. Şekil 1.8’de 2 giriş-1 çıkış için bulanık mantık sisteminin yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Bulanık düzeltme sistemi için 2 giriş-1 çıkış bulanık çıkartma sistemi

Çalışmada kullanılan sonar çift frekanslı olduğu için ve bu iki frekans için elde edilen görüntülerin karakteristikleri farklı olduğundan, her iki frekans modu için ayrı iki bulanık mantık sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistemlerde üyelik fonksiyonları deneysel yolla belirlenmiştir. 325 kHz sonar çalışma frekansı için kullanılan giriş üyelik fonksiyonları Şekil 1.9’da gösterilmektedir.



Şekil 1.9. 325 kHz sonar çalışma frekansında (a) giriş 1 için üyelik fonksiyonu, (b) giriş 2 için üyelik fonksiyonu

Çıkış değerleri üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmış ve sözel değişkenler olarak ifade edilmiştir. Çıkış değişkeni olarak atanan sözel değişkenler Az, Orta ve Fazla şeklinde belirlenmiştir.

Bulanık mantık sisteminde dokuz ayrı kural belirlenmiştir. Tablo 1.1’de kural tabanı gösterilmektedir. Her bir alt-ping için iki adet giriş değişkeni sisteme sözsel ifade olarak girilmiş ve Sugeno çıkartım sistemi ile kurallar çalıştırılmış, çıkış üyelik fonksiyon ağırlıkları bulunarak nihai sonuç elde edilmiştir. Elde edilen çıkış değeri belirlenen bir eşik değerinden yüksek ise burada hedef/engel mevcut kararı verilmektedir. Bu çalışmada, çıkış değerleri 0 ile 100 arasında üretildiği için bu eşik değeri deneysel şekilde 50 olarak belirlenmiştir.

Bu yöntemin en önemli avantajı, hedef tespiti yapılırken satır temelli tespit yapıldığından sonarın 360°’lik turunu tamamlamasının beklenmemesi ve gerçek zamanlıya yakın sonuç alınmasıdır. Sonarın her açı değeri için aldığı veri işlenerek o yönelimde hedef olup olmadığı hakkında karar verilebilmektedir. Geliştirilen yöntemin [7]’deki yönteme göre en büyük üstünlüğü ise uzamsal bilgiyi kullandığı için bulunan her adayı bulanık mantık sistemine göndermemesidir. Önce komşuluklara bakarak eleme yapmakta ardından gerekli koşulu sağlıyorsa bulanık mantık sistemine göndermektedir. Ancak, uzamsal bilgiden faydalandığı için hedef kararı verilirken bir ping arkadan karar verilmektedir.

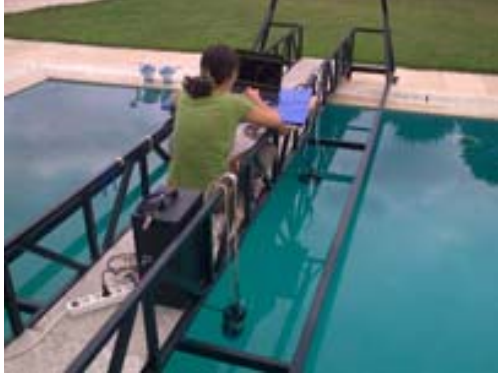
Tablo 1.1. Bulanık sistem için kural tabanı

Giriş 2 (Darbe uzunluğu)				
	Az	Orta	Fazla	
Giriş 1 (Genlik)	Az	Az	Az	Az
	Orta	Az	Orta	Fazla
	Fazla	Orta	Fazla	Fazla

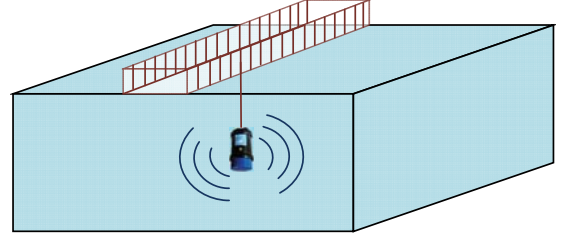
1.3.3. Deneysel sonuçlar

Yöntemde bulanık mantık sisteminin parametrelerinin belirlenmesi ve testlerinin yapılması için görüntüleme sonarı 4,75×8,7 m boyutlarındaki dikdörtgen bir havuzun ortasında bulunan bir platforma yerleştirilmiş ve farklı hedef durumları için farklı

parametreler ile görüntüler alınmıştır. Şekil 1.10'da havuz ortamı ve havuzun temsili çizimi görülmektedir.



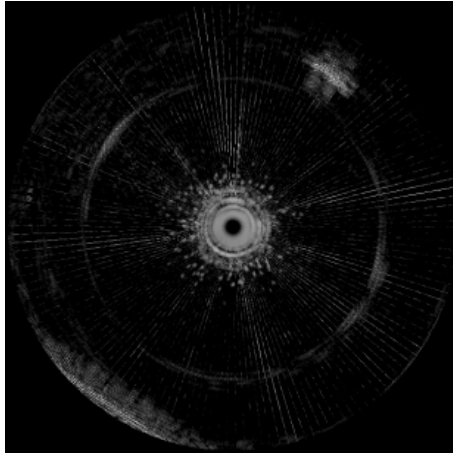
(a)



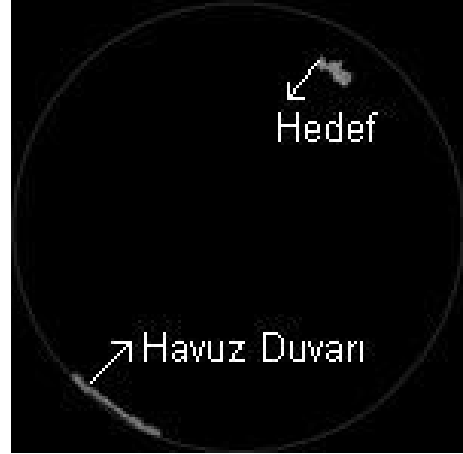
(b)

Şekil 1.10. Çalışma ortamı

Havuzun derinliği yaklaşık 2 m civarındadır ve sonar 50 cm derinliğe daldırılmıştır. Burada amaçlanan yüzey yansımalarını testlere dâhil etmektir ve alınan görüntülerde yüzey yansımaları net şekilde görülmektedir. Daha sonra, farklı frekanslarda ve farklı tarama aralıkları için farklı hedefler konularak görüntüler alınmıştır.



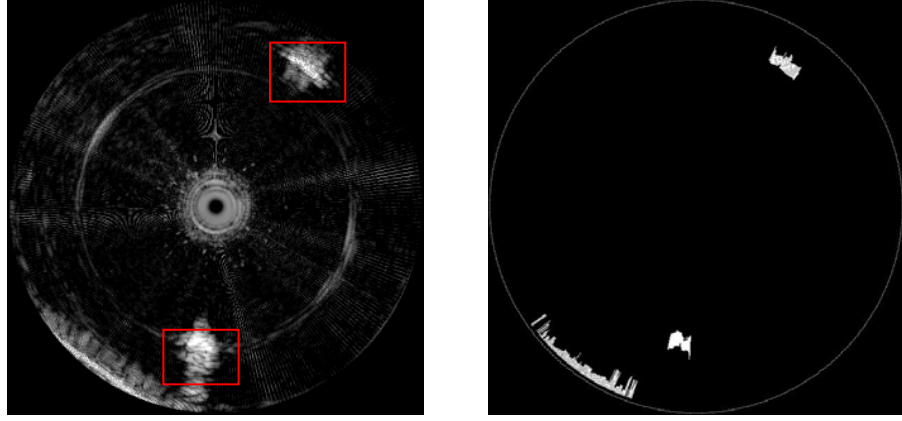
(a)



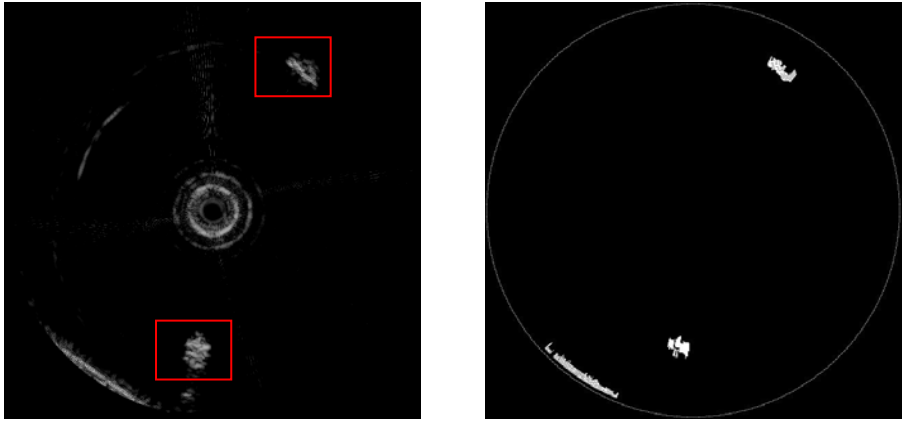
(b)

Şekil 1.11. (a) Akustik görüntü, (b) bulanık mantık çıkışı

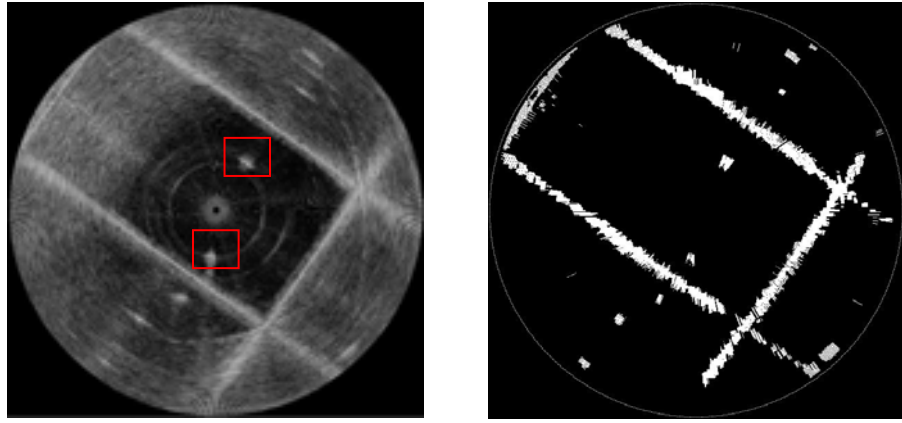
Şekil 1.11 (a)'da Super SeaKing sonarının 325 kHz frekansta, 2 m aralık için 360°'lik taraması sonunda elde edilen akustik görüntü, Şekil 1.11 (b)'de ise bulanık mantık sistemi çıkışında elde edilen hedef görüntüsü verilmektedir. Görüntüde bir adet hedef bulunmaktadır. Ayrıca, havuzun kenarının sonardan uzaklığı sonarın tarama aralığından daha az olduğu için akustik görüntüde havuzun duvarı da hedef olarak algılanmaktadır.



(a)

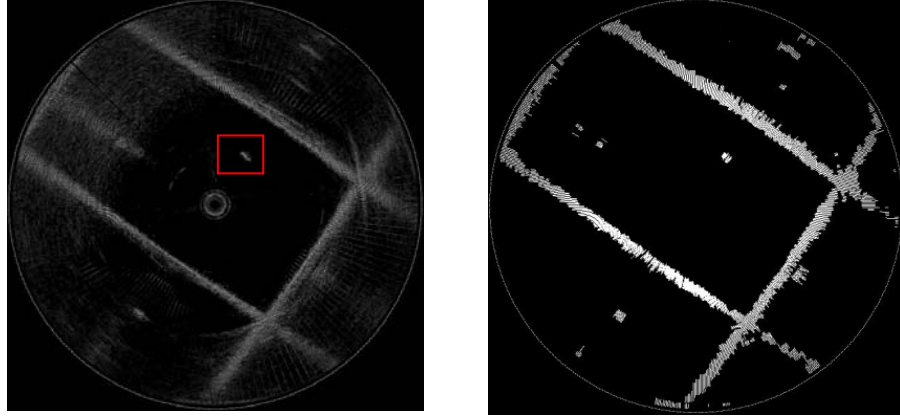


(b)



(c)

Şekil 1.12. Farklı koşullarda alınmış akustik görüntüler ve bulanık mantık çıkışıyla elde edilen sonuçlar



(d)

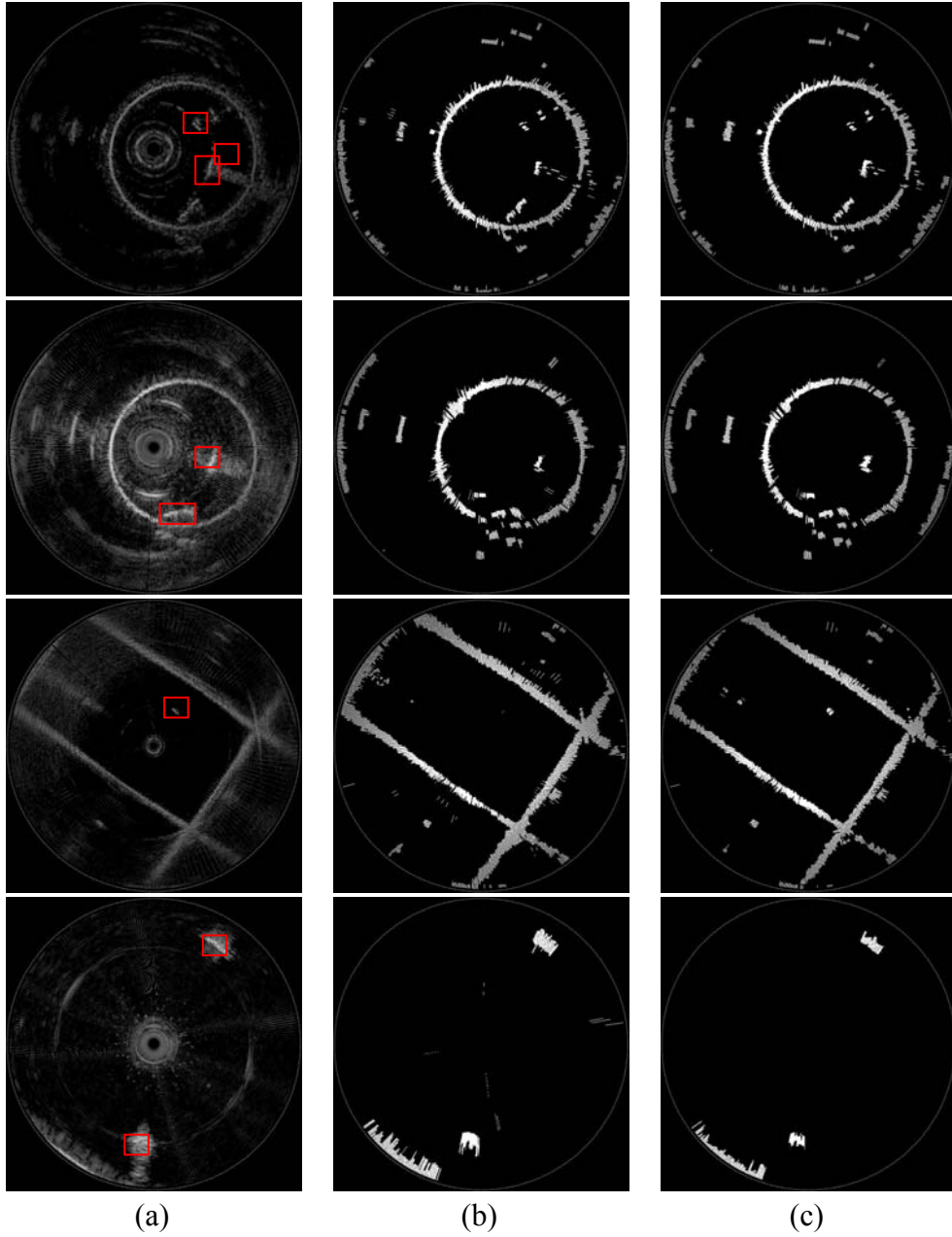
Şekil 1.12. (Devam) Farklı koşullarda alınmış akustik görüntüler ve bulanık mantık çıkışıyla elde edilen sonuçlar

Ayrıca elde edilen sonuçlardan hedef veya engelin sonardan ne kadar uzakta olduğu hesaplanabilmektedir. Sonarın tarama yaptığı açısız pozisyon başlık bilgisinden bulunurken uzaklık da bulanık mantık çıkışında kaçınıcı aralıkta hedefin tespit edildiği bilgisine göre hesaplanabilmektedir.

Şekil 1.12 (a)'da 325 kHz'de 2 m tarama menziline elde edilen ve iki hedefin olduğu akustik görüntü ile bulanık mantık çıkışı gösterilmektedir. Şekil 1.12 (b)'de çalışma frekansı 650 kHz'e çıkartılmış ve hedef tespiti yapılmıştır. Burada 650 kHz için tasarlanmış Sugeno tipi bulanık mantık modelini kullanarak hedef tespiti yapmaktadır. Şekil 1.12 (c)'de çalışma frekansı 325 kHz ve tarama menzili 6 m'ye çıkartılarak akustik görüntü ve bulanık mantık çıkışı bulunmaktadır. Şekil 1.12 (d)'de çalışma frekansı 650 kHz ve tarama menzili 6 m'ye çıkartılarak akustik görüntü ve bulanık mantık çıkışı bulunmaktadır. Bu görüntülerde tarama menzili 6 m'ye çıkartıldığı için havuzun tüm kenarları ortaya çıkmış ve bu kenarlar da hedef olarak algılanmıştır. Elde edilen görüntülerde havuzun kenarları içinde kalan kısımdaki hedefler doğru şekilde tespit edilmektedir ama bunun yanında havuz kenarlarının dışında kalan kısımda hedeflerin yansıması görülmekte ve bunlarda hedef/engel şeklinde tespit edilmiştir.

Şekil 1.13'de önerilen yöntem ile referans alınan [7]'deki yöntemin sonuçları karşılaştırılmaktadır. Orijinal görüntülerdeki hedefler kırmızı ile işaretlenmiştir. Sonuçlardan görüldüğü gibi önerilen yöntemin yanlış tespiti daha azdır. [7]'deki

yöntemin üçüncü imge için verilen sonucunda hedefi kaçırdığı ama önerilen yöntemin doğru tespit ettiği görülmektedir.



Şekil 1.13. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) [7]'deki yöntemin sonucu, (c) Önerilen yöntemin sonucu

1.4. Sonuç

Bu bölümde görüntüleme sonarı ile alınan görüntülerde engel/nesne tespiti yapan özgün bir yöntem önerilmiştir. Bulanık mantık temelli olan bu yöntemde gürültü giderimi ve tespit aşamasında uzamsal bilginin kullanılması iki önemli özgünlüktür.

Geliştirilen yöntem gerçek zamanlı çalışmakta ve düşük sayıda yanlış alarm vermektedir. Bu özellikleri sayesinde insansız denizaltı araçlarında gerçek zamanlı olarak kullanılması mümkündür.

2. YANDAN TARAMALI SONAR GÖRÜNTÜLERİNDE HEDEF TESPİTİ

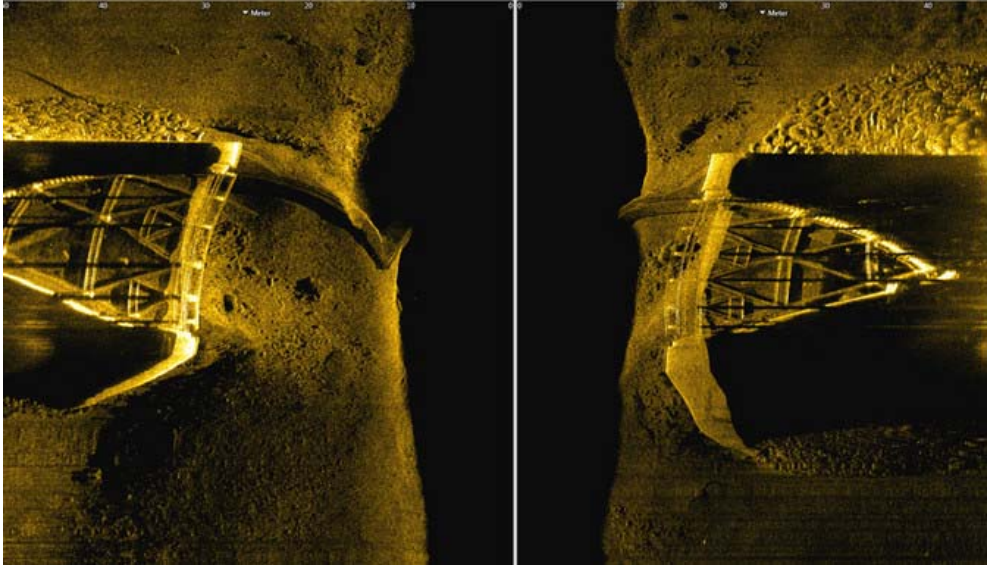
Bu bölümde önce yandan taramalı sonar görüntülerinde hedef tespiti için yapılmış mevcut çalışmalar anlatılmakta olup sonrasında tez kapsamında geliştirilen yöntemler açıklanmaktadır. Bu tez kapsamında kullanılan yandan taramalı sonar görüntüleri [13-14] kaynaklarından elde edilmiştir.

2.1. Yandan Taramalı Sonar Görüntülerinde Hedef Tespiti için Literatürde Yapılmış Çalışmalar

Yandan taramalı sonar görüntüleri tipik olarak yankı, gölge ve sualtı yankılaşım şeklinde üç bölge olarak tanımlanmaktadır. Yankı nesnenin üzerinde akustik dalga yansıması nedeniyle yüksek gri seviyeli piksel bölgelerin olduğu kısımdır. Gölge, bir nesnenin arkasında akustik yankılanma eksikliği nedeniyle kaynaklanır ve çok düşük gri-seviye (yani karanlık) piksellere karşılık gelir. Kalan kısım ise sualtı yankılaşım alanıdır. Bu bölgelerde ne yankı ne de gölge vardır. Nesne tespiti çalışmalarında asıl önem taşıyan ayırt ediciliği açısından yankı ve gölge bölgeleridir. Yandan taramalı sonar görüntülerinde hedef/nesne tespiti göreceli olarak zor bir görevdir çünkü görüntüler çeşitli gürültüler içermektedir. Özellikle benek (speckle) gürültüsü çok fazla bulunmaktadır. Bu da tespit başarımını doğrudan etkilemekte ve yanlış alarm sayısını arttırmaktadır. Şekil 2.1’de örnek bir yandan taramalı sonar görüntüsü gösterilmektedir.

Son zamanlarda bu sorunu çözmek için farklı tespit algoritmaları geliştirilmiştir. En basit ve temel yöntem eşikleme ile hedef tespiti yapılan yöntemdir [15]. Bu yöntem çok hızlı çalışmaktadır ama çok başarılı tespit sonucu vermemektedir. Ayrıca bu tür yaklaşımlar arka planın dokusuz olduğu durumlarda çalışmakta, arka planın dokulu olması durumunda ise bu tür yaklaşımların başarımı çok düşmektedir.

[16, 17]’de bulanık C-ortalama gibi kümeleme tekniği kullanarak bir nesnenin yankı ve gölge bölgesini tespit eden yöntem önerilmektedir. Bulanık C-ortalama yöntemi özellikle benek gürültüsüne karşı çok hassastır.



Şekil 2.1. Yandan taramalı sonardan elde edilen örnek bir görüntü

[18, 19] ise bir imgedeki nesnenin sınırlarını belirlemek için aktif çevrit temelli bir yöntem kullanmaktadır. Bu yöntemin dezavantajı ise başlangıç noktasına çok hassas olmasıdır.

Yakın geçmişte çok tercih edilen bir yaklaşımda Markov Rassal Alanlar (MRA) ile tespit yapılmaktadır. MRA nesne bölütlemeye kullanılan önemli bir yöntemdir ama en büyük sıkıntı hesapsal yükünün çok fazla olmasıdır. [20, 21]'de, MRA ile yandan taramalı sonar imgesini sualtı yankılaşım, yankı ve gölge olmak üzere üç sınıfa ayırmaktadır. Ancak, yöntemin hesap yükü ve hesaplama süresi çok fazladır. [22]'de denetimsiz hiyerarşik MRA algoritması kullanılarak imge gölge ve yankılanma olarak iki sınıfa ayrıştırılmaktadır.

[23, 24]'de ise mayın gibi nesnelerin tespiti için denetimli bir sınıflandırma yöntemi önerilmektedir. Bu yöntemlerde doğrusal olmayan uyumlu süzgeç kullanarak mayın benzeri nesneler tespit edilmiş, ardından k-en yakın komşu sınıflandırıcı kullanılarak tespit başarımı arttırılmıştır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı ise eğitilmiş yöntemlerin fazla sayıda eğitim verisine ihtiyaç duymasındadır.

[25]'de son zamanlarda yapılmış yeni bir çalışma, Viola-Jones yöntemi ile hedef tespiti önermektedir. Bu çalışmada mayın benzeri küçük nesneler Haar özellikleri kullanılarak ardışık bağlanmış zayıf sınıflandırıcılardan geçerek tespit edilmektedir. [26]'daki çalışmada, sonar nesne tespiti için gölge ve parlak alanların önemine

değinilmiş olup, bu bölgelerin bağımsız şekilde farklı yöntemlerle tespiti yapılmış ve bulunan sonuçlar kaynaştırılarak son bölütler elde edilmiştir. Yöntemde öncelikle Wiener süzgeci ile gürültü giderimi yapılmış ve boyut azaltılarak imgenin ortalamasından sapmasına göre bir normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Parlak alanların tespiti için sabit boyutlu ve değişken boyutlu blok temelli değişinti hesaplanmış ve iki ayrı değişinti matrisi elde edilmiştir. Bu iki değişinti matrisinin farkları alınarak parlak alanlar tespit edilmiştir. Gölge alanların tespiti için fraktal Brownian hareketi kullanılarak fraktal boyut hesaplanmıştır. Bu boyutta gölge bölgeler tam olarak belirgin olmadığından iki aşamalı morfolojik bir işlemle ilişkisiz bilgiler atılmış ve geriye sadece gölge bölgelerin kalması sağlanmıştır. Son olarak tespit edilen gölge ve parlak bölgeler birleştirilerek mayın benzeri nesnelere konumlarının tespit edilebileceği gösterilmiştir.

[27]'deki çalışmada, deniz yatağındaki doğal olmayan nesnelere tespiti üzerine çalışılmıştır. Bu doğrultuda doğal olmayan nesnelere mevcut olan biçimsel ayrıklıklar dikkate alınmıştır. Algılama aşamasında Bayes yaklaşımı kullanılmaktadır. Deniz yatağı dokusu ile ilgili veritabanından doku tipleri ve özellikleri Gibbs rastgele alanları ile modellenmekte ve önsel bilgi elde edilmektedir. Oluşturulan Bayes çıkartımı yapısının çıkışında deniz yatağı dokusunun sınıfı ve nesne olup olmadığı sonsalları elde edilerek algılama yapılmaktadır.

[28]'deki çalışmada, deniz dibi dokusundaki normal olmayan bölgelerin tespitine yönelik Hilbert dönüşümü temelli bir yöntem önerilmiştir. Bu amaçla, yerel faz bilgisini elde edebilmek için 2-boyutlu imgeden Hilbert dönüşümü kullanılarak dördey işarete (aşırı karmaşık sayılara) geçiş yapılmış ve bu işareten üç faz açısı ile bir genlik hesaplanmaktadır. Genlik, dördey katsayılarının karesel toplamının karekökü; ilk faz, x yönündeki doğrusal faz; ikinci faz, y yönündeki doğrusal faz; üçüncü faz da iki boyutlu doku ile ilgili fazdır. Rastgele bir deniz dibi dokusu, rastgele faz değerleri üretmektedir. Normal olmayan bölgeler ise (insan yapımı nesnelere gibi) faz değerlerinde aşırı yüksek değerler üretmektedir. Bu sayede bir bölgedeki dokunun içerdiği bilgi hakkında yorum yapılabilmekte ve insan yapımı nesnelere tespit edilebilmektedir.

[29]'daki çalışmada, sonar imgelerinde insan yapımı nesne tespiti için literatürde birçok yöntemde kullanılan gölge ve parlak alanların yeğinlik şiddetinden ziyade, doku bilgisine dayanan bir mayın tespiti yöntemi önerilmiştir. Sonar imgelerinde, deniz dibindeki doğal nesnelerin doku yapısının karmaşık; insan yapımı nesnelerin doku yapısının ise basit ve düzenli bir şekle sahip olduğu varsayımına dayalı, çok ölçekli fraktal teorisi ve Zipf yasasını kullanan bir tespit yöntemi geliştirilmiştir. İmgede fraktal boyut, fraktal kesim ve fraktal hata özellikleri elde edilmekte ve bulanık c-ortalama kümeleme yöntemi ile sınıflandırma yapılarak mayın kararı verilmiştir.

2.2. Yandan Taramalı Sonar Görüntülerinde Hedef Tespiti

Bu bölümde tez kapsamında geliştirilen özgün hedef tespit yöntemleri anlatılarak örnek görüntülerde elde edilen tespit sonuçları incelenmiştir.

2.2.1. Ampirik kip ayrışımı temelli hedef tespiti

Bu bölümde sonar imgelerinde hedef tespiti için tez çalışması kapsamında geliştirilen, Ampirik Kip Ayrışımı (AKA) ve morfolojik işlemler kullanan özgün bir hedef tespit yöntemi anlatılmaktadır.

2.2.1.1. Ampirik kip ayrışımı (AKA)

Ampirik Kip Ayrışımı (AKA) (Empirical Mode Decomposition) Huang tarafından doğrusal ve durağan olmayan zaman serileri analizi için önerilmiş bir işaret ayrıştırma yöntemidir [30]. AKA işareti İçkin Kip Fonksiyonlarına (İKF) (Intrinsic Mode Functions) ayırmakta, ek olarak da bir artıklık işareti vermektedir. İKF'ler bazı özellikler ile karakterize edilmektedir. İlk özellik sıfır geçişlerinin sayısının uç noktalarının (extreme) sayısına eşit olması ya da aralarındaki farkın en fazla bir olmasıdır. İkinci özellik ise işaretin her bir zaman örneği için üst zarf ve alt zarfın ortalama değerinin sıfır olmasıdır. Alt zarf yerel minimum noktalarının ara değerlemesi ile; üst zarf ise işaretin yerel maksimum noktalarının ara değerlemesi ile bulunmaktadır. Ayrıca AKA ile elde edilen İKF'ler neredeyse birbirlerine diktir.

AKA, Fourier [31] ve dalgacık dönüşümü [32] gibi işaret ayrıştırma yöntemlerine göre bazı avantajlara sahiptir. Örneğin birçok gerçek sistem durağan ve doğrusal

olmamasına rağmen Fourier dönüşümü verilerin durağan ve sistemlerin doğrusal olduğunu kabullenir. Oysaki AKA doğrusal ve durağan olmayan verilerde başarılı bir şekilde çalışmaktadır. Dalgacık dönüşümünde ise farklı dalgacık tipleri kullanılabilmekte ve ayrıştırma başarımı dalgacık türüne göre değişebilmektedir. Ayrıca dalgacık dönüşümünde frekans ölçeği her zaman örnekleme frekansına ve kullanılan ayrıştırma seviyesine bağlıdır. Oysa AKA taban fonksiyonlar içermemekte ve işareti içkin karakteristiğine göre ayrıştırmaktadır. Bu sebeple de ayrıştırma işlemi sonucu oluşan alt işaretlerin frekansları değişkendir ve daha etkin bir ayrıştırma sağlanabilmektedir.

AKA son zamanlarda işaret işleme uygulamalarında değişik alanlarda sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin AKA, EEG [33] ve kardiyografi [34] işaretleri gibi biyomedikal işaret işlemeye uygulanmıştır. [32]'deki çalışmada AKA ve dalgacık dönüşümü kullanılarak insanlarda oluşan katarakt algılama üzerine çalışılmıştır ve AKA kullanılarak elde edilen sonuçların dalgacık dönüşümü ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Öncelikle tek boyutlu (1-B) işaretler için uygulanmış olan AKA [32], sonrasında iki boyutlu (2-B) işaretler için de uygulanır hale getirilmiştir. [34]'de AKA'nın 2-B yüz görüntülerinde aydınlatma hatalarını kaldırmada kullanılması önerilmiştir. Bu çalışmada 2-B yüz görüntüleri 1-B işaretlere dönüştürülerek 1-B AKA uygulanmıştır. [36]'da AKA doğrudan 2-B işaretler için uygulanır hale getirilmiş ve 2B-AKA temelli görüntü sıkıştırma algoritması geliştirilmiştir. [37]'de AKA hiperspektral görüntülere boyut azaltımı amacıyla uygulanmıştır. [38]'deki çalışmada ise AKA hiperspektral imgelerde sınıflandırma başarımını arttırmak için kullanılmıştır. [39]'da AKA sonar imgelerinde gürültü giderimi için kullanılmıştır. [40]'da ise AKA temelli bir iris tanıma uygulaması bulunmaktadır.

2-B AKA algoritması aşamalı olarak İKF'leri bulmaktadır ve bu algoritma aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır. Ayrıştırma işlemi, Eşitlik (2.1)'de de gösterildiği gibi verinin ($I(x, y)$) kendisinden başlar.

$$giris_{lk}(x, y) = I(x, y) \quad (2.1)$$

Burada, ilk indis ($l = 1, 2, \dots, L$) İKF sayısını, ikinci indis ($k = 1, 2, \dots, K$) ise yineleme sayısını, (x, y) ise uzamsal konum bilgisini göstermektedir. Ayırıştırma işlemi aşağıdaki başlıklar halinde özetlenebilir.

1. Giriş işaretinin ($giris_{lk}$) yerel minimum ve yerel maksimum noktalarının genlik ve pozisyonları bulunmaktadır.

2. Yerel maksimum noktalarının eğri ara değerlendirilmesiyle üst zarf $e_{max}(x, y)$; yerel minimum noktalarının eğri ara değerlendirilmesiyle de alt zarf $e_{min}(x, y)$ oluşturulmaktadır.

3. Alt ve üst zarfların ortalamaları Eşitlik (2.2)'deki gibi hesaplanmaktadır

$$ort_{lk}(x, y) = (e_{max}(x, y) + e_{min}(x, y)) / 2 \quad (2.2)$$

4. Ortalama zarf işareti, Eşitlik (2.3)'deki gibi giriş işaretinden çıkarılmaktadır.

$$h_{lk}(x, y) = giris_{lk}(x, y) - ort_{lk}(x, y) \quad (2.3)$$

5. Ortalama zarf işaretinin sonlandırma şartını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Kullanılan sonlandırma ölçütü aşağıdaki gibidir.

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h |ort_{lk}(x, y)|}{w \times h} \quad (2.4)$$

Burada w ve h işaretin piksel boyutlarıdır ve τ hesaplanan sonlandırma eşik değeridir. İKF için sonlandırma ölçütü, ortalama işaret sıfıra yaklaştığı zaman elde edilmektedir. Eğer bu şart sağlanmıyorsa, 4. adım sonrasında oluşturulan işaret giriş işareti $giris_{l(k+1)}(x, y) = h_{lk}(x, y)$ olarak alınır ve süreç 1. adımdan yinelenir. Eğer durdurma şartı $k=K$ adımında sağlanıyorsa, o anki yinelemenin İKF'si 4. adımın son çıkışı olarak tanımlanır.

6. İKF bulunduktan sonra, artık işaret $R_l(x, y)$, giriş işareti ile İKF işaretinin farkından elde edilmektedir.

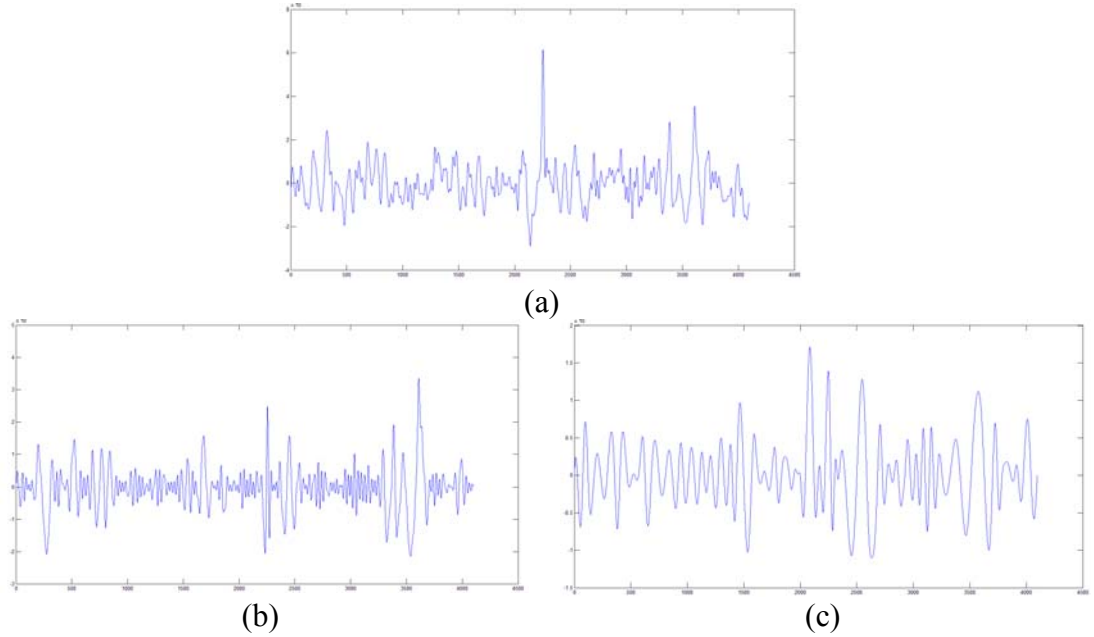
$$R_l(x, y) = \text{giris}_{l1}(x, y) - \dot{IKF}_l(x, y) \quad (2.5)$$

Bir sonraki İKF 1. adımdan başlayarak, artık işaretinin $R_l(x, y)$ giriş işareti olarak kullanılmasıyla bulunmaktadır. Bu işlem, artık işaretin en uç noktaları kalmadığı zaman tamamlanmaktadır.

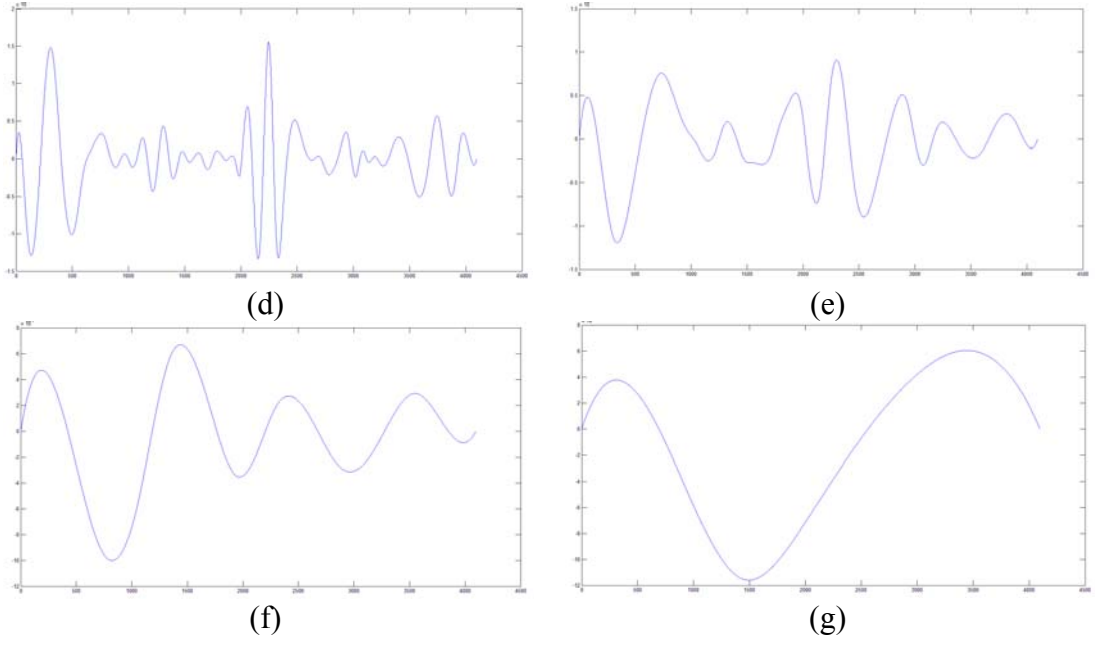
AKA ile orijinal işaret birçok İKF'ye ve bir artıklık işaretine ayrıştırılmaktadır. Orijinal işaret İKF'lerin ve en son elde edilen artık işaretinin toplamı ile ifade edilebilmektedir ve bu ilişki Eşitlik (2.4)'de gösterilmektedir.

$$I(x, y) = R_l(x, y) + \sum_{l=1}^L \dot{IKF}_l(x, y) \quad (2.6)$$

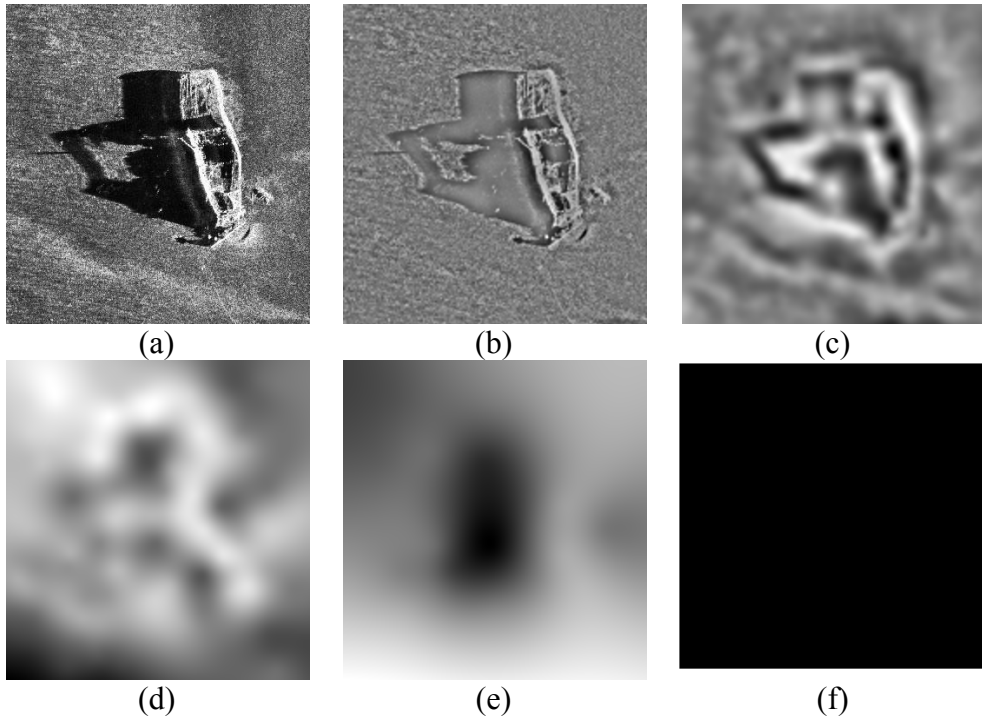
Şekil 2.2'de bir EEG işareti ve bulunan 6 adet İKF'si gösterilmektedir. Şekildeki düşey eksenler EEG işaretlerinin genliklerini, yatay eksenler ise örnek numaralarını göstermektedir.



Şekil 2.2. (a) Orijinal EEG işareti, (b) 1. İKF, (c) 2. İKF, (d) 3. İKF, (e) 4. İKF, (f) 5. İKF, 6.İKF



Şekil 2.2. (Devam) (a) Orijinal EEG işareti, (b) 1. İKF, (c) 2. İKF, (d) 3. İKF, (e) 4. İKF, (f) 5. İKF, 6.İKF

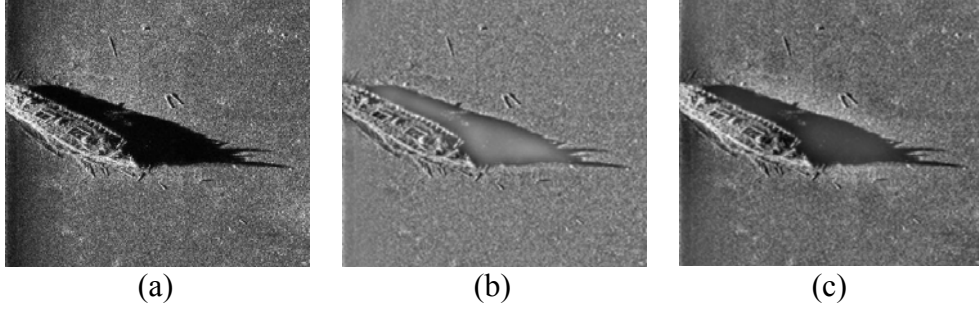


Şekil 2.3. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) 1. İKF, (c) 2. İKF, (d) 3. İKF, (e) 4. İKF, (f) kalan

Şekil 2.3’de ise örnek bir sonar imgesine 2-B AKA uygulanması sonucu elde edilen İKF’ler ve kalan işaret gösterilmektedir. 1. İKF en yüksek yerel frekans bileşenlerini içermektedir ve her bir İKF farklı uzamsal konumlarda olmak üzere alçak frekans ve yüksek frekans bileşenlerini içerebilmektedir.

2.2.1.2. Tezde önerilen yöntem

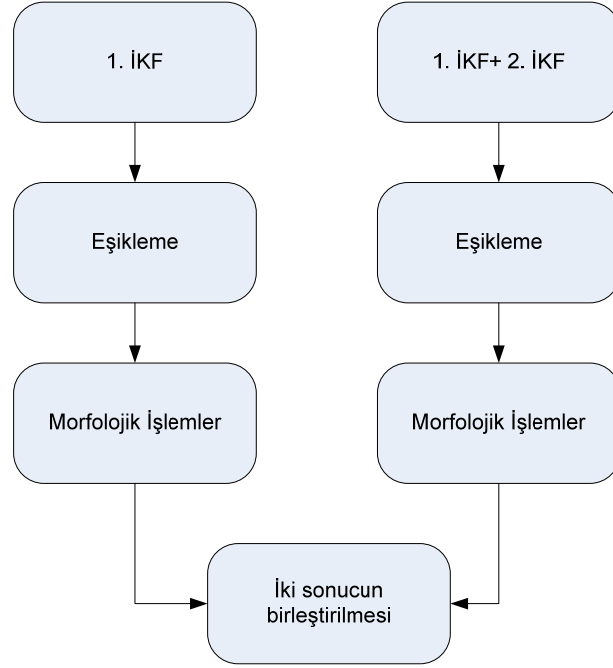
Önerilen yaklaşımda AKA kullanılarak yandan taramalı sonar görüntüleri İKF'lerine ayrıştırılmakta ve elde edilen bu İKF'ler üzerinden tespit yapılmaktadır.



Şekil 2.4. (a) Orijinal sonar imgesi (b) 1. İKF, (c) ilk iki İKF'nin toplamı

Elde edilen İKF'lerde Şekil 2.3'de de görüldüğü gibi düşük dereceli İKF'ler yüksek yerel frekans bilgisi içermekte, yüksek dereceli İKF'ler ise düşük yerel frekans bilgisi içermektedir. 1. İKF en yüksek yerel frekans, 2. İKF daha sonraki yüksek yerel frekans bileşenlerini içermekte ve bu şekilde devam etmektedir. Bu sebepten 1. İKF ve 2. İKF gibi düşük dereceli İKF'lerin tespit aşamasında kullanılması yeterli olmaktadır. Yüksek dereceli İKF'ler ise düşük frekans karakteristiğine sahip olduğu için bölütleme aşamasında katkı sağlamadığından ihmal edilmektedir.

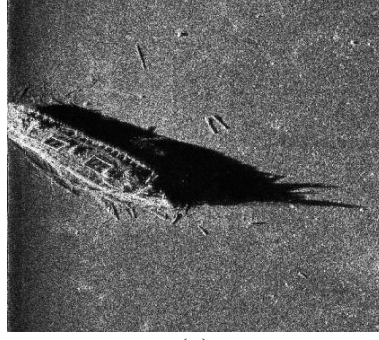
Şekil 2.4'de yandan taramalı bir sonar görüntüsü için düşük dereceli İKF'lerin toplanması sonucu gösterilmektedir. Birinci İKF ile ince uzamsal detayların ve ilk iki İKF'nin toplamı ile ise bütün detayların oldukça başarılı bir şekilde temsil edildiği görülmektedir. Bunun için önerilen yaklaşımda hedef tespiti 1. İKF ve 1. İKF ile 2. İKF (1. İKF+2. İKF) toplamı sonucu elde edilen imgeler üzerinden yapılmaktadır. 1. İKF ve 1. İKF ile 2. İKF toplamı sonucu elde edilen imgeler ayrı ayrı sabit bir eşik değeri ile ikili imgeye çevrilmekte ve elde edilen bu ikili imgelere morfolojik işlemler uygulanmaktadır. Burada uygulanan morfolojik işlem önce kapama işlemi ardından küçük nesnelere kurtulmak amaçlı açma işlemidir. Son olarak da 1.İKF ile 1. İKF ve 2.İKF'lerin toplamının eşiklenmesi ile elde edilen iki imgeden bulunan sonuçlar tek bir imgede birleştirilmektedir ve etiketleme yöntemi kullanılarak hedef bölütlenmektedir. Şekil 2.5'de önerilen yöntemin blok şeması gösterilmektedir.



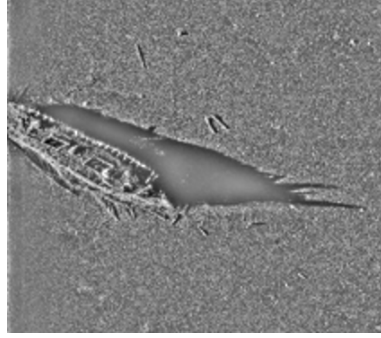
Şekil 2.5. AKA temelli hedef tespiti yönteminin blok şeması

2.2.1.3. Deneysel sonuçlar

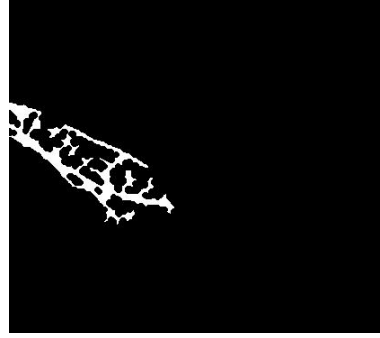
Birinci İKF ve birinci İKF ile ikinci İKF toplamı sonucu elde edilen imgeler ayrı ayrı sabit bir eşik değeri ile ikili imgeye çevrilmekte ve elde edilen bu ikili imgelere morfolojik işlemler uygulanmakta ve elde edilen sonuçlar tek bir imgede birleştirilerek etiketleme yöntemi kullanılarak hedef bölütlenmektedir. Burada eşik değerleri deneysel yol ile en iyi sonucu verecek şekilde seçilmiştir. 1. İKF ve 1.İKF+2.İKF'yi eşiklemek için kullanılan eşik değerleri sırasıyla 140 ve 160 olarak seçilmiştir. Kullanılan morfolojik işlemler ise önce kapama işlemidir. 1. İKF için yarıçapı 5 olan disk şeklinde yapı elemanı kullanılmıştır. 1. İKF+2.İKF için yarıçapı 3 olan disk şeklinde yapı elemanı kullanılmıştır. İlk morfolojik işlem ardından küçük nesnelere kurtulmak amaçlı açma işlemi uygulanmaktadır. Burada kullanılan açma işlemi ise belli büyüklükten küçük birleşik elemanların kaldırılması işlemidir.



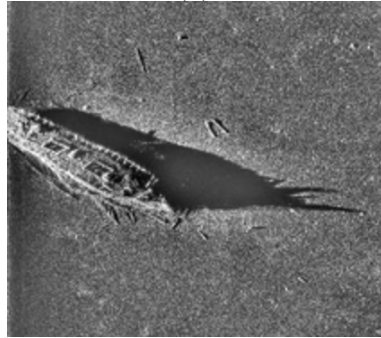
(a)



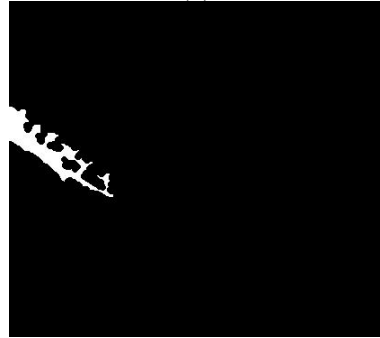
(b)



(c)



(d)



(e)



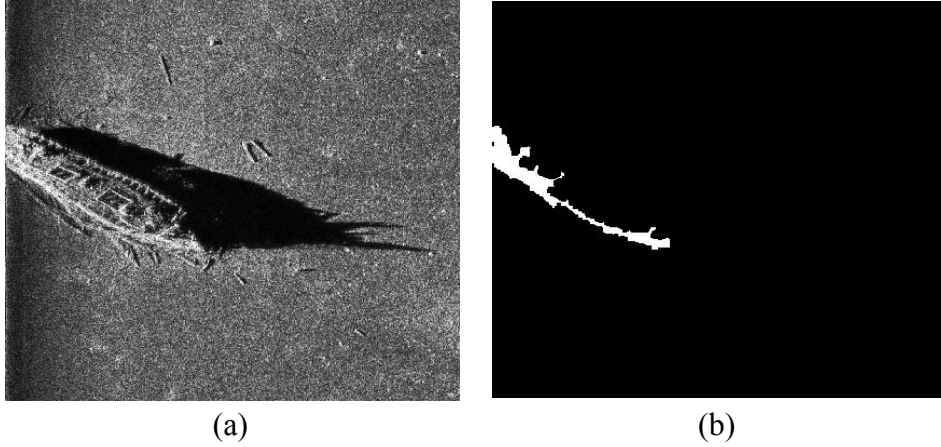
(f)

Şekil 2.6. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) 1. İKF, (c) 1. İKF'e morfolojik işlemler uygulanarak yapılan bölütleme, (d) 1. İKF+2. İKF, (e) 1. İKF+2. İKF'e morfolojik işlemler uygulanarak yapılan bölütleme, (f) önerilen yöntem ile elde edilen bölütleme

Şekil 2.6'da, sadece birinci İKF'ye ve birinci İKF ile ikinci İKF'nin toplamına morfolojik işlemler uygulanılarak elde edilen bölütleme sonuçları ve ikisinin

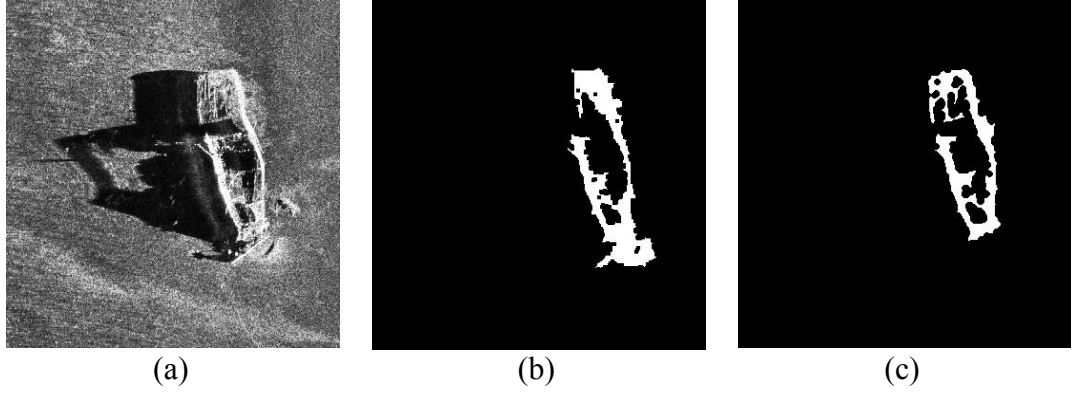
birleşimi sonucu elde edilen bölütleme sonuçları gösterilmektedir. 1. İKF kullanılarak yapılan tespit sonucu genellikle oldukça iyi olmasına rağmen, hedefteki bazı bölümlerin kaçırılması durumunda bu parçaların tespiti ilk iki İKF'nin toplamı kullanılarak elde edilen sonuçlardan geri kazanılmaktadır. Böylece iki sonucun birleşimi kullanıldığı takdirde ayrı ayrı yakalanan detaylar birleştirilmiş olmakta ve daha iyi hedef tespiti yapılabilmektedir.

Ayrıca önerilen yöntemin başarımını göstermek için orijinal sonar imgesi ikili imgeye çevrilmiş ve aynı morfolojik işlemler uygulanarak bölütleme yapılmıştır. Şekil 2.7'de aynı sonar imgesine sadece morfolojik işlem uygulanması sonucu elde edilen hedefin bölütlenmiş hali gösterilmektedir. Yapılan denemeler sonucunda AKA ardından morfolojik işlem uygulandığında elde edilen bölütleme sonucunun daha başarılı olduğu görülmektedir.



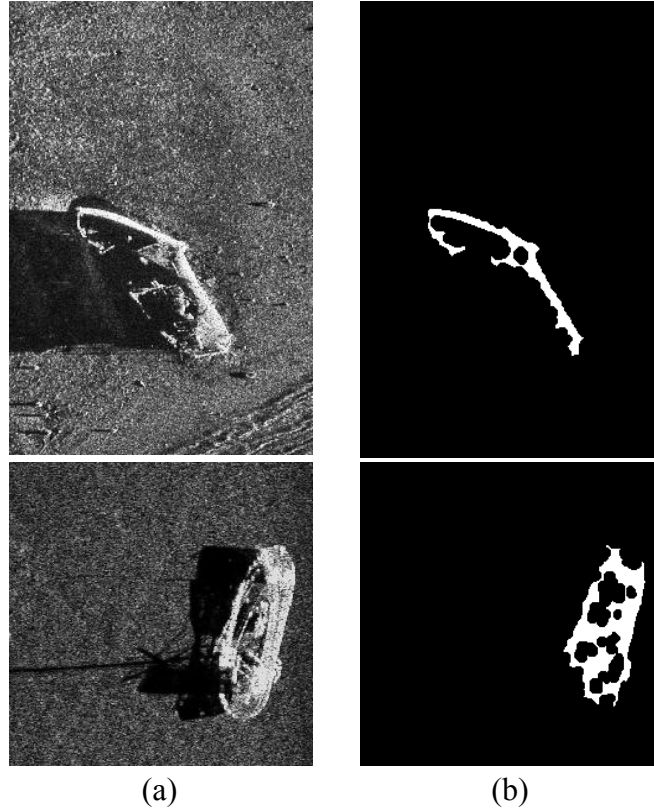
Şekil 2.7. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) sadece morfolojik işlem uygulanarak yapılan bölütleme sonucu

Şekil 2.8'de farklı bir sonar imgesi için elde edilmiş AKA sonrası morfolojik işlem sonucunda bölütlenen hedef ve sadece morfolojik işlem uygulanması durumunda bölütlenen hedef gösterilmektedir.

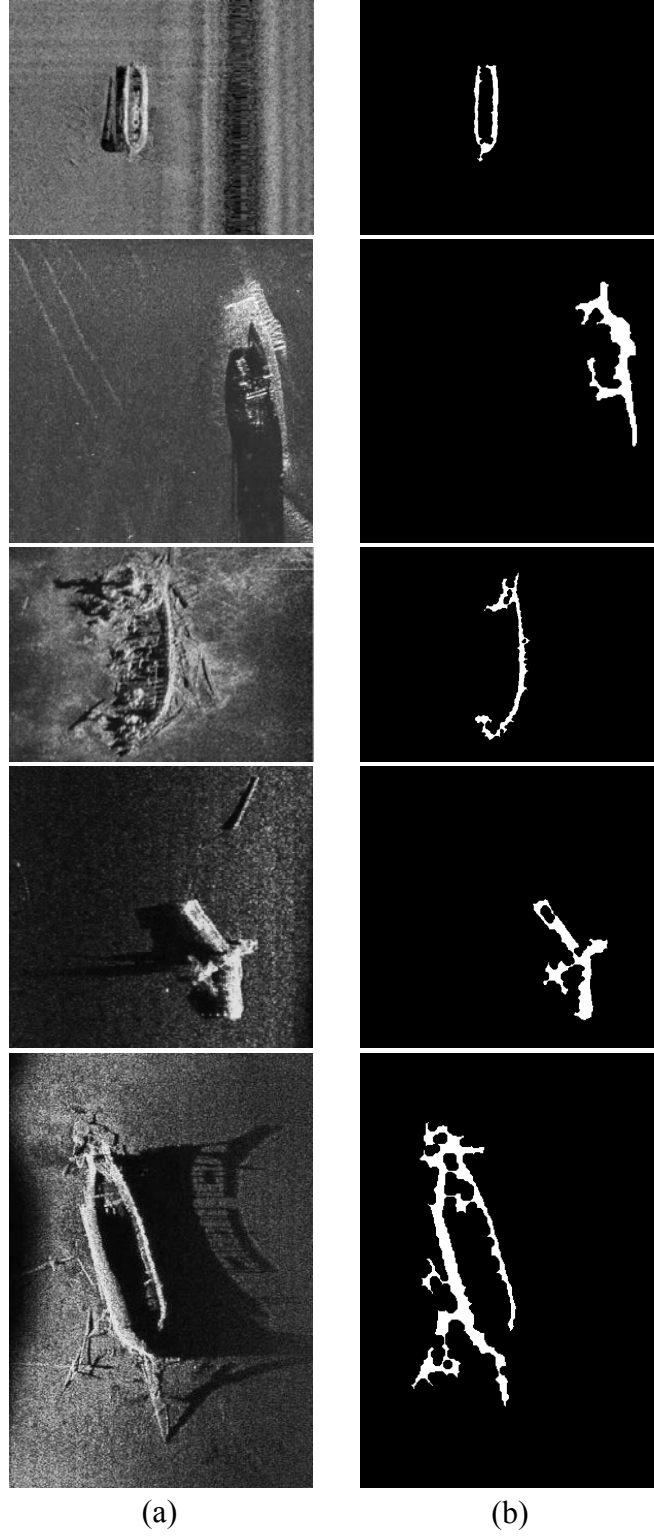


Şekil 2.8. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) sadece morfolojik işlem uygulanarak yapılan bölütleme sonucu, (c) AKA sonrası morfolojik işlem uygulanması durumunda elde edilen bölütleme sonucu

Şekil 2.9’da farklı birçok sonar imgesi için önerilen yöntem uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Sonuçlardan yandan taramalı sonar imgelerinde büyük batıkların başarılı bir şekilde bölütlenebildiği görülmektedir.



Şekil 2.9. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulandığında elde edilen sonuçlar



Şekil 2.9. (Devam) (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulandığında elde edilen sonuçlar

2.2.2. Markov rassal alanlar ile hedef tespiti

Markov Rassal Alanlar (MRA) (Markov Random Field) , eğitim gerektirmeyen, nesneye dayalı, iki boyutlu bir adaptif işaret işleme tekniğidir. Bu yaklaşım ilk defa 1984 yılında Stuart Geman ve Donal Geman [41] tarafından iki boyutlu görüntüleme uygulanmıştır. MRA, model temelli bir yöntemdir. MRA yönteminin en önemli özellikleri komşuluk ilişkilerine dayanıyor olması, eldeki görüntüyü stokastik bir model ile belirtmeye çalışması ve önsel bilgiye ve ön eğitime ihtiyaç duymamasıdır [42]. Bunun yanında MRA, görüntülerin farklı özelliklerini kullanabilen Bayes yapısına dayalı bir modeldir. Piksel sınıflarının dağılımlarının, MRA model olasılığının enbüyüklenmesi sırasında elde edilmesi diğer önemli bir avantajdır. MRA görüntü işleme alanında birçok uygulamada kullanılmıştır. Özellikle geçmiş yıllarda MRA'nın görüntü bölütlemeye kullanılması birçok makalede sunulmuştur. Hem gri-seviyeli görüntülerin bölütlenmesinde hem de renkli görüntülerin bölütlenmesinde MRA kullanılması önerilmiştir [43-46]. Ayrıca dokulu görüntülerin bölütlenmesi için kullanılan model tabanlı yaklaşımlarda MRA kullanılması önerilmiştir [47-50]. Görüntü bölütleme haricinde MRA, doku sentezleme [51], doku sınıflandırma [52] ve görüntü sıkıştırma [53] gibi görüntü işleme uygulamalarında da kullanılmıştır.

2.2.2.1. Markov rassal alanlar yöntemi

İki boyutlu MRA, ayrık bir kafes üzerinde tanımlanmış rassal bir süreçtir. Bu kafes genelde iki boyutlu bir ızgara şeklindedir [41]. Rassal bir alan, olasılık dağılımının kendisine ve komşu olduğu diğer alanlara bağlı olduğu durumlarda MRA olarak düşünülebilmektedir.

Literatürde birçok çalışma MRA'yı karakterize etmek için, Gibbs olasılık dağılımı kullanmaktadır [41, 54]. Hammersley-Clifford teoremi, bir rassal alan x 'in N komşuluğuna göre MRA olması durumunda x 'in aynı komşuluğa göre bir Gibbs Rassal Alan (GRA) olduğunu savunmaktadır [41]. Gibbs Rassal Alanı ile görüntüye ait bütünsel özellikler modellenabilir. Gibbs Rassal Alanı, Gibbs dağılımı kullanılarak ifade edilir ve Gibbs olasılık yoğunluk fonksiyonu Eşitlik (2.7)'deki gibidir.

$$p(x) = \frac{1}{S} e^{-U(x)} \quad (2.7)$$

Burada x bir rastlantı alanı, S normalizasyon sabitini ve $U(x)$ enerji fonksiyonunu göstermektedir.

$$S = \sum_{x \in \Omega} e^{-\frac{1}{T} U(x)} \quad (2.8)$$

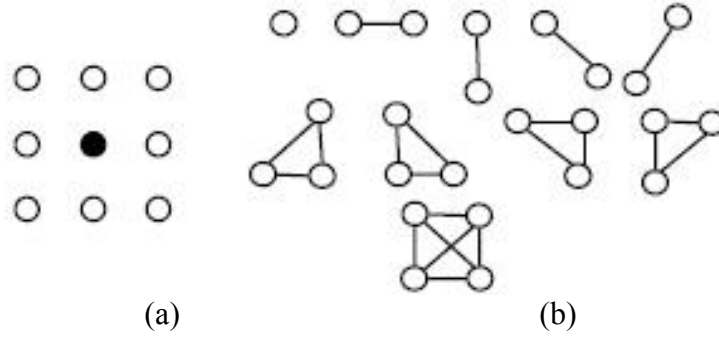
$$U(x) = \sum_{c \in C} V_c(x) \quad (2.9)$$

$V_c(x)$ ise klik potansiyel fonksiyonu olup tüm klikler üzerinden toplam enerji fonksiyonu olan $U(x)$ 'i vermektedir. Klik, imgede bir pikselin olasılıksal komşulukları ile oluşturduğu bütün ikili, üçlü, dörtlü vs. nokta çiftlerinin kümesidir. Şekil 2.10'da ikinci dereceden komşuluk ilişkisi ve ikinci derece için oluşabilecek klikler kümesini göstermektedir. MRA ile bölütleme aslında Bayes formülüne dayanmaktadır. Bayes kuralı, sonsal olasılıkları, önsel ve koşullu olasılıklar cinsinden ifade eder. Burada amaç sonsal olasılığı maksimum (MAP-maximum a posteriori) yapmaktır.

$$p(X = x | Y = y) = \frac{p(y|x)p(x)}{p(y)} \quad (2.10)$$

Burada y bölütlenmiş etiket görüntüsünü, x ise giriş görüntüsünü ifade eder. $p(y)$ sabit olduğu için bu eşitlikte paydayı ihmal edip sadece pay kısmına odaklanılmaktadır. $p(x)$ ise Gibbs dağılımı olup Eşitlik (2.7)'deki gibi hesaplanmaktadır. $p(y|x)$ için uygun bir olasılık dağılım fonksiyonu kullanılmaktadır.

Böylece görüntü bölütleme problemi, verilen y bölütlenmiş etiket görüntüsüne bağlı olarak x giriş görüntüsündeki piksellerin uygun sınıflara atanması işlemine dönüşmektedir. Görüntü piksellerinin uygun sınıflara atanması sonsal maksimum olabilirlik tahmini ile yapılabilmektedir.



Şekil 2.10. MRA komşuluk sistemleri, a) 2. dereceden komşuluk, b) 2. derece komşuluk için tüm klikler

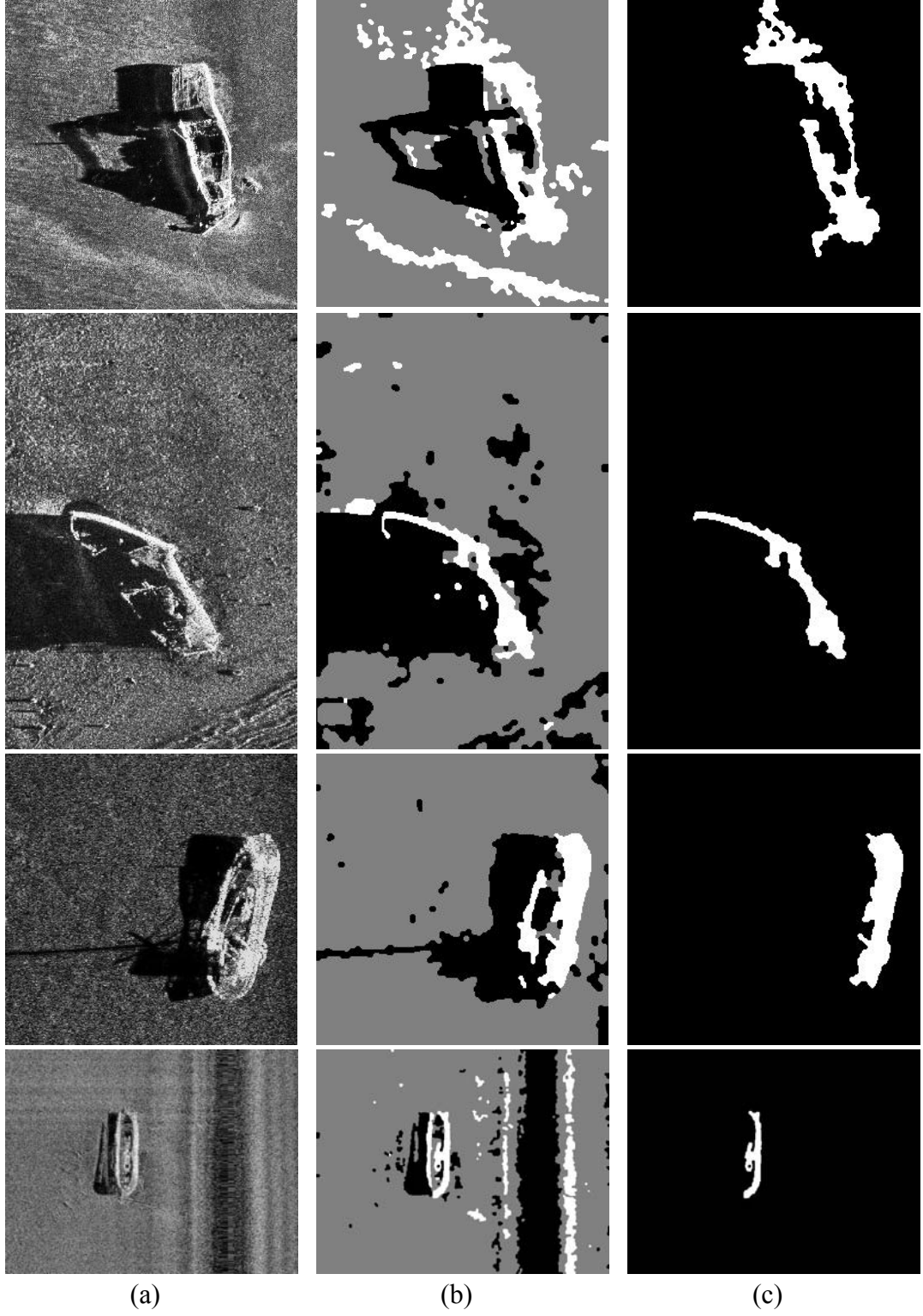
2.2.2.2. Deneysel sonuçlar

MRA ile bölütleme yapılırken, yandan taramalı sonar imgesi yankı, gölge ve geri kalan bölge olacak şekilde üç sınıf şeklinde düşünülmektedir. Her sınıf için Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmaktadır:

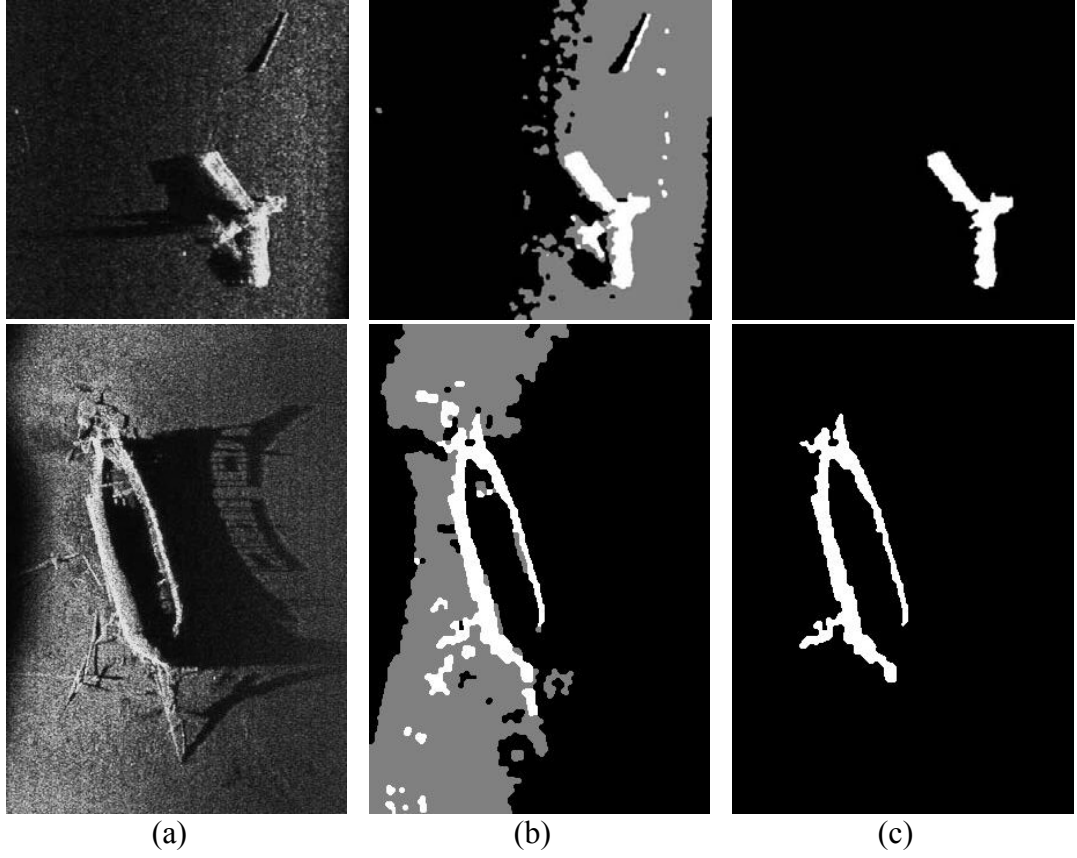
$$p(y|x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{y-\mu}{2\sigma^2}\right) \quad (2.11)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının oluşturulabilmesi için ilk aşamada her bir sınıf için Gauss dağılımının ortalama değeri (μ) ve değişim değeri (σ^2) hesaplanması gerekmektedir. Görüntüdeki her bir sınıf için olasılık dağılım parametrelerinin tahmininde herhangi bir ön bilgi bulunmadığı için maksimum olabilirlik yöntemi kullanılamaz. Bu nedenle MRA ile bölütleme işlemi yapılmadan önce parametre kestirimi, beklenti enbüyükleme (BE) (Expectation Maximization) algoritması [55] ile yapılmaktadır.

MRA'da ikinci dereceden komşuluklar ve tüm klikler için eşit ağırlıklandırma kullanılmaktadır. Şekil 2.11'de yandan taramalı sonar imgelerine büyük batıkların tespiti için MRA uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Burada MRA uygulandıktan sonra etiketleme yöntemi kullanılmaktadır. Etiketlenen nesnelere en büyüğü ise imgedeki hedef olarak seçilmektedir.

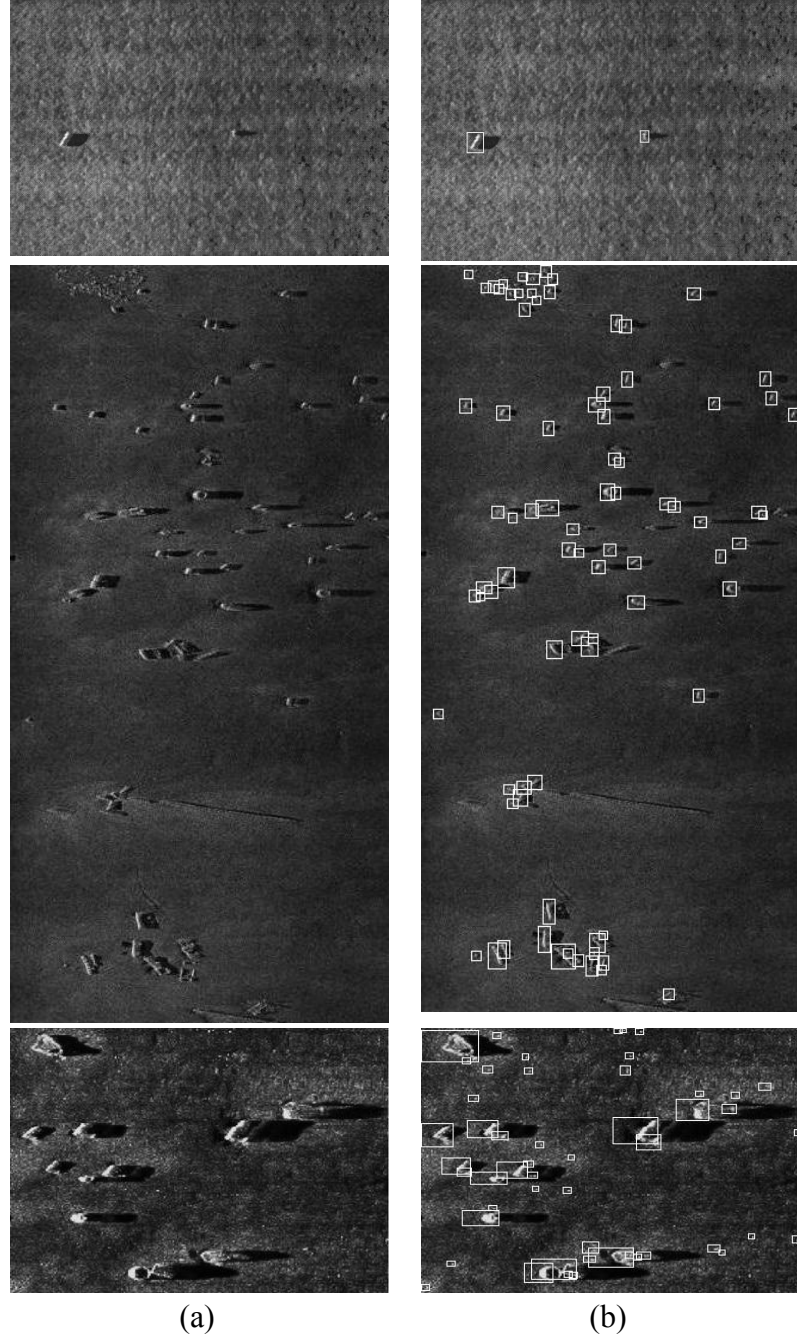


Şekil 2.11. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) MRA uygulandıktan sonra elde edilen imge, (c) tespit sonucu

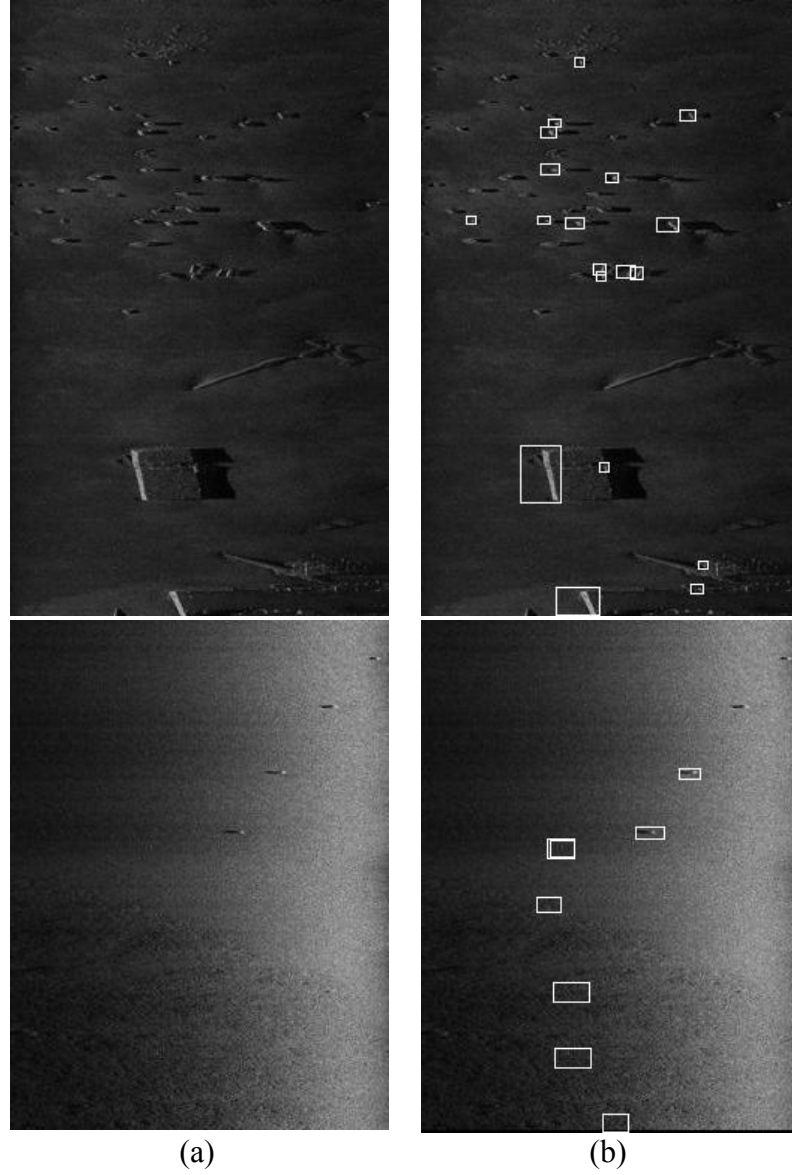


Şekil 2.11. (Devam) (a) Orijinal sonar imgesi, (b) MRA uygulandıktan sonra elde edilen imge, (c) tespit sonucu

Yandan taramalı sonar görüntülerinde mayın gibi küçük nesnelerin tespiti içinde de MRA uygulanmıştır. MRA ile imge üç kümeye ayrıştırılmakta ve bu kümeler içerisinde yankıya karşılık gelen küme nesne olarak işaretlenmektedir. Şekil 2.12’de örnek sonuçlar gösterilmektedir. MRA ile mayın gibi küçük nesnelerin tespiti sırasında kaçırılan hedeflerin olduğu ve çok fazla yanlış alarm bulunduğu gözlenmektedir. Çünkü bu yöntemde başlangıçta beklenti enbüyükleme (BE) arka planı özellikle karanlık olan görüntüler üzerinde etkin kümeleme yapamadığından sonuçlar çok başarılı değildir.



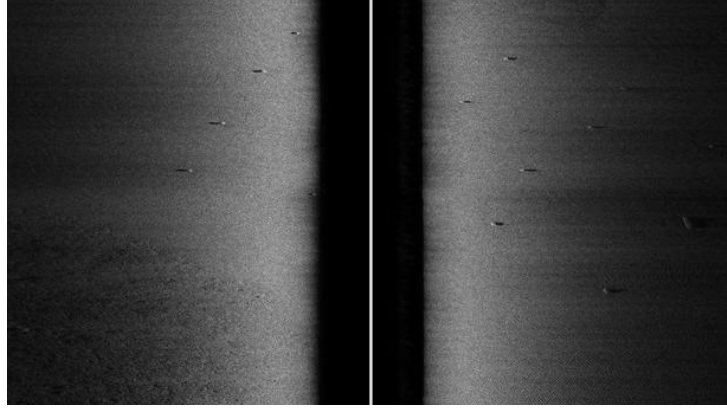
Şekil 2.12. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) MRA uygulandıktan sonra elde edilen imge



Şekil 2.12. (Devam) (a) Orijinal sonar imgesi, (b) MRA uygulandıktan sonra elde edilen imge

2.2.3. Aydınlik dengelemesi yapılmış sonar imgelerinde MRA ile hedef tespiti

Yandan taramalı sonar imgelerinde aydınlık farklılıkları mevcuttur. Çünkü görüntünün orta kısmı sensörü taşıyan çekmebalığa (towfish) yakın olmasından dolayı parlak görünür iken, yanlara gidildikçe yani sensörden uzaklaştıkça görüntü koyulaşmaktadır. Şekil 2.13'deki imgede aydınlık farklılığı çok net görülmektedir. Ancak bazı sonar üreticileri bu farkı başta dengeleyerek görüntü oluşturulmasını sağlamaktadır. Bunun için üretici firmalar sonarlara TVG (Time Varied Gain) denilen bir özellik eklemektedir. TVG, uzaklığa bağlı olarak dönen sinyalde dengeleme yapılması işlemidir.

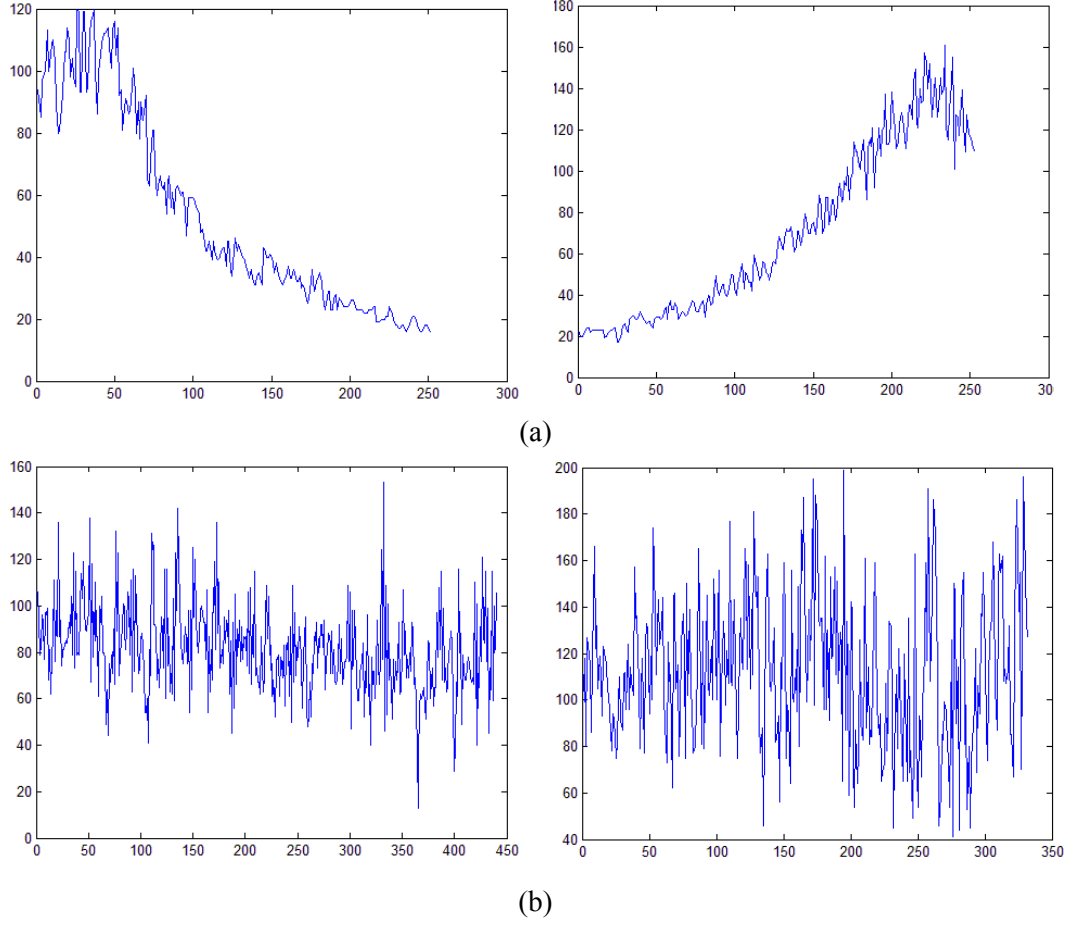


Şekil 2.13. Yandan taramalı sonar imgesi

İşlenecek görüntüde aydınlık farklılığı olabileceği gibi bu farklılık sonar görüntü oluştururken dengelenmiş olabilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında bir karar mekanizması ile işlenecek görüntüde aydınlık dengelemesi yapılıp yapılmadığına karar verilip eğer kendi içinde bir dengeleme yapılmadıysa tespit öncesi ön-işlem olarak aydınlık dengelemesi yapılması önerilmektedir. Ön-işlem olarak aydınlık dengelemesi yapıldığı takdirde daha sonra uygulanacak tespit yöntemi daha başarılı sonuçlar verebilmektedir.

Tasarlanan karar mekanizmasında imgeden referans bir satır alınmakta ve bu satırdaki ışıklılık değerleri incelenmektedir. Şekil 2.14'de aydınlık farklılığı olan imgelerden ve aydınlık farklılığı olmayan imgelerden alınan referans satırlar gösterilmektedir. Şekillerdeki düşey eksenler sonar işaretlerinin ışıklılık değerlerini, yatay eksenler ise örnek numaralarını göstermektedir. Aydınlık farklılığı olan imgeler için alınan referans satır net bir şekilde henüz dengeleme yapılmadığını göstermektedir.

İmgenin aydınlık dengelemesine ihtiyaç duyup duymadığına karar verirken referans satırın ışıklılık değerlerinin ortalama değerine ve referans satırın ilk yarısındaki ve son yarısındaki ışıklılık değerlerinin ortalama değerine bakılmaktadır. Referans satırın ilk yarısındaki ortalama değer ile son yarısındaki ortalama değer arasındaki fark, tüm satırın ortalama değerinin yarısından büyük ise bu imgede TVG ile bir dengeleme yapılmamış ve ön-işlem olarak aydınlık dengelemesi yapılmasının hedef tespiti başarımını arttıracığı kararı verilmektedir.



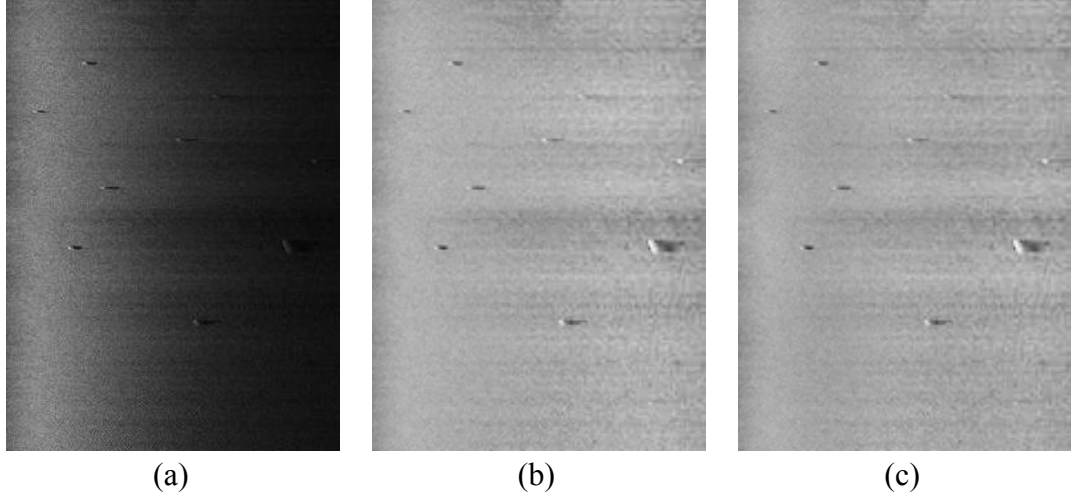
Şekil 2.14. (a) Aydınlık farklılığı olan imgelerden alınan satırlar, (b) aydınlık farklılığı olmayan imgelerden alınan satırlar

2.2.3.1. Ayrık kosinüs dönüşümü temelli aydınlık dengeleme

Bu tez kapsamında dengeleme yapılmamış imgelere aydınlık dengelemesi yapmak için [56]'daki yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemde imge öncelikle logaritmik uzaya geçirilir. Logaritması alınan yeni imgeye iki boyutlu ayrık kosinüs dönüşümü uygulanır. Ayrık kosinüs dönüşümü ile imge uzamsal uzaydan frekans uzayına geçmiş olmaktadır. Parlaklık değişimi aslında alçak frekans bandında bulunmaktadır. Bu sebepten imgenin n sayıda alçak frekans AKD katsayısı sıfıra çekilmektedir. Ayrıca ilk AKD katsayısı (DC eleman) imgenin tüm (genel) ışıklılığını tanımlamaktadır. Bu sebepten istenilen bir biçimli (uniform) ışıklılık, DC elemanın aşağıdaki gibi ayarlanması ile elde edilmektedir.

$$DCT(0,0) = \log(\mu) \times \sqrt{w \times h} \quad (2.12)$$

Burada $DCT(0,0)$ logaritma uzayına geçirilmiş imgenin DC elemanını göstermektedir. μ imgenin ortalama değerini, w ve h ise imgenin boyutlarını göstermektedir.

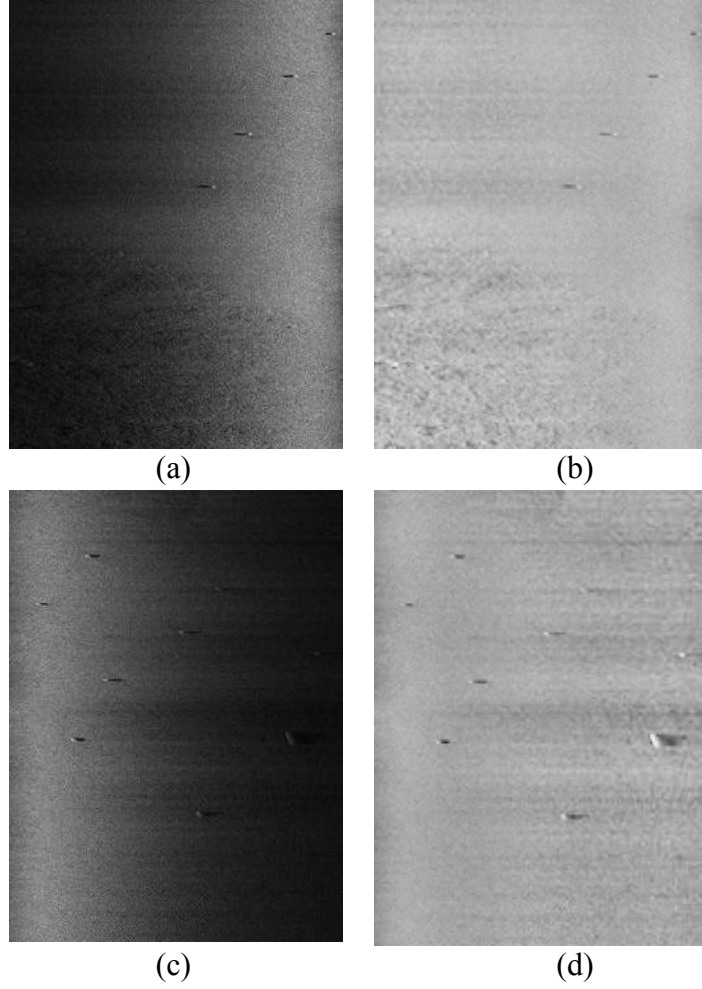


Şekil 2.15. (a) Orijinal sonar imgesi, (b) $n=5$ için aydınlık dengelemesi, (c) $n=15$ için aydınlık dengelemesi

Frekans uzayındaki imgenin $DCT(0,0)$ hariç n sayıdaki alçak frekans AKD katsayıları ihmal edilerek ters AKD'si alındığı zaman imgede aydınlık dengelemesi yapılmış olmaktadır. Şekil 2.15'de karar mekanizmasından dengeleme yapılmasına karar verilen bir yandan taramalı sonar imgesi ve bu imgeye farklı n katsayıları kullanılarak aydınlık dengelemesi yapıldığında elde edilen imgeler gösterilmektedir.

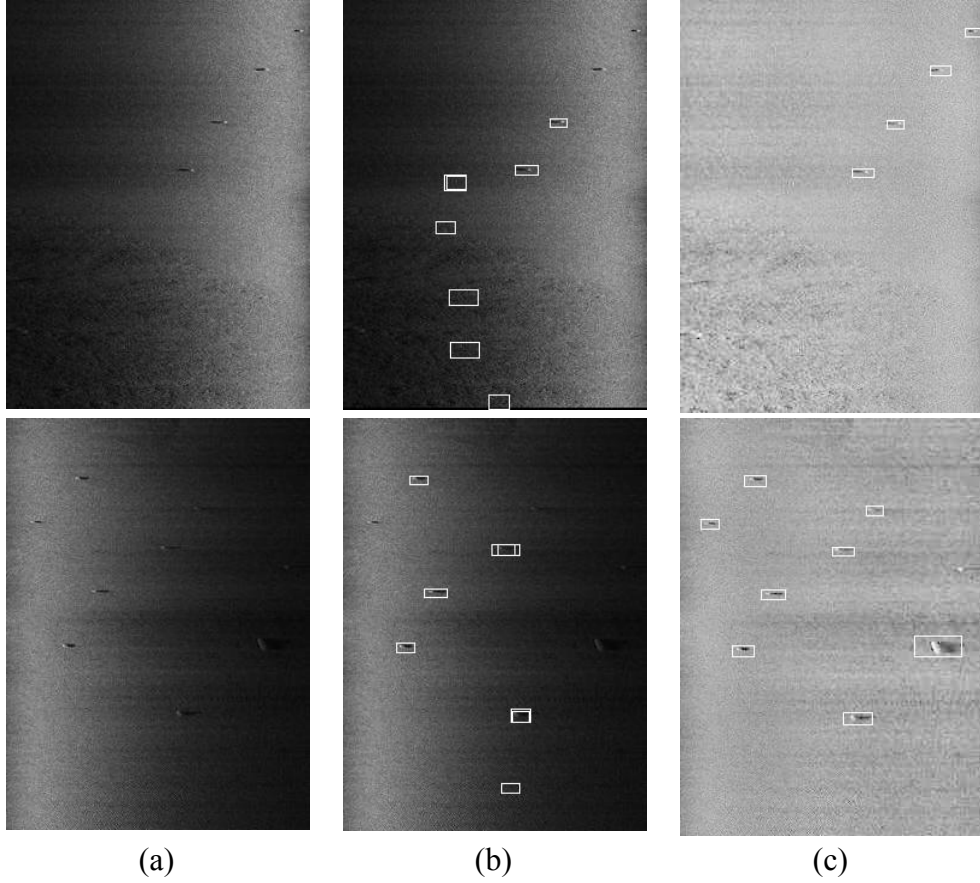
2.2.3.2. Deneysel sonuçlar

Karar mekanizması çıkışında dengeleme yapılmasına karar verilen yandan taramalı sonar imgesinde tespit öncesinde ön-işlem olarak aydınlık dengelemesi yapılmaktadır. Burada ilk $n=20$ düşük frekans AKD katsayısını sıfıra çekerek ters AKD ile imge geri oluşturulmaktadır. Böylece imgede aydınlık farklılıkları giderilmiş olmaktadır. Şekil 2.16'da aydınlık farklılığına sahip mayın bulunduran yandan taramalı sonar imgeleri ve aydınlık dengelemesi yapıldıktan sonra elde edilen imgeler gösterilmektedir.



Şekil 2.16. (a-c) Orijinal sonar imgeleri, (b-d) aydınlık dengelemesi yapılmış imgeler

MRA ile bölütleme işlemi yapılmadan önce parametre kestirimi, BE algoritması ile yapılmaktadır. Burada, yandan taramalı sonar imgesi yankı, gölge ve geri kalan bölge olacak şekilde üç sınıf şeklinde düşünülmektedir. Her sınıf için Gauss olasılık dağılımı kullanılır ve BE ile Gauss'un parametreleri olan ortalama değer ve değişinti kestirilmektedir. MRA'da ikinci dereceden komşuluklar ve tüm klikler için eşit ağırlıklandırma kullanılmaktadır.



Şekil 2.17.(a) Orijinal sonar imgeleri, (b) MRA ile mayın tespit sonuçları, (c) aydınlık dengelemesi ardından MRA ile mayın tespiti sonuçları

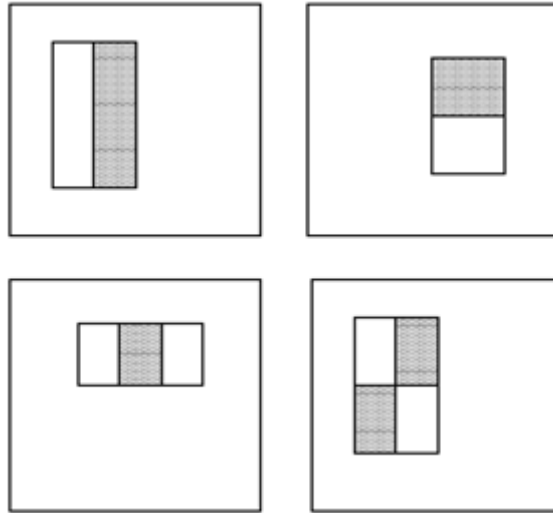
MRA çıkışında elde edilen imgede gölge bölgeleri daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten mayın tespiti yapılırken çıkış imgesinde en düşük ortalama değere sahip sınıfın gölge bölgesi olacağı düşünülmekte ve gölge bölgelerinin etrafında daha büyük bölgeler alınarak daha ince bir arama yapılmaktadır. Bulunan aday eğer bir mayın ise gölgenin yanında yankı bölgesinin olacağı bilinmektedir. Gölge sınıfı etrafında alınan bölgelerde yankı ile gölgenin yan yana olup olmadığı kontrol edilerek adayın mayın olup olmadığına karar verilmektedir.

Şekil 2.17’de örnek yandan taramalı sonar imgeleri için önerilen aydınlık dengelemeli MRA tabanlı bölütleme yöntemi ile elde edilen mayın tespit sonuçları ve aydınlık dengelemesi yapılmadan elde edilen mayın tespiti sonuçları gösterilmektedir. Görüldüğü gibi imgeye ön-işlem olarak aydınlık dengelemesi yapılmaması durumunda mayınlar kaçırılmakta ve yanlış tespit sayısı artmaktadır. Sonuçlardan imgede öncelikle aydınlık dengelemesi yapılmalı kararı verilip ardından

aydınlık dengelemesi yapmanın sonar imgesinde mayın tespiti için yanlış alarm sayısını azalttığı ve hedef tespitinin doğruluğunu da arttırdığı görülmektedir.

2.2.4. Viola-Jones yöntemi ile nesne tespiti

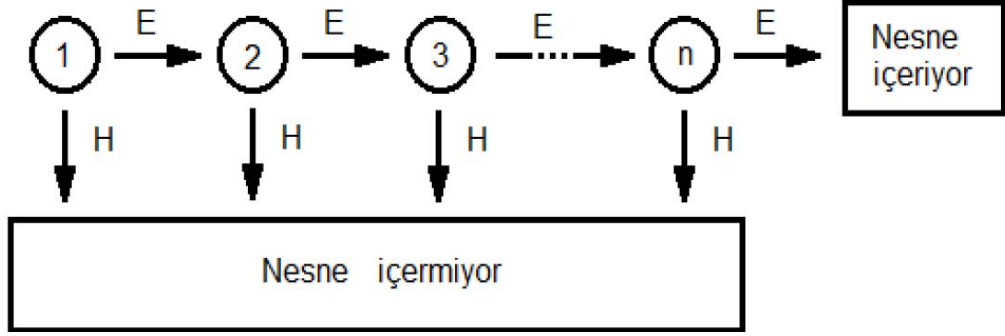
Viola-Jones [57] yöntemi literatürde en çok kullanılan yüz bulma algoritması olarak bilinmektedir. Bu yöntem Paul Viola ve Michael Jones tarafından 2001'de önerilmiştir. Viola-Jones yüz tespiti yönteminde Haar benzeri öznitelikler kullanılarak imgedeki yüz veya nesne olan bölgelere karar verilmektedir. Bu yöntem oran şablonu yaklaşımına dayanmaktadır. Oran şablonu Sinha [58] tarafından önerilen bir nesne tespit yöntemidir. Oran şablonu, imgede bulunan nesnelere üzerinde birbirlerine göre koyulukları değişmeyen bölgelerin varlığından yararlanmaktadır. Buna göre nesne üzerinde oluşturulan çeşitli bölgelerin koyuluk ortalamalarının oranları nesneyi tanımlayacak şekilde elde edilmektedir. Viola-Jones yöntemi ise oran şablonu mantığını kullanabilmek için 2 boyutlu Haar dalgacık şablonlarını andıran ama daha basit olan dikdörtgen öznitelikler adı verilen bir yaklaşım kullanmaktadır. Bu dikdörtgen özniteliklerin kullanılması basit ve hızlı olmasından tercih edilmektedir. Şekil 2.18'de örnek Haar dikdörtgenleri gösterilmektedir.



Şekil 2.18. Viola-Jones için örnek özellik dikdörtgenleri

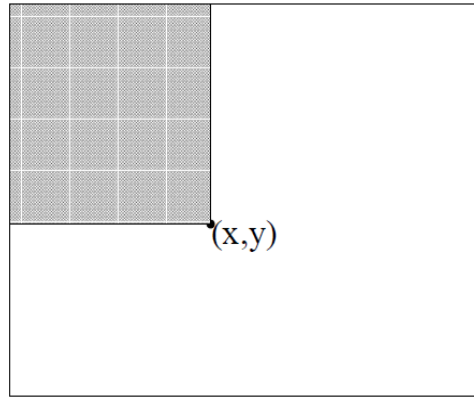
Viola-Jones yönteminde kullanılan bu Haar dikdörtgenleri birer zayıf sınıflandırıcı gibi davranırlar. Bu sınıflandırıcılar bir araya gelerek bunların art arda bağlanması ile güçlü bir sınıflandırıcı zinciri meydana getirilmektedir. Bir bölgenin nesne olarak

tespit edilebilmesi için tüm sınıflandırıcılardan başarı ile geçmesi gerekmektedir. Herhangi bir sınıflandırıcıda takılan adaylar doğrudan elenmektedir. Eğer aday tüm sınıflandırıcılardan başarı ile geçtiyse artık nesne olarak bulunmuş olmaktadır. Şekil 2.19’da bu şekilde oluşturulan kademeli sınıflandırıcının yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.19. Kademeli sınıflandırıcının yapısı

Özellik dikdörtgenlerinin alanlarının hesaplanmasında integral imge yapısı kullanılmaktadır. Bu şekilde daha hızlı alan hesaplamaları yapılabilmektedir. İntegral imgedeki (x, y) noktasındaki değer sol üst kısımdaki piksel değerlerinin toplamına eşittir.

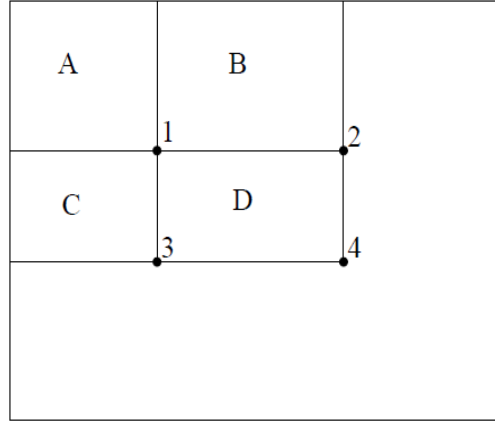


Şekil 2.20. İntegral imge oluşturma

İntegral imge Şekil 2.20’de gösterildiği gibi Eşitlik (2.13)’deki formül ile oluşturulmaktadır.

$$I_i(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} I(x', y') \quad (2.13)$$

Burada $I(x', y')$ orijinal imgeyi, $I_i(x, y)$ integral imgeyi göstermektedir.



Şekil 2.21. Herhangi bir bölgenin alanının hesaplanmasında izlenen yol hesabı

Oluşturulan integral imgeden bir alan hesabı hızlı ve kolay bir şekilde yapılmaktadır. Örneğin Şekil 2.21'deki integral imgeden D bölgesinin alanı, $D=4-3-2+1$ olacak şekilde hesaplanmaktadır. Bu mantıkla integral imge üzerinde özellik dikdörtgenlerin içindeki piksellerin toplamı hızlı bir şekilde hesaplanabilmektedir.

2.2.4.1. Deneysel sonuçlar

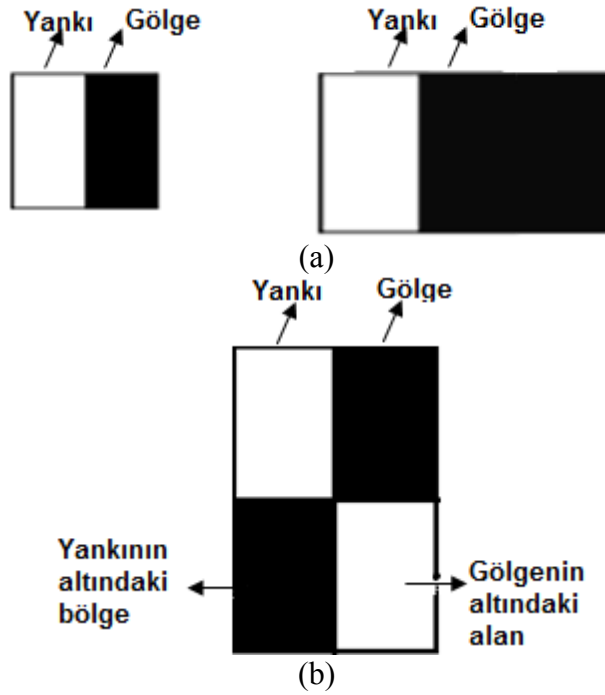
[25]'deki yöntem, ilk kez yandan taramalı sonar imgelerine Viola-Jones yöntemi uygulayarak hedef tespiti yapmayı önermektedir. [25]'de kullanılan Haar özellikleri ve eşik değerleri eğitim yolu ile bulunmaktadır. Bunun için büyük bir veritabanı gerekmektedir. Bu çalışmada ise kullanılacak Haar dikdörtgenleri ve gerekli eşik değerleri en uygun sonuç alacak şekilde deneysel yol ile belirlenmiştir.

Tez çalışmasında sonar imgelerinde Viola-Jones kullanarak hedef tespiti yaparken öncelikle uygun şablonlar yani kullanılacak Haar dikdörtgenleri belirlenmiştir. Şekil 2.22'de gösterilen iki Haar dikdörtgeni yankı ve gölge karakteristiğini yansıtmaları açısından yeterlidir. Şablon I yatayda yankı bölgesi ile gölge bölgesini gösterir. İki farklı tipi kullanılmaktadır. Gölge ve yankının eşit olduğu durum ayrıca gölgenin yankıdan daha uzun olduğu durum değerlendirilmektedir. Şablon II ise yankı bölgesi ile gölge bölgesini bunun yanında altlarında kalan bölgeleri gösterir. Bu bölgeler arasındaki ilişki kullanılarak oranlar belirlenip hedef tespiti mantığı kullanılmaktadır.

Yandan taramalı sonar imgesi iki imgenin birleşiminden oluşmaktadır. Birinci imge sağ taraftaki vericinin oluşturduğu, ikinci imge ise sol taraftaki vericinin oluşturduğu

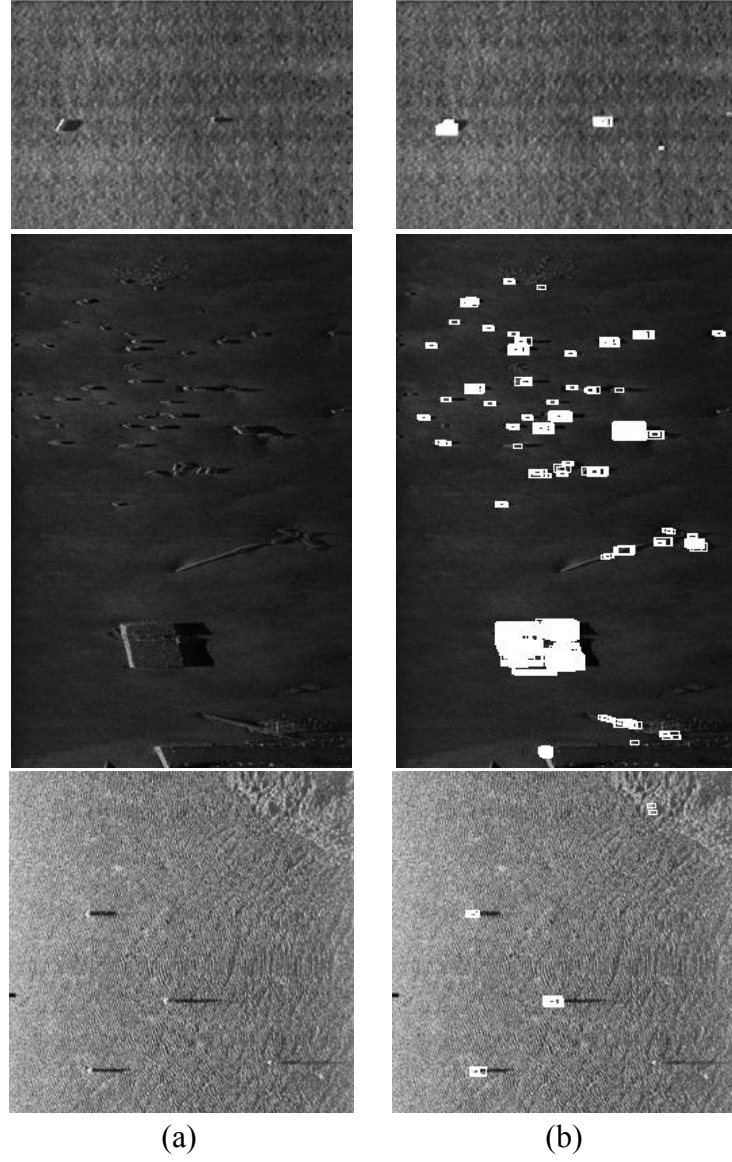
imgedir. İşlenen görüntünün ise sağ taraf görüntüsü mü sol taraf görüntüsü mü olduğu bilinmektedir. Şekil 2.22’de gösterilen şablonlar sağ taraf imgesi için oluşturulmuş şablonlardır. Sol taraf imgesinde ise bu şablonların düşey eksene göre simetriği kullanılmaktadır.

Kullanılacak Haar dikdörtgenleri belirlendikten sonra uygun eşiklerin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yankı bölgesinin gölge bölgesine oranı, yankı bölgesi ve altındaki bölgenin oranı ayrıca gölge bölgesi ile altındaki bölgenin oranları belirlenmektedir. Bulunan oranlara göre imgede kullanılan şablonlar sıra ile araştırılmakta iki şablondan da başarılı geçen bölgeler hedef/nesne olarak belirlenmektedir. Bu işlem farklı ölçekteki Haar dikdörtgenleri için yapılmaktadır.

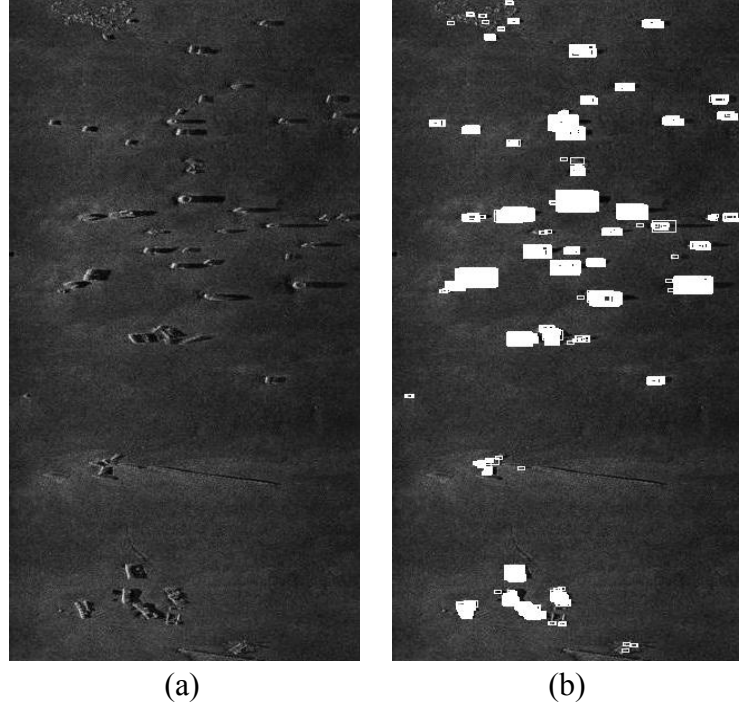


Şekil 2.22. Kullanılan Haar dikdörtgenleri: (a) Şablon 1, (b) Şablon 2

Şekil 2.23, Viola-Jones yöntemi uygulanarak elde edilmiş sonuçları göstermektedir. Viola-Jones ile tespit yöntemi göreceli olarak başarılı sonuçlar vermektedir. Sonuçlardan kaçırılan hedefin olmadığı ama yanlış alarmın yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 2.23. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) Viola-Jones uygulanıldıktan sonraki sonuçlar



Şekil 2.23. (Devam) (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) Viola-Jones uygulandıktan sonraki sonuçlar

2.2.5. Seyreklik ayırıştırma ile nesne tespiti

Seyreklik yaklaşımı [59] (Sparse approximation) işaret işleme uygulamalarında yeni bir alandır. Son yıllarda çok popüler olup birçok uygulama alanında kullanılmıştır. Örneğin özellik çıkartımı [60], kaynak ayırıştırma [61], gürültü giderimi [62], veri sıkıştırma [63] ve hedef tespiti [64] gibi çok değişik alanlarda seyrek yaklaşımlar kullanarak uygulamalar geliştirilmiştir.

Seyreklik yaklaşımı temelde bir işaret ayırıştırma yöntemidir. Bu yöntem ile verilen bir işaret önceden hazırlanılmış bir ölçüm matrisinin (sözlük) az sayıdaki elemanına (atom denilmektedir) ayırıştırılmaktadır. Bu şekilde geri çatılabilen sinyal önemli karakteristik özelliklerini ifade eden az sayıda atomun doğrusal kombinasyonundan oluşmaktadır.

y , elimizdeki bilinen $n \times 1$ boyutunda veri, \mathbf{D} ise $n \times m$ boyutunda başta belirlenen sözlük olsun. Bu durumda,

$$y = \mathbf{D}x \quad (2.14)$$

denklemleri oluşturulmaktadır. Buradaki \mathbf{x} , katsayı vektörünü yani \mathbf{y} işaretinin seyrek gösterimini ifade etmektedir. Bu vektör az sayıda sıfırdan farklı giriş (k adet) bulundurmaktadır. Bu durumda sinyal k seyrekliktedir denilmektedir. Katsayı veya seyreklik vektörü \mathbf{x} 'deki sıfırdan farklı girişler aslında işaretin önemli özelliklerini ortaya çıkarmaktadır.

Seyreklik gösterimini elde etme problemi l_0 [65] veya l_1 [66] normunu en küçükleme problemine dönüşmektedir:

$$\min_{\mathbf{x}} \|\mathbf{x}\|_0 \quad (2.15)$$

$\|\cdot\|_0$, l_0 normunu göstermektedir. l_0 normu katsayı vektöründe sıfırdan farklı giriş sayısını belirtmektedir. Burada k adet sıfırdan farklı giriş varsa, sinyalin seyreklik seviyesi k seyreklikte bulunmaktadır.

Genelde bu optimizasyon problemini çözmek oldukça zordur. Son zamanlarda bu problemi çözmek için literatürde hesaplama yükünü azaltan Lasso [66], eşleşme takibi (matching pursuit) [67], temel takip (basis pursuit) [68] ve Dikgen Eşleşme Takibi (DET) (Orthogonal matching pursuit) [69] gibi iteratif birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde daha hızlı olması ve uygulamasının kolaylığından dolayı en popüler olanı ise DET yöntemidir. Dikgen eşleşme takibi yöntemi iteratif bir yöntem olup kısaca her bir adımda kalan vektör ile en ilişkili atomu seçer ve bu elemana en küçük kareler yöntemini kullanarak bir ağırlık verir ve ardından bu elemanı veriden çıkartarak sonlanma durumuna kadar bu işlemlere iteratif olarak devam etmektedir.

DET yöntemi aşağıdaki gibi çalışmaktadır;

\mathbf{y} , $n \times 1$ boyutundaki veri, \mathbf{D} $n \times m$ boyutundaki sözlük ve \mathbf{a} işaretin geri oluşturulmuş hali olmak üzere;

1. Kalan $\mathbf{r}_0 = \mathbf{y}$, iterasyon numarası $t = 1$ ve indis kümesi $\mathbf{S}\mathbf{V}_0 = \emptyset$ olacak şekilde önkoşullanma yapılmaktadır;

2. En yüksek skalar çarpımı veren d_{λ_t} atomu ve indisi bulunmaktadır.

$$\lambda_t = \arg \max_{j=1, \dots, m} |\mathbf{r}_{t-1} \times \mathbf{d}_j| \quad (2.16)$$

\mathbf{d}_j , \mathbf{D} sözlüğündeki her bir satırı göstermektedir.

3. Seçilen atom ve indis numarası eklenerek güncellenmektedir.

$$\mathbf{S}\mathbf{V}_t = \mathbf{S}\mathbf{V}_{t-1} \cup \{\lambda_t\} \text{ ve } \mathbf{D}_t = [\mathbf{D}_{t-1} \mathbf{d}_{\lambda_t}] \quad (2.17)$$

4. En küçük kareler yöntemini kullanarak aşağıdaki optimizasyon çözülüp katsayı vektörünü oluşturulmaktadır.

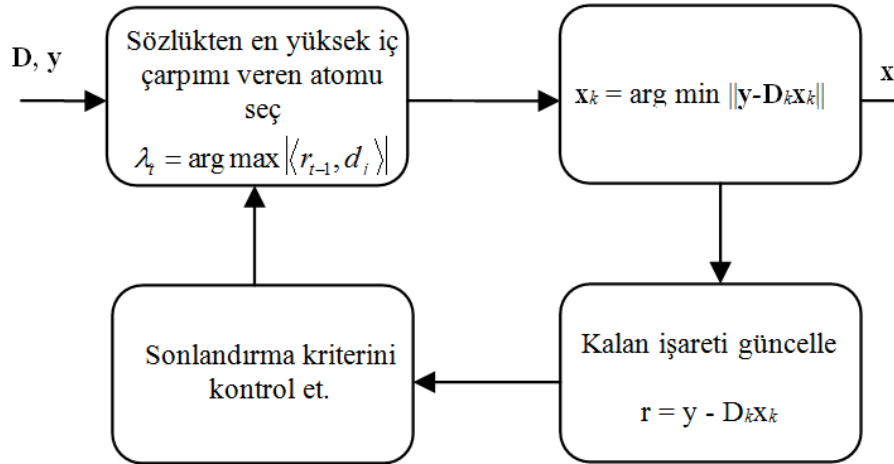
$$\mathbf{x}_t = \arg \min_x \|\mathbf{y} - \mathbf{D}_t \mathbf{x}\|_2 \quad (2.18)$$

5. Yeni kalan ve yeni kestirilmiş sinyal tekrar hesaplanmaktadır.

$$\mathbf{a}_t = \mathbf{D}_t \mathbf{x}_t \quad (2.19)$$

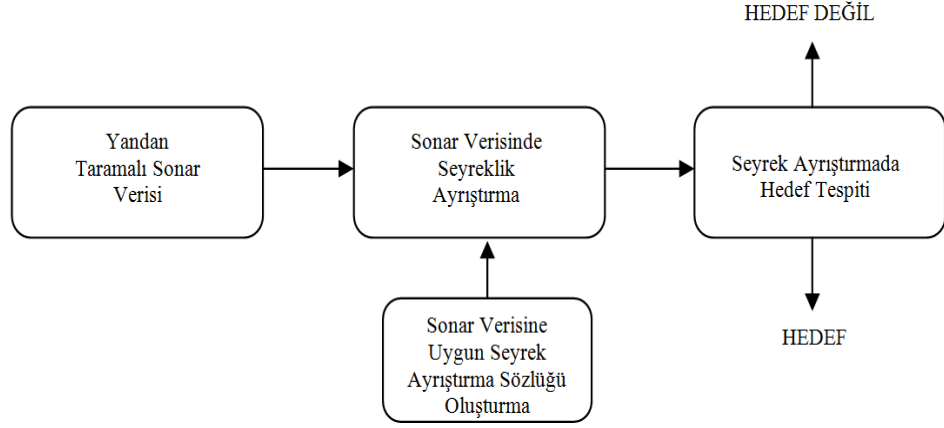
$$\mathbf{r}_t = \mathbf{y} - \mathbf{a}_t$$

6. Eğer sonlandırma kriteri sağlanıyorsa algoritma sonlanmaktadır. Aksi takdirde $t = t + 1$ olur ve 2. adımdan devam etmektedir.



Şekil 2.24. DET yönteminin blok şeması

Özetle DET giriş işareti ile başlayıp her iterasyonda farklı ağırlıklarda sözlükten önemli atomları sırasıyla seçmektedir. Şekil 2.24’de yukarıda da anlatılan DET yönteminin blok şeması gösterilmektedir.



Şekil 2.25. Yandan taramalı sonar verisinde seyreklik ayırıştırma ile hedef tespiti

Bu tezde yandan taramalı sonar görüntülerinde seyreklik ayırıştırma temelli bir tespit yöntemi önerilmektedir. Önerilen yöntemde ilk olarak sonar verisine uygun sözlük hazırlanmakta ardından DET ile her bir satır atomlarına ayrıştırılarak satırda hedef var/yok kararı verilmektedir. Önerilen sistemin blok şeması Şekil 2.25’de gösterilmektedir.

2.2.5.1. Sözlük tasarımı

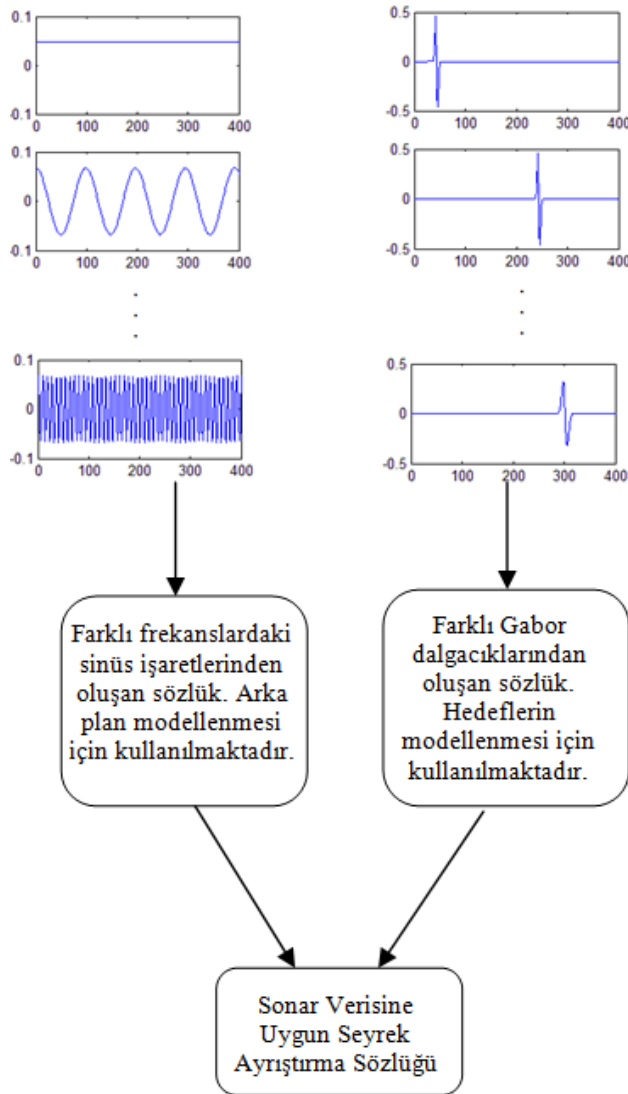
Gözlenen bir işaretin en seyrek gösterimini elde etmek için uygun sözlük tasarımı kritik bir görevdir. Uygun bir sözlük seçimi için genelde verinin matematiksel modelinden faydalanılmaktadır. Genel olarak, bir boyutlu ve iki boyutlu matematiksel modeller literatürde işaret ve görüntü işleme uygulamaları için farklı etkin sözlüklerin oluşturulması için kullanılmıştır. Örneğin literatürde en sık kullanılan, sözlükler frekans sözlükleri (örneğin, Fourier, DCT), zaman ölçekli sözlükler (örneğin, Haar) ve zaman-frekans (örneğin, Gabor) sözlükleridir.

Seyreklik gösterimi ile hedef tespiti yapabilmek için ilk aşama olarak bir sözlük hazırlanması gerekmektedir. Sözlük seçimi tespitin doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Oluşturulan sözlük yandan taramalı sonardan gelen veriyi en iyi şekilde tanımlayabilmek için arka planı ve deniz tabanındaki nesneyi ifaden eden atomların birleşiminden oluşmaktadır. İlk kısım verideki gürültüyü modellemek amaçlı farklı frekanstaki sinusoidal sinyallerden oluşmaktadır. İkinci kısım ise deniz tabanındaki nesneyi en iyi ifade edebilmesi için Gabor sinyallerinden oluşmaktadır.

Şekil 2.26 oluşturulan sözlükten örnek atomları göstermektedir. İlk sütun kosinüs atomlarını, ikinci sütun ise nesneyi ifade etmesi açısından Gabor atomlarını göstermektedir. Bir Gabor atomu Eşitlik(2.20)'deki gibi modellenir.

$$g_{u,s,f}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} e^{-\pi(t-u)^2/s^2} \cos(2\pi f(t-u)) \quad (2.20)$$

Burada s zaman eksenindeki yayılımı, u zaman gecikmesini ve f ise frekansı göstermektedir. Oluşturulan Gabor atomlarından oluşan sözlük farklı yayılımda ve farklı gecikmedeki işaretlerden oluşmaktadır.



Şekil 2.26. Sonar verisine uygun sözlük oluşturma

2.2.5.2. Negatif olmayan kısıtlı en küçük kareler yöntemi

Sözlük bir kez oluşturulduktan sonra gelen yandan taramalı sonar verisi DET ile atomlarına ayrıştırılmaktadır. Ama bu aşamada yukarıda anlatılan standart DET'den farklı olarak DET algoritmasındaki 4.adımdaki en küçük kareler yöntemi değiştirilmektedir. Onun yerine sadece pozitif katsayı üretilmesi kısıtı konularak negatif olmayan kısıtlı en küçük kareler yöntemi [70] kullanılmaktadır. Bunun amacı ise satırda bir nesne var ise bunun ancak pozitif bir Gabor ile temsil edilmesidir. Çünkü yankı ve arkasından gölge geleceği bilinmektedir. Bu sebepten de bir nesne en iyi pozitif katsayılı Gabor atomu ile ifade edilebilmektedir.

Negatif Olmayan Kısıtlı En Küçük Kareler (NOKEKK) (Nonnegative Least Squares) problemi değişkenlerin sadece pozitif değerler alabildiği bir kısıtlı en küçük kareler problemidir. NOKEKK problemi aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$\mathbf{x} = \arg \min_x \|\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{x}\|_2^2, \mathbf{x} \geq 0 \text{ kısıtı altında} \quad (2.21)$$

Negatif olmayan kısıtlı optimizasyon problemi daha önce Lawson ve Hanson tarafından araştırılmıştır [70]. NOKEKK problemi için kullanılan Lawson ve Hanson'ın algoritmaları bir aktif küme yöntemidir. Aktif küme yöntemleri, çalışma kümesi diye de isimlendirilen optimal aktif kümeyi (negatif olmama veya sıfır olmama kısıtlamasını ihlal eden değişkenlerin alt kümesi) ve pasif kümeyi (pozitif değerlerli değişkenlerin alt kümesi) aramaktadır.

NOKEKK algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Başlangıçta aktif küme $\mathbf{P}=\text{NULL}$, pasif küme $Z = \{1, 2, \dots, m\}$ ve $x=0$ olarak ayarlanmaktadır.
2. Dual vektörü $\mathbf{d}\mathbf{v} = \mathbf{D}^T(\mathbf{y} - \mathbf{D}\mathbf{x})$ hesaplanmaktadır.
3. Eğer Z boş küme ise veya tüm $j \in Z$ için $dv_j \leq 0$ ise algoritma sonlandırılmaktadır. Diğer durumda devam etmektedir.
4. $dv_t = \max \{dv_j : j \in Z\}$ olacak şekilde bir $t \in Z$ indisi bulunmaktadır.

5. t indisi Z kümesinden P kümesine taşınmaktadır.

6. \mathbf{D}_p , $n \times m$ boyutlu bir matristir,

$$\mathbf{D}_p \text{ 'nin } j. \text{ sütunu} = \begin{cases} \mathbf{D}' \text{ nin } j. \text{ sütunu,} & j \in \mathbf{P} \\ 0, & j \in \mathbf{Z} \end{cases} \text{ şeklinde ifade edilmektedir.}$$

$\|\mathbf{D}_p \mathbf{z} - \mathbf{Y}\|$ üzerinden dual vektörü z 'yi en küçük kareler ile hesaplanmaktadır.

Bu ifade ile sadece z_j , $j \in \mathbf{P}$, elemanları belirlenmektedir. Eğer $j \in \mathbf{Z}$ ise $z_j = 0$ olarak tanımlanmaktadır.

7. Eğer z , her $j \in \mathbf{P}$ için negatif olmama koşulunu sağlıyorsa ($z_j > 0$), tüm küme için $\mathbf{x} = \mathbf{z}$ olmakta ve algoritma sonlandırılmaktadır aksi takdirde algoritma devam etmektedir.

8. $\frac{\mathbf{x}_s}{\mathbf{x}_s - \mathbf{z}_s} = \min \{ \mathbf{x}_j (\mathbf{x}_j - \mathbf{z}_j) : \mathbf{z}_j \leq 0, j \in \mathbf{P} \}$ olacak şekilde bir $s \in P$ indisi bulunmaktadır.

9. $\alpha = \frac{\mathbf{x}_s}{\mathbf{x}_s - \mathbf{z}_s}$ yapılmaktadır.

10. $\mathbf{x} = \mathbf{x} + \alpha(\mathbf{z} - \mathbf{x})$ ifadesi ile x vektörü güncellenmektedir.

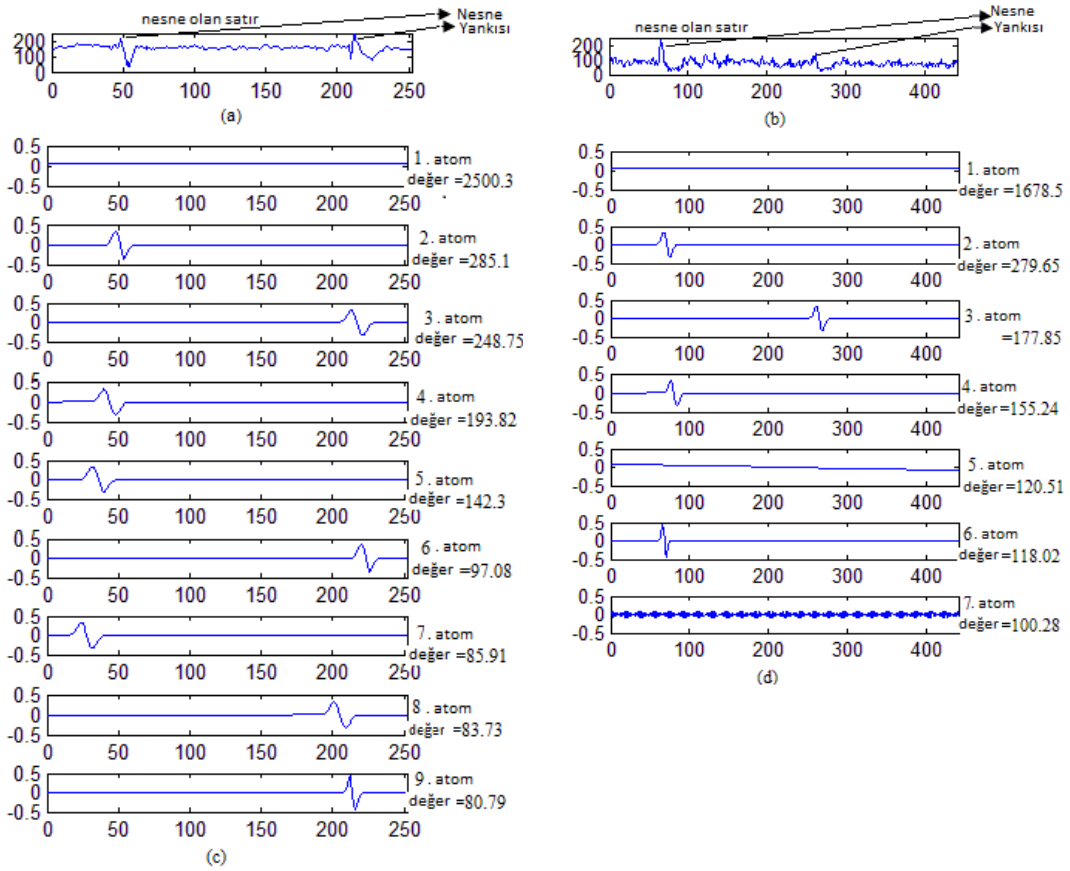
11. \mathbf{P} kümesinden \mathbf{Z} kümesine geçilmekte, tüm $j \in \mathbf{P}$ ($\mathbf{x}_j = 0$ kısıtı altında). 6. Adıma dönülmektedir.

\mathbf{x} vektörü bu algoritma sonunda elde edilen negatif olmayan kısıtlı en küçük kareler probleminin çözüm kümesidir.

2.2.5.3. Nesne/Hedef tespiti

Sözlük ön tanımlı olarak oluşturulduktan sonra yandan taramalı sonar verisi negatif olmayan kısıtlı DET ile atomlarına ayrıştırılmaktadır. Şekil 2.27, nesne bulunduran örnek bir yandan taramalı sonar imgesi satırı ve bu ping için seyreklik ayrıştırma ile seçilmiş ve katsayılarına göre büyükten küçüğe sıralanmış atomları göstermektedir. Şekil 2.28 ise nesne bulundurmayan bir örnek satırı ve bu satır için seyreklik

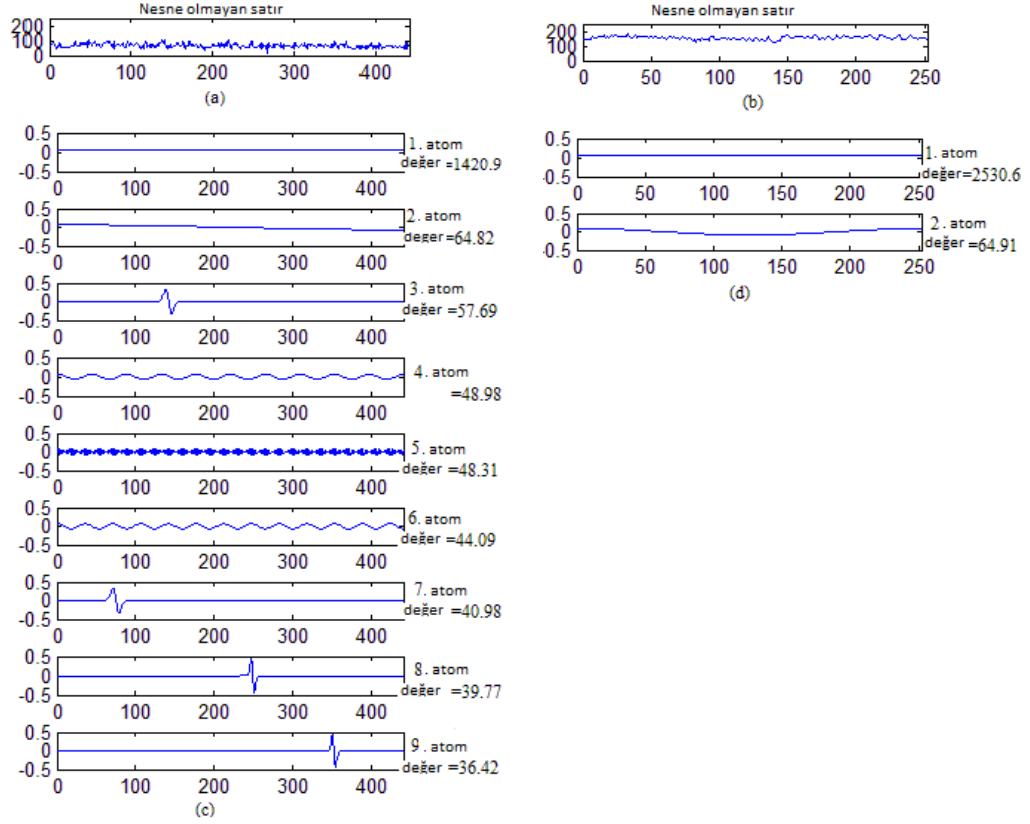
ayrıştırma ile seçilmiş atomları göstermektedir. Şekillerden de gözlendiği gibi nesne olan bir satır ilk atomu satırın DC değerini göstermekte ve ardından ikinci veya üçüncü atomunda muhakkak yüksek katsayılı bir Gabor atomu bulundurmaktadır. Çünkü seyreklik ayrıştırma, satırdaki önemli karakteristikleri sırası ile ortaya çıkarmaktadır. Hedef yok ise ilk bulunan atomlar gürültüyü ifade etmek için sözlüğün ilk kısmındaki kosinüs sinyallerinden de olmakta veya düşük katsayılı Gabor atomlarından oluşmaktadır.



Şekil 2.27. (a-b) Nesne bulunan örnek satırlar, (c-d) DET sonunda elde edilen atomlar

Pozitif katsayılı atomlar elde edildikten sonra seçilen her bir Gabor atomun hedefi işaret edip etmediğine bakılmaktadır. Bu atomlar deniz tabanında bulunan bir nesneyi modellemektedir. Seçilmiş Gabor atomlarından yüksek ağırlığa sahip olanlar bir nesnenin var olduğunu göstermektedir. Aksi takdirde Gabor atomunun ağırlığı verilen bir eşik değerinden düşük ise bu Gabor atomu bir nesneyi ifade etmez ve ihmal edilmektedir. Seyreklik ayrıştırması ile veriyi karakterize edecek en önemli özellikler sıra ile elde edileceği için nesne olan satırlarda Gabor atomlar öncelikli

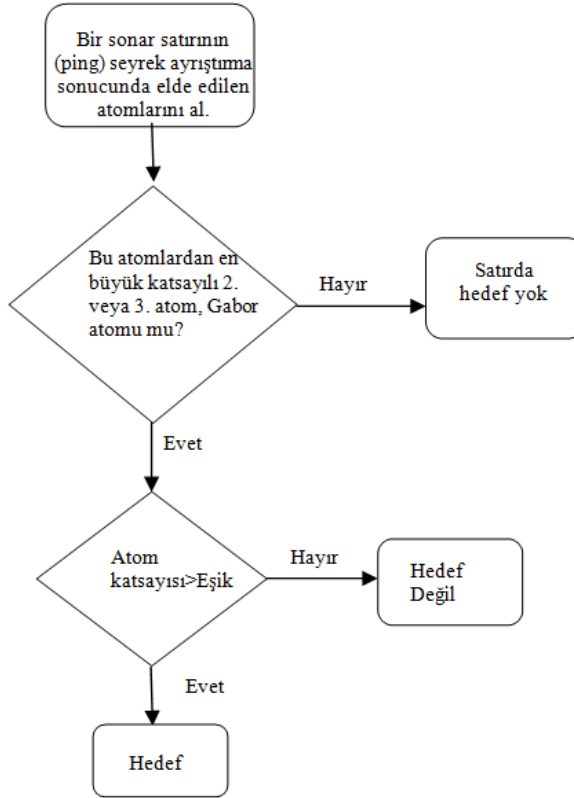
olarak çıkacak ve yüksek katsayı değerine sahip olacaktır. Bu özellikler nesne tespiti için kullanılacak öznelikler olacaktır.



Şekil 2.28. (a-b) Nesne bulunmayan örnek satırlar, (c-d) DET sonunda elde edilen atomlar

Şekil 2.27'den görüldüğü gibi nesnenin bulunduğu yerler bir Gabor atomu ile gösterilmekte ve bu atom yüksek katsayı vermektedir. Bu katsayı değerine göre karar vermek mümkündür. Başta belirlenmiş eşik değeri ile karşılaştırma yapılır ve bulunan atom bir nesneyi gösteriyor denilebilir. Şekil 2.28 ise nesnenin bulunmadığı bir satırı göstermekte ve bu veri atomlarına ayrıştırıldığında da Gabor atomu bulunmadığı gözlenmekte veya eğer Gabor atomu bulunuyorsa elde edilen Gabor atomlarının katsayısının çok düşük olduğu görülmektedir.

Özetle yandan taramalı sonardan gelen her veri sıra ile seyreklik ayrıştırması yapılarak atomlarına ayrıştırılmakta ve işlenen satırda bir hedef/nesne var/yok kararı verilebilmektedir. Önerilen yöntemin blok şeması Şekil 2.29'da gösterilmektedir.

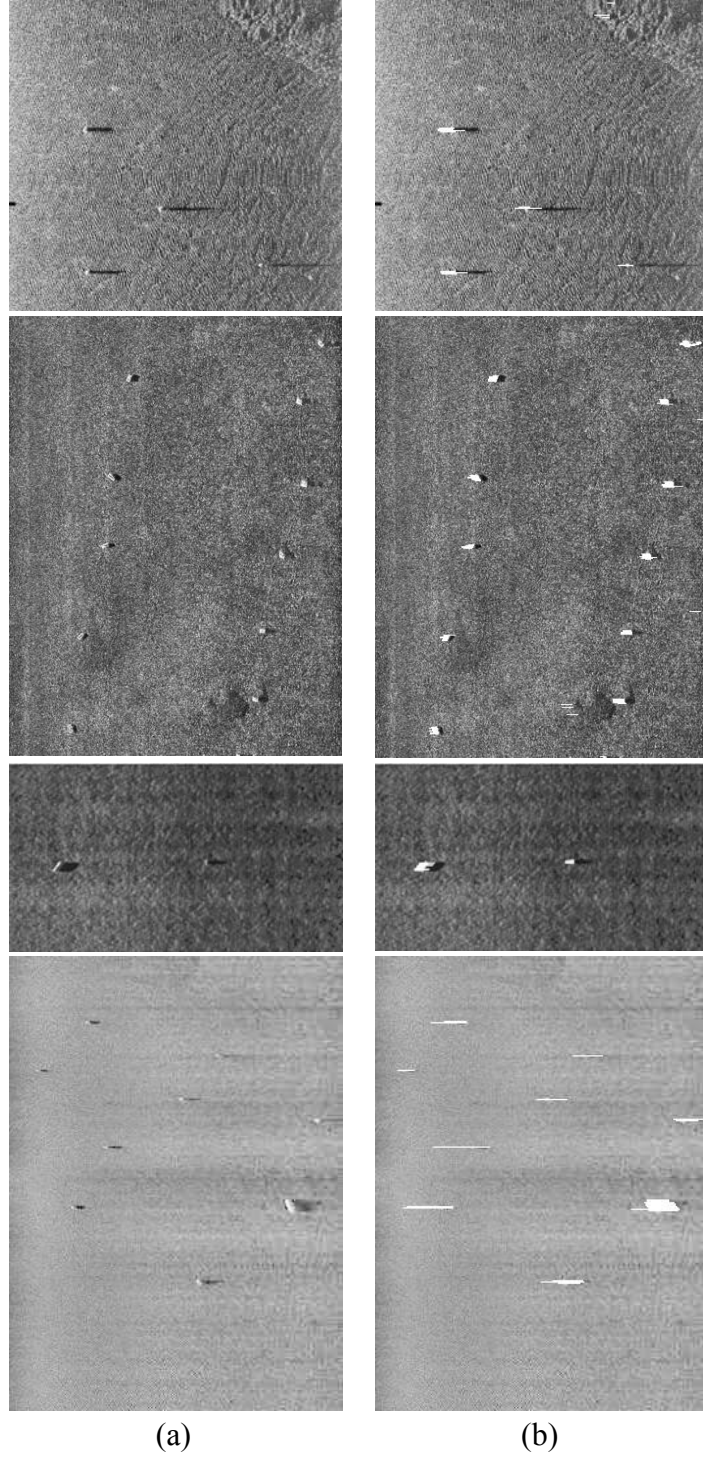


Şekil 2.29. Önerilen yöntemin blok şeması

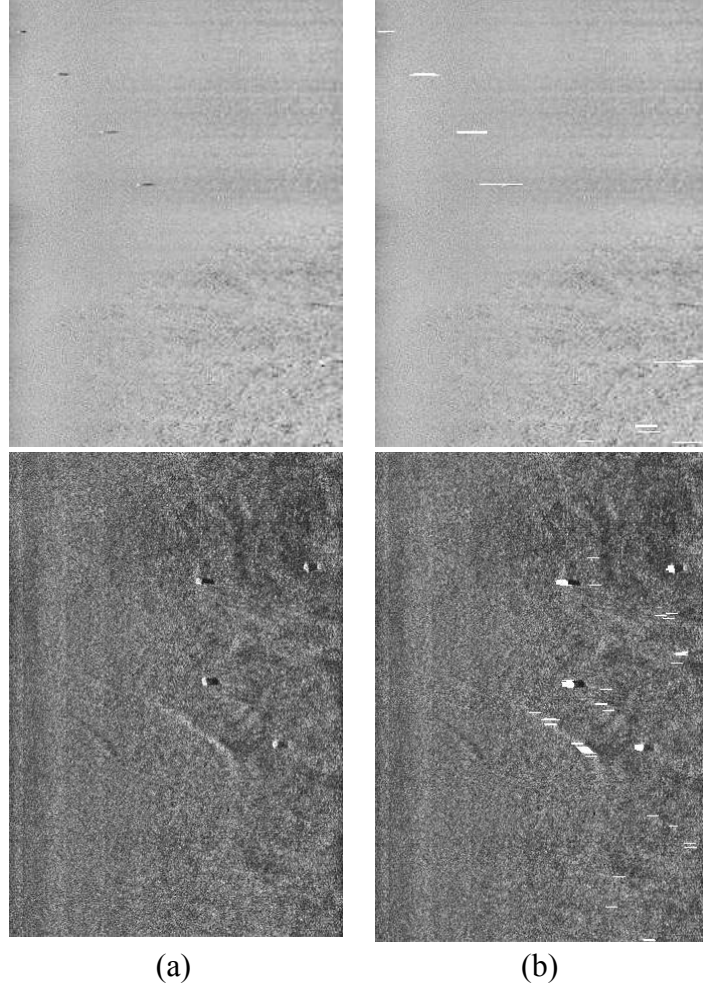
2.2.5.4. Deneysel sonuçlar

Yöntemin başarımını test etmek için önerilen yöntem birçok sonar imgesine uygulanılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 2.30'da örnek orijinal sonar imgeleri ve tespit sonuçları gösterilmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi tespit doğruluğu yüksek ve yanlış alarm oranı düşüktür. Kaçırılan hedef bu yöntemin uygulanması sonucunda bulunmamaktadır. Yanlış buşduğu hedefler bulunmakta ama sayısı da oldukça azdır.

Ayrıca bu yöntemin en önemli avantajı düşük hesapsal yüküdür. Bu özelliği ile insansız sualtı araçlarında gerçek zamanlı olarak kullanabilecek yapıdadır.

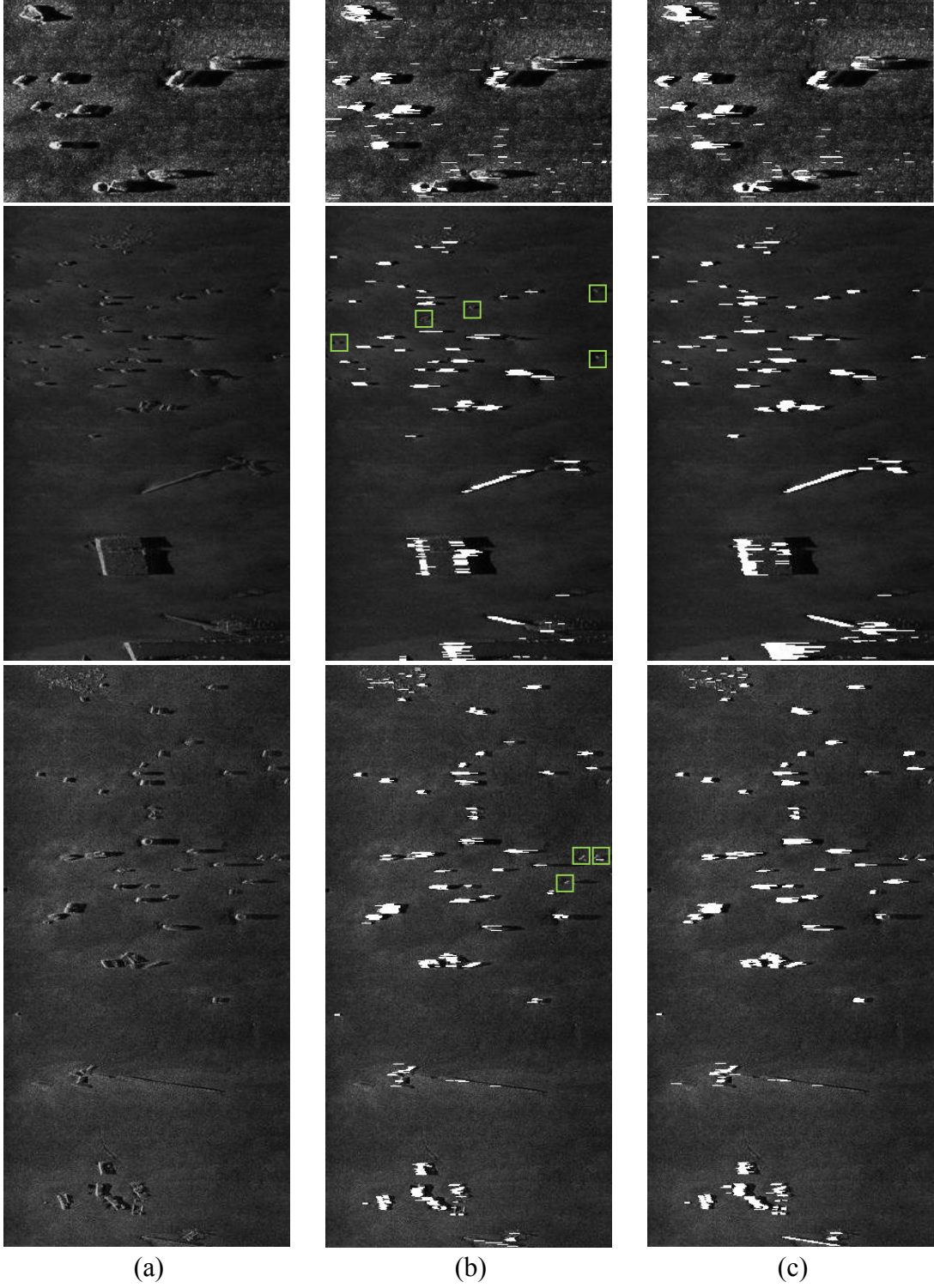


Şekil 2.30. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen sonuçlar

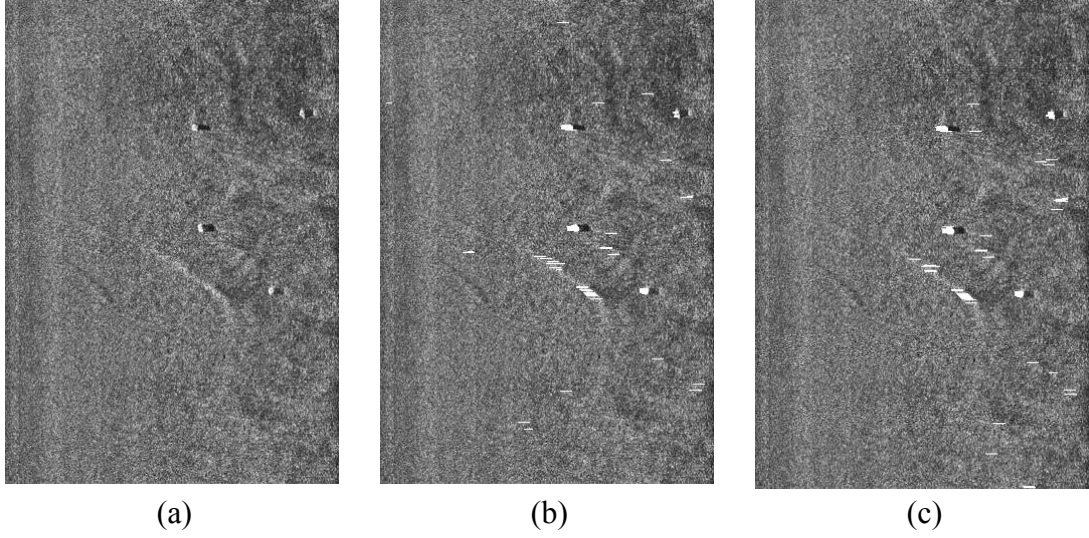


Şekil 2.30. (Devam) (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen sonuçlar

NOKEKK kullanarak DET gerçekleştirildiğinde daha hassas sonuçlar elde edilmektedir. Yanlış alarm sayısı azalmaktadır. Şekil 2.31’de NOKEKK ve NOKEKK yerine standart en küçük kareler kullanıldığında hedef tespiti sonuçları gösterilmektedir. Sonuçlardan görülmektedirki NOKEKK kullanıldığında hedef kaçırılmamakta ve yanlış alarm sayısı daha az olmaktadır. NOKEKK yerine standart en küçük kareler kullanıldığında kaçırılan hedefler bulunmaktadır ve kaçırılan hedefler şekil üzerinde yeşil ile gösterilmiştir. Bu sebeple standart en küçük kareler yöntemi yerine hedefi daha iyi temsil etmesi sebebiyle NOKEKK kullanmak daha iyi sonuç vermektedir.



Şekil 2.31. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) standart en küçük kareler yöntemi ile DET sonrası tespit sonuçları, (c) NOKEKK kullanılarak DET sonrası tespit sonuçları



Şekil 2.31. (Devam) (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) standart en küçük kareler yöntemi ile DET sonrası tespit sonuçları, (c) NOKEKK kullanılarak DET sonrası tespit sonuçları

2.2.6. Seyreklik ayırıştırma ve uyarlamalı sinirsel bulanık mantık çıkartım sistemi ile nesne/hedef tespiti

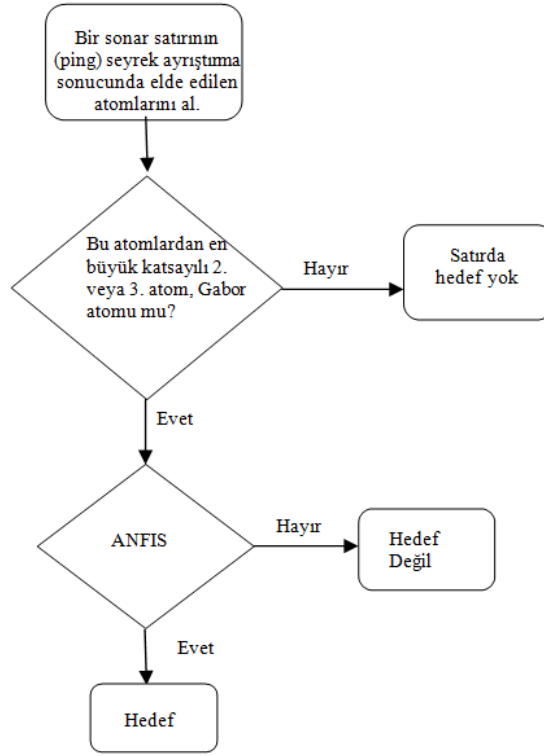
Bu tez kapsamında yandan taramalı sonar imgelerinde geçen bölümde önerilen seyreklik ayırıştırma ile hedef tespiti yöntemine kıyasla daha düşük yanlış alarm veren bir sistem elde etmek için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla seyreklik gösteriminden sonra karar aşaması için Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkartım Sistemi (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System-ANFIS) kullanılması önerilmiştir.

2.2.6.1. Önerilen yöntem

Bu tezde, sualtı nesne tespiti için seyreklik ayırıştırma yöntemi ile birlikte uyarlamalı sinirsel bulanık çıkartım sisteminin kullanılması önerilmektedir. Her satır, seyreklik ayırıştırma ile atomlarına ayırıştırılır ve elde edilen atomlardan nesneye karşılık gelen Gabor atomları mevcutsa, uyarlamalı sinirsel bulanık çıkartım sistemi yardımı ile nesne tespiti yapılmaktadır. Şekil 2.32’de önerilen sistemin blok şeması gösterilmektedir.

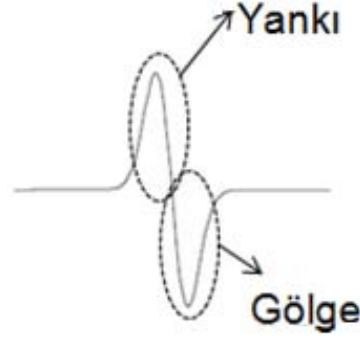
Seyreklik ayırıştırma ile veriyi karakterize edecek en önemli özellikler sıra ile elde edileceği için nesne olan satırlarda Gabor atomları öncelikli çıkıp yüksek katsayı değerine sahip olacak ve bu özellik nesne tespiti yapılabilmesi için büyük avantaj sağlayacaktır. Yalnız bu varsayım tek başına yeterli olmamaktadır. Bu sebeple

bulunan Gabor atomunun hedef olup olmadığına sadece katsayı değerine bakmaktansa uyarlamalı sinirsel bulanık çıkartım sistemi kullanarak tespit yapılması değerlendirilmiştir. Böylece daha kesin tespit sonuçları elde edilebilmektedir.



Şekil 2.32. Seyreklik gösterimi ve ANFIS ile nesne tespiti

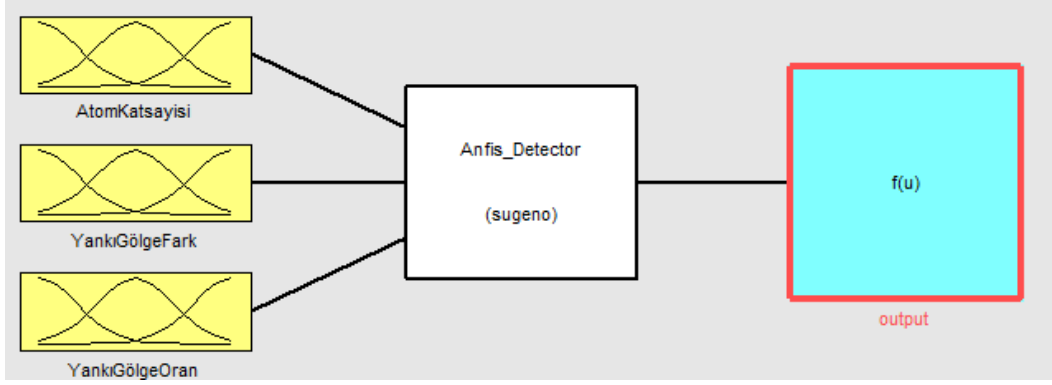
Verilen giriş/çıkış verilerine dayanan bir bulanık çıkarım sistemi (kurallar, bulanık küme üyelik fonksiyonları) yaratılmasındaki yaklaşım, kendi kendine öğrenme özelliği olan yapay sinir ağları kullanmaktır. ANFIS Takagi-Sugeno modeline dayalı bir bulanık çıkarım sistemidir. ANFIS öncelikle [71] Jang tarafından önerilmiştir. Jang nöro-bulanık teknikleri kullanmaktadır. Nöro-bulanık sistemler, bulanık kümeler ve veri işleme örnekleri tarafından uygun üyelik fonksiyonları ile bulanık kurallar gibi özellikleri belirlemek için yapay sinir ağları teorisi kullanan bulanık sistemlerdir. ANFIS, en küçük kareler ve öğrenme için geri yayılım yönteminin bir arada olduğu bir hibrit öğrenme algoritması kullanır. Bu öğrenme modeli kararsız yapıya sahip sistemler için uygundur. ANFIS bulanık mantık ve yapay sinir ağlarına göre daha etkilidir. Çünkü bulanık modelleme yapabilmek için üyelik gibi sistem davranışlarını veri seti hakkında bilgi öğrenerek yapar ve verilen giriş/çıkış verileri için en uygun çözümleri üretir.



Şekil 2.33. Bulunan Gabor atomu için temsili yankı gölge gösterimi

Bu çalışmada, bulanık mantık sistemi seçilen Gabor atomunun bir nesne olup olmadığına karar vermek için kullanılmaktadır. Tasarlanan bulanık mantık sistemi 3 giriş ve 1 çıkışı olan bir sistemdir. Tasarlanmış bulanık mantık sisteminin giriş değişkenleri, elde edilen Gabor atomlarının katsayısı, bulunan Gabor atomunun işarette pozitif kısmının yankıya negatif kısmının gölge bölgesine denk geleceğini farz edersek yankı ortalaması ve gölge ortalamasının farkı ve yankı ortalaması ve gölge ortalamasının oranıdır. Elde edilen Gabor atomun katsayısı bir nesne olup olmadığına karar verirken önemli bir özelliktir. Ama kendi başına yeterli olamayabilmektedir. Bu yüzden doğru karar vermek için Gabor atomunun diğer özellikleri de hesaba katılmış olmaktadır. Şekil 2.33’de bulunan Gabor atomu için temsili yankı ve gölge bölgeleri gösterilmektedir.

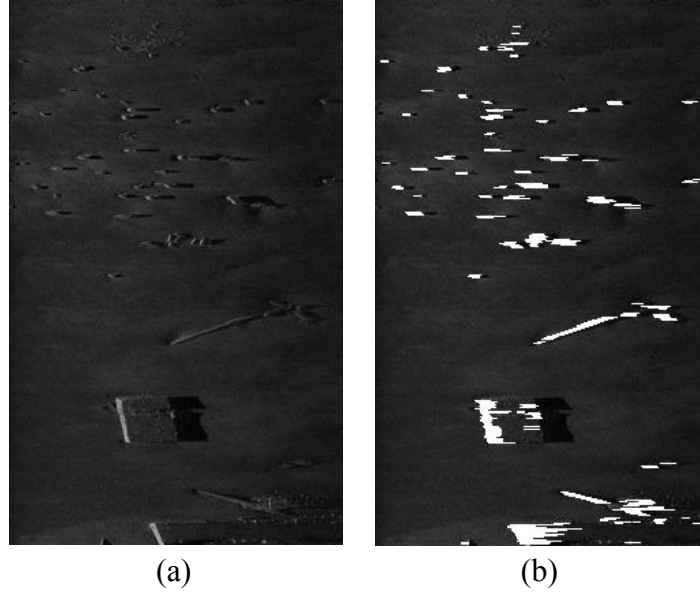
Bulanık sistem tasarımı, üyelik fonksiyonları seçimi ve kural tabanı belirlemesi en uygun sistem performansı için önemlidir. Bu nedenle, ANFIS, en uygun bulanık mantık sistem parametrelerini (kurallar, bulanık küme üyelik fonksiyonları) kestirmek için kullanılmaktadır. Kullanılan üyelik fonksiyonları yamuk üyelik fonksiyonlarıdır. Girişler için düşük, orta ve yüksek üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Çıkış doğrusal bir üyelik fonksiyonuna sahiptir. Önerilen ANFIS mimarisinin yüksek düzeyde blok şeması Şekil 2.34’de gösterilmektedir.



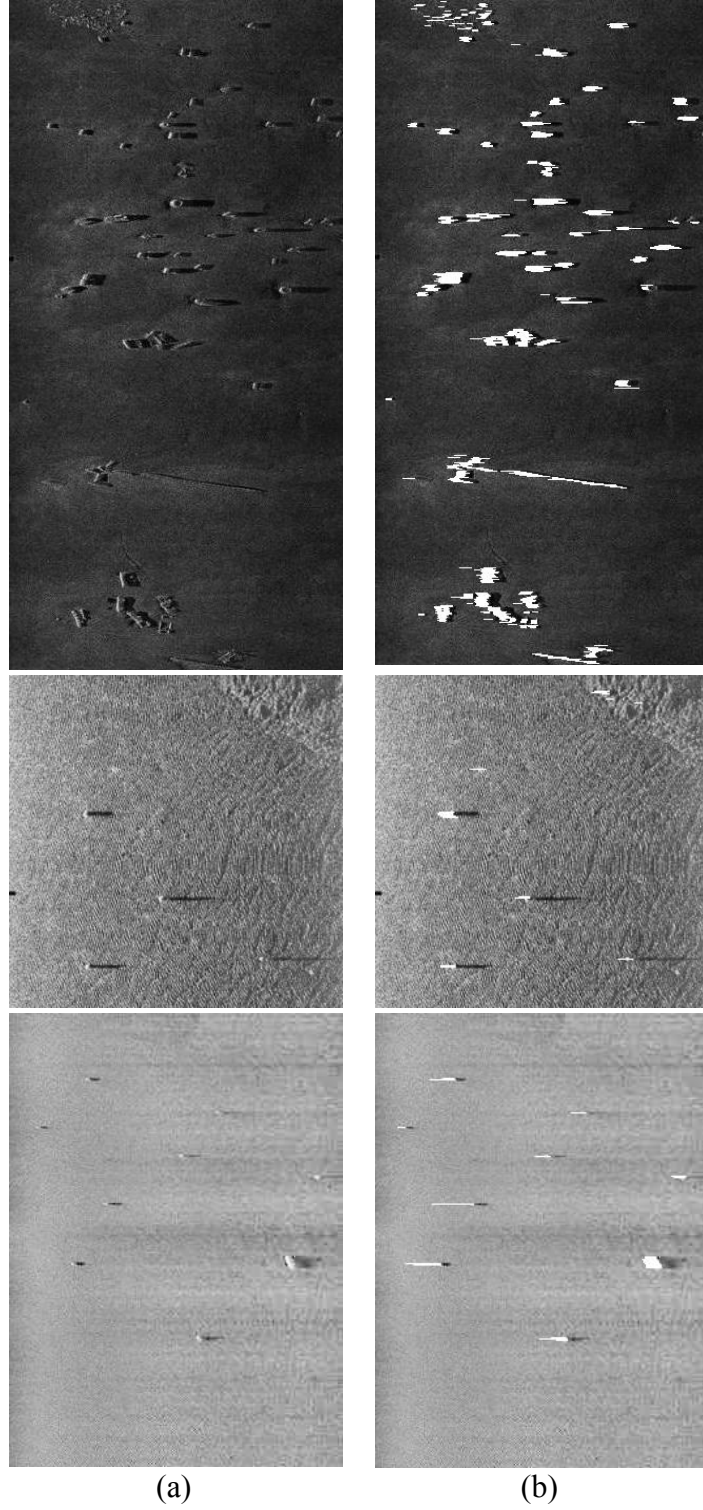
Şekil 2.34. ANFIS mimarisinin yüksek düzeyde blok şeması

2.2.6.2. Deneysel sonuçlar

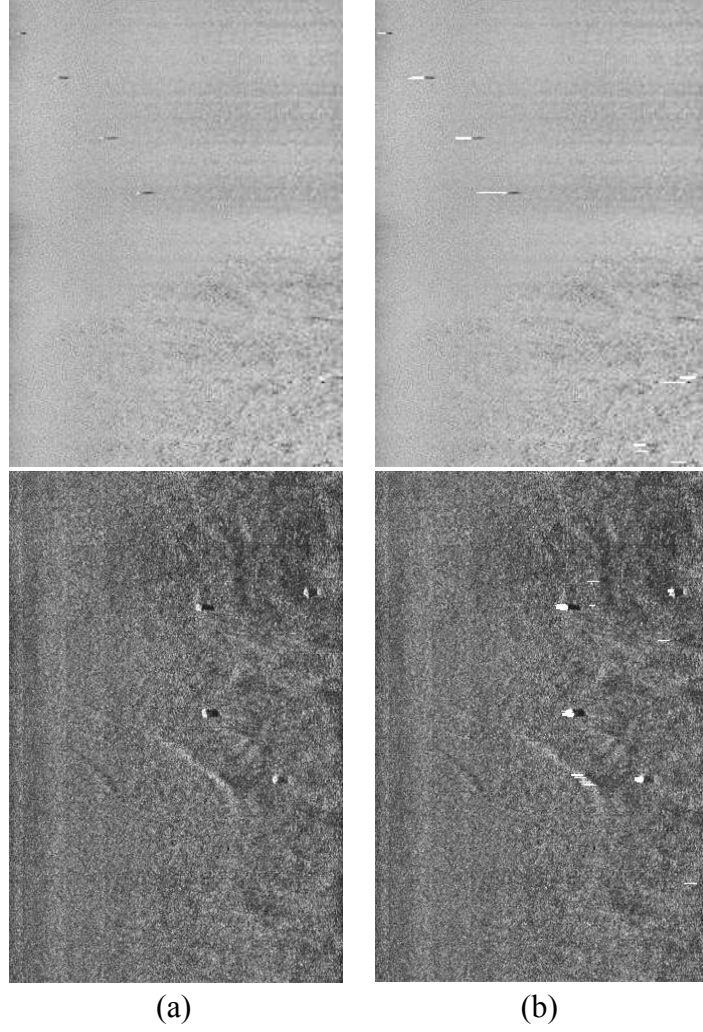
Yöntemin başarımını test etmek için önerilen yöntem birçok sonar imgesine uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 2.35’de örnek sonar imgeleri ve tespit sonuçları gösterilmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi tespit doğruluğu yüksektir ve yanlış alarm sayısı ise oldukça düşüktür.



Şekil 2.35. (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar



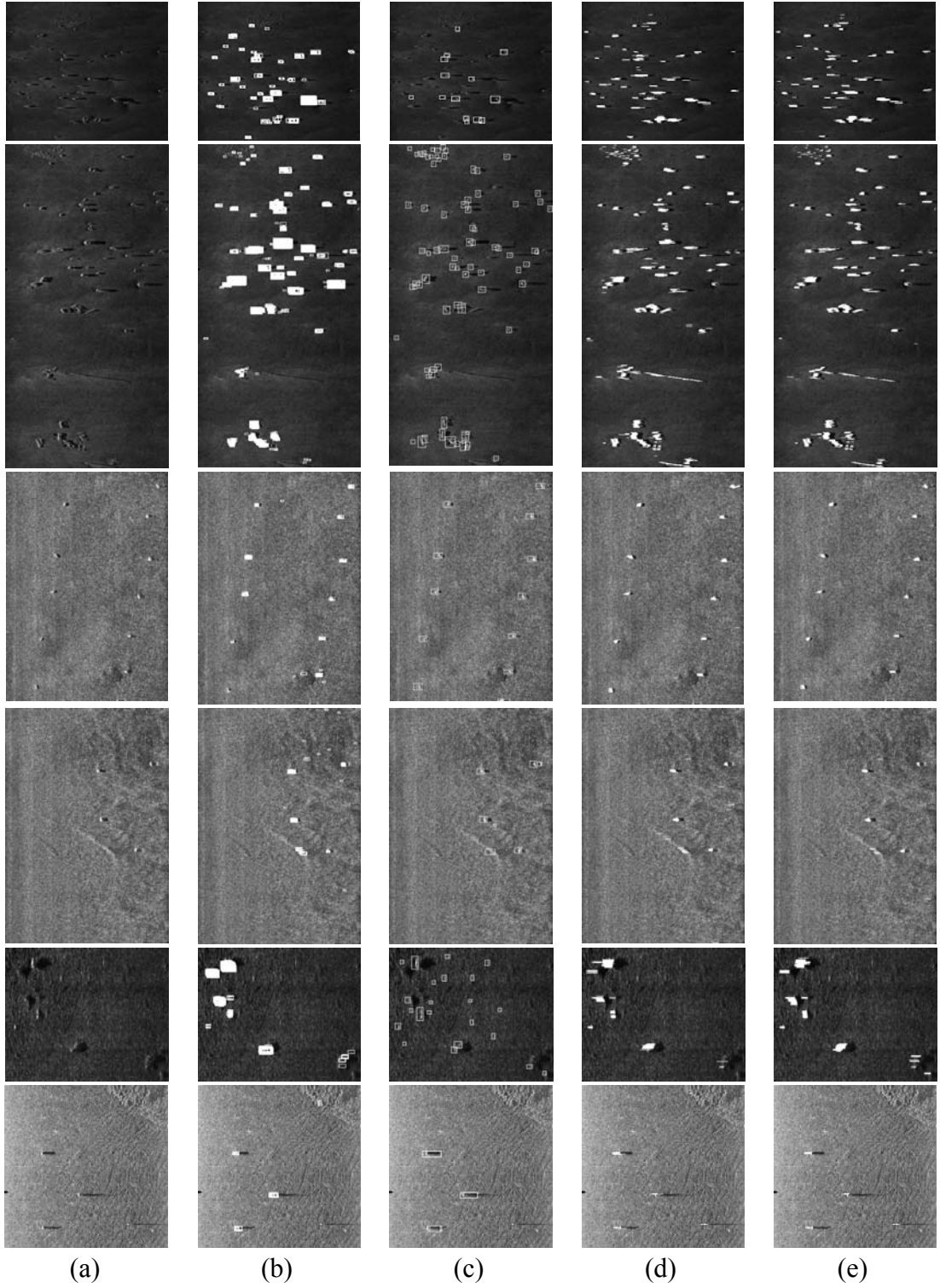
Şekil 2.35. (Devam) (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulanıldıktan sonra elde edilen sonuçlar



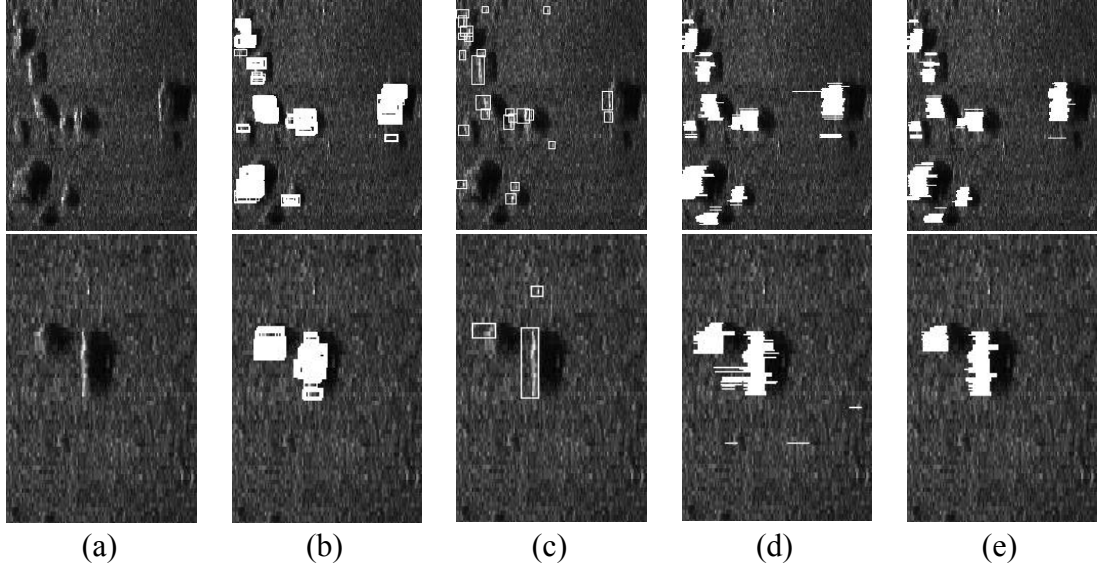
Şekil 2.35. (Devam) (a) Orijinal sonar imgeleri, (b) önerilen yöntem uygulanıldıktan sonra elde edilen sonuçlar

2.2.7. Yöntemlerin karşılaştırılması

Yöntemlerin performanslarını değerlendirmek için, Viola-Jones'a dayanan yöntem, MRA tabanlı tespit yöntemi, sadece seyreklik ayrıştırma uygulayarak tespit yöntemi ile seyreklik ayrıştırma ile ANFIS'in birleştirilmesi ile oluşan yöntem sonar imgelerine uygulanarak tespit sonuçları karşılaştırıldı. Şekil 2.36 farklı yandan taramalı sonar görüntüleri için bu yaklaşımların algılama sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 2.36. (a) Orijinal yandan taramalı sonar imgeleri (sırasıyla imge1, imge2, imge3, imge4, imge5, imge6, imge7 ve imge8), (b) Viola-Jones ile tespit sonucu, (c) MRA ile tespit sonucu, (d) seyreklik ayırıştırma kullanılarak elde edilen tespit sonucu, (e) ANFIS ve seyreklik ayırıştırma kullanılarak elde edilen tespit sonucu

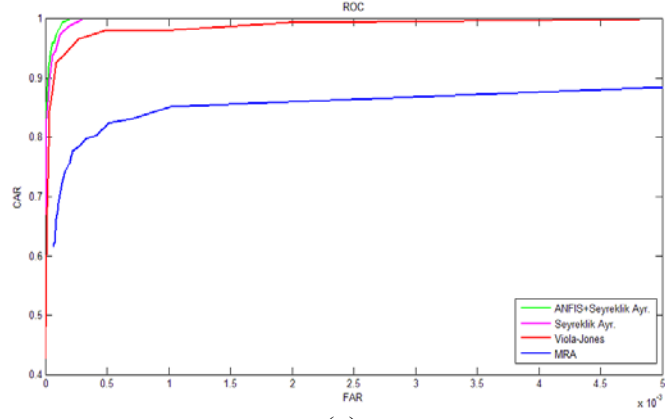


Şekil 2.36. (Devam) (a) Orijinal yandan taramalı sonar imgeleri (sırasıyla imge1, imge2, imge3, imge4, imge5, imge6, imge7 ve imge8), (b) Viola-Jones ile tespit sonucu, (c) MRA ile tespit sonucu, (d) seyreklik ayrıştırma kullanılarak elde edilen tespit sonucu, (e) ANFIS ve seyreklik ayrıştırma kullanılarak elde edilen tespit sonucu

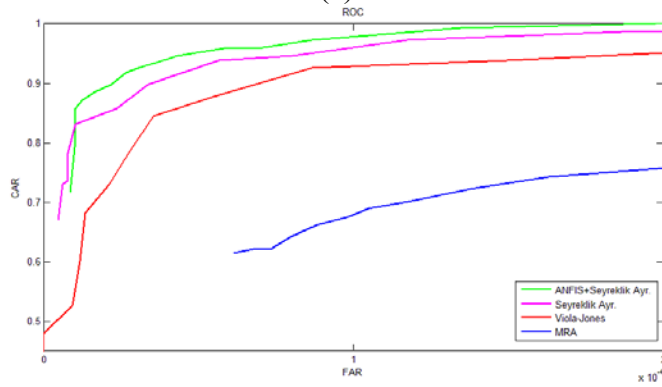
Şekil 2.36 farklı yandan taramalı sonar görüntüleri için bu yaklaşımların algılama sonuçlarını göstermektedir. Deneysel sonuçlar, son önerilen yöntem olan ANFIS ile seyreklik ayrıştırma yönteminin sonuçlarının, diğer tespit yöntemlerine göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Bu yöntem ile yüksek tespit başarımı ve düşük yanlış alarm sayısı elde edilmektedir. Bu yöntemin, herhangi bir hedef kaçırmadığı görülmektedir. Sadece seyrek ayrıştırma kullanılması ile hedef tespiti yapan yöntemin sonuçları da başarılıdır. Ama performans, seçilen eşik ile değişmektedir. En uygun eşik düşük yanlış alarm için belirlenmektedir. Viola-Jones ile tespit yöntemi de göreceli başarılı sonuçlar vermektedir. Ama bu yöntemin en büyük dezavantajı, eğitim için büyük veritabanına ihtiyaç duyması ve uzun işlem süresi istemesidir. MRA tabanlı algılama yönteminde ise kaçırılan hedefler bulunmaktadır. Çünkü bu yöntemde BE kısmı arka planı karanlık olan görüntüler üzerinde etkin kümeleme yapamamaktadır. Ayrıca, MRA tabanlı algılama literatürde yaygın kullanılan yöntemlerden biri olmasına rağmen bu yaklaşım, hesaplama süresi açısından oldukça çok zaman gerektirmektedir.

Tespit yöntemlerinin performansını karşılaştırmak için tüm tespit yöntemlerinin Alıcı İşletim Karakteristikleri (Receiver Operating Characteristics-ROC) oluşturulmuştur. ROC eğrisi, Doğru Kabul Oranını (Correct Accept Rate - CAR) Yanlış Alarm

Oranına (False Alarm Rate-FAR) karşılık gösteren bir çizimdir. CAR doğru tespit edilen hedeflerin toplam hedef sayısına oranıdır. FAR ise yanlış algılanan hedeflerin toplam hedef sayısına oranıdır. ROC eğrisi, belirli bir algılama yönteminin ne kadar etkili ya da başarılı olduğunu anlatmak için kullanılan bir yöntemdir.



(a)



(b)

Şekil 2.37. (a) Farklı tespit algoritmalarının ROC eğrileri, (b) küçük bir kesit

Kullanılan tüm algılama yöntemleri için ROC eğrileri oluşturulmuştur. Test veri seti farklı özelliklerdeki arka plan ve farklı tip nesnelere oluşan 15 görüntüden oluşmaktadır. Şekil 2.37, dört yöntem için oluşturulan ROC eğrilerini göstermektedir. Yanlış alarm ve doğru tespit sayısı her eşik değeri için hesaplanmıştır. Sonuçlar, diğer algılama yöntemleri ile karşılaştırıldığında önerilen seyrek ayrıştırma temelli yöntemlerin düşük yanlış tespit oranı için yüksek doğruluk oranı vererek daha iyi performans sağladığını göstermektedir. Bu iki seyreklik ayrıştırma temelli yöntemden ise özellikle ANFIS kullanılan yöntem daha başarılıdır.

Seyreklik ayrıştırma temelli önerilen yöntemlerin hesapsal yükü diğer yöntemlere kıyasla çok düşüktür, bu sebeple de bu yöntemlerin gerçek zamanlı hedef tespitinde uygulanabilir olması bu yöntemler için büyük avantajdır. Algılama yöntemlerinin hesaplama sürelerini karşılaştırmak için, algoritmalar Intel Core i7 işlemci 2,93 GHz PC Matlab yazılım ortamında koşturulmuş ve işlem süreleri Tablo 2.1’de sunulmaktadır. İşlem süreleri, tüm görüntünün işlenmesi için verilmiştir. Önerilen yöntemlerin MRA ve Viola-Jones temelli tespit yöntemlerine göre daha düşük hesaplama zamanı verdiği tablodan görülmektedir. Ancak, önerilen ANFIS ve seyreklik ayrıştırma temelli yöntem sadece seyrek ayrışma uygulanarak tespit yöntemine göre biraz daha fazla işlem yüküne sahiptir. Ama bu yöntemin ROC eğrisine bakıldığında daha iyi sonuç verdiği görüldüğü için işlem yükündeki bu farkın ihmal edilebileceği düşünülmektedir.

Tablo 2.1. Uygulanan tespit yöntemlerinin işlem süresi

	Viola-Jones	MRA	Seyreklik Ayrıştırma	ANFIS+Seyreklik Ayrıştırma
imge1	38 saniye	41 saniye	10 saniye	15 saniye
imge2	82 saniye	88 saniye	25 saniye	30 saniye
imge3	66 saniye	162 saniye	18 saniye	21 saniye
imge4	65 saniye	149 saniye	19 saniye	23 saniye
imge5	29 saniye	45 saniye	10 saniye	13 saniye
imge6	20 saniye	25 saniye	6 saniye	8 saniye
imge7	10 saniye	10 saniye	5. saniye	7 saniye
imge8	35 saniye	39 saniye	13 saniye	17saniye

2.3. Sonuç

Bu bölümde yandan taramalı sonar imgelerinde hedef/nesne tespiti amaçlı önerilen yöntemler anlatılmıştır. Deniz dibindeki büyük batıkların tespiti amaçlı AKA yöntemi kullanılarak özgün bir tespit yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemde sonar imgeleri AKA yöntemi ile içkin kip fonksiyonlarına (İKF) ayrıştırılmış ardından 1. İKF, ile 1. ve 2. İKF'nin toplamı sonucunda oluşan verilere morfolojik işlemler uygulanmış ve sonuçlar tek bir imgede birleştirilerek ile hedef tespiti yapılmıştır.

Sonuçlarda önerilen yöntemin sadece morfolojik işlem ile bölütleme yapılmasına göre daha başarılı bir sonuç verdiği gösterilmiştir.

Bu bölümde önerilen diğer bir yaklaşım mayın gibi küçük nesnelere tespiti için ön-işlem olarak imgelere aydınlık dengelemesi yapılarak MRA uygulanmasıdır. Bu amaçla ayırık kosinüs dönüşümüne dayalı aydınlık dengelemesi kullanılmıştır. Bu sayede mayın benzeri nesnelere tespitinde sadece MRA ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir.

Yandan taramalı sonar imgelerinde hedef/nesne tespiti için geliştirilen son yaklaşımlar ise seyreklik ayrıştırma temellidir. Bu amaçla iki yöntem önerilmiştir. İlk yöntem her bir yandan taramalı sonar satırını atomlarına ayrıştırmakta ve atomların katsayı değerine göre hedef var/yok kararı vermektedir. İkinci yaklaşım ise ilk geliştirilen yöntemin doğruluğunu arttırmak için seyreklik ayrıştırmaya dayalı bir ANFIS hedef detektörü kullanılmasını önermektedir.

3. SUALTI GÖRÜNTÜLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

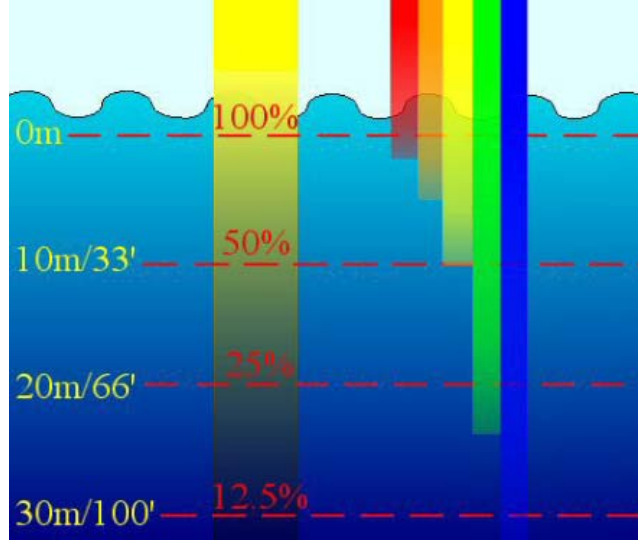
Sualtı robotları kısa mesafelerde görüntü alabilmek için optik sensörler ile donatılmaktadır. Ancak optik sensör ile alınan görüntülerde en büyük dezavantaj sınırlı görünürlüktür. Görünürlük temiz sularda yirmi metre, bulanık ve kirli sularda ise birkaç metre kadardır [72].

Işık, su içinde ilerlerken üstel olarak zayıflamaktadır. Bu sebepten sualtında yakalanan görüntülerin kalitesi oldukça düşüktür ve görüntüler düşük karışıklığa sahiptir. Bu nedenle bu görüntülerin görünürlüğünü arttırmak için görüntü iyileştirme yöntemleri uygulamak gerekmektedir. Sualtı görüntülerinde bozulmaların en önemli nedeni emilim (ışık kaybolur) ve saçılma (ışık yön değiştirir) gibi ışığın suda iletim özelliklerinden kaynaklanmaktadır. İleri saçılım genel görüntü üzerinde bulanıklık etkilerini artırırken geri saçılım ise görüntüde genel görünürlük ve karışıklığı etkilemektedir.

Sualtı görüntülerinde ikinci önemli sorun derinlik ile ilgilidir. Işık miktarı derinlik arttıkça azalmaktadır. Renkler ise dalga boyuna bağlı olarak zayıflama farklılıkları göstermektedir. Sualtı optik yapısı nedeniyle, kırmızı renk yaklaşık 3 m'de, turuncu renk biraz daha derinde, sarı renk yaklaşık 10 m derinlikte ve yeşil renk biraz daha fazla derinlikte kaybolur. Mavi renk en kısa dalga boyuna sahip olmasından dolayı su içinde en çok ilerler. Yaklaşık 25 m derinlikte sadece mavi renk kalır. Böylece görüntü tipik olarak mavimsi olarak görünür [73]. Şekil 3.1'de renklerin sualtında ne kadar ilerleyebildiği gösterilmektedir.

Diğer bir sorun ise derin sularda asılı duran kar tanelerine benzeyen deniz karıdır. Deniz karı görüntüde parlak etkiler yaratır. Bu sebepten de görüntü kalitesini bozar. Sonuç olarak, sualtı görüntüleri sınırlı görünürlük, düzgün olmayan aydınlatma, düşük karışıklık, eksilmiş renkler ve bulanık görüntü etkilerine sahiptir. Bu etkilerin bazıları dış aydınlatma kullanıldığında bile görülmektedir. Görüntü kalitesini

artırmak, zayıflama etkilerini telafi etmek, karışıklık geliştirmek, renk ayarı yapmak, gürültü ve bulanıklığı bastırmak için literatürde sualtı görüntülerine iyileştirme tekniklerinin uygulanması önerilmiştir.



Şekil 3.1. Sualtında renklerin görünmesi

3.1. Geçmiş Çalışmalara Genel Bakış

Literatürdeki çalışmalar imge restorasyonu ve imge iyileştirme yöntemleri olarak iki farklı bakış açısından irdelenmektedir [74]. İmge restorasyonu, bozulmuş bir imgeyi bozulma modeli kullanarak iyileştirmeyi amaçlar; ve temelde bir tersleme problemdir. Bu yöntemler kesindir, ama suyun bulanıklığını karakterize eden ve aşırı derecede değişken olabilen zayıflama ve yayılma katsayıları gibi birçok model parametresine gereksinim duyarlar. Oysa imge iyileştirme, görsel olarak daha tatmin edici imge oluşturmak üzere öznel ölçütleri kullanır ve imge oluşturma için herhangi bir fiziksel modele dayanmaz. Bu çeşit yaklaşımlar, genellikle daha basit ve hızlıdır. Bu sebeple son zamanlarda araştırmacılar, imge iyileştirme yöntemlerini kullanarak sualtı imgeleri için iyileştirme teknikleri geliştirmişlerdir. Bu bölümde literatürde sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi için kullanılan yöntemler kısaca anlatılmaktadır.

[75, 76]'da, sualtı imgelerinin işlenmesi için bir ön-işlem algoritması önermektedir. Bu algoritma, sualtı sorunlarını azaltmakta ve imge kalitesini iyileştirmektedir. Algoritma otomatiktir ve parametre ayarı gerektirmemektedir. Önerilen yöntem birbiriyle (uniform) olmayan aydınlatma farklılıkları kaldırmak için homomorfik süzgeçleme, gürültü giderimi için dalgacık gürültü giderimi, kenarları iyileştirmek

için anisotropik süzgeçleme, renkleri düzeltmek ve dengelemek için bir algoritma gibi çok farklı işlemlerin birleşiminden oluşmaktadır.

[78]'deki çalışma; Rizzi [77] tarafından geliştirilen denetimsiz renk düzeltme algoritması olan Otomatik Renk Eşitleme (Automatic Color Equalization-ACE) modelini temel alan bir renk düzeltme yöntemini önermiştir. Otomatik renk eşitleme, insan görsel sisteminin özellikle canlılık ve renk sabitliği gibi bazı uyarlama mekanizmalarından esinlenmiş algısal bir yaklaşımdır. Otomatik renk eşitleme, suyun derinliği ve yapay ışıklandırmadan dolayı güçlü ve düzensiz renk tonlarına sahip su ortamında çekilmiş videolara uygulanmıştır.

Iqbal ve diğerleri [79]'da, tümleştirilmiş bir renk modeli kullanarak bir sualtı imge iyileştirme yöntemi sunmaktadır. Bu çalışmada kaydırma yaymaya (slide stretching) dayanan bir yaklaşım önerilmektedir. Önce imgelerdeki renk karşıtlığını dengelemek için RGB uzayında karşıtlık yayma yapıldıktan sonra ışıklandırma sorununu çözmek ve gerçek renkleri arttırmak için HSI uzayında doyum ve ışıklılık kanallarına doğrusal yayma uygulanmaktadır. İmgedeki mavi renk bileşeni, soluk maviden koyu maviye kadar olan alanı oluşturmak üzere ışıklılık ve doyum kanalları tarafından kontrol edilmektedir. Bu yüzden karşıtlık oranı, mavi renk bileşeninin değerinin azaltılması veya artırılması yoluyla kontrol edilmektedir.

Arnold-Bos ve diğerleri [80]'deki çalışmada, sualtı imgelerini iyileştirmek için bir ön-işleme sunmaktadır. Bu çalışmada sualtı imgelerinde bulunan bütün gürültülerin ters evrişim ve iyileştirme yöntemlerinin bir kombinasyonu olarak gösterilmesi araştırılmaktadır. Çalışmada önce geri saçılım, zayıflama ve ışıklandırma eşitsizliklerini geri çevirmek için bir karşıtlık eşitleme sistemi önerilmektedirler. Bu sebepten geri saçılımdan kaynaklanan düzensiz ışıklandırmayla başa çıkmada yerel karşıtlık eşitleme yöntemini ilk adım olarak uygulamaktadır. Ardından uyarlamalı yumuşatma yöntemlerinin eklenmesi ile sensör gürültüsü, kararsız parçacıklar ve çeşitli nicelleştirme hatalarına karşılık gelen gürültü bastırılmaktadır.

Renk geri kazanımı farklı bir bakış açısından Torres-Mendez ve Dudek [81] tarafından da incelenmiştir. Bu çalışmada öğrenilmiş kısıtlar kullanılarak enerji en aza indirgenecek şekilde formüle edilmektedir. Yaklaşımın temelini oluşturan fikir, bir imgenin Markov Rassal Alanlar olarak modellenemesidir. Renk düzeltme,

yapıyı en iyi şekilde tanımlayan eğitim için imge parçalarını kullanarak giriş imgesinin her pikseline bir renk değeri atama görevi olarak düşünülmüştür.

Ahlen ve diğerleri [82], renk düzeltimi için sualtı hiperspektral veri kullanmaktadırlar. Bu çalışmada derinlikle değişimi mümkün olduğunca durağan olan zayıflama katsayı değerlerini hesaplamada kullanılan dalga boyları için bir değer aralığı veren matematiksel bir modeli geliştirilmektedir. Asıl amaçları ise mercan kayalıklarını ve deniz habitatlarını görüntülemektir.

Son zamanlarda yapılan yeni bir çalışma ise Chiang tarafından [83]'de gösterilen sualtı görüntülerinde pus etkisini kaldırmak ve daha iyi renk doğruluğu elde etmek için yeni bir görüntü iyileştirme yöntemidir. Bu yaklaşım pus (haze) kaldırma ve renk değişimi sonucu bozulmaları düzeltmek için dalga boyu dengelemesi yapan yöntemlerin birleştirilmesinden oluşmaktadır. Pus kaldırma için literatürde sisli görüntülere uygulanmış karanlık kanal [84] (dark channel prior) yöntemini sualtı görüntülerine uygulamışlar ardından oluşturulan derinlik haritasına göre renklerin zayıflama miktarına göre bir renk düzeltme yöntemi kullanmışlardır.

3.2. AKA Temelli Geliştirilen Sualtı Görüntülerinin İyileştirilmesi Yöntemleri

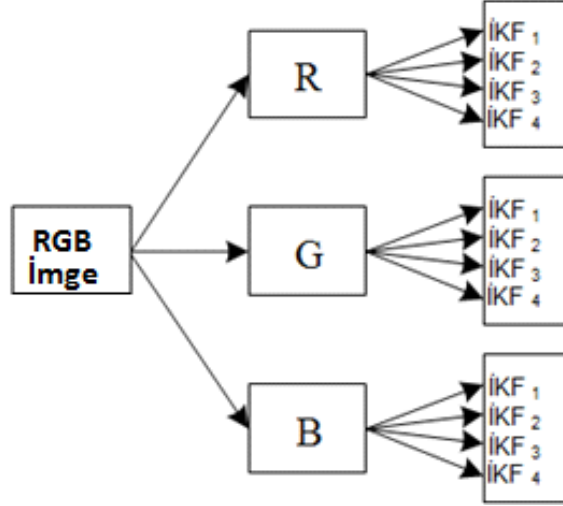
Bu tez kapsamında sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi için Ampirik Kip Ayrışımı (AKA) yaklaşımına dayalı iki farklı iyileştirme yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımlarda, öncelikle, 2-B AKA renkli sualtı görüntülerinin her bir renk kanalına uygulanmış ve i) üst seviyedeki İKF'ler önceden belirlenmiş ağırlıklar ile çarpılıp toplanarak yeni görüntü elde edilmiştir, ii) üst seviyedeki İKF'ler birleştirilirken genetik algoritma kullanılarak en uygun ağırlık seti bulunmuş ve iyileştirilmiş görüntüyü oluşturmak için İKF'ler bu ağırlıklara göre toplanmıştır.

3.2.1. AKA temelli iyileştirme

Bu yaklaşımda İKF'ler sabit ağırlıklar ile çarpılarak toplanmakta ve iyileştirilmiş görüntü elde edilir. AKA yöntemi bölüm 2.2.1.1'de detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sualtı görüntüleri [75]'deki çalışmanın yazarından sağlanılmıştır.

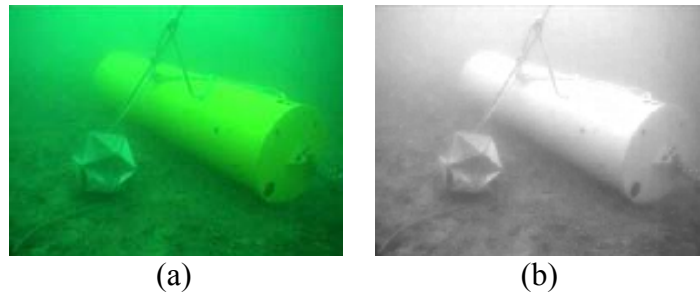
3.2.1.1. Önerilen yöntem

Önerilen yöntemde sualtı görüntüsünün üç renk kanalına ayrı ayrı AKA uygulanarak her bir renk kanalı için İKF'ler elde edilir. Şekil 3.2'de renkli bir sualtı görüntüsünün her bir renk kanalına ayrı ayrı AKA uygulanıp İKF'lerine ayrıştırılma işlemi gösterilmektedir.

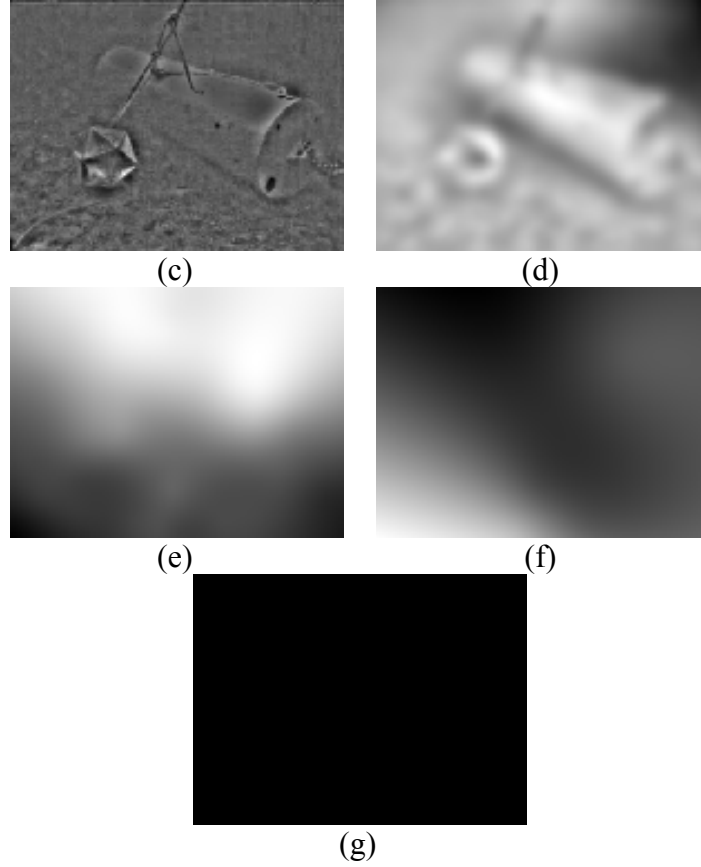


Şekil 3.2. R, G, B kanallarına ayrı ayrı AKA uygulanılması

Şekil 3.3'de bir sualtı görüntüsünün yeşil renk kanalına AKA uygulanması sonucu elde edilen İKF'ler ve artıklık işareti gösterilmektedir. Birinci İKF en yüksek frekans bileşenlerini içermektedir ve her bir İKF farklı uzamsal konumlarda olmak üzere alçak frekans ve yüksek frekans bileşenlerini içermektedir.



Şekil 3.3. Örnek bir sualtı görüntüsüne 2B-AKA uygulaması (a) orijinal imge, (b) yeşil renk kanalı, (c)1. İKF, (d) 2. İKF, (e) 3. İKF, (f) 4. İKF, (g) kalan işareti

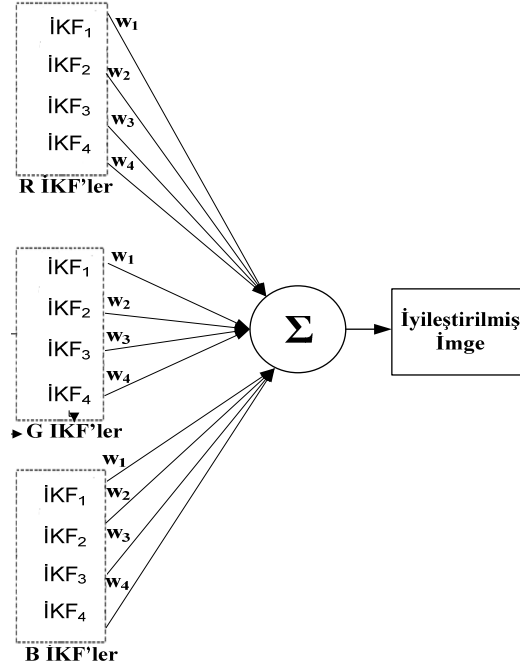


Şekil 3.3. (Devam) Örnek bir sualtı görüntüsüne 2B-AKA uygulaması (a) orijinal imge, (b) yeşil renk kanalı, (c) 1. İKF, (d) 2. İKF, (e) 3. İKF, (f) 4. İKF, (g) kalan işareti

Önerilen yöntemde iyileştirilmiş bir görüntü elde etmek amacıyla, İKF'ler farklı ağırlıklar kullanarak geri toplanmaktadır. İyileştirme yaklaşımı aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

$$I_{AKA}(x, y) = \sum_{t=1}^T [w_t \times \dot{IKF}_t^R + w_t \times \dot{IKF}_t^G + w_t \times \dot{IKF}_t^B] \quad (3.1)$$

Burada $I_{AKA}(x, y)$ AKA uygulanıp geriçatılan yani iyileştirme sonucundaki imgeyi, t İKF indeksini, w_t ise t . İKF'nin ağırlığını göstermektedir. \dot{IKF}_t^R , \dot{IKF}_t^G ve \dot{IKF}_t^B sırasıyla t . kırmızı renk kanalını, t . yeşil renk kanalını ve t . mavi renk kanalını göstermektedir. Bu işlem Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



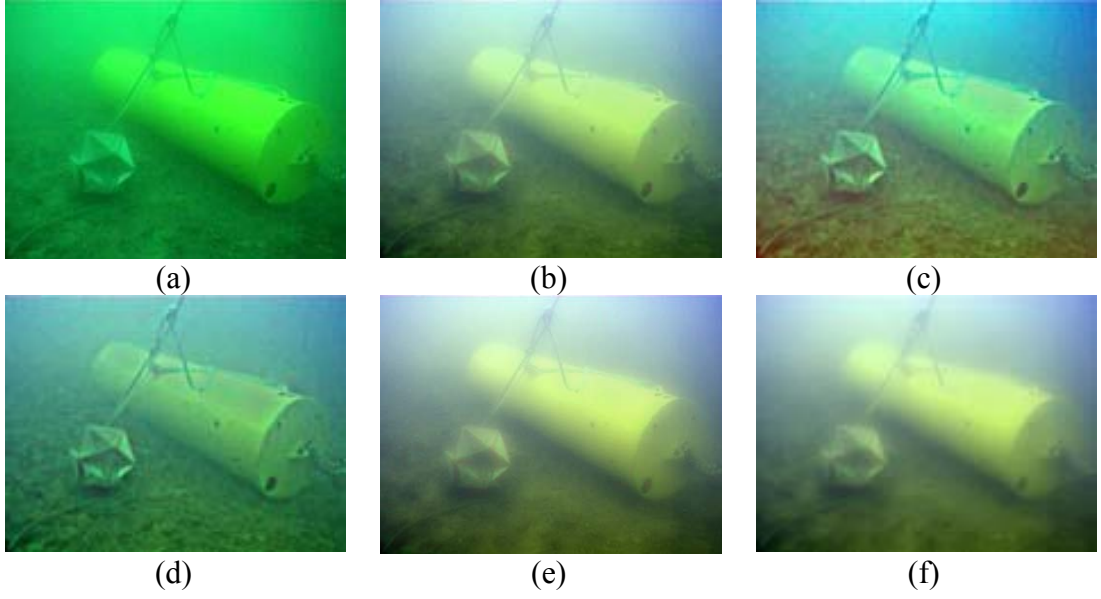
Şekil 3.4. Önerilen sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi yöntemi

3.2.1.2. Deneysel sonuçlar

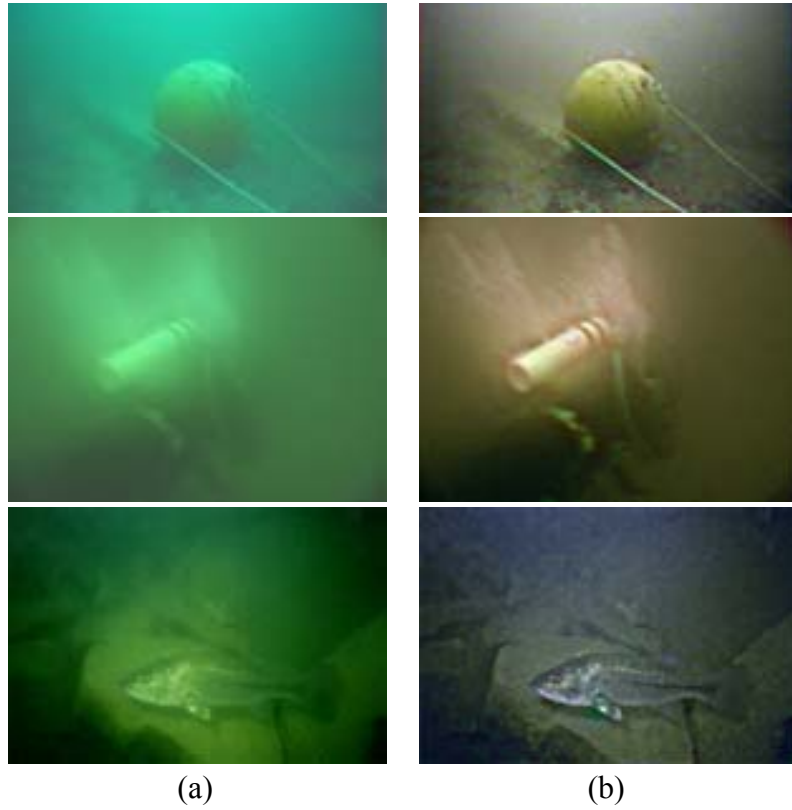
Önerilen yöntemde iyi bir ağırlık kümesinin bulunması için farklı ağırlık setleri denenerek sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 3.5’de bir örnek görüntü için farklı ağırlıklar kullanılarak elde edilen iyileştirilmiş görüntü örnekleri gösterilmektedir.

Bu çalışmada R, G ve B kanallarına AKA uygulanıldıktan sonra elde edilen her bir renk kanalı için ilk üç İKF kullanılmıştır. En iyi performansı elde etmek için, farklı ağırlık setlerinin sonuçları değerlendirilmiş ve en iyi görsel görüntü kaliteyi sağlayan ağırlık seti deneysel yol ile seçilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi birinci İKF’nin ağırlığı büyük olduğu takdirde, tipik olarak iyileştirilmiş görüntü görsel olarak daha başarılı olmaktadır. Deneysel olarak en iyi sonuç veren ağırlık seti [0,7 0,2 0,1] olarak tespit edilmiştir.

Şekil 3.6, sualtı görüntülerinde görsel karşılaştırma yapabilmek için farklı sualtı görüntüleri için önerilen yaklaşımın görsel sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlardan önerilen yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen imgelerde görünürlüğün arttığı ve nesnelerin daha belirgin biçimde ortaya çıktığı gözlenmektedir.



Şekil 3.5. (a) Orijinal sualtı görüntüsü, (b) $\dot{IKF}_1 \times 0.33 + \dot{IKF}_2 \times 0.33 + \dot{IKF}_3 \times 0.33$ (c) $\dot{IKF}_1 \times 0.5 + \dot{IKF}_2 \times 0.3 + \dot{IKF}_3 \times 0.2$, (d) $\dot{IKF}_1 \times 0.7 + \dot{IKF}_2 \times 0.2 + \dot{IKF}_3 \times 0.1$, (e) $\dot{IKF}_1 \times 0.3 + \dot{IKF}_2 \times 0.5 + \dot{IKF}_3 \times 0.2$, (f) $\dot{IKF}_1 \times 0.2 + \dot{IKF}_2 \times 0.3 + \dot{IKF}_3 \times 0.5$



Şekil 3.6. (a) Örnek sualtı görüntüleri, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen görüntüler

3.2.2. Genetik algoritma ve AKA kullanılarak sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi

Bu çalışmada bir önceki bölümde İKF'lerin sabit ağırlıklar ile çarpılarak toplanılması yerine ağırlık setinin imgeye göre adaptif bir şekilde bulunması sağlanmaktadır. Bunun için otomatik olarak en uygun ağırlık setinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada İKF'lerin ağırlıklarının en uygun bir şekilde otomatik olarak bulunması için genetik algoritma (GA) [85] kullanılmaktadır. Genetik algoritma doğal seleksiyona dayalı optimizasyon problemlerini çözmek için en iyi yollardan biri olarak bilindiği için burada tercih edilmiştir. Ayrıca bir önceki çalışmaya ek olarak bir renk düzeltme algoritması kullanılarak renk kanalları arasında denge sağlanmaktadır.

Genetik algoritma ile ağırlık setini bulmak için Eşitlik (3.2)'de gösterilen geri çatılan yani iyileştirilmiş imgenin entropisinin ve Eşitlik (3.3)'de gösterilen ortalama gradientinin toplamını maksimum yapacak en uygun ağırlık seti elde edilmektedir. Entropi bir görüntünün zenginliğini ve ortalama gradient ise görüntünün karışıklığını ölçtüğü için ve nihai görüntünün netliğini yansıttığı için bu yaklaşım seçilmiştir [88]. İyileştirilmiş imge genetik algoritma ile bulunan en uygun ağırlıkların İKF'ler ile çarpılıp toplanması ile oluşturulmaktadır.

$w \times h$ boyutlarındaki bir imgenin ortalama gradienti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$grad_{ort} = \frac{1}{w \times h} \sum_{x=1}^w \sum_{y=1}^h \sqrt{\left(\frac{\partial I_{AKA}(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial I_{AKA}(x, y)}{\partial y} \right)^2} \quad (3.2)$$

Burada $I_{AKA}(x, y)$, AKA uygulanıp geriçatılan imgedeki (x, y) pozisyonundaki piksel değerini göstermektedir.

Bir imgenin entropisi de Eşitlik (3.3)'deki gibi bulunur.

$$ent = - \sum_{l=0}^{L-1} P_l \log_2 P_l \quad (3.3)$$

L mümkün olan piksel seviyelerinin sayısını, P_l ise l . gri seviyenin imgedeki örnek olasılığını gösterir.

3.2.2.1. Genetik algoritma

Genetik algoritma kalıtım, mutasyon, çaprazlama ve doğal seleksiyona dayanan sezgisel bir optimizasyon yöntemidir. GA, ilk olarak John Holland ve Michigan üniversitesindeki meslektaşları tarafından ortaya atılmıştır [86]. GA, temelde Darwin'in "en iyi olan yaşar (survival of the fittest)" prensibine dayalı olarak bir popülasyonda bireylerin rekabetini ve bu rekabet sonucu en iyi olanın yaşamasını sağlayan evrimsel süreci kapsamaktadır.

Genetik algoritma rastgele oluşturduğu bir başlangıç popülasyonu ile başlar. Her nesilde, genetik algoritma ebeveyn olarak şimdiki nüfustan rasgele bireyler seçer ve çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörleri kullanarak gelecek nesil için çocuklar üreterek yeni bir popülasyon oluşturur. Birkaç nesil sonunda, popülasyon daha iyi uygunluk değerine sahip bireyleri içerir. Bu şekilde algoritma global en uygun çözüme yakınsamaya çalışır.

Genetik algoritmanın en önemli avantajı paralel çalışmasıdır. Büyük problemler için bu önemli bir kazançtır. Çok geniş bir çözüm uzayını paralel bir şekilde arayabilir. Genetik algoritmalarının diğer optimizasyon tekniklerinin aksine yerel minimumlarda takılıp kalma ihtimali çok daha azdır. Bunun sebebi seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinin rasgele olarak gerçekleştiriliyor olmasıdır. Mutasyon arama sürecini rasgele olarak farklı yönlerde geliştirmektedir bu da çözüm uzayının farklı bölgelerinin keşfedilmesine olanak sağlamaktadır. Genelde mutasyon olasılığı düşük tutulur. Çünkü çözüm uzayındaki genel gidişin çok da fazla bozulması tercih edilmez. Çaprazlama işlemi ise çözüm kümesinde olan bireylerden farklı yeni bireylerin üremesini sağlar. Bu şekilde mevcut genetik bilgiden daha iyi çözümlere ulaşılmakta ve daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Bunların yanında genetik algoritmaların en önemli problemi optimal sonuca ulaşma garantisinin olmamasıdır. GA yerel en iyi olan bir çözüme erken yakınsayabilir. Buna erken yakınsama (prematüre) denilmektedir. Bunun anlamı diğer bireylerden çok daha iyi olan bir birey tüm çözüm arama sürecini etkisi altına alarak, gerçek çözüme (global optima) yaklaşılmasını engelleyebilir, yerel en iyi değerde takılıp kalınmasına neden olur [87].

Bu tez kapsamında genetik algoritma aşağıdaki gibi çalışmaktadır.

1. Başlangıç popülasyonu, ağırlık seti için 0-1 arasında olacak şekilde rasgele üretilmektedir. Her bir ağırlık seti GA'daki bireyleri göstermektedir.

2. Her bir birey için amaç fonksiyonu (entropi ve ortalama gradient toplamı) hesaplanmaktadır. Temel hedef amaç fonksiyonunu maksimum yapacak ağırlık setini bulmaktır. O anki zm için uygunluk değerleri belirlenip hangi bireyin en iyi zm sağladığı bulunmaktadır. Bu çalışmada amaç fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte gösterildiği gibi entropi ve ortalama gradient toplamı olarak ayarlanmıştır.

$$J = ent + grad_ort \quad (3.4)$$

Burada J amaç fonksiyonunu göstermektedir

3. Bir sonraki nesili oluşturmak için uygunluk değerlerine dayalı olarak ebeveyn olmak için populasyondan bireyler seçilmektedir. Bu çalışmada seçim tekniği olarak rulet tekeri kullanılmıştır.

4. Çaprazlama ve mutasyon uygulanarak ebeveynlerden çocuklar üretilmektedir.

5. Üretilen ocuklar artık o anki populasyon ile değiştirilmekte ve yeni oluşturulan populasyon için amaç fonksiyonu (J) ve uygunluk değerleri hesaplanmaktadır.

6. Sonlandırma kriteri test edilmektedir. Bu çalışmada sonlandırma kriteri olarak nesil sayısı kullanılmaktadır. Eğer sonlandırma kriteri sağlanmıyorsa 3. adıma geri dönülüp ve sonlandırma kriteri sağlanana kadar devam edilmektedir. Eğer şart sağlanıyorsa algoritma durdurulmaktadır. Uygunluk değerine göre en iyi adayı en iyi zm olarak seçilmektedir. Bu birey artık amaç fonksiyonunu yani entropi ve ortalama gradient toplamını maksimum yapan ağırlık setini vermektedir.

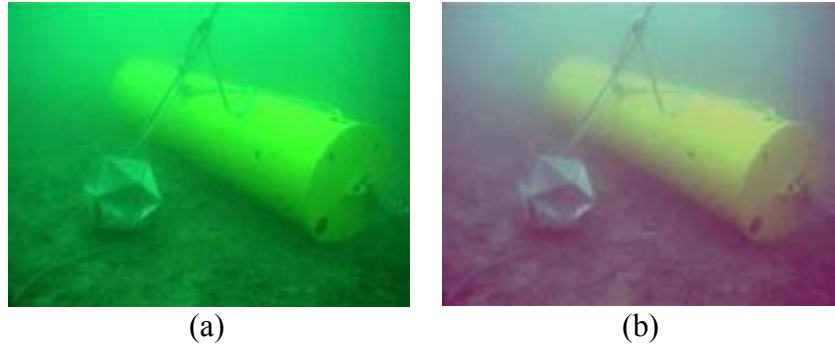
3.2.2.2. Renk düzeltme yöntemi

Renk kanalları arasında dengeyi sağlamak ve baskın olan yeşil ve mavi rengi bastırmak amacıyla [75]'de gösterilen renk doğrulama algoritması son-işlem olarak uygulanmaktadır. Renk kanalları arasında hala bir denge mevcut olmadığı için bir renk düzeltme algoritması uygulamak gerekmektedir. Bu algoritma istenilen bir

ortalama değer ile R, G, B kanallarının ayrı ayrı ortalaması arasındaki farkı her bir piksele Eşitlik (3.5)'de de gösterildiği gibi eklemektedir. Bu çalışmada renk düzeltme algoritması İKF'lerin genetik algoritmanın bulduğu ağırlık değerleri ile çarpılıp toplanması sonucu elde edilen imgeye uygulanılmaktadır. Uygulanılan renk düzeltme algoritması aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$I_{AKA_CC}(x, y) = I_{AKA}(x, y) + \mu_d - \mu \quad (3.5)$$

$I_{AKA}(x, y)$, AKA ile iyileştirme sonrası elde edilen imgedeki (x, y) pozisyonundaki piksel değeridir. $I_{AKA_CC}(x, y)$ renk doğrulama sonucu elde edilen imgedir. μ_d istenilen ortalama değerdir. Bu alışma için bu değer 0,5 olarak tercih edilmiştir. μ ise ilgili renk kanalı için ortalama değerdir. Bu işlem tüm renk kanalları için ayrı ayrı yapılmaktadır.



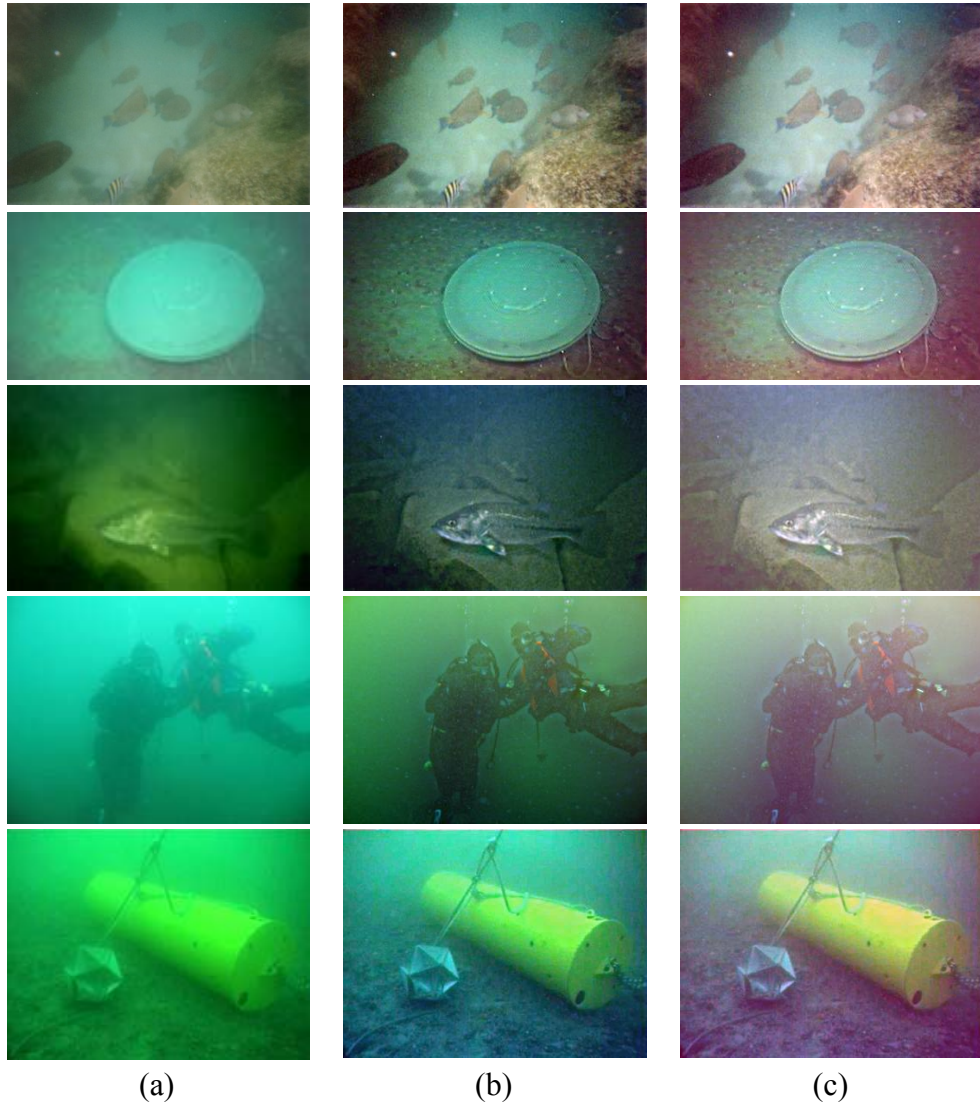
şekil 3.7. (a) Orijinal imge, (b) renk düzeltme uygulandıktan sonra elde edilen imge

şekil 3.7'de örnek bir sualtı görüntüsüne doğrudan renk düzeltme algoritması uygulandığında elde edilen sonuç gösterilmektedir. Uygulanılan algoritma ile imgedeki baskın yeşil renk bastırıldığı ve renk kanalları arasında denge sağlanıldığı gözlenmektedir.

3.2.2.3. Deneysel sonuçlar

Önerilen yöntem birçok sualtı görüntüsü imgesine iyileştirme yapmak amacı ile uygulanıldı. İyileştirilme yapılmış imgeler, R, G, ve B kanallarının İKF'lerinin GA ile elde edilen en uygun ağırlık seti ile çarpılıp toplanması sonucu elde edildi. İlk İKF en yüksek yerel uzamsal frekans detaylarını, ikinci İKF bir sonraki uzamsal frekans detaylarını içermekte ve bu şekilde devam etmektedir. Bu sebepten düşük dereceli

İKİF'lerin GA ile elde edilen ağırlıklarının yüksek dereceli İİKİF'lere göre daha büyük olduğu gözlenilmiştir. Çünkü düşük dereceli İİKİF'ler hızlı uzamsal salınım kiplerini ve yüksek frekans karakteristiğini içermekte, yüksek dereceli İİKİF'ler ise düşük frekans karakteristiklerini içermektedir. En son adım olarak da bu geri çatma işlemi sonucunda elde edilen imgeye renk düzeltme algoritması uygulanılmıştır. GA uygulamasında her bir nesil 50 birey içermektedir. Kullanılan çaprazlama oranı 0,8, mutasyon oranı ise 0,1 olarak belirlenmiştir. Sonlandırma kriteri olarak da nesil sayısı verilmiştir.



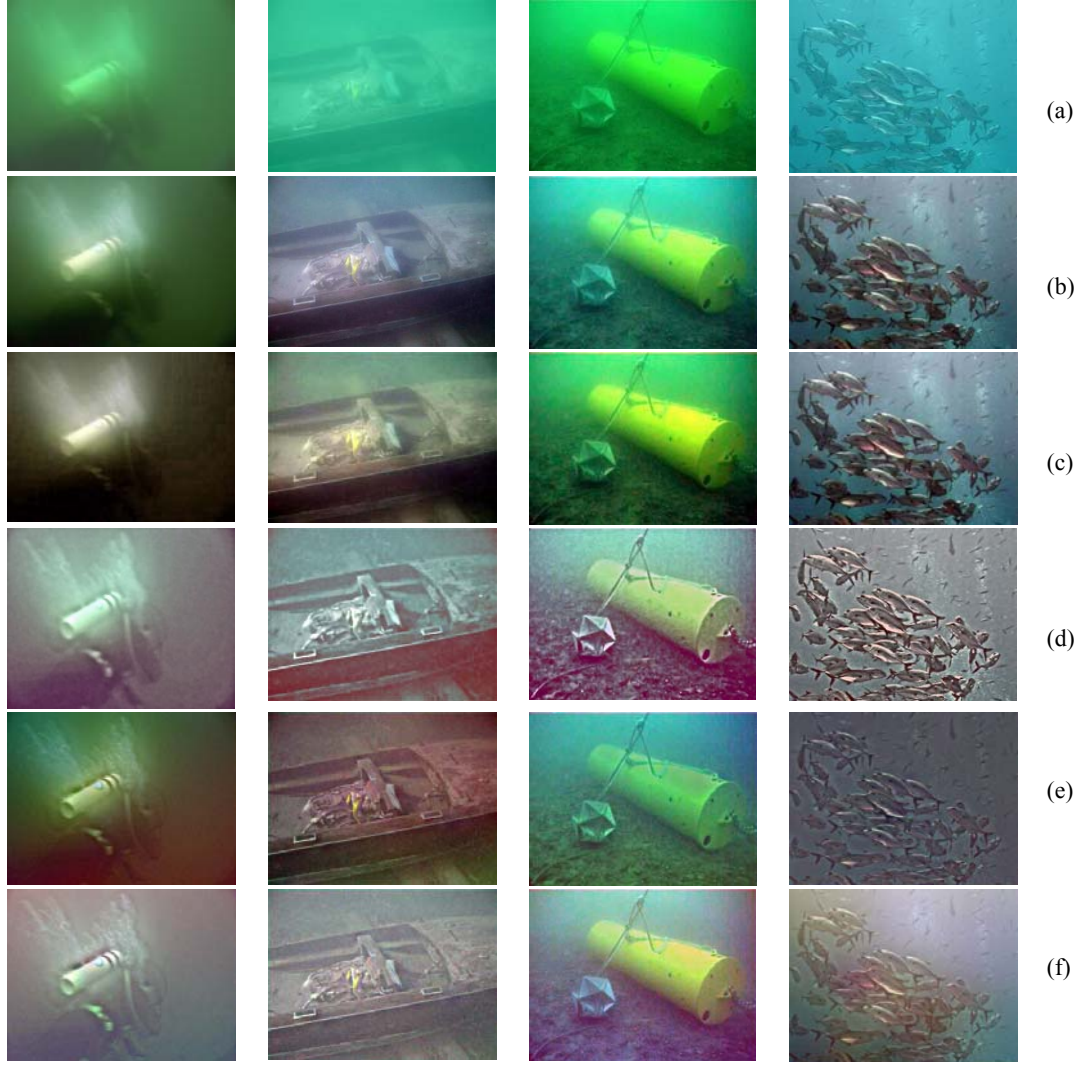
Şekil 3.8. (a) Orijinal imgeler, (b) GA'lı AKA sonrası elde edilen imgeler, (c) renk düzeltme uygulandıktan sonraki elde edilen imgeler

Şekil 3.8'de görsel karşılaştırma yapmak için değişik sualtı görüntülerinde önerilen yöntemin sonuçları, iyileştirme işlemi öncesi, AKA sonrası ve renk düzeltme

yöntemi sonrası elde edilen imgeler olarak gösterilmektedir. Sonuçlardan açıkça görülmektedir ki önerilen yaklaşım sonucu görüntülerin daha iyi yorumlanabilmesi, görüntüdeki nesnelere daha iyi görülüp algılanmasını sağlamaktadır. Yeniden geriçatılıp iyileştirilmiş imgeler orijinal imgeyle karşılaştırıldığında daha iyi görüntü kalitesine sahiptir. Sualtı görüntülerinin en önemli sorun düşük karşıtlıktır. Sonuçlardan da görüldüğü gibi önerilen yöntem kullanılarak bu sorunun üstünden göreceli olarak gelinmektedir. Görüntüdeki nesnelere de daha belirgin ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bunun yanında imgede ışığın zayıflamasından dolayı oluşan mavimsi renk bastırılıp renklerin daha düzgün dağılımı sağlanmaktadır.

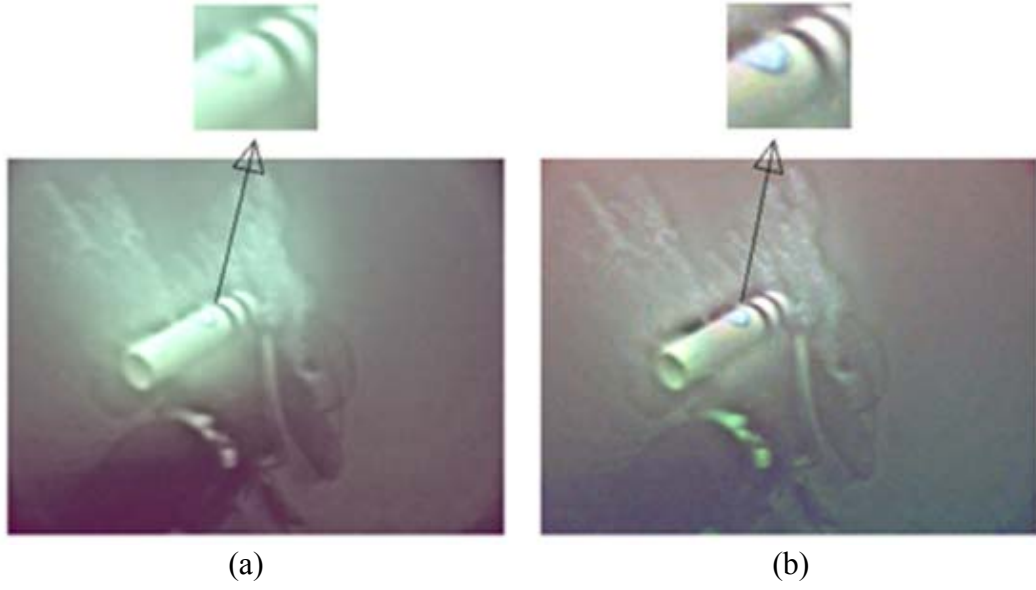
Şekil 3.9'da ise karşıtlık yayma, [75] ve [79]'da gösterilen yöntemler, sabit ağırlık kullanılarak İKF'lerin birleştirilmesi yöntemi ile bu çalışmada önerilen yöntemin görsel performans karşılaştırılması yapılmaktadır. [79], baskın mavi renk ve düşük kırmızı rengine sahip görüntüler için daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak, mavi rengin baskın olmadığı sualtı görüntülerine uygulandığında iyi sonuçlar vermemektedir. [75]'deki iyileştirme yöntemi homomorfik süzgeçleme, dalgacık gürültü giderimi ve anisotropik süzgeçleme gibi birçok farklı işlemin uygulanmasını gerektirmektedir. Karşılaştırma için kullanılan diğer yöntem ise bir önceki bölümde de anlatılan sabit ağırlık değerleri kullanılarak AKA ile iyileştirme yapan yöntemdir. Sonuçlardan genetik algoritma ile en uygun ağırlıklar ile AKA kullanılarak elde edilen sonuçların diğer yöntemlerin sonuçlarına göre görsel olarak çok daha başarılı olduğu görülmektedir.

Şekil 3.10 (a)'da [75]'de sunulan yöntemin sonucu, Şekil 3.10 (b)'de önerilen yöntem sonucu gösterilmektedir. Şekil 3.10 (b)'de daha fazla ayrıntı bulunmaktadır. Önerilen yaklaşımın [75]'deki yöntemle göre, küçük nesnelere (örneğin, oksijen tüpü üzerindeki işaret gibi) için daha iyi görünür kenarlar sağladığı açıkça görülmektedir. [75]'deki yöntem kenarları korumak için farklı süzgeçleme tekniklerinden faydalandığı için karşılaştırma özellikle [75]'deki yöntem ile yapılmıştır.



Şekil 3.9. (a) Orijinal sualtı görüntüleri, (sırasıyla imge1, imge2, imge3 ve imge4), (b) karşıtlık yayma sonucu elde edilen imgeler, (c) [79]'daki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler, (d) [75]'deki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imge, (e) sabit ağırlık kullanılarak AKA uygulanması sonucu elde edilen imge, (f) GA'lı AKA ve renk düzeltme uygulanması sonucu elde edilen imgeler

Sualtı imge iyileştirmeye ilgili referans imgeler bulunmadığından sualtı imge iyileştirme yöntemlerinin birçoğu, yöntemlerin performansını değerlendirmede öznel kalite ölçütlerini ve çoğunlukla görsel denetimi kullanmaktadır. Örneğin [74]'de, önerilen iyileştirme algoritmalarının bazı performans ölçütleri kısaca tartışılmakta ve görsel denetimin kalite değerlendirmede daha uygun olduğu savunulmaktadır.



Şekil 3.10. (a) [75]'de sunulan yöntem sonucu elde edilen imge ve küçük bir kesit, (b) önerilen yöntem sonucu elde edilen imge ve küçük bir kesit

Tablo 3.1. Şekil 3.9'daki görüntüler için entropi ve ortalama gradient değerleri

	İmge 1			İmge 2			İmge 3			İmge 4		
	Ent.	Ort. Grad	J	Ent.	Ort. Grad	J	Ent.	Ort. Grad	J	Ent.	Ort. Grad	J
Orj. İmge	6.19	0.96	7.15	5.84	1.42	7.26	6.48	2.37	8.85	6.14	3.77	9.91
Kont. Yay.	7.39	2.13	9.52	5,85	2,53	8,38	7.29	4.36	11.65	6.13	8.53	14.66
[79]	6.61	1.51	8.12	5.72	3.75	10.58	6.95	4.37	11.32	6.88	12.93	19.81
[75]	6.98	1.62	8.6	5.72	5.91	11.63	6.71	5.69	12.4	6.95	9.48	16.43
Sabit ağırlıklı AKA	6.72	5.18	11.9	6.36	6.97	13.33	6.46	5.21	11.67	5.63	6.65	12.28
GA'lı AKA	6.83	3.51	10.24	6.83	6.94	13.77	7.10	5.52	12.662	6.74	6.81	13.55

[88, 89]'daki çalışmalar entropi ve ortalama gradienti iyileştirme yöntemleri performansını değerlendirmek için nicel değerlendirme kriterleri olarak kullanmaktadır. Bu çalışmada da görsel denetime ek olarak istatistiksel performans değerlendirme için entropi ve ortalama gradient değerleri kullanılmıştır. Şekil 3.10'da verilen görüntüler için entropi, ortalama gradient ve entropi ile ortalama gradient toplamı sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir. Tablodan önerilen yöntemin

entropi ve ortalama gradient toplamı açısından genel anlamda en iyi performans sonuçlarını verdiği görülmektedir.

3.3. HDR Temelli İyileştirme

Bu alt bölümde ele alınan çalışmada sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi için tek bir imge kullanılarak Yüksek Dinamik Aralıklı (High Dynamic Range-HDR) imge oluşturmaya dayanan bir yöntem önerilmektedir.

HDR görüntüleme teknikleri, HDR görüntüleri daha kaliteli bir görünüme sahip olduğundan dolayı son zamanlarda giderek daha popüler hale gelmiştir [90]. HDR görüntülemede yüksek bir dinamik aralık içeren imge elde etmek için farklı pozlanmış birçok imge tek bir imgede birleştirilmektedir. Bu şekilde tek bir sahnedeki karanlık gölgelerden parlak bölgelere kadar görsel bilgiler tek bir görüntü içinde birleştirilmiş olmaktadır. Sonuç olarak, görüntü daha fazla bilgi içerir ve böylece de görsel kalite artmış olmaktadır.

Literatürde farklı pozlanmış imgelerden HDR imge oluşturmak için birçok yöntem önerilmiştir. Çoklu pozlama tekniklerindeki temel fikir aynı kamera tarafından alınan farklı pozlanmış aynı konumundaki bir dizi LDR (Low Dynamic Range) görüntüden bir HDR görüntünün oluşturulmasıdır. Literatürde oklu pozdan HDR görüntü oluşturan çeşitli yaklaşımlar önerilmektedir [91]. Bu algoritmaların herbiri LDR görüntünün piksel değerlerini ifade etmek için gerekli olan bir kamera tepki eğrisini (response curve) oluşturmak için farklı bir stratejiye sahiptir. [92]'deki çalışma referans olarak alınan bir imgenin nispeten koyu piksellerini kullanır ve seçilen bu koyu pikselleri kullanarak doğrusal olmayan bir tepki eğrisi (response curve) oluşturmaktadır. [93]'deki çalışma kameranın tepki eğrisini ve piksel ağırlık fonksiyonunu oluşturmak için görüntüleme sistemlerinin fiziksel özelliklerinden faydalanmaktadır. [94] ise [93]'deki yönteme benzer bir yöntem önermektedir. Ama [93] rastgele seçilen pikseller ile ilgilenirken [94]'deki çalışma ise imgedeki tüm pikselleri dikkate almaktadır. Ayrıca [94]'deki yöntem uzun pozlama zamanına sahip imgelerin daha iyi işaret gürültü oranı verme eğiliminde olması gerçeğine dayalı olarak bir ağırlık fonksiyonu üretmektedir. [95] esnek parametrik modeli kullanır ve kesin pozlama zamanlarını kullanmak yerine kabaca pozlama oranları kestirir. Bütün

yöntemler için, bir kez bir kamera ve ağırlık fonksiyonunun yanıt eğrisi oluşturulunca, elde edilen bu fonksiyonlar farklı pozlama ile çekilen bir dizi LDR imgeyi birleştirmek için kullanılmaktadır.

Ward ise [96]'da bir el kamerası tarafından çekilen bir dizi LDR imgeyi birleştirerek HDR görüntü oluşturmak için bir yöntem sunmaktadır. Onun yöntemi rastgele olarak verilen LDR görüntülerden birini referans imge olarak seçmekte, görüntülerin geri kalanı içinde bir dizi tamsayı uzaklıkları çıkarmaktadır. Uzaklıklar hesapladıktan sonra, HDR görüntü kameranın tepki eğrisi için bilinen bir birleştirme fonksiyonu kullanılarak oluşturulmaktadır.

Bu yöntemler özellikle statik sahneler için uygundur. Çünkü art arda farklı pozlanmış imgeler yakalanarak oluşturulan HDR imgede dinamik bir sahnede hareket eden nesnelere veya kameranın hareketinden dolayı hayalet etkisi denilen sorunlar oluşmaktadır. Kamera hareketini dengelemek veya farklı düşük dinamik aralığa sahip imgeleri hizalamak için literatürde çeşitli çalışmalar önerilmektedir. Örneğin [97]'deki çalışmada farklı pozlanmış imgelerden hayalet etkisi olmayan HDR görüntü oluşturan bir yöntem sunulmaktadır. Ama bu yöntemin en önemli dezavantajı çok fazla işlem yüküne sahip olması ve bu sebepten de gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılmasının zor olmasıdır.

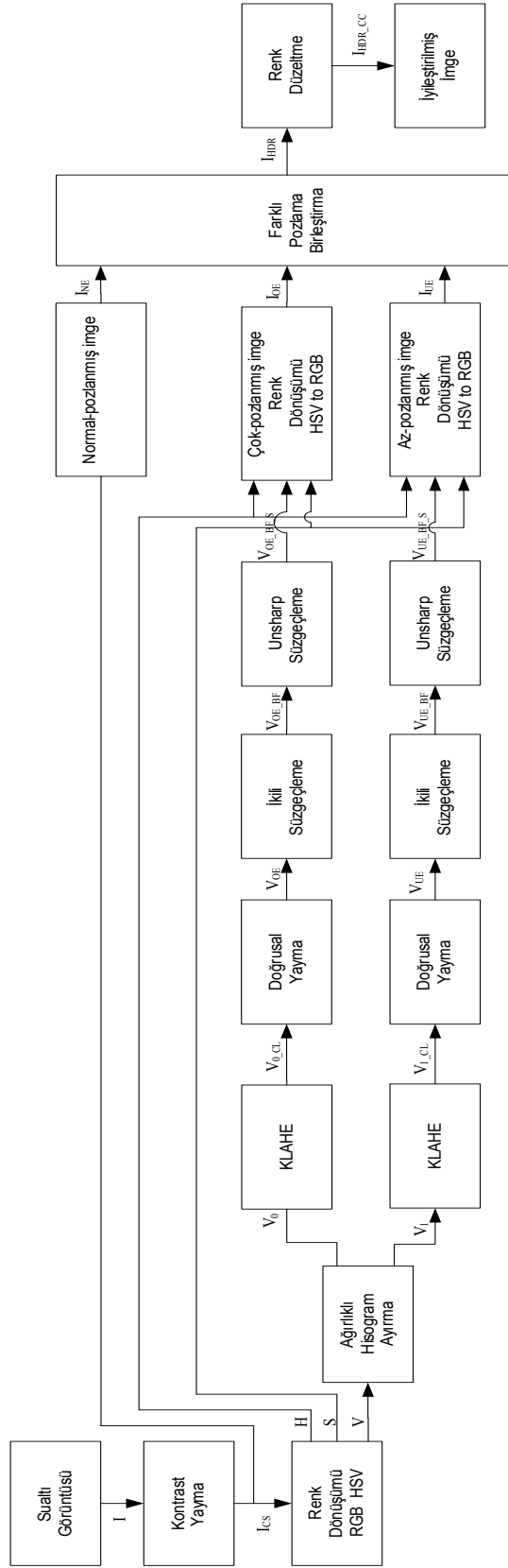
Bu duruma karşı son zamanlarda farklı pozlanmış imgeler yakalayarak HDR imge oluşturmak yerine tek bir imge kullanarak hayalet etkisi olmayan HDR imgeler oluşturan yöntemler önerilmiştir. [98]'deki çalışma bu şekilde tek bir imge kullanarak normal, çok ve az pozlanmış imgeler oluşturarak HDR imge oluşturan özgün bir yöntem göstermektedir. Bu yöntem sualtı görüntülerinden HDR görüntü elde etmek için uygundur, çünkü sualtında yakalanan görüntülerde balık gibi hareketli nesnelere ve ayrıca kamera hareketinden dolayı farklı pozlanmış imgeler kullanarak HDR görüntü oluşturmak istenildiğinde hayalet etkisi oluşacaktır. Bu sebepten dolayı bu tez çalışmasında [98]'deki çalışmaya benzer bir yöntem ilk kez sualtı görüntülerine uygulanmıştır.

Bu tez çalışmasında tek bir imge kullanılarak normal, az ve çok pozlanmış karakteristikte imgeler elde edilerek bu imgelerin birleştirilmesi ile HDR imge oluşturulmaktadır. Bu çalışma iyileştirme performansını arttırmak ve hesapsal yükü

düşürmek açısından birçok özgünlüğe sahiptir. İlk özgünlük az ve çok pozlanmış imgeleri oluştururken Karşıtlık Limitli Adaptif Histogram Eşitlemesini (KLAHE) (Contrast Limited Adaptif Histogram Equalization) kullanmasıdır. KLAHE imgede yerel detayları ortaya çıkarır ve sonuç olarak elde edilen imgede yerel detaylar daha iyi ortaya çıkmış yüksek dinamik aralığa sahip olur. İkinci özgünlük ise düşük hesapsal yük için gürültü giderimi için ikili (bilateral) süzgeç ve kenarların daha da belirgin elde edilmesi için ardından keskinleştirici süzgeç kullanılmasıdır. Ayrıca bunların yanında özgün bir renk düzeltme algoritması önerilmektedir. Bu yöntem ile baskın mavi renk dengelenerek kayıp renklerin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

3.3.1. Önerilen yöntem

Bu çalışmadaki sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi için önerilen yaklaşımın blok şeması Şekil 3.11'de gösterilmektedir. Önerilen yöntem başlangıçta ön-işlem olarak karşıtlık yayma kullanmaktadır. Ardından tek bir imgeden HDR imge elde ederken Ağırlıklı Histogram Ayırma (AHA) (Weighted Histogram Separation) [99] işleminden faydalanılmaktadır. Bunun için de imge öncelikle RGB uzayından HSV uzayına dönüştürülmektedir ve bu uzayda sadece V kanalı kullanılmaktadır. Çok-pozlanmış (over-exposed) ve az-pozlanmış (under-exposed) imgeleri elde etmek için AHA işlemi V kanalına uygulanmaktadır. Ardından KLAHE ve doğrusal yayma işlemleri sıra ile bu imgelere uygulandıktan sonra ikili ve keskinleştirici süzgeçleme de uygulanarak nihai çok ve az pozlanmış imgeler oluşturulmaktadır. Elde edilen bu farklı pozlanmış görüntüler daha sonra HDR görüntü elde etmek için birleştirilir. Son olarak da önerilen özgün renk düzeltme yöntemi ile iyileştirilmiş sualtı görüntüsü elde edilmektedir.



Şekil 3.11. Önerilen HDR temelli iyileştirme yönteminin blok şeması

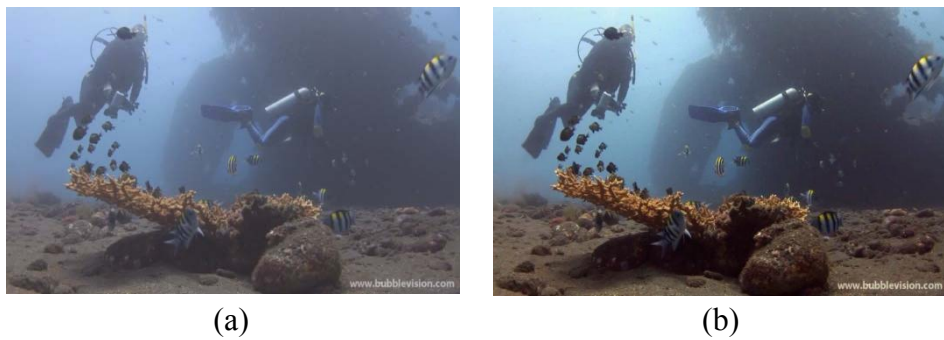
3.3.1.1. Karşıtlık yayma

Karşıtlık yayma sualtı görüntülerinde karşılaşılan baskın mavi veya yeşil renkleri bastırmak için bir ön-işlem olarak kullanılmaktadır. Çünkü renk kanalları arasında bir denge yoktur. Ek olarak sualtı görüntülerinde düşük karşıtlığa sahiptir. Bu nedenle, başlangıçta, karşıtlık yaymanın giriş görüntüsünde genel karşıtlığı iyileştirmek için kırmızı (Red-R), yeşil (Green-G) ve mavi (Blue-B) bileşenleri için uygulanması önerilmektedir.

Karşıtlık yayma imgedeki karşıtlığı arttıran basit bir görüntü iyileştirme tekniğidir. Bu yaklaşım ilgili renk kanalının minimum ve maksimum değerlerini alır ve bu aralığı tüm aralık olacak şekilde yayar. Karşıtlık yaymanın formülü aşağıdaki gibidir.

$$I_{cs}^c(x, y) = \frac{I^c(x, y) - \min(I^c(x, y))}{\max(I^c(x, y)) - \min(I^c(x, y))}, \text{ for } c \in \{R, G, B\} \quad (3.6)$$

Burada $I^c(x, y)$ ilgili renk kanalını gösterir ve $I_{cs}^c(x, y)$ ilgili renk kanalına karşıtlık yayma uygulandıktan sonra elde edilen renk kanalını göstermektedir. (x, y) ise uzamsal konum bilgisini gösterir. Şekil 3.12’de karşıtlık yayma uygulanmış bir örnek sonuç gösterilmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi bu işlem ile karşıtlık ve renk dengesinin artırıldığı görülmektedir. Sonraki işlemlerde ise artık sualtı görüntüsünün karşıtlık yayılmış versiyonu, giriş imgesi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.12. (a) Orijinal imge, (b) karşıtlık yayma uygulandıktan sonra elde edilen imge

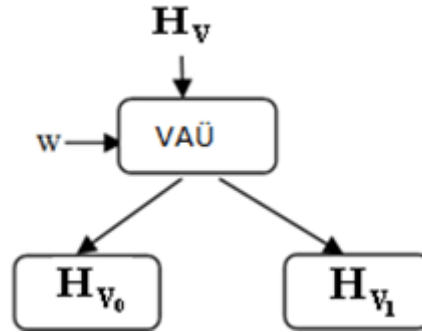
3.3.1.2. HDR imge oluşturma

Karşıtlık yayma işlemi uygulandıktan sonra imge, çok ve az pozlanmış imgeleri elde etmek için HSV renk uzayına dönüştürülmektedir. HDR imge basitçe üç farklı

pozlanmış imgenin birleşiminden elde edilmektedir. Bu imgeler V kanalına AHA işlemi uygulanarak elde edilen çok ve az pozlanmış imgeler ile hiçbir işlem yapılmamış ve normal pozlanmış olarak kabul edilen V imgesidir. Daha sonra, KLAHE ve doğrusal yayma işlemi ardından ikili ve keskinleştirici süzgeç uygulanarak çok ve az pozlanmış imgelerin son oluşturulmaktadır. En son adımda ise bu üç imgeden HDR imge oluşturulmaktadır.

a) Ağırlıklı Histogram Ayırma

Tek bir imgeden iki farklı pozlanmış imge elde edilmesi için sualtı imgesinin karşıtlık yayma işlemi sonrasında V kanalına AHA uygulanmaktadır. AHA [99] giriş histogramını iki parçaya ayırmak için kullanılan bir yöntemdir. AHA bir imgeyi iki alt kümeye ayırmak için veri ayırma üniteleri (VAÜ) kullanmaktadır. Pratikte her oluşturulan alt kümeyi VAÜ kullanarak tekrar alt kümelere ayırmak mümkündür. Ama bu çalışmada bir seviyeli ayrıştırma yapmanın imge kalitesi ve hesapsal yük açısından yeterli olduğu gözlenmiştir. Bir seviyeli bu yaklaşım Şekil 3.13'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13. AHA'nin 1-seviye gösterimi

H_V karşıtlık yayma uygulanmış sualtı imgesinin V kanalının histogramını göstermektedir. $H_V(l)$ ise l gri seviyesindeki piksel sayısını göstermektedir. Burada l 0-255 aralığındadır.

AHA'nin algoritması aşağıdaki gibidir.

Adım 1: V 'yi ayırmak için uygun bir eşik değeri hesapla:

$$\tau = \arg \min_{0 \leq l < V} \left| w_{AHA} - \frac{1}{NoP} \sum_{l=0}^g H_V(l) \right| \quad (3.7)$$

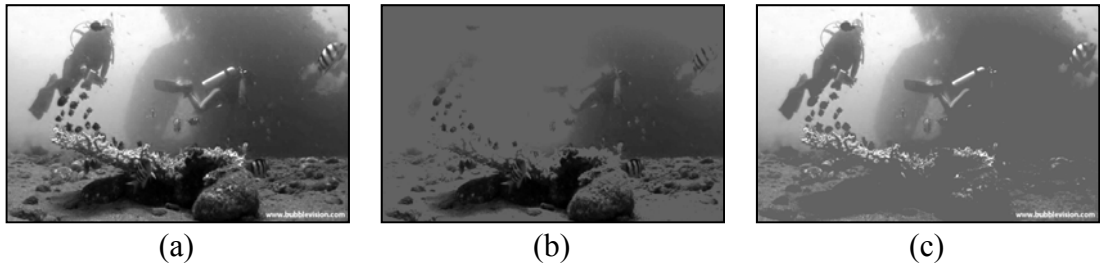
Burada w_{AHA} iki ayrı alt küme oluşturabilmek için deneysel yolla karar verilen ağırlıklandırma faktörüdür, g gri seviye değerini gösterir ve NoP toplam piksel değeridir.

Adım 2: τ eşliğine bağlı olarak giriş histogramını iki ayrı alt histograma ayırma:

$$H_{V_0}(l) = \begin{cases} H_V(l), & \text{if } l < \tau \\ 0, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (3.8)$$

$$H_{V_1}(l) = \begin{cases} H_V(l), & \text{if } l > \tau \\ 0, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (3.9)$$

Böylece AHA kullanılarak histogramın iki ayrı parçaya bölünmesi ile iki imge elde edilmiştir. İlk imge 0 ile τ eşiği arasındaki gri seviyeleri içeren ve V_0 olarak adlandırılan imgedir. İkinci imge ise τ eşiği ile 255 aralığındaki gri seviyeleri içeren ve V_1 olarak adlandırılan imgedir. Şekil 3.14'de örnek bir sualtı imgesinin V kanalına AHA uygulayarak elde edilen çok pozlanmış ve az pozlanmış imgeler gösterilmektedir.



Şekil 3.14. (a) V kanalı, (b) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_0 , (c) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_1

b) Karşıtlık Limitli Adaptif Histogram Eşitleme (KLAHE)

[98]'deki çalışmada doğrusal yayma işlemi V_0 ve V_1 imgelerine, çok ve az pozlanmış imgeler elde etmek için doğrudan uygulanmaktadır. Bu çalışmada ise [98]'deki çalışmadan farklı olarak yerel detayları daha iyi bir şekilde ortaya

çıkarmak için önce KLAHE [100] uygulanması ve ardından doğrusal yayma işleminin uygulanması önerilmektedir.

Adaptif Histogram Eşitleme (AHE), yerel karşıtlık iyileştirme için kullanılan bir yöntemdir ve geleneksel histogram eşitleme tekniğinin bir uzantısıdır. Bu yöntem tüm görüntüyü işlemek yerine görüntüyü küçük parçalara bölerek işlemektedir ve geleneksel histogram eşitlemeden bu yönü ile farklıdır. AHE imgeyi örtüşmeyen bloklara bölüp her bir bloğa histogram eşitlemesi uygulamaktadır. Sonuç olarak da her bir bölgede karşıtlığı iyileştirip yerel detayları açığa çıkarmaktadır. AHE'nin bir dezavantajı yerel işleme nedeniyle gürültüyü arttırabilmesidir.

KLAHE ise AHE'nin geliştirilmiş bir versiyonudur. KLAHE karşıtlığı sınırlayarak homojen bölgelerde gürültüyü arttırmaz. KLAHE uygularken iki önemli parametre vardır. İlk parametre histogram eşitleme yapılacak bölgenin boyutunu belirleyen blok boyutudur. Diğer parametre ise değeri 0 ve 1 arasında değişen kırpma miktarıdır. Bu parametre histogram eşitleme yaparken karşıtlığı sınırlayan parametredir. Bu parametre eğer 1 değerini alırsa hiçbir kırpma yapılmaz ve KLAHE doğrudan AHE gibi davranır. Blok boyutu ve kırpma seviyesi parametreleri deneysel olarak belirlenebilmektedir.

Önerilen yöntemde KLAHE yerel detayı daha iyi elde edebilmek için V_0 ve V_1 imgelerine ayrı ayrı uygulanılmaktadır. Şekil 3.15'de örnek sonuçlar gösterilmektedir.

KLAHE sayesinde, yerel bölgelerde yerel piksel istatistiklerine dayalı olarak yüksek bir dinamik aralık elde edilmektedir. Genişletilmiş dinamik aralık görüntüde yerel ayrıntıların görünürlüğünü arttırmaktadır. Bu nedenle KLAHE uygulamak görüntünün yerel karşıtlık iyileştirilmesi ve yerel ayrıntılarının ortaya çıkarılması açısından yararlıdır.

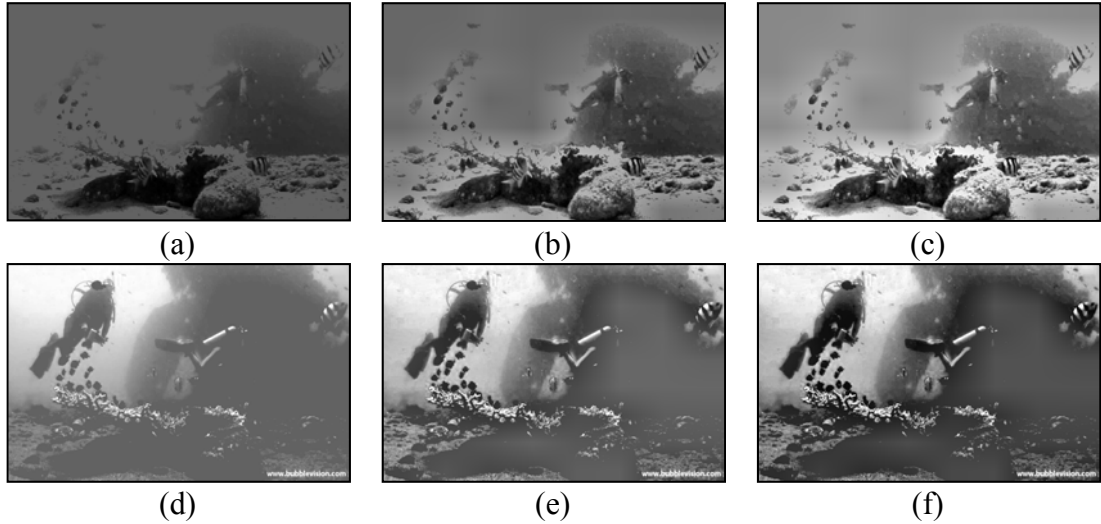
c) Doğrusal Yayma

V_0 ve V_1 imgelerine KLAHE uygulandıktan sonra doğrusal yayma işlemi uygulanmaktadır. Doğrusal yayma işleminin formülü aşağıdaki gibidir.

$$V_{OE}(x,y) = \frac{V_{0_CL}(x,y) - \min(V_{0_CL}(x,y))}{\max(V_{0_CL}(x,y)) - \min(V_{0_CL}(x,y))} \times 255 \quad (3.10)$$

Burada $V_{0_CL}(x,y)$, V_0 imgesine KLAHE uygulanıldıktan sonra elde edilen imgeyi göstermekte, $V_{OE}(x,y)$ ise doğrusal yayma sonucu gürültü giderimi öncesinde elde edilen çok pozlanmış imgeyi göstermektedir.

Az pozlanmış imge ($V_{UE}(x,y)$) de aynı şekilde V_1 imgesi işlenerek elde edilmektedir. Şekil 3.15’de elde edilen çok ve az pozlanmış imgeler gösterilmektedir. Elde edilen imgelerde detayların özellikle de parlak ve karanlık bölgelerin daha belirginleştiği görülmektedir.



Şekil 3.15. (a) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_0 , (b) KLAHE sonrası elde edilen V_{0_CL} , (c) doğrusal yayma sonrası elde edilen V_{OE} , (d) AHA uygulanıldıktan sonra elde edilen V_1 , (e) KLAHE sonrası elde edilen V_{1_CL} , (f) doğrusal yayma sonrası elde edilen V_{UE}

d) Gürültü Giderimi ve Detay İyileştirme için İkili ve Keskinleştirici Süzgeçleme

Elde edilen çok pozlanmış ve az pozlanmış imgelerde doğrusal yayma işleminden sonra gürültü de yükseltilmektedir. Bunun için HDR imgedeki gürültüyü azaltmak ve görsel kaliteyi arttırmak için bir gürültü giderimi yöntemi uygulamak faydalıdır. [98]’deki çalışmada gürültü giderimi için kenar koruyan uyarlamalı bir gürültü giderimi algoritması kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise gürültü giderimi için ikili süzgeçleme kullanılması önerilmektedir. Bu yöntem [98]’deki gürültü giderimi ile

kıyaslanırsa gürültü giderimi açısından aynı performansı gösterirken hesapsal yük açısından daha az olduğundan dolayı tercih edilmiştir.

İkili süzgeçleme [101] kenar bilgisini koruyan bir gürültü giderimi yöntemidir. İkili süzgeç doğrusal olmayan bir süzgeçleme olup her pikselin çevresindeki ağırlıklı ortalama alınarak hesaplanmaktadır. İkili süzgeçlemede iki Gauss süzgeci birleştirilmektedir: bir süzgeç parlaklık uzayında çalışırken diğer süzgeç kenarları korumak için uzamsal alanda çalışmaktadır. Bunun sonucu olarak, süzgeç ağırlıkları sadece mesafeyi değil, aynı zamanda ışıklılığı da temel almaktadır.

Önerilen yöntemde ikili süzgeç çok pozlanmış (V_{OE}) ve az pozlanmış (V_{UE}) imgelere uygulanmaktadır. İkili süzgecin çıkışı aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir.

$$V_{UE_BF}(m) = \frac{1}{C(m)} \sum_{q \in N(m)} \exp \frac{-|q-m|^2}{2\sigma_d^2} \exp \frac{-|V_{UE}(q) - V_{UE}(m)|^2}{2\sigma_r^2} V_{UE}(q) \quad (3.11)$$

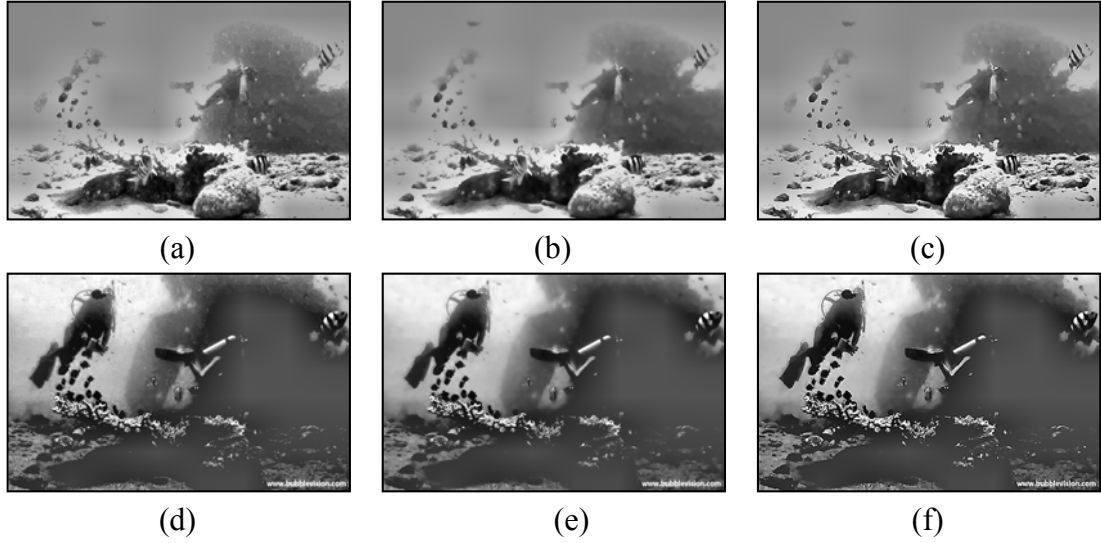
Burada $N(m)$, uzamsal komşuluğu göstermektedir. q ise $N(m)$ deki 2-B piksel pozisyonlarını tutan kayan pencereyi ve m kayan pencerenin merkez pikselini gösterir. $V_{UE}(m)$ orijinal imgedeki (x, y) pozisyonundaki pikselin parlaklık değeridir. $V_{UE_BF}(m)$ (x, y) pozisyonundaki pikselin kestirilmiş değeridir. σ_d ve σ_r sırasıyla uzamsal ve parlaklık ağırlıkların Gauss dağılımının standart sapmasını gösterir. $C(m)$ ise normalizasyon katsayısıdır:

$$C(m) = \sum_{q \in N(m)} \exp \frac{-|q-m|^2}{2\sigma_d^2} \exp \frac{-|V_{UE}(q) - V_{UE}(m)|^2}{2\sigma_r^2} \quad (3.12)$$

İkili süzgeç temelde kenarları koruyan bir gürültü giderimi yöntemidir. Kenarları veya ayrıntıyı netleştirme sağlamaz. Bu sebepten görsel ayrıntıyı iyileştirmek için ikili süzgeçten sonra keskinleştirici süzgeçleme uygulanmıştır. Klasik keskinleştirici süzgeçleme görüntüdeki karışıklık ve ince detayları artırmak için kullanılan basit ve etkili bir işlemdir. Detayları vurgulamak, kenarları belirginleştirmek ve görüntünün görünürlüğünü artırmak amacıyla yüksek frekans içeriğini ortaya çıkaran basit ve etkili bir işlemdir. Keskinleştirici süzgeçleme işlemi Eşitlik (3.13)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$V_{UE_BF_S}(x, y) = V_{UE_BF}(x, y) + f \times (V_{UE_BF}(x, y) - g(x, y)) \quad (3.13)$$

Burada f ölçekleme sabiti, $V_{UE_BF_S}(x, y)$ keskinleştirici süzgeçleme uygulanmış imge ve $g(x, y)$ ise $V_{UE_BF}(m)$ 'nin bulanıklaştırılmış halidir. İmgenin bulanıklaştırılmış halini oluşturmak için Gaussian alçak geçiren süzgeç kullanılmaktadır.



Şekil 3.16. (a) Çok-pozlanmış imge, (b) ikili süzgeçleme sonrası elde edilen imge, (c) keskinleştirici süzgeçleme sonrası elde edilen imge, (d) az-pozlanmış imge, (e) ikili süzgeçleme sonrası elde edilen imge, (f) keskinleştirici süzgeçleme sonrası elde edilen imge

Özetle elde edilen çok-pozlanmış (V_{OE}) ve az-pozlanmış (V_{UE}) imgelere gürültü giderimi ve kenar iyileştirme yapmak için ikili ve keskinleştirici süzgeçleme artarda uygulanmaktadır. Şekil 3.16'da ikili ve keskinleştirici süzgeçleme ardından elde edilen iyileştirilmiş çok- ve az-pozlanmış imgeler gösterilmektedir.

3.3.1.3. Farklı pozlanmış imgelerin birleştirilmesi

Bu aşamadan sonra artık çok-pozlanmış imge, az-pozlanmış ve normal-pozlanmış imgeler HDR imge elde etmek için birleştirilmektedir.



Şekil 3.17. (a) İyileştirilmiş az-pozlanmış imge (I_{UE}), (b) iyileştirilmiş çok-pozlanmış imge (I_{OE}), (c) normal-pozlanmış imge (I_{NE})

İlk olarak iyileştirilmiş çok-pozlanmış ışıklılık kanalı ($V_{OE_BF_S}$), ve iyileştirilmiş az-pozlanmış ışıklılık kanalı ($V_{UE_BF_S}$), ilgili H ve S kanalları ile birleştirilerek RGB renk uzayına geri dönüştürülmektedir. Şekil 3.17’de iyileştirilmiş az-pozlanmış (I_{UE}), ve çok-pozlanmış (I_{OE}) imgeler ve yanında normal-pozlanmış imge (I_{NE}) için birer örnek gösterilmektedir.

Pozlama birleştirme fikri temelde farklı pozlanmış görüntülerin en iyi bölümlerini çıkarmak ve bu bölümleri yüksek kaliteli bir imge oluşturmak için birleştirmeye dayanmaktadır. Bunun için literatürde pozlama, doygunluk, karışıklık ve varyans gibi çeşitli kalite ölçütleri kullanılmıştır. Bu çalışmada ise farklı pozlanmış imgeler birleştirilirken iyi pozlama metriği tercih edilmektedir. Farklı pozlanmış imgelerden HDR imge [98]’deki gibi benzer şekilde aşağıdaki formül ile oluşturulmaktadır.

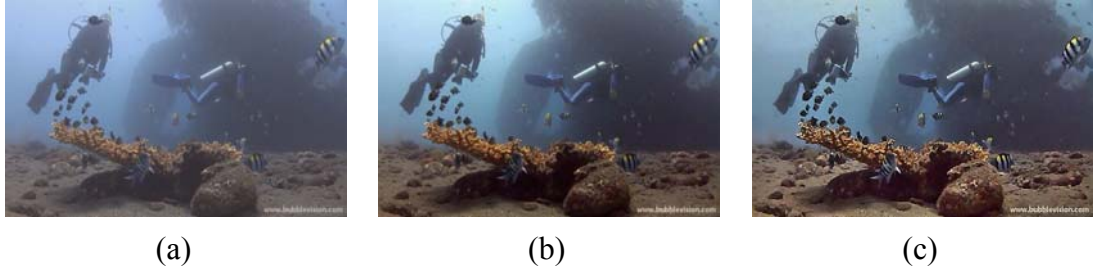
$$I_{HDR}^c(x, y) = \frac{\sum_{k \in \{O, U, N\}} I_k^c(x, y) W(Y_k^c(x, y))}{\sum_{k \in \{O, U, N\}} W(Y_k^c(x, y))}, \quad c \in \{R, G, B\} \quad (3.14)$$

burada, I_k^c , $k \in \{UE, OE, NE\}$ az, çok ve normal pozlanmış imgelerin indisini gösterir. Y_k^c , I_k^c nin ışıklılık kanalını gösterir ve $W(Y_k^c)$, Y_k^c nin ağırlık fonksiyonudur ve Gaussian şeklinde seçilmiştir. Ağırlıklandırma fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$W(z) = \exp\left(-\frac{(z-0.5)^2}{0.5^2}\right) \quad (3.15)$$

Burada z , $Y_k^c(x, y)$ nin ilgili ışıklılık değerini gösterir.

Şekil 3.18’de çok, az ve normal pozlanmış imgelerin birleştirilmesi sonucu elde edilen HDR imge gösterilmektedir. Elde edilen HDR imge orjinal imge ile karşılaştırıldığında yüksek dinamik aralığa sahiptir. İmgedeki dalgıç ve balıklar daha belirgin ve pus etkisi büyük ölçüde kaldırılmıştır.



Şekil 3.18. (a) Orijinal imgeler, (b) ön-işlem olarak karşıtlık yayma sonrası elde edilen imgeler, (c) HDR imge

3.3.1.4. Renk düzeltme yöntemi

Son aşama olarak bir renk düzeltme algoritması uygulanmaktadır. Elde edilen HDR imgenin renk kanalları arasında hala tam denge mevcut değildir. Görüntü hala mavi ağırlıklıdır ve kırmızı da düşük seviyededir. Bu sebepten bir renk düzeltme algoritmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

[75]’deki çalışmada baskın olan renk kanalını dengelemek, kayıp renkleri geri elde etmek ve renk kanalları arasında denge sağlamak için bir renk doğrulama algoritması önerilmiştir. Bu algoritma R, G ve B renk kanalları için her bir renk kanalının ortalamasını istenen bir değere çekecek şekilde her bir piksele istenen ortalama değer ile kanal ortalaması arasındaki farkı ayrı ayrı eklemektedir. [75]’de önerilen renk düzeltme algoritması aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{HDR_CC}^c(x, y) = I_{HDR}^c(x, y) + \mu_d - \mu^c, \text{ for } c \in \{R, G, B\} \quad (3.16)$$

Burada I_{HDR_CC} renk dengelemesi sonunda oluşan imgedir ve μ^c ilgili renk kanalının ortalama değeri, μ_d ise istenilen yeni ortalama değerdir.

Bu çalışmada ise imgede deniz gibi mavi bölgelerdeki bilginin kullanılarak [75]’deki renk düzeltme algoritmasına dayalı daha iyi sonuç veren bir özgün yöntem önerilmektedir. Sualtının optik karakteristiğinden dolayı mavi renk baskın

olmaktadır. Bu sebepten dengeleme yapmak için imgedeki mavi bölgeleri kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır.

İlk olarak HDR görüntüde mavi bölgelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için HDR görüntünün mavi kanalına eşikleme uygulanmaktadır. Bu işlem, Eşitlik (3.17)'deki gibi ifade edilebilir.

$$mask(x, y) = \begin{cases} 1, & I_{HDR}^B(x, y) > \tau_B \\ 0, & diğ\text{er} \end{cases} \quad (3.17)$$

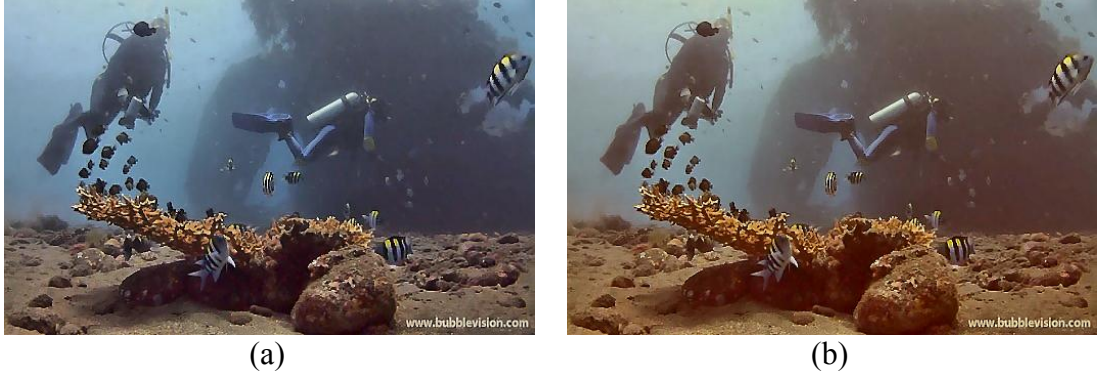
Burada τ_B , mavi kanalın ortalama ve standart sapma değerlerinin toplamına eşit olan eşik değerini ($\tau_B = (\mu^B + \sigma^B)$) temsil eder, $mask$ ise imgedeki mavi bölgeleri göstermektedir. Her üç renk kanalında bu bölgeler için ortalama piksel değerleri Eşitlik (3.18)'de gösterilen formda hesaplanır

$$\begin{aligned} \mu_{mask}^B &= ort(mask \times I_{HDR}^B) \\ \mu_{mask}^R &= ort(mask \times I_{HDR}^R) \\ \mu_{mask}^G &= ort(mask \times I_{HDR}^G) \end{aligned} \quad (3.18)$$

Yeşil dengesi referans olarak alınıp mavi ile kırmızı kanallar referans yeşil kanala doğru Eşitlik (3.19)'daki gibi kaydırılmaktadır. Çünkü mavi renk baskın kırmızı renk kanalı ise zayıflamış durumdadır.

$$\begin{aligned} I_{HDR_CC}^B &= I_{HDR}^B + \mu_{mask}^G - \mu_{mask}^B \\ I_{HDR_CC}^R &= I_{HDR}^R + \mu_{mask}^G - \mu_{mask}^R \end{aligned} \quad (3.19)$$

Burada I_{HDR}^B ve I_{HDR}^R , (x, y) uzamsal pozisyonundaki B ve R kanallarının piksel değerlerini gösterir. $I_{HDR_CC}^B$ ve $I_{HDR_CC}^R$ renk dengelemesi sonunda elde edilen imgeleri gösterir. Bu işlem sayesinde son görüntüde nesnelerin gerçek renkleri ortaya çıkarılarak baskın mavi renk ve zayıflatılmış kırmızı renk dengelenmiş olmaktadır. Renk düzeltilmesi için bir örnek Şekil 3.19'da gösterilmektedir. Elde edilen imgede baskın mavi renk bastırılmış ve gerçek renkler yakalanmıştır.



Şekil 3.19. (a) Elde edilen HDR imge, (b) renk düzeltmesi uygulandıktan sonra elde edilen nihai sonuçlar

3.3.2. Deneysel sonuçlar

Önerilen yöntemin başarısını test etmek için Bubble Vision Co sualtı görüntüleri dizisi [104] kullanılmıştır.

AHA'daki ağırlık faktörü deneysel olarak 0,5 seçilmiştir. KLAHE parametreleri olan kırpma seviyesi 0,01 seçilmiş ve imge 32×32'lik bloklara ayrıştırılmıştır. Bu parametreler deneysel yolla en iyi başarımla elde edilecek şekilde seçilmiştir. Şekil 3.20'de farklı sualtı görüntüleri için görsel performansı karşılaştırmak için ön-işlem olarak karşıtlık yayma sonucu oluşturulan imgeler, elde edilen HDR imgeler ve renk düzeltme sonrası elde edilen imgeler gösterilmektedir.

Sonuçlardan görülmektedir ki nihai görüntüdeki sınırlı görünürlük probleminin üstünden gelinmiş ve imgelerdeki nesnelere daha belirgin hale gelmiştir. Diğer bir problem olan düşük karşıtlık da giderilmiş ve elde edilen görüntünün karşıtlığı yükseltilmiştir. Elde edilen son imge yüksek dinamik aralığa sahiptir. Böylece HDR imge daha fazla detaya sahip olmaktadır. Sualtı görüntülerindeki diğer bir problem olan bulanıklık ve pus etkisi de bu yöntem ile başarılı bir şekilde kaldırılmıştır. Elde edilen HDR görüntü bulanık olmayan keskin kenar bilgisine sahiptir. Ek olarak ışığın zayıflaması nedeniyle görüntülerde oluşan mavimsi/yeşilimsi renk bastırılmıştır. Renk kanalları arasında renk dengesi sağlanmıştır. Sonuç olarak iyileştirilmiş nihai görüntülerde daha fazla karşıtlık, daha iyi görünürlük ve pus etkisinin görünürlüğü engellediği görüntülere göre daha iyi görüntü kalitesi bulunmaktadır.

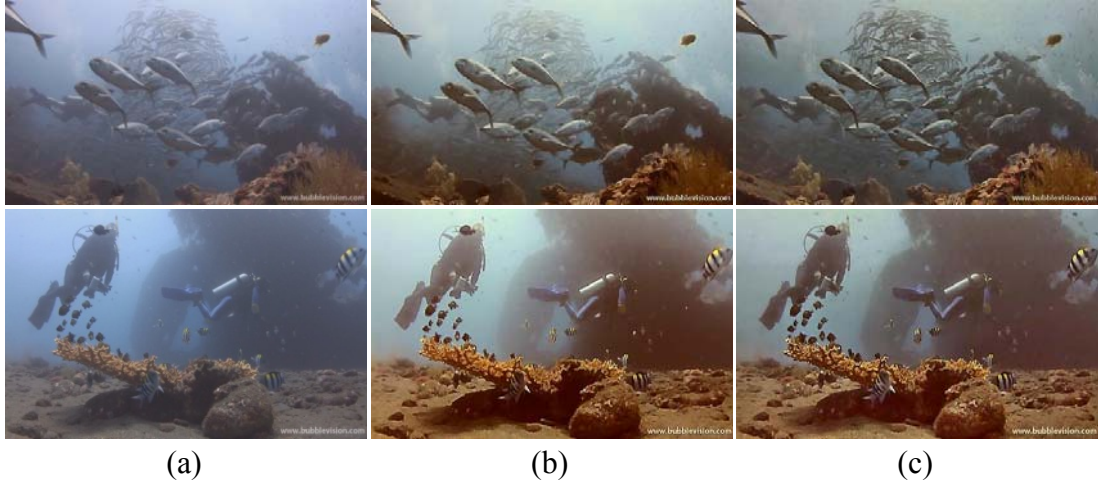


(a) (b) (c) (d)

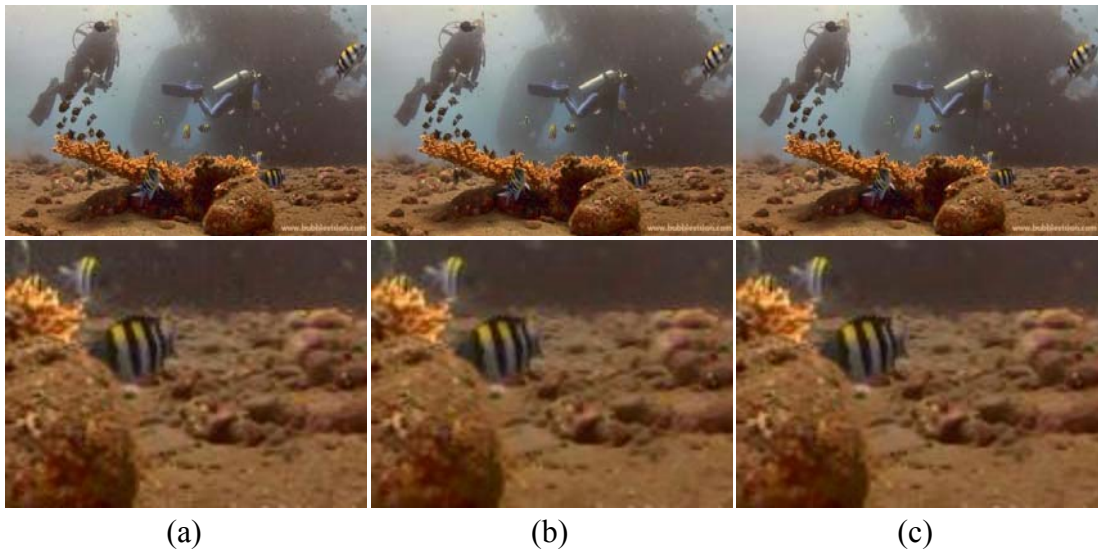
Şekil 3.20. (a) Orijinal imgeler, (b) ön-işlem olarak karşıtlık yayma sonrası elde edilen imgeler, (c) HDR imgeler, (d) renk düzeltmesi uygulandıktan sonra elde edilen nihai sonuçlar

HDR imge oluştururken doğrusal yayma öncesinde KLAHE uygulamak özellikle yerel detayların çıkarılması ve daha yüksek dinamik aralık elde etme açısından iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü KLAHE imgedeki yerel karşıtlığı artırır ve yerel iyileştirme sağlar böylece ayrıntıyı ortaya çıkarır ve detayların daha görünür olmasını sağlar. Şekil 3.21’de KLAHE uygulayarak daha başarılı sonuçlar elde edildiği

görülmektedir. Bu imgelerde özellikle gölge ve parlak bölgelerde sadece doğrusal yayma yapan [98]'deki yöntem ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.



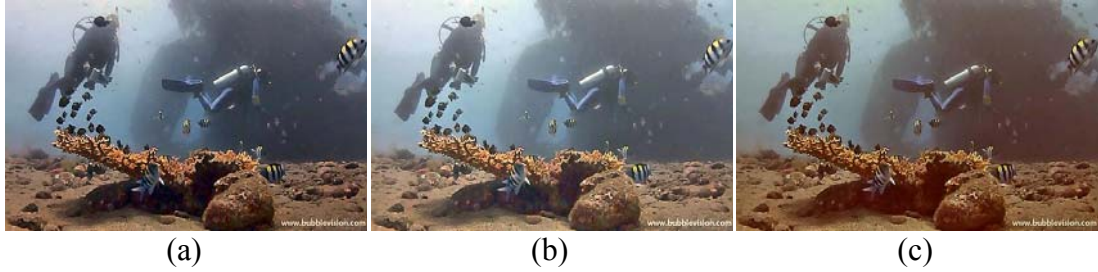
Şekil 3.21. (a) Orijinal imge, (b) [98]'deki gibi sadece doğrusal yayma uygulandıktan sonra oluşturulan HDR imge, (c) önerilen yöntem uygulandıktan sonra elde edilen HDR imge



Şekil 3.22. (a) Gürültü giderimi olmadan HDR imge (b) [98]'deki gürültü giderimi uygulandıktan sonra elde edilen HDR imge, (c) önerilen yöntemdeki gürültü giderimi uygulandıktan sonra elde edilen HDR imge

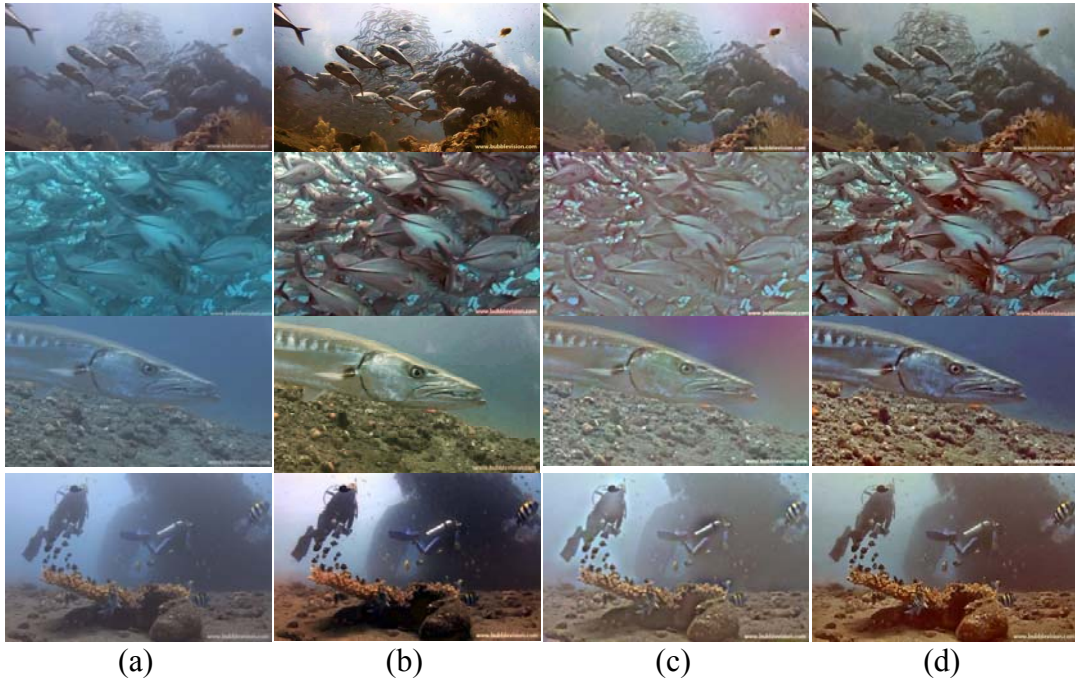
Şekil 3.22'de, [98]'de kullanılan yöntem ile bu çalışmada önerilen gürültü giderimi yönteminin görsel sonuçları karşılaştırılmaktadır. İki yöntem de kenar bilgisini koruyarak gürültü giderimi yaparken aynı performansı göstermektedir. Ama bunun yanında önerilen yöntemde ikili süzgeçleme ile gürültü giderimi hesap yükü açısından daha azdır. [98]'deki yöntemin hesaplama süresi yaklaşık 640×360

çözünürlüklü bir imge için 7,7 saniye iken ikili süzgeç kullanılırsa bu süre yaklaşık 2,5 saniye olmaktadır. Algoritmalar, Intel Core i7 CPU 2.93GHz PC üzerinde Matlab yazılımında koşturulmaktadır.



Şekil 3.23. (a) HDR imge, (b) [75]'de önerilen renk düzeltme algoritma sonucu, (c) önerilen renk düzeltme algoritma sonucu

Şekil 3.23'de, [75]'de gösterilen renk düzeltme algoritması ile bu çalışmada önerilen renk düzeltme algoritma sonuçları gösterilmektedir. Önerilen yaklaşımla daha iyi renk dengesi sağlandığı ve görsel kaliteninde artırıldığı bu sonuçlardan görülmektedir. Görüntülerde artık mavi baskın değildir ve kırmızı renk kanalı da iyileştirilmiştir.



Şekil 3.24. (a) Orijinal imgeler (sırasıyla imge1 imge2 imge3 ve imge4 şeklinde), (b) [83]'deki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler, (c) AKA temelli yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler, (d) önerilen yöntemin uygulanması sonucu elde edilen imgeler

Şekil 3.24’de, görsel değerlendirme için önerilen yönteme ek olarak bir önceki bölümde gösterilen AKA ve genetik algoritma temelli iyileştirme yöntemi ve çok yakın zamanlarda önerilen [83]’deki yöntemin görsel sonuçlar gösterilmiştir. [83]’de sualtı görüntülerinde pus etkisini kaldırmak ve geliştirilmiş görünürlük ve daha iyi renk doğruluğu elde etmek için bir görüntü iyileştirme yöntemi önerilmektedir. Bu yöntem pus kaldırma yapan ve renk değişimi sonucu bozulmaları düzeltmek için dalga boyu dengeleme yapan yöntemleri birleştirmektedir. Bu yaklaşım puslu görüntüler için biraz daha başarılı sonuçlar vermesine rağmen, önerilen iyileştirme yöntemin daha iyi görsel kalite sağladığı görülmektedir. Bu çalışmada önerilen yöntemin de [83]’deki yönteme göre daha başarılı sonuçlar verdiği deneysel sonuçlar ile gözlenmiştir. Özet olarak, önerilen iyileştirme yaklaşımının alternatif yöntemlere göre üstün görsel kalite sağladığı ve daha yüksek karışıklık sağladığı görülmektedir.

[102] ve [103]’de, imge iyileştirme yöntemlerinin performansını değerlendirmede nicel değerlendirme ölçütleri olarak farklı kör imge kalite ölçütleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada bir çeşit istatistiksel performans değerlendirmesine olanak sağlamak üzere, görsel değerlendirmeye ek olarak [102] ve [103]’de sunulan kör imge kalite ölçütlerinin sonuçlarına da yer verilmektedir. [102], sayısal imgelerin kalitesini belirlemede anisotropy diye adlandırılan yenilikçi bir yöntem anlatmaktadır. Her imge için düzensizlik değeri hesaplanmakta ve böylece düzensizlik histogramları oluşturulmaktadır. Beklenen düzensizliğin değişikliği yönlülüğün bir işlevi olarak ölçülür ve eşyönsüzlük göstergesi olarak alınır. [102], böyle bir eşyönsüzlük ölçümünün nasıl imgelerin hem aslına uygunluğunu, hem de kalitesini değerlendirmede bir ölçüt olarak kullanılabildiğini göstermektedir. Gürültüsüz imgelerin bozulmuş, bulanık, gürültülü versiyonlara kıyasla bu ölçütle maksimum değerlere sahip olduğu gösterilmektedir. [103]’de ise ancak fark edilebilen bulanıklığa (just noticeable blur) dayalı yeni bir algısal referans imge keskinlik metriği olan Bulanıklık Algılamanın Birikimsel Olasılığı (Cumulative Probability of Blur Detection-CPBD) sunulmuştur. [103]’deki CPBD metriği, farklı içeriğe sahip imgelerdeki bulanıklığın göreceli değerini öngörebilmektedir. Bu metriğin yüksek değeri, daha keskin bir imgeye karşılık gelmektedir. Bir imgedeki bulanıklık arttıkça bu metriğin değerinin azalması beklenmektedir. Tablo 3.2, önerilen yöntemin [83]’de sunulan yöntem, AKA temelli yöntem ile birlikte anisotropy [102] ve CPBD [103]

değerlerini göstermektedir. Önerilen yöntemin bu kör imge kalite ölçütlerine göre en iyi performansı sağladığı bu tablodan görülmektedir.

Tablo 3.2. Şekil 3.24'deki imgeler için kör imge kalite değerleri

	Orijinal imge		[83]'de önerilen yöntem		Tezde önerilen AKA temelli yöntem		Tezde önerilen HDR temelli yöntem	
	Anisotropy [102]	CPBD [103]	Anisotropy [102]	CPBD [103]	Anisotropy [102]	CPBD [103]	Anisotropy [102]	CPBD [103]
imge1	0.0006	0.508	0.0018	0.5329	0.0011	0.2185	0.0035	0.6003
imge2	0.0009	0.3867	0.0043	0.3875	0.0016	0.1522	0.0066	0.5608
imge3	0.0011	0.4120	0.0035	0.4434	0.0014	0.1709	0.0121	0.5799
imge4	0.0005	0.5575	0.0031	0.5442	0.0009	0.2471	0.0039	0.7087

Önerilen yöntemin hesapsal yükü [83]'de sunulan yöntem ve AKA temelli yönteme göre çok daha düşüktür. Algoritmalar Intel Core i7 işlemci 2,93 GHz PC Matlab yazılım ortamında uygulanmış ve işlem süreleri Tablo 3.3'de karşılaştırmak için sunulmuştur. İşlem süresi 640×360 çözünürlüklü bir görüntü için ortalama olarak verilmiştir. Bu önerilen yöntem diğer iki yönteme göre önemli ölçüde düşük bir hesaplama süresi verdiği Tablo 3.3'den görülmektedir.

Tablo 3.3. Uygulanan yöntemlerin işlem süreleri

	[83]'de önerilen yöntem	AKA temelli önerilen yöntem	HDR temelli önerilen yöntem
640×360 çözünürlüklü bir imge için ortalama hesaplama süresi	30saniye	62saniye	8saniye

3.4. Sonuç

Bu bölümde sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi için iki özgün yöntem önerilmiş deneysel sonuçlar ile de literatürdeki yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Önerilen ilk yaklaşım AKA temelli bir iyileştirme yapmaktadır. Önerilen yaklaşımlarda, öncelikle, iki boyutlu (2-B) AKA renkli sualtı görüntülerinin her bir renk kanalına uygulanmış ve üst seviyedeki İKF'ler önceden belirlenmiş ağırlıklar ile çarpılıp toplanarak yeni görüntü elde edilmiştir ve üst seviyedeki İKF'ler birleştirilirken genetik algoritma kullanılması önerilmiş böylece en uygun ağırlık seti bulunmuş ve bu ağırlıklara göre İKF'ler iyileştirilmiş görüntüyü oluşturmak için toplanmıştır. Elde edilen iyileştirilmiş imge renk, netlik ve görünürlük açısından

orjinal imgeye göre daha iyidir. Sualtı görüntülerinde yaygın olarak karşılaşılan düşük kontrastlık sorunu ise bu yöntem ile kısmi olarak çözülmüş ve imgenin kontrastlığı geliştirilmiştir.

Önerilen ikinci yaklaşım ise HDR temelli iyileştirme yapmaktadır. Bu yaklaşımda tek bir imge kullanılarak normal, az ve çok pozlanmış karakteristikte imgeler elde edilerek bu imgelerin birleştirilmesi ile HDR imge oluşturulmaktadır. Bu yaklaşımdaki en büyük özgünlük özgünlük az ve çok pozlanmış imgeleri oluştururken KLAHE kullanmasıdır. KLAHE imgede yerel detayları ortaya çıkarmakta ve sonuç olarak elde edilen imge yerel detaylar daha iyi ortaya çıkmış yüksek dinamik aralığa sahip olmaktadır. Ayrıca düşük hesapsal yük için gürültü giderimi için ikili süzgeç ve kenarların daha da belirgin elde edilmesi için ardından keskinleştirici süzgeç kullanılması önerilmektedir. Son özgünlüğü ise renk düzeltme algoritmasındadır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, öncelikle insansız denizaltı cihazlarında kullanılan görüntüleme sonarı ile alınan görüntülerde bulanık mantık temelli engel ve hedef tespiti yapan bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem ile ortam gürültüsü ve yüzey yansıması altında, farklı frekanslar için tasarlanmış sistemler ile doğru hedef/engel tespiti yapılabilmektedir. Önerilen yöntem farklı durumlarda elde edilen görüntüler için test edilmiş ve deneysel sonuçlar ile tespit performansının başarılı olduğunu gösterilmiştir. Yöntem düşük işlem yüküne sahip olduğu için gerçek zamanlı olarak sualtı otonom araçlarında kullanılması mümkündür.

Bu tez kapsamında, yandan taramalı sonar görüntülerinde hedef/nesne tespiti için literatürde önerilmiş yöntemler denenmiş bunların yanında da başarıyı daha yüksek yeni özgün yöntemler önerilmiştir. Bu amaçla ilk olarak imgelerdeki büyük batıkların tespiti için özgün bir bölütleme yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemde sonar imgeleri AKA yöntemi ile İKF'lerine ayrıştırılmıştır. Birinci İKF ile birinci ve ikinci İKF'nin toplamı sonucunda oluşan verilere morfolojik işlemlerin uygulanması ve sonuçların birleştirilmesi ile hedef tespiti yapılmasının sadece morfolojik işlem ile bölütleme yapılmasına göre daha başarılı bir sonuç verdiği gösterilmiştir. Ardından literatürde çok kullanılan MRA yöntemi ile tespit sonuçları incelenmiştir. MRA sonar imgelerinde mayın gibi küçük nesnelerin tespiti için yeni algoritmalar geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada sonar imgesinde aydınlık dengelemesi yapıp yapılmaması kararı verilmiş ve aydınlık farklılığı olan imgeler için imgelere aydınlık dengelemesi yapılarak MRA uygulanması önerilmiştir. Sadece MRA ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir. Yandan taramalı sonar imgelerinde Viola-Jones ile nesne tespiti yapılmış ve sonuçları incelenmiştir. En son olarak da yandan taramalı sonar imgelerinde bugüne kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak seyreklik ayrıştırma temelli nesne tespiti yöntemleri geliştirilmiştir. Bu zamana kadar geliştirilen tespit çalışmaları giriş verisi olarak iki boyutlu imge verisi kullanılarak nesne tespiti yapmaktadır. Bu tez kapsamında ise tespit amaçlı seyreklik ayrıştırma yöntemi temelli geliştirilen yöntemlerde yandan taramalı sonardan gelen

herbir satır için veri tek tek işlenmekte ve o anki satırda hedef var/yok kararı verilebilmektedir. Seyreklik ayırıştırma temelli iki yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerden birincisi her bir satır atomlarına ayırıştırıldıktan sonra atomların katsayı değerine göre karar vermektedir. İkinci yöntemde ise bu yöntemin doğruluğunu arttırmak için seyreklik ayırıştırırmaya dayalı bir ANFIS hedef detektörü kullanılması önerilmektedir. Önerilen yöntemler, yüksek algılama hassasiyetine sahiptir. Buna ek olarak, bu yöntemler, önemli bir avantajı ise hedef tespitini satır satır yapmasıdır. Bu şekilde yandan taramalı sonardan gelen her bir satır için veri tek tek işlemekte ve o anki satırda hedef var yok kararı verilebilmektedir. Ayrıca bu yöntemlerin tespit başarımının yüksek olmasının yanında yanlış alarm oranı da çok düşüktür. Deneysel olarak diğer yöntemlerle başarımlar karşılaştırılmış ve önerilen yöntemlerin daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Önerilen yöntemlerin hesapsal yüklerinin diğer yöntemler ile kıyas edildiğinde daha düşük olduğu deneysel sonuçlar ile gösterilmiştir. Bu sebepten önerilen yöntemlerin gerçek zamanlı olarak sualtı otonom araçlarında kullanılması mümkündür.

Bu tez kapsamında diğer bir çalışma ise sualtı görüntülerinin iyileştirilmesi konusunda yapılmıştır. Sualtı görüntüleri sınırlı ışık nedeniyle, düşük karışıklık ve bulanıklıktan dolayı kalitesiz olabilmektedir. Bu nedenle görüntü iyileştirme sualtı görüntüleri için önemli bir işlemdir. Bu nedenle tez çalışması kapsamında iki özgün yöntem geliştirilmiştir. Önerilen birinci yöntem AKA temelli bir iyileştirme yöntemidir. Bu çalışmada, yeni bir iyileştirme algoritması geliştirilip sualtı görüntülerine uygulanmıştır. İyileştirilmiş imge genetik algoritma kullanılarak elde edilen en uygun ağırlıkların R, G ve B kanallarının ayrı ayrı İFK'leri ile çarpılıp toplanmasıyla elde edilmiştir. İyileştirilmiş imge renk ve netlik açısından yorumlanabilirlik ve görünürlük bakımından daha iyidir. Sualtı görüntülerinde yaygın olarak karşılaşılan düşük karışıklık sorunu ise bu yöntem ile göreceli olarak çözülmüş ve imgenin karışıklığı geliştirilmiştir. İkinci çalışma sualtı görüntülerinde iyi kalitede bir HDR imge oluşturmak için farklı pozlanmış imgelerin birleştirilmesine dayalı özgün bir yöntemdir. HDR imgeye dayalı imge iyileştirme sualtı görüntüleri için çok uygun bir yaklaşımdır. Özellikle KLAHE uygulanarak karanlık bölgelerin dinamik aralığı artırılmıştır. Deneysel sonuçlarda sualtı görüntülerinin en önemli sorunlarından biri olan, düşük karışıklık probleminin

önerilen yöntem kullanılarak çözümlendiği görülmektedir. Önerilen yaklaşım ile karışıklık artırılmakta ve nesnelere çok daha görünür hale gelmektedir. Diğer önemli bir sorun, bulanıklık ve pus etkisidir. Pus etkisi, önerilen yöntem uygulanarak etkili bir şekilde kaldırılmıştır. Bu yöntemde özgün bir renk düzeltme algoritması kullanılmaktadır. Bu yöntem ile görüntülerde düzgün bir renk dengelemesi de sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Leonard J., Bennett A., Smith C., Feder H., Autonomous Underwater Vehicle Navigation, *IEEE Journal of Ocean Eng.*, 1998, **35**, 663-678.
- [2] Ribas D., Ridao P., Neira J., *Underwater SLAM for structured environments using an imaging sonar*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010.
- [3] <http://www.tritech.co.uk/products/datasheets/super-seaking.pdf> (Ziyaret tarihi: 20 Ağustos 2011).
- [4] Henriksen L., Real-time underwater object detection based on an electrically scanned high-resolution sonar, *Proceedings of the Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology (AUV'94)*, Cambridge, MA, 19-20 July 1994.
- [5] Quidu I., Hetet A., Dupas Y., Lefevre S., AUV (Redermor) obstacle detection and avoidance experimental evaluation, *Proceedings of OCEANS 2007 (OCEANS 2007-Europe)*, Aberdeen, France, 18-21 July 2007.
- [6] Zhao S., Lu T. F., Anvar A., Automatic object detection for AUV navigation using imaging sonar within confined environments, *The Proceedings of 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, Sian, China, 25-27 May 2009.
- [7] Zhao S., Lu T., Anvar A., Multiple Obstacles Detection using Fuzzy Interface system for AUV Navigation in Natural Water, *The Proceedings of 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, Taichung, Taiwan, 15-17 June 2010.
- [8] Zadeh L. A., Fuzzy Sets, *Information and Control*, 1965, **8**, 338-353.
- [9] Kosko B., Fuzzy systems as universal approximators, *IEEE Transactions on Computers*, 1994, **43**, 1329-1333.
- [10] Kumar R., Grover P. S., Kumar A., A fuzzy logic approach to measure complexity of generic aspect-oriented systems, *Journal of Object Technology*, 2010, **9**, 43-57.
- [11] Ertürk A., Ertürk S., Two-bit transform for binary block motion estimation, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2005, **15**, 938-946.
- [12] Sugeno M., *Industrial applications of fuzzy control*, Elsevier Science Pub. Co., Amsterdam, Holland, 1985.
- [13] <http://www.edgetech.com/edgetech/gallery> (Ziyaret tarihi: 26 Eylül 2011).

- [14] <http://www.shipwreckworld.com/articles/side-scan-sonar-images> (Ziyaret tarihi: 26 Eylül 2011).
- [15] Okino M., Higashi Y., Measurement of seabed topography by multi beam sonar using CFFT, *IEEE Journal of Ocean Eng.*, 1986, **11**, 474-479.
- [16] Stitt J. P., Tutwiler R. L., Lewis A. S., Synthetic aperture SONAR image segmentation using the fuzzy C-means clustering algorithm, *Journal of Underwater Acoustics*, 2002, **11**, 474-479.
- [17] Stitt J. P., Tutwiler R. L., Lewis A. S., Fuzzy c-means image segmentation of side-scan sonar images, *Signal and Image Processing (SIP 2001), Proceedings of the IASTED International Conference*, Honolulu, HI, U.S.A., 21-24 May 2001.
- [18] Lianantonakis M., Petillot R. Y., Side scan sonar segmentation using texture descriptors and active contours, *IEEE Journal of Ocean Eng.*, 2007, **32**, 744-752.
- [19] Lianantonakis M., Side scan sonar segmentation using active contours and level set methods, *Oceans- Europe*, Brest, France, 20-23 June 2005.
- [20] Deng H., Clausi D. A., Unsupervised image segmentation using a simple MRF model with a new implementation scheme, *International Conference on Pattern Recognition*, Cambridge, UK., 23-26 August 2004.
- [21] Dugelay S., Graffigne C., Augustin J. M., Deep seafloor characterization with multibeam echo sounders by image segmentation using angular acoustic variations, *Conference on Statistical and Stochastic Methods for Image Processing*, Fort Lauderdale, FL, 23-26 September 1996.
- [22] Mignotte M., Collet C., Perez P., Bouthemy P., Sonar image segmentation using an unsupervised hierarchical MRF model, *IEEE Transactions Image Process*, 2000, **9**, 1216–1231.
- [23] Dobeck G. J., Automated detection/classification of sea mines in sonar imagery, in *Detection and Remediation Technologies for Mines and Mine like Targets II, Proc. Int. Society Optical Engineering (SPIE)*, Orlando, FL, 20-25 April 1997.
- [24] Dobeck G. J., Algorithm fusion for automated sea mine detection and classification, in *Proc. IEEE OCEANS Conf.*, Honolulu, HI, 23-26 April 2001.
- [25] Sawas J., Petillot Y., Pailhas Y., Cascade of boosted classifiers for rapid detection of underwater objects, *European Conference on Underwater Acoustics*, Istanbul, Turkey, 5-9 July 2010.
- [26] Wang X., Wang H., Ye X., Zhao L., Wang K., A novel segmentation algorithm for side-scan sonar imagery with multi-object, *IEEE Proc. Int. Conf. on Robotics and Biometrics*, Sanya, China, 15-18 December 2007.

- [27] Calder B. R., Linnett L. M., Carmichael D. R., Bayesian approach to object detection in sidescan sonar, *IEE Proc. Vision, Image and Signal Processing*, Dublin, Ireland, 14- 17 July 1997.
- [28] Redfield S. A., Huynh Q., Hypercomplex fourier transform applied to detection for side scan sonar, *MTS/IEEE Oceans'02*, Mississippi, U.S.A., 29-31 October 2002.
- [29] Liu Z., Tian X., Zhou D., Man-made object detection algorithm of sonar image based on texture analysis, *In the Proceedings of 8th International Conference on Signal Processing (ICSP 06)*, Beijing, China, 16-20 November 2006.
- [30] Huang N. E., Shen Z., Long S. R., Wu M. C., Shih H. H., Zheng Q., Yen N. C., Tung C. C., Liu H. H., The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis, *Proc. R. Soc. London. A.*, 1998, **454**, 903-995.
- [31] Zhidong Z., Yang W., A new method for processing end effect in empirical mode decomposition, *In the Proceedings of International Conference on Communications, Circuits and Systems*, Kokura, Japan, 11-13 July 2007.
- [32] Janusauskas A., Jurkonis R., Lukosevicius A., Kurapkiene S., Paunksnis A., The empirical mode decomposition and the discrete wavelet transform for detection of human cataract in ultrasound signals, *Informatika, Lith. Acad. Sci.*, 2005, **16**, 541-556.
- [33] Weng B., Blanco-Velasco M., Barner K. E., Baseline wander correction in ECG by the empirical mode decomposition, *Bioengineering Conference*, Easton, U.S.A., 21-25 June 2006.
- [34] Krupa N., Mohd M. A., Zahedi E., The application of empirical mode decomposition for the enhancement of cardiocograph signals, *Physiological Measurement*, 2009, **30**, 729-743.
- [35] Bhagavatula R., Savvides M., Analyzing facial images using empirical mode decomposition for illumination artifact removal and improved face recognition, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Honolulu, Hawaii, U.S.A., 15-20 April 2007.
- [36] Linderhed A., Image compression based on empirical mode decomposition, *Proc. of SSAB Symposium Image Analysis*, Uppsala, Sweden, 11-12 March 2004.
- [37] Wu K. L., Hsieh P. F., Empirical mode decomposition for dimensionality reduction of hyperspectral data, *IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing*, Seoul, Korea, 25-29 July 2005.
- [38] Demir B., Ertürk S., Empirical mode decomposition pre-process for higher accuracy hyperspectral image classification, *IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Boston, Massachusetts, U.S.A, 7-11 July 2008.

- [39] Liu Z., Liao Z., Sang E., Noise removal of sonar image using empirical mode decomposition, *SPIE Proceeding of Image Analysis Technique*, 2005, **6044N**, 1-9.
- [40] Lee J. C., Huang P. S., Chiang C. S., Tu T. M., Chang C. P., An empirical mode decomposition approach for iris recognition, *Image Processing, 2006 IEEE International Conference on*, Atlanta, U.S.A., 8-11 October 2006.
- [41] Geman S., Geman D., Stochastic Relaxation, Gibbs distributions and the bayesian restoration of images, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1984, **6**, 721-741.
- [42] Şengür A., Türkoğlu İ., İnce M. C., Unsupervised image segmetation using Markov Random fields, *Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI)*, 2006, **3949**, 158– 167.
- [43] Kato Z., Zerubia J., Berthod M., Unsupervised paralel image classification using Markovian models, *Pattern Recognition*, 1999, **32**, 591-604.
- [44] Dubes R. C., Jain A. K., Nadabar S. G., Chen C. C., MRF model based algorithms for image segmentation, *Proceedings of the ICPR*, Atantic, U.S.A., 16-21 June 1990.
- [45] Chellappa R., Chatterjee S., Classification of textures using Gaussian Markov random fields, *IEEE Transactions Acoustic, Speech and Signal Processing*, 1985, **33**, 959-963.
- [46] Sarkar A., Biswas M. K., Sharma M. S., A simple unsupervised MRF model based image segmentation approach, *IEEE Transactions on Image Processing*, 2000, **9**, 801-812.
- [47] Cross G. R., Jain A. K., Markov random field texture models, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1983, **5**, 25-39.
- [48] Derin H., Cole W. S., Segmentation of textured images using Gibbs random fields, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 1986, **35**, 72-98.
- [49] Hassner M., Slansky J., The use of Markov random field as models of texture, *Computer Graphics Image Processing*, 1980, **12**, 357-370.
- [50] Chang T., Kuo C. T., Texture analysis and classification with tree-structured wavelet transform, *IEEE Transactions on Image Processing*, 1993, **2**, 429-441.
- [51] Cross G. R., Jain A. K., Markov random field texture models, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine. Intelligence*, 1983, **5**, 25–39.
- [52] Chellappaand R., Chatterjee S., Classification of textures using Gaussian Markov Random fields, *IEEE Transactions Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1985, **33**, 959-963.

- [53] Chellappa R., Chatterjee S., Bagdazian R., Texture synthesis and compression using Gaussian-Markov random field models, *IEEE Transactions Systems, Man, and Cybernetics*, 1985, **15**, 298-303.
- [54] Derin H., Elliott H., Kuang J., A new approach to parameter estimation for Gibbs random fields, in *IEEE Int. Conf. Accoust. Speech SignalProcess*, Tampa, Florida, U.S.A., 26-29 April 1985.
- [55] Dempster A., Laird N., Rubin D., Maximum likelihood estimation from incomplete data via the EM algorithm, *Journal of the Royal Statistical Society B.*, 1977, **39**, 1-38.
- [56] Chen W., Joo M., Wu S., Illumination compensation and normalization for robust face recognition using discrete cosine transform in logarithmic domain, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics B*, 2006, **36**, 458-466.
- [57] Viola P., Jones M. J., Robust real-time object detection, *ICCV Workshop on Statistical and Computation Theories of Vision*, Vancouver, Canada, U.S.A. 13-15 July 2001.
- [58] Sinha P., Object recognition via image invariants: a case study, *Investigation Ophthalmology and Visual Science*, Sarasota, Florida, U.S.A., 1-6 May 1994.
- [59] Gilbert A., Indyk P., Sparse recovery using sparse matrices, *Proceedings of IEEE*, 2010, **98**, 937-947.
- [60] Starck J. L., Donoho D. L., Candès E. J., Astronomical image representation by the curvelet transform, *Astronomy and Astrophysics*, 2003, **398**, 785-800.
- [61] Zibulevsky M., Pearlmutter B. A., Blind source separation by sparse decomposition in a signal dictionary, *Neural Computations*, 2001, **13**, 863-882.
- [62] Starck J. L., Cands E. J., Donoho D. L., The curvelet transform for image denoising, *IEEE Transactions on Image Processing*, 2002, **2**, 670-684.
- [63] Aharon M., K-SVD: An algorithm for designing overcomplete dictionaries for sparse representation, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2006, **54**, 4311-4322.
- [64] Sun H., Sun X., Wang H., Li Y., Li X., Automatic target detection in high-resolution remote sensing images using spatial sparse coding bag-of-words model, *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 2012, **9**, 109-113.
- [65] Mancera L., Portilla J., L0-Norm-based Sparse Representation Through Alternate Projections, in *IEEE Int'l Conf. on Image Proc.*, Atlanta, GA, U.S.A., 8-11 October 2006.
- [66] Tibshirani R., Regression shrinkage and selection via the LASSO, *Journal of the Royal Statistical Society B*, 1996, **58**, 267-288.

- [67] Mallat S., Zhang Z., Matching pursuit with time-frequency dictionaries, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 1993, **41**, 3397-3415.
- [68] Chen S. S., Basis pursuit, Ph.D. Thesis, Stanford University, Stanford, 1995.
- [69] Pati Y. C., Rezaifar R., Krishnaprasad P. S., Orthonormal matching pursuit: recursive function approximation with applications to wavelet decomposition, in *Proc. 27th Annual Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, CA, U.S.A., 1-3 November 1993.
- [70] Lawson C. L., Hanson R. J., *Solving least squares problems*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, 1995.
- [71] Jang J. S., ANFIS adaptive-network-based fuzzy inference systems, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1993, **23**, 665–685.
- [72] Arredondo M., Lebart K., A methodology for the systematic assessment of underwater video processing algorithms, *IEEE OCEANS 05 Europe Conference*, Brest, France, 20-23 June 2005.
- [73] Abril L., Méndez T., Dudek G., Color correction of underwater images for aquatic robot inspection, *Lecture Notes in Computer Science*, 2005, **3757**, 60-73.
- [74] Schettini R., Corchs S., Underwater image processing: state of the art of restoration and image enhancement methods, *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2010, **2010**, 1-15.
- [75] Bazeille S., Quidu I., Jaulin L., Malkasse J. P., Automatic underwater image pre-processing, in *Proceedings of the Characterisation du Milieu Marin (CMM'06)*, Brest, France, 16-19 October 2006.
- [76] Bazeille S., Vision sous-marine monoculaire pour la reconnaissance d'objets, Ph.D. Thesis, University of Western Brittany, Brest, France, 2008.
- [77] Chambah M., Semani D., Renouf A., Courtellemont P., Rizzi A., Underwater color constancy: enhancement of automatic live fish recognition, in *Proceedings of SPIE Color Imaging IX: Processing, Hardcopy, and Applications*, San Jose, U.S.A., 20-22 January 2004.
- [78] Rizzi A., Gatta C., Marini D., A new algorithm for unsupervised global and local color correction, *Pattern Recognition Letters*, 2003, **24**, 1663–1677.
- [79] Iqbal K., Abdul S. R., Osman A., Zawawi A., Underwater image enhancement using an integrated color model, *International Journal of Computer Science*, 2007, **34**, 239-244.
- [80] Arnold-Bos A., Malkasse J. P., Kerven G., A preprocessing framework for automatic underwater images denoising, in *Proceedings of the European Conference on Propagation and Systems*, Brest, France, 15-18 March 2005.

- [81] Mendez L. A., Dudek G., Color correction of underwater images for aquatic robot inspection, in *Proceedings of the 5th International Workshop on Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition (EMMCVPR'05)*, Fl, U.S.A., 9-11 November 2005.
- [82] Ahlen J., Sundgren D., Bengtsson E., Application of underwater hyperspectral data for color correction purposes, *IEEE Pattern Recognition and Image Analysis*, 2007, **17**, 170–173.
- [83] Chiang J. Y., Chen Y., Underwater image enhancement by wavelength compensation and dehazing (WCID), *IEEE Transactions on Image Proc.*, 2012, **21**, 1756–1769.
- [84] He K., Sun J., Tang X., Single image haze removal using dark channel prior, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2011, **33**, 2341-2353.
- [85] Mitchel M., *An introduction to genetic algorithms*, 5th ed., MIT Press, 1999.
- [86] Holland J. H., *Adaptation in natural and artificial systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- [87] Moorkamp M., *Genetic algorithms a step by step tutorial*, Barcelona, 2005.
- [88] Yang Y., Park D. S., Huang S., Medical image fusion via an effective wavelet based approach, *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2010, **2010**, 1-14.
- [89] Wu J., Huang H. L., Qiu Y., Remote sensing image fusion based on average gradient of wavelet transform, *IEEE International Conference on Mechatronics Automation*, Canada, U.S.A., 29 July-1 August 2005.
- [90] Ward G., Reinhard E., Pattanaik S., Debevec P., *High dynamic range imaging: acquisition, display, and image-based lighting*, Morgan Kaufmann Publisher, 2005.
- [91] Shen F., Zhao Y., Jiang X., Suwa M., Recovering high dynamic range by multi-exposure retinex, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 2009, **20**, 521-531.
- [92] Mann S., Picard R., Being undigital with digital cameras: extending dynamic range by combining differently exposed pictures, *In Proc. of IST's 46th Annual Conference*, Boston, U.S.A., 7-11 May 1995.
- [93] Debevec P. E., Malik J., Recovering high dynamic range radiance maps from photographs, *ACM Transactions on Graphics, SIGGRAPH 1997 Conference Proceedings*, San Diego, U.S.A., 3-8 August 1997.
- [94] Robertson M. A., Borman S., Stevenson R. L., Dynamic range improvement through multiple exposures, *IEEE International Conference on Image Processing*, Kobe, Japan, 24-28 October 1999.

- [95] Nayar S. K., Mitsunaga T., High dynamic range imaging: spatially varying pixel exposures, in *Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Hilton Head Island, SC, U.S.A., 13-15 June 2000.
- [96] Ward G., Fast, robust image registration for compositing high dynamic range photographs from hand-held exposures, *Journal of Graphics*, 2003, **8**, 17-30.
- [97] Im J., Lee S., Paik J., Improved elastic registration for ghost artifact free high dynamic range imaging, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2011, **57**, 932-935.
- [98] Jaehyun I., Jaehwan J., Monson H., Single image-based ghost-free high Dynamic range imaging using local histogram stretching and spatially-adaptive denoising, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2011, **57**, 1478-1484.
- [99] Pei S., Zeng Y., Ding J., Color images enhancement using weighted histogram separation, *IEEE Conf. Int. Conf. Image Processing*, Atlanta, U.S.A., 8-11 October 2006.
- [100] Pizer S. M., Adaptive histogram equalization and its variations, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1987, **39**, 335-368.
- [101] Tomasi C., Manduchi R., Bilateral filtering for gray and color images, *In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, Bombay, India, 4-7 January 1998.
- [102] Salvador G., Source G. C., Blind image quality assessment through anisotropy, *Journal of The Optical Society of America A-Optics Image Science and Vision*, 2007, **24**, 42-51.
- [103] Narvekar N. D., Karam L. J., A no-reference image blur metric based on the cumulative probability of blur detection (CPBD), *IEEE Transactions on Image Processing*, 2011, **20**, 2678-2683.
- [104] <http://www.youtube.com/user/bubblevision> (Ziyaret tarihi: 15 Aralık 2011).

KİŞİSEL YAYINLAR ve ESERLER

- [1] **Taşyapı Çelebi A.**, Ertürk S., Visual Enhancement of Underwater Images using Empirical Mode Decomposition, *Expert System With Applications*, 2012, **39**, 800-805.
- [2] **Taşyapı Çelebi A.**, Ertürk S., Sualtı Görüntülerinde Ampirik Kip Ayrışımı ve Dalgacık Gürültü Giderimine Dayalı Görsel İyileştirme, *IEEE 20th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU'2012)*, Fethiye, Türkiye, 18-20 Nisan. 2012.
- [3] **Taşyapı Çelebi A.**, Güllü K., Ertürk S., Yandan Taramalı Sonar İmgelerinde Parlaklık Dengelemeli Markov Rassal Alanları Kullanarak Mayın Tespiti, *IEEE 19th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU'2011)*, Antalya, Türkiye, 20-23 Nisan. 2011.
- [4] **Taşyapı Çelebi A.**, Güllü K., Ertürk S., Görüntüleme Sonarı İle Yakalanan Görüntülerde Bulanık Mantık Temelli Engel Tespiti, *IEEE 19th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU'2011)*, Antalya, Türkiye, 20-23 Nisan. 2011.
- [5] **Taşyapı Çelebi A.**, Ertürk S., Empirical mode decomposition based visual enhancement of underwater images, *Image Processing Theory, Tools and Applications, IPTA 2010*, Paris, Fransa, 7-10 Temmuz, 2010.
- [6] **Taşyapı Çelebi A.**, Ertürk S., Target Detection in Sonar Images using Empirical Mode Decomposition and Morphology, *Undersea Defence Technology (UDT 2010)*, Hamburg, Almanya, 8-10 Haziran 2010.
- [7] **Taşyapı Çelebi A.**, Ertürk S., Sonar imgelerinde Ampirik Kip Ayrışımı ve Morfolojik işlemler kullanarak hedef tespiti, *IEEE 18th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU'2010)*, Diyarbakır, Türkiye, 20-22 Nisan. 2010.

ÖZGEÇMİŞ

1980 Çanakkale doğumlu olan Aysun Taşyapı Çelebi lisans ve yüksek lisans derecelerini sırasıyla 2002 ve 2008 yıllarında Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden aldı. 2008 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine devam etmektedir. Yüksek lisans eğitimi sırasında Prof. Dr. Sarp Ertürk ile birlikte Biyometrik Tanıma üzerine çalıştı.