

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜ DİZİLERİ İÇİN DÜŞÜK SINYAL-GÜRÜLTÜ
ORANINDA OTOMATİK HEDEF TESPİTİ**

Seyit TUNÇ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2016

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Seyit TUNÇ tarafından hazırlanan “Kızılötesi Görüntü Dizileri İçin Düşük Sinyal-Gürültü Oranında Otomatik Hedef Tespiti” adlı tez çalışması 27/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Hakkı Alparslan ILGIN



Jüri Üyeleri:

Başkan: Doç. Dr. İlkey ULUSOY PARNAS

O.D.T.Ü/Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı



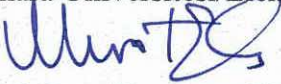
Üye : Doç. Dr. Süleyman TOSUN

Hacettepe Üniversitesi/Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Murat EFE

Ankara Üniversitesi/Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Yrd. Doç. Dr. Aykut KALAYCIOĞLU

Ankara Üniversitesi/Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakkı Alparslan ILGIN

Ankara Üniversitesi/Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

27 Haziran 2016

Seyit TUNÇ

ÖZET

Doktora Tezi

KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜ DİZİLERİ İÇİN DÜŞÜK SİNYAL-GÜRÜLTÜ ORANINDA OTOMATİK HEDEF TESPİTİ

Seyit TUNÇ

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hakkı Alparslan ILGIN

Otomatik hedef tespiti çeşitli gözetleme ve güvenlik uygulamaları için ilk ve önemli bir adımdır. Kızılötesi görüntülerde, görüntüleyici ile hedef arasındaki mesafenin fazla olması, kötü hava koşulları ya da hedefin karmaşık arka planda yer alması, hedefin genellikle düşük sinyal-gürültü oranında olmasına sebep olmaktadır. Bu tez çalışmasında da, bir sahnede yer alan düşük sinyal-gürültü oranına sahip hedeflerin otomatik olarak tespit edilebilmesi için hedef sinyalinin iyileştirilmesi üzerine durulmuştur. Kızılötesi görüntülerde ilgilenilen hedefler düşük sinyal gürültü oranında olsa bile çıkıntılı ve insan görü sistemi için dikkat çeker bölgeler olduğu farkedilmiştir. Bu sebeple problemin çözümü için insan görü sistemi modelleri üzerine odaklanılmıştır. Çalışma kapsamında, sahnedeki bir hedefin tespit edilebilirliğini sayısal olarak tanımlayan bir kıstas ve birçok koşulda parametre değişimine ihtiyaç duymadan hedefi yüksek başarımda otomatik olarak tespit edebilen bir yöntem önerilmiştir. Ayrıca burada uygulanan problem çözme yaklaşımının da birçok çalışma için uygulanabilir olduğu ve yüksek başarımlı sergileyebilecek çözümlerin önerilmesi için kullanılabilmesi değerlendirilmektedir. Önerilen nesnel kıstas, hedef sinyalinin arka plana oranlanmasıyla elde edilmektedir. Hedef sinyali her bir hedef pikselinin arka plan ortalaması arasındaki kontrastı, arka plan ise görüntünün standart sapması üzerinden temsil edilmektedir. Sentetik ve gerçek görüntüler üzerinde, önerilen nesnel kıstas ve literatürde sıklıkla kullanılan diğer nesnel kıstaslar, öznel değerlendirme sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda yeni tanımın öznel değerlendirmeye en yakın sonucu verdiği görülmüştür. Önerilen otomatik hedef tespiti yönteminde ise faz spektrumu kullanılmaktadır ve çoklu standart sapmalı Gauss karışım modeli bir filtre ile görüntü yumşatılarak sonuca ulaşılmaktadır. Yöntemin başarımlı yaygın kullanılan çıkıntı tespit yöntemleri ile iyileştirme ve tespit kabiliyeti ve işlem gücü ihtiyacı açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda diğer yöntemler bazı test görüntülerinde başarılı bazılarında ise başarısız olmaktadır. Başarısız olunan senaryolarda da başarılı olabilmesi için farklı parametre grubu ile bu yöntemlerin ayarlanması gerekmektedir. Önerilen yöntem ise parametre değiştirilmeksizin, yani ön bilgi olmaksızın, hemen hemen tüm senaryolarda yeterli başarımlı sergilemektedir ve gerçek-zaman uygulamalarında da kullanılabilir olduğu değerlendirilmektedir.

Haziran 2016, 173 sayfa

Anahtar Kelimeler: Görsel hedef tespiti, düşük SNR, sönük nesne, görsel dikkat, çıkıntı

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

AUTOMATIC TARGET DETECTION IN LOW SIGNAL TO NOISE RATIO FOR INFRARED IMAGE SEQUENCES

Seyit TUNÇ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hakkı Alparslan ILGIN

Automatic target detection is the first and very important step for various surveillance and security applications. Long distance between imager and targets, bad weather conditions or cluttered background mostly cause low signal-to-noise ratio in infrared images. In this thesis, enhancement of target signal in a scene consisting low signal-to-noise ratio is considered in order to detect target automatically. It is realized that interested targets are salient regions and attract attention of human visual system even if they have low signal-to-noise ratio in infrared images. For that reason human visual system models are focused to solve the problem. A metric defining detectability of a target in a scene objectively and a method able to detect target in high performance without requiring any parameter tuning are introduced in this study. Additionally, the problem solving approach utilized here may be applicable into several studies and used to propose solution methods that may show high performance. The proposed objective metric is obtained by dividing target signal by background. Target signal is represented by contrast between each target pixel and mean of background pixels while background is represented by standard deviation of image in this metric. The introduced and the other objective metrics widely used in the literature are compared with subjective evaluation results using synthetic generated and real world images. According to the comparison results the new definition gives the closest trend to the subjective evaluation. Phase spectrum is used and results are smoothed by a Gaussian mixture model filter with multiple standard deviation in the proposed automatic target detection method. Its performance is compared with well-known saliency detection methods in enhancement and detection capabilities and required execution time. As a result of the comparison the other methods are failed in some test images. Different parameter sets should be employed in those methods to achieve successful results in those images. In contrast to other methods, the proposed method have sufficient results in almost all test images without any parameter tuning, in other words without prior information, and is put to good use in real-time applications.

June 2016, 173 page

Key Words: Visual target detection, low SNR, dim object, visual attention, saliency

TEŞEKKÜR

Danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakkı Alparslan ILGIN'a, Tez İzleme Komitesi'nde yer alan Sayın Doç. Dr. Murat EFE'ye ve Sayın Doç. Dr. Ilkay ULUSOY'a teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince verdiği maddi destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Değerli yorumları ve bilgisiyle çalışmaya katkı sağlayan Sayın Dr. Ulaş KÜRÜM ve tez konusunun belirlenmesine imkan tanıyan Sayın Nuri ALTÜRK ve Sayın Bülent SEMERCİ başta olmak üzere çalışmayı destekleyen tüm Roketsan ailesine anlayışlarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Hayatıma girdiği günden itibaren her türlü desteği benden esirgemeyen sevgili eşim Aslı TUNÇ'a minnettarım.

Son olarak, tüm yaşamım boyunca her an desteklerini hissettiğim, fedakarlıklarıyla eğitim hayatımdaki engelleri aşmamı kolaylaştıran başta babam Rahmi TUNÇ olmak üzere tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Seyit TUNÇ

Ankara, Haziran 2016

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE TEMSİLİ	5
2.1 Problemi Etkileyen Etmenler	5
2.2 Temel Senaryoların Belirlenmesi.....	6
2.3 Tespit Edilebilirliğin Nesnel Olarak Temsili	10
2.3.1 SGO tanımları ve tanımlar üzerine yorumlar	12
2.3.2 Deneysel sonuçlar ve tartışma.....	17
2.3.3 Sonuç	25
3. ZORLU KOŞULLARDA HEDEF TESPİTİ	26
3.1 Literatür Araştırması	27
3.2 Genel Bir Yaklaşım	33
3.3 Dayanak Algoritmalar	35
3.3.1 Spektral Artıklık	35
3.3.2 Frekans Ayarlı.....	36
3.3.3 Görüntü İşareti.....	37
3.4 Tespit İçin Faz Faktörünün Önemi	38
3.5 Çoklu Standart Sapma Tabanlı Çıkıntı Yöntemi	42
3.5.1 Parametrelerin analizi	44
3.5.1.1 Filtre parametreleri arasındaki ilişki	44
3.5.1.2 Ölçeklendirme katsayısı ile filtre standart sapması arasındaki ilişki	49
3.5.2 Önerilen filtre	65
3.5.3 Önerilen filtrede matematiksel sadeleştirme etkisi	70
3.5.4 Görüntü sınırlarındaki süreksizlik.....	72
4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	74
4.1 İyileştirme Sonuçları ve Tartışma	74
4.2 Tespit Sonuçları ve Tartışma	88
4.3 Hesaplama Zamanı Sonuçları ve Tartışma	124
4.4 Çoklu Standart Sapma Tabanlı Filtrenin Dayanak Algoritmalara Uygulanması	124
4.4.1 İyileştirme sonuçları ve tartışma	125
4.4.2 Tespit sonuçları ve tartışma	134
4.5 Önbilgi Olması Durumunda Karşılaştırma Sonuçları ve Tartışma	145
4.6 Veri Kümelerinde Olmayan Senaryolarda Karşılaştırma Sonuçları ve Tartışma	149
4.6.1 İyileştirme sonuçları ve tartışma	150
4.6.2 Tespit sonuçları ve tartışma	156
5. SONUÇ	162

KAYNAKLAR	165
ÖZGEÇMİŞ.....	172



KISALTMALAR DİZİNİ

AİK (ROC)	Alıcı İşletim Karakteristiği (Receiver Operating Characteristic)
AKD (DCT)	Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Discrete Cosine Transform)
APBF (BSF)	Arka Plan Baskılama Faktörü (Background Suppression Factor)
EAA (AUC)	Eğri Altındaki Alan (Area Under Curve)
FA (FT)	Frekans Ayarlı (Frequency Tuned)
FFD (POFT)	Faz Fourier Dönüşümü (Phase only Fourier Transform)
iMRG (fMRI)	İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (Functional Magnetic Resonance Imaging)
Gİ (IS)	Görüntü İşareti (Image Signature)
EKÇSF (MRTD)	En Küçük Çözülebilir Sıcaklık Farkı (Minimum Resolvable Temperature Difference)
GESF (NETD)	Gürültüye Eşdeğer Sıcaklık Farkı (Noise Equivalent Temperature Difference)
KGO (CNR)	Kontrast Gürültü Oranı (Contrast-to-Noise Ratio)
ptSGO (pwSNR)	Piksel Tabanlı Sinyal-Gürültü Oranı (Pixel Wise Signal-to-Noise Ratio)
SA (SR)	Spektral Artıklık (Spectral Residue)
SKO (SCR)	Sinyal-Karmaşıklık Oranı (Signal-to-Clutter Ratio)
SGO (SNR)	Sinyal-Gürültü Oranı (Signal-to-Noise Ratio)
OTCBVS	Object Tracking and Classification Beyond the Visible Spectrum
ÖY	Önerilen Yöntem
TÖT (TBD)	Tespit Öncesi Takip (Track Before Detect)
UD	Uygulanabilir Değil
VIVID	Video Verification of Identity
YSAPO (LSBR)	Yerel Sinyal Arka Plan Oranı (Local Signal-to-Background Ratio)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Sentetik görüntü modeli.....	18
Şekil 2.2	Farklı SGO tanımlarının sınanacağı sentetik senaryolar ve araç senaryoları.	19
Şekil 2.3	Öznel değerlendirme ile sentetik görüntüler ve araç görüntülerinde elde edilen sonuçlar.....	22
Şekil 2.4	Farklı SGO tanımları ile sentetik görüntüler ve araç görüntülerinde elde edilen sonuçlar.....	23
Şekil 2.5	Yayaların olduğu görüntü.....	24
Şekil 2.6	Yayaların olduğu görüntüde elde edilen sonuçlar.....	25
Şekil 3.1	Düşük SGO’da hedef tespiti için genel akış diyagramı.....	34
Şekil 3.2	Spektral artıklık ve faz spektrumu karşılaştırması.....	40
Şekil 3.3	Genlik ve faz bilgisini göstermek için kullanılan örnek görüntü.....	41
Şekil 3.4	Doğada yer alan insan yapılarının kızılötesi görüntüsü.....	42
Şekil 3.5	Faz faktörü temelli yöntemin genel akışı.....	43
Şekil 3.6	Filtre standart sapması ile boyutu arasındaki ilişki.....	46
Şekil 3.7	En iyi başarıyı sergileyen filtreye ait parametre değerleri.....	47
Şekil 3.8	Filtre boyutunun çift ve tek sayı olması durumu.....	48
Şekil 3.9	Farklı hedef boyutlarında düşük ve normal SGO’ya ait 3B sonuçlar.....	51
Şekil 3.10	Farklı hedef boyutlarında düşük ve normal SGO’ya ait 2B sonuçlar.....	53
Şekil 3.11	Farklı hedef boyutlarında düşük, normal ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin 3B sonuçları.....	56
Şekil 3.12	Farklı hedef boyutlarında düşük, normal ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin 2B sonuçları.....	58
Şekil 3.13	Farklı hedef boyutlarında elde edilen iyileştirme sonuçları.....	61
Şekil 3.14	Yapı 1 ve Yapı 2 ile elde edilen iyileştirme sonuçları.....	66
Şekil 3.15	Farklı filtreler.....	69
Şekil 3.16	Sadeleştirmenin iyileştirme görüntüleri üzerine etkisi.....	71
Şekil 3.17	Faz faktörü temelli yöntem ile görüntü sınırlarında oluşan çıkıntı.....	73
Şekil 3.18	2B Fourier dönüşümünün periyodikliği.....	73
Şekil 4.1	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO sonuçları.....	79
Şekil 4.2	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen KGO sonuçları.....	80
Şekil 4.3	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları.....	80
Şekil 4.4	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.....	81
Şekil 4.5	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri.....	89
Şekil 4.6	Temel senaryoların tümü için dayanak yöntemler ve ÖY ile elde edilen genel AİK eğrisi.....	96
Şekil 4.7	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen EAA sonuçları.....	99
Şekil 4.8	1. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.....	101
Şekil 4.9	2. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.....	101

Şekil 4.10	3. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	102
Şekil 4.11	4. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	102
Şekil 4.12	5. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	103
Şekil 4.13	6. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	103
Şekil 4.14	7. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	104
Şekil 4.15	8. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	104
Şekil 4.16	9. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	105
Şekil 4.17	10. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	105
Şekil 4.18	11. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	106
Şekil 4.19	12. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	106
Şekil 4.20	13. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	107
Şekil 4.21	14. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	107
Şekil 4.22	15. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	108
Şekil 4.23	16. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	108
Şekil 4.24	17. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	109
Şekil 4.25	18. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	109
Şekil 4.26	19. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	110
Şekil 4.27	20. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	110
Şekil 4.28	21. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	111
Şekil 4.29	22. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	111
Şekil 4.30	23. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	112
Şekil 4.31	24. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	112
Şekil 4.32	25. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	113
Şekil 4.33	26. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	113
Şekil 4.34	27. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	114
Şekil 4.35	28. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	114
Şekil 4.36	29. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	115
Şekil 4.37	30. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	115
Şekil 4.38	31. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	116
Şekil 4.39	32. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	116
Şekil 4.40	33. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	117
Şekil 4.41	34. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	117
Şekil 4.42	35. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	118
Şekil 4.43	36. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	118
Şekil 4.44	37. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	119
Şekil 4.45	38. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	119
Şekil 4.46	39. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	120
Şekil 4.47	40. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları.	120
Şekil 4.48	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları.	127
Şekil 4.49	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen KGO sonuçları.	127
Şekil 4.50	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları.	128
Şekil 4.51	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.	129
Şekil 4.52	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri.	135

Şekil 4.53	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile tüm senaryolar için elde edilen genel AİK eğrisi.	142
Şekil 4.54	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen EAA sonuçları.	144
Şekil 4.55	En iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.	146
Şekil 4.56	Senaryo 1 üzerinde en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri.	147
Şekil 4.57	Senaryo 2 üzerinde en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri.	147
Şekil 4.58	Tüm senaryolar için en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen genel AİK eğrisi.	148
Şekil 4.59	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO sonuçları.	152
Şekil 4.60	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları.	152
Şekil 4.61	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.	153
Şekil 4.62	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri.	157
Şekil 4.63	Veri kümelerinde olmayan senaryoların tümü için dayanak yöntemler ve ÖY ile elde edilen genel AİK eğrisi.	160
Şekil 4.64	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen EAA sonuçları.	161

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Hedef tespiti probleminin zorluk derecesini belirleyen kök nedenler	6
Çizelge 2.2	Hedef tespiti probleminde senaryoların zorluğuna dair örnek derecelendirme sonuçları	8
Çizelge 2.3	Temel senaryoların karakteristikleri	9
Çizelge 2.4	Tanımların özeti	16
Çizelge 3.1	Filtre standart sapması ve boyutu arasındaki ilişkinin belirlenmesi için kullanılan senaryolar	45
Çizelge 3.2	Sekizinci koşum için yaklaşımın başarımı	48
Çizelge 3.3	Ölçeklendirme katsayısı ile filtre standart sapması ilişkinin belirlenmesi için kullanılan referans senaryolar.	49
Çizelge 3.4	Farklı hedef boyutlarında filtre standart sapmasının alabileceği uygun değerlerin sınırları	64
Çizelge 3.5	Farklı koşullarda yüksek başarımlı sağlayan iki yapılandırma	66
Çizelge 3.6	Küçük hedefte iki farklı yapılandırma ile elde edilen değerler	67
Çizelge 3.7	Büyük hedefte iki farklı yapılandırma ile elde edilen değerler	68
Çizelge 3.8	Sadeleştirmenin ptSGO sonuçları üzerine etkisi	71
Çizelge 3.9	Sadeleştirmenin gereken işlem zamanı üzerine etkisi.	72
Çizelge 4.1	Temel senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları	77
Çizelge 4.2	Temel senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları	78
Çizelge 4.3	Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen sınırlandırılmış ortalama ptSGO sonuçları	87
Çizelge 4.4	Temel senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen EAA sonuçları	98
Çizelge 4.5	FFD ve ÖY kullanılarak iyileştirilmiş görüntülere ait ortalama ve standart sapma değeri ve kullanılan eşik değerler	121
Çizelge 4.6	Ortalama işlem süresi sonuçları	124
Çizelge 4.7	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları	126
Çizelge 4.8	Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen EAA sonuçları	143
Çizelge 4.9	En iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen ptSGO sonuçları.	146
Çizelge 4.10	En iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen EAA sonuçları.	148
Çizelge 4.11	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları	150
Çizelge 4.12	Veri kümelerinde olmayan senaryolarda yöntemler ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları	151

1. GİRİŞ

Nesnelerin termal yayını ve yansıtıcılığını algılaması sebebiyle kızılötesi görüntüleyiciler, gece görüş kabiliyetine ihtiyaç duyabilen araç destek sistemleri, arama kurtarma gibi sivil uygulamaların yanı sıra, gözetleme sistemleri, güdümlü füze uygulamaları gibi savunma alanlarında da sıklıkla tercih edilmektedir. Dahil olduğu sisteme kazandırdığı gece görüş kabiliyetine karşın, kızılötesi görüntüleyicilerin ürettiği veriler, yani kızılötesi görüntüler, ilgilenilen nesne ve sahne hakkında yetersiz bilgi sunabilmektedir. Buna neden olan başlıca etmenlere; görünür dalga boyunda elde edilen görüntülere oranla kızılötesi görüntülerde renk bilgisinin olmaması, daha az doku bilgisi içermesi, düşük uzaysal çözünürlük gibi sebepler sıralanabilir. Ayrıca, görüntüleyici ile ilgilenilen nesne arasındaki mesafenin ya da nesnenin içinde bulunduğu sahnede arka plan karmaşıklığının fazla olması, düşük sinyal-gürültü oranına (SGO, signal-to-noise ratio - SNR) neden olmaktadır. İlgilenilen nesneye dair anlamlı bilgi çıkartmayı amaç edinen nesne/hedef takibi ve tespiti gibi algoritmalar için düşük SGO zorlayıcı bir koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir başka zorlayıcı durum ise kızılötesi görüntülerin, gün ışığı kameralara oranla daha az yaygın kullanılıyor olmasıdır. Bu sebeple, farklı koşullar altında ilgilenilen nesnelerin görünüşüne yönelik yeterince bilgiye kızılötesi görüntülerde sahip olunamamaktadır. Bu da akıllı algoritmaların, çeşitli koşullarda yüksek başarımla sergileyebilmeleri için önbilgiye ihtiyaç duymaksızın hayatlarını devam ettirebilmeleri zorluğunu getirmektedir.

Görsel nesne tespiti ve takibi, gözetleme ve güvenlik uygulamaları için önemli bir konudur. Görsel nesne takibi, bir görüntü dizisi üzerinde bir nesnenin yörüngesinin kestirilmesidir (Goszczyńska 2011). Bir başka deyişle her bir çerçevede ilgilenilen nesnenin tespit edilerek etiketlenmesidir. İlgilenilen nesne sivil uygulamalarda; futbol topu, tenis raketi, insan ya da araba gibi varlıklar olabilirken, askeri uygulamalarda ise; tank, zırhlı personel taşıyıcı, savaş gemisi, firkateyn, askeri uçak, helikopter ya da füze gibi hedefler olabilir. Görüş alanına ilk defa giriş yapan nesnelerin veya görüş alanında var olan nesneler arasından takip için ilgilenilenlerin her bir çerçevede tespit edilmesi, tipik bir nesne takibi problemi için gereklidir.

Güvenlik uygulamalarında, nesnenin/hedefin olabildiğince erken tespit edilmesi, önleyici tedbirlerin alınmasını amaçlayan savunma sistemleri için kritik önem arz etmektedir. İlgilenilen hedefin erken tespit edilmesi hedefin hareketlerine karşı savunma sisteminin tepki verebilmesi için ihtiyaç duyulan süreyi sağlamaktadır. Eğer görüntüleyicinin bulunduğu platform ile hedef arasındaki mesafenin zaman içerisinde azaldığı bir problem ile ilgileniliyorsa, hedefin görüntüde yer almaya başladığı ilk andan itibaren tespit için ihtiyaç duyulan sürenin azaltılması uzak mesafelerden hedefin tespit edilmesi gerekliliğini getirmektedir. Algılayıcı (sensor) olarak kızılötesi görüntüleyici modül kullanılan sistemlerde, hedef ile aradaki mesafe arttıkça elde edilen görüntü üzerinde hedefin kapladığı alan ve hedeften elde edilen ışımaya, atmosferik sönüm sebebiyle, azalmaktadır. Bu da hedefin düşük kontrastlı iken tespit edilmesi gerekliliğini doğurmaktadır.

Bu çalışmada, hedefe dair önbilginin olmadığı durumlarda, yukarıda bahsedilen faydaların sağlanabilmesi ve karmaşık bir arka planda da hedefin tespit edilebilmesi amacıyla, düşük SGO'ya sahip hedefin/hedeflerin otomatik tespiti problemiyle ilgilenilmektedir. Sistematik bir yaklaşım ile probleme çözüm aranmaktadır. Bu yaklaşım şöyle özetlenebilir:

- Problemi etkileyen kök nedenlerin (root cause) belirlenmesi,
- Problemin temsil edilmesi,
- Problemin nesnel olarak ifade edilmesi,
- Mevcut yöntemler arasından problemi çözmeye aday yöntemlerin seçilmesi,
- Aday çözüm yöntemlerinin koşullara bağlı olarak kabiliyetlerinin ortaya konulması,
- Eksikliklerin belirlenerek yeni bir çözümün önerilmesidir.

Öncelikle problem ve mevcut çözüm yöntemleri detaylıca incelenmiştir. İnceleme sonucunda probleme etki eden faktörler ortaya konmuş ve karşılaşılabilecek koşulları temsil etmeye aday öz senaryolar seçilmiştir. Gerçek görüntülerin yanı sıra problemi temsil edebilecek sentetik görüntüler oluşturmak için matematiksel model

belirlenmiştir. Böylece bu matematiksel model ile oluşturulan sentetik görüntüler üzerinde algoritmaların sınırları ortaya konulabilmektedir.

Senaryoların zorluğunun ifade edilebilmesi ve çözüm yöntemlerinin başarımlarındaki koşullara bağlı değişimlerin belirlenebilmesi için sayısal değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntüleri nitelendirmek amacıyla kullanılan bu sayısal değerlerin güvenilirliğinin yüksek olmasının gerekliliği fark edilmiştir. Bu doğrultuda mevcut nesnel değerlendirme kıstasları incelenmiş ve bu yöntemlerin eksikliklerini kapatabilmek amacıyla bir görüntüde hedefin ayırt edilebilirliğini tanımlayan, yeni bir nitelendirme kıstası önerilmiştir. Önerilen bu nesnel kıstas çalışmanın literatüre ilk katkısı olarak değerlendirilebilir. Yeni tanım her bir hedef pikselinin arka plan ortalaması ile kontrastını dikkate almaktadır. Tanımda, hedef piksellerinin kontrastının ortalaması hedef sinyalini, arka plan piksellerinin standart sapması ise arka planı temsil etmektedir.

Sonrasında, nitelendirme kıstaslarının kullanılmasıyla, mevcut çözüm yöntemlerinin hangi parametreler ile hangi koşullar için uygulanabilir olduğu incelenebilmiştir. Elde edilen inceleme sonuçları ışığında, önbilgiye ihtiyaç duymayan, zorlu koşullarda yüksek başarımla sergileyebilen ve gerçek zaman uygulamalarında kullanılabilir bir otomatik hedef tespit yöntemi önerilmiştir. Tezin literatüre ikinci katkısının ise önerilen bu otomatik hedef tespit yönteminin olduğu söylenebilir. Önerilen bu otomatik hedef tespiti yöntemi, Fourier dönüşümü sonucu elde edilen faz spektrumunu ve çoklu standart sapmalı Gauss karışım modeli bir filtreyi kullanmaktadır. Gauss karışım modeli filtre, probleme yönelik detaylı analizler sonucu tasarlanmıştır ve bir çok koşul altında yöntemin tatmin edici başarımla göstermesine olanak sağlamaktadır.

Sistematik bir şekilde problemin ele alındığı bu çalışmanın katkısını özetleyecek olursak, senaryodaki bir hedefin tespit edilebilirliğini sayısal olarak tanımlayan bir kıstas ve birçok koşulda parametre değişimine ihtiyaç duymadan hedefi yüksek başarımla otomatik olarak tespit edebilen bir yöntem önerilmiştir. Ayrıca burada uygulanan problem çözme yaklaşımının da birçok çalışma için uygulanabilir olduğu ve

yüksek başarımlı sergileyebilecek çözümlerin önerilmesi için kullanılacağı değerlendirilmektedir.



2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE TEMSİLİ

Bu bölümde, otomatik hedef tespiti probleminde kök neden olabilecek etkenleri belirlemek için yapılan araştırmaya, kök nedenlerin belirlenmesinin ardından problemi temsil etmek amacıyla seçilen temel senaryolara, senaryoların sayısal olarak ifade edilebilmesi için yapılan araştırmaya ve sonrasında önerilen nesnel tanımlama kistasına yer verilmektedir. Bu çalışmada, problemin tanımlanması, kök nedenlerin ve karşılaşılabilecek koşulların belirlenmesi ile; temsili ise, temel senaryolara karar verilmesi ve görüntülerdeki hedeflerin sayısal olarak ifade edilmesi ile gerçekleştirilmektedir.

2.1 Problemi Etkileyen Etmenler

Karşılaşılabilecek çoğu koşulu mümkün olduğunca az sayıda senaryo ile temsil edebilmek ve problemi daha iyi kavrayabilmek amacıyla senaryolar bazı parametreler ile karakterize edilmektedir. Senaryolar incelenerek hedef tespitinin zorluğunu etkileyen kök nedenler aranmaktadır. Belirlenen kök nedenler senaryo parametreleri olarak ele alınmaktadır. Böylelikle kök nedenlere bağlı olarak tüm problem uzayının temsil edilebilmesi ve az sayıda senaryo ile özetlenebilmesi amaçlanmaktadır.

İncelenen görüntüler doğrultusunda, çizelge 2.1’de verilen parametrelerin problemin zorluğunu etkileyen kök nedenler olduğu değerlendirilmektedir. Problemin zorluğunu etkileyen faktörler belirlenirken değerlendirmeler öznel olarak yapılmaktadır. Görüntünün tamamına oranla hedefin çok küçük ya da çok büyük olması tespit edilmesini olumsuz olarak etkilemektedir. Görüntü üzerinde hedef haricindeki bölge arka plan olarak tanımlanmaktadır ve arka plan karmaşıklığı arttıkça hedefin tespit edilmesi zorlaşmaktadır. Hedefin arka planla kontrastı hedef sinyali olarak ele alınmaktadır ve sinyal zayıfladıkça problem güçleşmektedir. Hedefin sadece sıcak ya da soğuk bölgelerden oluşuyor olması hedefin tespit edilmesini kolaylaştırırken, hem sıcak hem de soğuk bölgelerden oluşuyor olması ise sonucun elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Li 2009). Hedef sayısının biliniyor olması tespiti kolaylaştıran çok önemli bir önbilgi olmasına karşın algoritmalar açısından düşünüldüğünde bazı

algoritmalar bu bilgiyi hiç kullanmazken bazı algoritmalar bu bilgiyi de kullanarak sonuç elde etmeye çalışmaktadır. Senaryodaki hedef sayısına bağlı olarak algoritma başarımının değerlendirilebilmesi amacıyla bu parametre de burada göz önünde bulundurulmaktadır.

Çizelge 2.1 Hedef tespiti probleminin zorluk derecesini belirleyen kök nedenler

Parametre	Alabileceği Değerler
Hedef büyüklüğü	<ul style="list-style-type: none">• Çok küçük• Küçük• Orta• Büyük• Çok Büyük
Arka plan karmaşıklığı	<ul style="list-style-type: none">• Çok az• Az• Orta• Fazla
Hedef sinyali	<ul style="list-style-type: none">• Çok zayıf• Zayıf• Orta• Görülür
Hedef Sıcaklık Durumu	<ul style="list-style-type: none">• Sıcak• Soğuk• Çift Durumlu
Hedef sayısı	<ul style="list-style-type: none">• Tek• Çok

2.2 Temel Senaryoların Belirlenmesi

Temel senaryoların belirlenmesi, hem problemin zorluk seviyelerinin ortaya konması hem de çözümü araştırılan problemin daha iyi tanımlanabilmesi için faydalı olması sebebiyle, çalışmanın ilk aşaması olarak ele alınmaktadır. Problem çözme sürecinde, problemin doğru tanımlanabilmesi, süreci hızlandırmakta ve önerilecek çözümün

başarımını arttırmaktadır (Beecroft vd. 2003). Bu sebeple, temel senaryoların, tüm problemi temsil edebilecek şekilde belirlenmesine önem verilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, iyi bilinen üç farklı veri kümesinden (AMCOM (The Army Missile Command FLIR Sequences), SENSIAC (SENSIAC ATR Algorithm Development Image Database 2008), VIVID (DARPA VIVID data collection #1 2003)), farklı çözünürlüklerde, yaklaşık iki yüz elli görüntü dizisi içerisinde, toplamda yaklaşık iki yüz elli bin görüntü göz önünde bulundurulmaktadır. İlk aşamada, çok büyük olan bu veri seti içerisinde uygun olan otuz görüntü dizisi seçilerek daha detaylı inceleme için ele alınmaktadır. Bu otuz dizi içerisindeki bazı diziler, bir dizinin benzer özelliklere sahip parçalarına ayrılmasıyla oluşturulmaktadır. Örneğin bir dizinin ilk çerçevelerinde hedef çok küçük, görüntünün alındığı platformun hareketinden dolayı son çerçevelere doğru ise çok büyük olabilmektedir. Bu durumda, bu dizi kendi içerisinde benzer özellikler taşıyan parçalara ayrılarak yeni diziler oluşturulmaktadır. Bazı senaryolarda görüntüleyicinin bulunduğu platform hareketlidir ve hedefe yaklaşılmasıyla son çerçevelerde hedefe dair detaylar da artmaktadır bu sebeple problem ilk çerçevelerdekinden farklı bir hale gelmektedir. Bir başka durumda, bir dizide hedefin görüntüye ilk kez girdiği ve görüntüyü terk ettiği çerçeveler belirlenerek yeni bir dizi elde edilmektedir.

Sonraki aşamada, çizelge 2.1’de verilen kök nedenler/parametreler ve alabileceği değerler doğrultusunda görüntüler etiketlenilmektedir. Görüntülere atanan parametre değerleri arasında tutarlılığın sağlanabilmesi amacıyla aynı değer ile etiketlenen görüntüler bir araya getirilerek tekrar bir hassas ayar yapılmaktadır. Parametrelerin yukarıda açıklanan nedenler doğrultusunda senaryoların zorluğuna etkileri dikkate alınarak her bir görüntünün zorluk derecesi belirlenmektedir. Görüntülere parametre değerlerinin atanmasında olduğu gibi burada da bir hassas ayar yapılmaktadır. Bu kapsamda zorluk derecelendirilmesi aynı olan görüntüler gruplandırılarak kendi içlerinde tutarlılıkları sağlanmaktadır. Sınıflandırma sonucunda görüntüler kolay, orta, zor ve çok zor olmak üzere farklı zorluk derecelerinde etiketlenmektedirler. Her bir sınıfa ait bir örnek çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.2 Hedef tespiti probleminde senaryoların zorluğuna dair örnek derecelendirme sonuçları

Hedef Büyüklüğü	Arka Plan Karmaşıklığı	Hedef Sinyali	Hedef Sıcaklık Durumu	Hedef Sayısı	Sınıf
Orta	Az	Görülür	Sıcak	Tek	Kolay
Küçük	Fazla	Orta	Sıcak	Tek	Orta
Çok Küçük	Orta	Çok Zayıf	Sıcak	Tek	Zor
Çok Küçük	Fazla	Çok Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Çok Zor

Kolay olarak etiketlenen senaryolar incelendiğinde; tamamında arka plan karmaşıklığının az, genelde hedeflerin orta büyüklükte, görülür, tek sıcaklıkta ve sadece bir tane olduğu görülmektedir. Orta olarak etiketlenen senaryolarda ise; arka plan karmaşıklığının çoğunlukla orta, hedeflerin genelde küçük ya da orta büyüklükte ve sadece bir tane, hedef sinyalinin genelde zayıf olduğu söylenebilmektedir. Zor senaryolarda ise; arka plan karmaşıklığı az, orta ve fazlaya hemen hemen eşit dağılmış şekilde, hedeflerin çoğunlukla büyük, hedef sinyalinin çoğunlukla çok zayıf ve hedeflerin genelde sadece bir tane olduğu görülmektedir. Çok zor senaryolarda ise; arka plan çoğunlukla orta ya da fazla karmaşıklıkta, hedefler çoğunlukla çok küçük ya da büyük, hedef sinyali genellikle çok zayıf, hedef sıcaklığı çoğunlukla çift durumlu (yani hedef hem sıcak hem de soğuk bölgeye sahip) ve sadece bir tane hedef olduğu söylenebilmektedir.

Etiketlenen görüntüler içerisinde; kolay senaryoları temsil etmek üzere 3, orta zorluktaki senaryoları temsil etmek üzere yine 3, zor senaryoları temsil etmek üzere 4 ve çok zor senaryoları temsil etmek üzere yine 4, toplamda ise on dört tane görüntü, temel senaryo olarak belirlenmektedir. Belirlenen temel senaryoların karakteristikleri çizelge 2.3'te özetlenmektedir. Çizelge 2.3'e bakıldığında, belirlenen temel senaryoların, temsil ettikleri zorluk derecelerinin genel karakteristiklerini taşıdıkları ve probleme etki eden parametrelerin alabileceği tüm değerleri örneklediği görülmektedir.

Çizelge 2.3 Temel senaryoların karakteristikleri

Senaryo #	Hedef Büyüklüğü	Arka Plan Karmaşıklığı	Hedef Sinyali	Hedef Sıcaklık Durumu	Hedef Sayısı	Sınıf
1	Orta	Az	Görülür	Çift Durumlu	Çok	Kolay
2	Orta	Az	Görülür	Sıcak	Tek	Kolay
3	Orta	Az	Görülür	Sıcak	Tek	Kolay
4	Küçük	Fazla	Orta	Çift Durumlu	Tek	Orta
5	Büyük	Az	Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Orta
6	Orta	Az	Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Orta
7	Küçük	Fazla	Orta	Çift Durumlu	Tek	Zor
8	Çok Küçük	Orta	Çok Zayıf	Sıcak	Tek	Zor
9	Çok Büyük	Orta	Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Zor
10	Çok Küçük	Az	Çok Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Zor
11	Çok Küçük	Fazla	Çok Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Çok Zor
12	Küçük	Az	Çok Zayıf	Çift Durumlu	Çok	Çok Zor
13	Büyük	Orta	Çok Zayıf	Çift Durumlu	Tek	Çok Zor
14	Çok Küçük	Orta	Çok Zayıf	Sıcak/Soğuk	Çok	Çok Zor

Algoritmaların başarımlarının geliştirilebilir olduğunu göstermek amacıyla, Seçilen bu 14 temel senaryonun haricinde, 26 senaryo daha belirlenerek test senaryolarının sayısı artırılmıştır. Eklenen senaryolar belirlenirken, hedefin otomatik tespiti için zorlayıcı olabilecek koşullara yer verilmesine dikkat edilmiştir. Bu amaçla;

- Çok küçük ya da çok büyük hedeflerin,
- Birbirine yakın hedeflerin,
- Aynı senaryoda farklı boyutta hedeflerin,
- Aynı senaryoda farklı sinyal kuvvetinde hedeflerin,

- Arka plan karmaşıklığının çok fazla,

olduğu senaryolar belirlenmektedir. Böylece özellikle düşük SGO'ya sahip hedeflerin yer aldığı, yani hedefin arka plandan ayırt edilebilirliğinin çok zor olduğu, sahneler eklenerek test senaryoları zenginleştirilmiştir. Belirlenen test senaryoları, doküman içerisinde ilk olarak şekil 4.4.b'de gösterilmektedir.

2.3 Tespit Edilebilirliğin Nesnel Olarak Temsili

Bir senaryodaki hedefin tespit edilebilirliğinin nesnel olarak temsil edilebilmesi için senaryodaki hedefin sayısal olarak belirtilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. (1) Problemin zorluğunun ifade edilebilmesine, (2) çözüm yöntemlerinin nitelendirilmesine/karakterize edilmesine ve (3) başarımlarının kıyaslanabilmesine olanak sağlaması sebebiyle bir görüntüde yer alan hedefin tespit edilebilirliğinin nesnel bir değerlendirme ölçütü ile tanımlanabilmesi önemlidir. (1) Bir hedefin tespit edilebilirliğinin sayısal olarak ifade edilmesi, senaryoda hedef ile arka planın birbirinden ne kadar kolay ayrılabilmesine dair fikir verebilmekte ve diğer senaryolar ile zorluğunun kıyaslanmasına imkan sağlayabilmektedir. (2) Ayrıca geliştirilen bir algoritmanın hangi parametrelerle hangi durumlarda başarılı olacağına da ortaya konulabilmesine olanak sağlamaktadır. Hedef tespiti için önerilen çözüm yöntemleri; arka plan karmaşıklığı, hedef kontrastı gibi problemin zorluğuna etki eden faktörlerin hangi seviyelerine kadar kabul edilebilir başarımlar sağlamaktadır? Bu soruya cevap verebilmek için de nesnel değerlendirme ölçütlerinden faydalanılabilir. Başka bir ifadeyle tespit edilebilirliğin nicel olarak belirtilmesi, çözüm yöntemlerinin de karakterize edilmesine, yani kabiliyetlerinin ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. (3) Nesnel tanımlamanın bir diğer getirisi de, otomatik hedef tespit yöntemleri ile elde edilen sonuç görüntülerinin sayısal olarak birbirleriyle karşılaştırılabilmeleri ve hangi durumda hangi yöntemin daha başarılı olduğuna karar verilebilmesine fırsat vermesidir.

Kızılötesi görüntüleyicilerde hedefin ayırt edilebilirlik hassasiyetinin belirlenebilmesi için öznel bir değerlendirme ölçütü olan en küçük çözülebilir sıcaklık farkı (EKÇSF, minimum resolvable temperature difference – MRTD) kullanılmaktadır (Ratches vd.

1973). EKÇSF, bir gözlemcinin bir görüntüde 7:1 en/boy oranına sahip dört dikey çubuk örüntüsünü çözebilmesi için gerekli olan en düşük sıcaklık farkı olarak tanımlanmaktadır (Ratches vd. 2001). EKÇSF'nin hesaplanmasıyla görüntüleyici kalitesine dair, gözlemcinin ve ekranın da başarımını içeren, bir bilgi elde edilmektedir. Kızılötesi görüntüleyiciler için bir diğer ölçüt ise gürültüye eşdeğer sıcaklık farkıdır (GESF, noise equivalent temperature difference - NETD) (Ratches vd. 1973). GESF, EKÇSF'nin aksine nesnel bir ölçüttür ve kızılötesi görüntüleyicide var olan gürültüye eşdeğer sinyali üreten hedef ile arka plan arasındaki sıcaklık farkını ifade etmektedir. Bir başka deyişle, GESF, SGO değerini bire eşitlemek için gerekli olan kızılötesi yayımının miktarını belirtmektedir. GESF de EKÇSF gibi görüntüleyici kalitesine yönelik bir ölçüttür. Bu yöntemler görüntüleyicinin başarımına dair bir referans sınırını belirlerken, görüntü üzerinde hedefin ayırt edilebilirlik seviyesine dair bir fikir vermemektedir.

SGO ise, bir görüntüde nesnenin ne kadar kolay tespit edilebileceğine yönelik bir ölçüttür. SGO arttıkça nesne daha kolay tespit edilebilirken azaldıkça da nesnenin tespit edilebilirliği azalmaktadır. Görüntüdeki nesnenin tespit edilebilirliğine dair nesnel bir değer veren SGO'ya yönelik birçok tanım mevcuttur. Bu tanımlarda arka plan karmaşıklığı da gürültü ile birlikte modellenmektedir. Bu sebeple SGO, birçok çalışmada sinyal-karmaşıklık oranı (SKO, signal-to-clutter ratio - SCR) olarak da ifade edilmektedir (Hilliard 2000) (Yang vd. 2004) (Acito vd. 2005) (Wu vd. 2007) (Zhang vd. 2007) (Srivastava vd. 2009) (Diao vd. 2012) (Gao vd. 2012) (Liu vd. 2012) (Kim ve Lee 2012) (Gao vd. 2013) (Qi vd. 2013) (Kim ve Lee 2014).

SGO'nun hesaplanabilmesi için ilgilenilen bölgenin ve çevresinin sınırlarının belirlenmiş olmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer görüntüde ilgilenilen bölge belli değilse SGO'yu hesaplamak mümkün olmayabilir. Fakat dayanak doğrunun mevcut olduğu, yani ilgilenilen bölgenin belirli olduğu, bir görüntü ile uğraşılıyorsa SGO'nun elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Hedef tespiti uygulamalarına yönelik literatür incelendiğinde, görüntülerin nesnel olarak tanımlanmasında kullanılacak yöntemlerin sınıflandırılmasına yönelik

araştırılmaların yeterince olgunlukta olmadığı görülmektedir. Örneğin, Diao ve Mao (2011) hedef sinyalinin ne kadar kuvvetlendirildiği ile alakalı olan SGO kazancı ve arka plan bastırma faktörü (background suppression factor - BSF) zerinde durmuştur. Fakat SGO kavramı için kullanılan farklı tanımlar ele alınmamıştır. Welvaert ve Rosseel (2013) ise işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (functional magnetic resonance - fMRI) uygulamalarında kullanılan SGO tanımlarını incelemiştir.

2.3.1 SGO tanımları ve tanımlar üzerine yorumlar

SGO tanımlarını temel olarak  farklı şablona oturtmak mümkündür. Bunlardan ilkinde sinyal, doğrudan görüntüdeki nesnenin piksel değeri ile ilişkilendirilmektedir. Diğer bir yaklaşımda ise sinyal, nesne ile arka plan arasındaki farkla, yani kontrast ile tanımlanmaktadır. Son yaklaşımda ise yerel sinyal-arka plan oranı (YSAPO, local signal-to-background ratio - LSBR) olarak tanımlanan bir yöntem kullanılmaktadır.

Sinyal olarak doğrudan nesnenin görüntüdeki parlaklık değerinin kullanıldığı yöntemler (Xiong vd. 1997) (Yang vd. 2004) (Acito vd. 2005) (Wu vd. 2007) (Davey vd. 2008) (Lai vd. 2008a, b) (Diao vd. 2012) (Fan vd. 2012) (Liu vd. 2012) (Zhang vd. 2013) genel olarak aşağıdaki şablona oturtulabilir. Bu ifade bu doküman içerisinde *ham SGO* olarak tanımlanmaktadır.

$$hamSGO = \frac{I_T}{\sigma_B} \quad \text{ya da} \quad (2.1)$$

$$hamSGO = 20 \log \left(\frac{I_T}{\sigma_B} \right)$$

Burada I_T hedef sinyalini, yani nesnenin görüntüdeki parlaklık değerini, σ_B ise gürültüyü yani arka planın standart sapmasını ve \log ise 10 tabanına göre logaritma işlemine ifade etmektedir. Nesne ile görüntü kaynağı arasındaki fazla mesafeden ya da nesnenin çok küçük olmasından kaynaklı nesnenin görüntüde tek piksel kapladığı durumlarda, yani noktasal nesnelere için, nesnenin kendi piksel değeri hedef sinyali

olarak dikkate alınmaktadır. Nesnenin görüntüde daha fazla alan kapladığı durumlarda ise nesneyi temsil etmek için nesne piksellerinin genellikle en büyük değeri dikkate alınırken (Xiong vd. 1997) (Acito vd. 2005) (Davey vd. 2008) (Lai vd. 2008a, b) (Zhang vd. 2013), ortalaması da kullanılabilir (Fan vd. 2012). Bazı çalışmalarda (Wu vd. 2007) (Acito vd. 2005) (Zhang vd. 2013) ise SGO, denklem (2.1)'deki ilk eşitliğin karesi olarak kabul edilmektedir. Bir hedef, arka planın yüksek parlaklığa sahip olduğu bir görüntüde yer alıyorsa, bu yöntemle hesaplanmış yüksek SGO'ya sahip olsa bile arka plandan ayırt edilebilirliği kolay olmayabilir.

Çevresine göre daha yüksek kontrasta sahip bölgeler insanların dikkatini daha fazla çekmektedir (Reinagel ve Zador 1999) (Einhauser ve König 2003). Bir nöronun algılama alanı içerisinde birden fazla uyarıcı varsa nöron öncelikli olarak en yüksek kontrastlı uyarıcıyı tercih etme eğilimindedir (Reynolds ve Desimone 2003). Bu sebeple, insanın nesnelere ayırt edebilme kabiliyeti, doğrudan nesnenin ham parlaklığından ziyade nesnenin bulunduğu çevre ile arasındaki kontrast ile ilişkilidir. Bu doğrultuda, nesne – arka plan ayırt edilebilirliğini (object – background discrimination) ifade edebilmek için kontrast göz önünde bulundurulmalıdır. İnsan görü sistemini modelleyen bir çok çalışmada da algılama kontrast ile ilişkilendirilmektedir (Achanta vd. 2009) (Rosin 2009) (Achanta ve Susstrunk 2010) (Vikram vd. 2012) (Manke ve Jalal 2015). Ayırt edilebilirlik kontrastla orantılı olarak artmasına karşın gürültü ile de doğrusal olarak azalmaktadır. Bahsedilen bu sebeplerden ötürü görüntü üzerinde yer alan nesnelere tespit edilebilirliğini sayısal olarak belirleyebilmek için kontrastın gürültüye oranını dikkate almak mantıklı olmaktadır. Bir başka deyişle nesnenin tespit edilebilirliğini ortaya koymak için kontrast üzerinden SGO'yu tanımlamak daha uygun olmaktadır.

Sinyal olarak kontrastın kullanıldığı yöntemler ise genel olarak aşağıdaki formüle oturtulabilir (Clark ve Velten 1991) (Rozovskii ve Petrov 1999) (Wang vd. 2006) (Zeng vd. 2006) (Zhang vd. 2007) (Srivastava vd. 2009) (Diao vd. 2011) (Gao vd. 2012) (Kim ve Lee 2012) (Gao vd. 2013) (Kim ve Lee 2014).

$$KGO = \frac{|I_T - \mu_B|}{\sigma_B} \quad \text{ya da} \quad KGO = 20 \log \left(\frac{|I_T - \mu_B|}{\sigma_B} \right) \quad (2.2)$$

Burada μ_B arka planın ortalama parlaklık değerini ve $|\cdot|$ ise mutlak değer işlemine ifade etmektedir. Mutlak değer işleminin kullanılmasıyla birlikte arka plandan daha dūřuk parlaklıktaki nesnelere sahip olduğu SGO değerleri de hesaplanabilmektedir. Denklem (2.2) ile tanımlanan KGO'da da denklem (2.1) ile tanımlanan ham SGO'da olduğu gibi hedef sinyali I_T için; hedef noktasalsa hedefin kendi piksel değeri (Rozovskii ve Petrov 1999) (Wang vd. 2006), daha büyük ise hedef piksellerinin ortalama değeri (Diao vd. 2011) (Gao vd. 2012) (Kim ve Lee 2012) (Gao vd. 2013) (Clark ve Velten 1991) kullanılabilmektedir. Bazı çalışmalarda ise hedef piksellerinin en küçük ya da en byk değerleri de kullanılabilmektedir (Srivastava vd. 2009) (Kim ve Lee 2014) (Zhang vd. 2007) (Zeng vd. 2006). Kontrast tabanlı bu tanımlama kontrast-gürültü oranı (KGO, contrast-to-noise ratio - CNR) olarak da isimlendirilmektedir (Bilgen 1999) (Welvaert ve Rosseel 2013). Hedef piksellerinin en yüksek ya da en dşuk değeri yerine hedef piksellerinin ortalama değerinin kullanılması, tüm hedef piksellerinin göz önünde bulundurulması sebebiyle mantıklıdır. Böylece hedefe ait tek bir pikselin gözetilmesinden ziyade hedef topyekn gzetelebilmektedir. Fakat hedefin bazı bölgelerinin arka plan ortalamasından daha dşuk, bazı bölgelerinin ise daha yüksek parlaklık değerlerine sahip olması durumunda, yani hedef çift durumlu ise, hedefin bölgesel olarak kontrastı daha yüksek olmasına karşın hedef sinyali I_T daha dşuk çıkmaktadır. Bu da karakterize etme işleminin doğruluğuna gölge düşürmektedir.

SGO için bir diğer tanım da yerel sinyal-arka plan oranıdır (Soni vd. 1993).

$$YSAPO = 10 \log \left(\frac{\sum_{i=L_x}^{H_x} \sum_{j=L_y}^{H_y} (I(i, j) - \mu_R)^2}{\sigma_R^2} \right) \quad (2.3)$$

Görüntü (I) zerinde (L_x, L_y) 'den (H_x, H_y) 'ye kadar tanımlı dikdörtgen bir bölge üzerinde hesaplamalar yapılmaktadır. Bu bölge piksellerinin ortalama parlaklık değeri μ_R ve standart sapması da σ_R 'dir. Bazı araştırmacılar da çalışmalarında bu metriği

kullanmaktadır (Bai vd. 2008) (Bai ve Zhou 20010a, b) (Bai vd. 2010). YSAPO’da sinyal için ortalama alınmadığı, yani doğrudan toplama sonucu göz önünde bulundurulduğu için sonuçlar nesne boyutundan oldukça fazla etkilenmektedir. Ayrıca sadece nesne etrafındaki karmaşıklık gözetilmekte ve tüm görüntüdeki karmaşıklık dikkate alınmamaktadır. Bu sebeple, tüm çerçevenin dikkate alındığı yöntemler için tutarlı sonuç vermeyebilir. Bir diğer problem de arka plan olarak seçilecek, yani hedefe komşu bölgenin boyutunun belirlenmesidir. Belirlenecek boyuta bağlı olarak YSAPO çok farklı seviyelerde değer alabilir.

Yukarıdaki tanımlamalar ve yorumlar ışığında, eksiklikleri giderebilmek amacıyla normalize edilmiş merkezi mutlak momente (Normalised First Central Absolute Moment) benzeyen, piksel tabanlı SGO önerilmektedir.

$$ptSGO = \frac{E[|T(i, j) - \mu_B|]}{\sigma_B} \quad \text{ya da} \quad (2.4)$$

$$ptSGO = 20 \log \left(\frac{E[|T(i, j) - \mu_B|]}{\sigma_B} \right) \quad i, j \in \Omega_T$$

Burada $T(i, j)$, görüntü üzerinde i . satır, j . sütunda yer alan hedefe ait pikselin değerini, $E[.]$ beklenen değer işlemini ve Ω_T hedefin sınırlarının yer aldığı en küçük dikdörtgensel piksel kümesini belirtmektedir. Normalize edilmiş merkezi mutlak momentte ortalama ve standart sapma ilgili bölge üzerinden hesaplanırken burada genel görüntü üzerinden hesaplanmaktadır. Bu tanım ile hedef ile arka plan arasındaki kontrast, hedef piksellerinin ayrı ayrı her biri üzerinden hesaplanmakta ve sonrasında ortalaması alınmaktadır. Bu sayede hedefin daha düşük ve daha yüksek parlaklığa sahip bölgelerinin kontrastları ayrı ayrı gözetilebilmektedir.

Bu çalışma ile önerilen SGO tanımı ve literatürde yer alan tanımlar çizelge 2.4’te özetlenmektedir.

Çizelge 2.4 Tanımların özeti

Tanım	Formül	Açıklama
Ham SGO	$\frac{I_T}{\sigma_B}$	Sadece hedef sinyalinin genliği dikkate alınması sebebiyle hedefin tespit edilebilirliğini belirlemede yetersizdir.
KGO	$\frac{ I_T - \mu_B }{\sigma_B}$	Hedef sinyalinin yanı sıra arka plan da gözetildiği için tespit edilebilirlik ham SGO'ya göre daha iyi ortaya konulmaktadır. Fakat iki durumlu hedeflerde zayıftır.
YSAPO	$10 \log \left(\frac{\sum_{i=L_x}^{H_x} \sum_{j=L_y}^{H_y} (I(i, j) - \mu_R)^2}{\sigma_R^2} \right)$	Sadece bölgesel karmaşıklık gözetilmesi ve belirlenen bölge boyutuna göre farklı seviyelerde sonuçlar vermesi sebebiyle sıkıntılıdır.
ptSGO	$\frac{E[T(i, j) - \mu_B]}{\sigma_B}$	Diğer yöntemlerde bahsedilen problemleri aşmak için önerilmiştir. Bu amaçla sadece hedef sinyalinin genliğinden ya da hedefin ortalamasının arka plan ile kontrastından ziyade hedefin sönük ve parlak bölgeleri ile arka plan arasındaki kontrastı dikkate alan bir metrik elde edilmiştir.

Hedef iyileştirme gibi girdi ve çıktı görüntüsü arasında bağ kurarak hedef sinyalinin ne kadar kuvvetlendirildiğinin anlaşılmasına çalışıldığı uygulamalarda ise SGO kazancı kullanılmaktadır (Xiong vd. 1997) (Hilliard 2000) (Yang vd. 2004) (Zhang vd. 2007) (Diao ve Mao 2011) (Qi vd. 2013). SGO kazancı çıktı görüntüsünün SGO değerinin girdi görüntüsünün SGO değerine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. SGO kazancı hesaplanırken, girdi ve çıktıda aynı SGO yöntemi kullanılması koşuluyla, yukarıda bahsedilen yöntemlerin her hangi birisi kullanılabilir. Bu tip uygulamalarda SGO

kazancının yanı sıra arka plan baskılama faktörü (APBF, Background Suppression Factor - BSF) de iyileşmeyi belirtmek için kullanılmaktadır (Yang vd. 2004) (Zhang vd. 2007) (Diao ve Mao 2011) (Hilliard 2000) (Qi vd. 2013). APBF’de arka plan görüntüsü, standart sapma ile temsil edilmektedir. APBF, çıktı görüntüsünün standart sapmasının girdi görüntüsünün standart sapmasına bölünmesiyle elde edilebilir. APBF, tanımından da anlaşılacağı üzere, sadece arka plana dair bir oran vermektedir ve hedef sinyalinin durumu hakkında bir bilgi içermemektedir. Bu sebeple hedef odaklı uygulamalarda iyileştirmenin belirlenmesi için APBF yerine SGO kazancının kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmektedir.

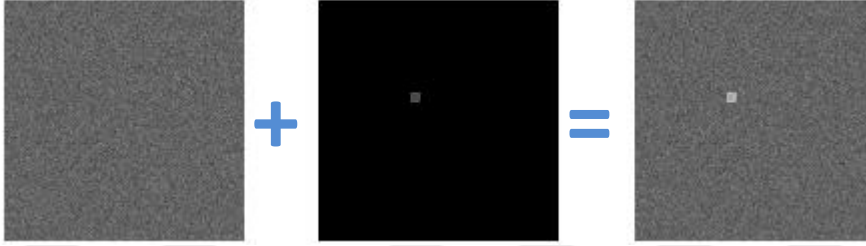
Burada birçok SGO tanımından bahsedilmiştir. Şu da özellikle belirtilmelidir ki, bir çalışma yürütülürken öncelikli dikkat edilmesi gereken, seçilen SGO’nun çalışma içerisinde tanımlanması olmalıdır. Böylelikle verilen sonuçların hangi SGO tanımı ile elde edildiği anlaşılabilir.

2.3.2 Deneysel sonuçlar ve tartışma

Önerilen SGO tanımının başarımı, gerçek ve 128x128 çözünürlüklü sentetik görüntüler üzerinden test edilmiştir. Gerçek görüntüler VIVID, SENSIAC, AMCOM ve OTCBVS olmak üzere dört farklı iyi bilinen kızılötesi veri kümesi içerisinde belirlenmiştir (Anonymous 2003) (Anonymous 2008) (Anonymous) (Davis ve Keck 2005). Sentetik görüntüler için tek düze ve dört çubuklu olmak üzere iki farklı hedef tipi kullanılmıştır. Dört çubuklu hedefi, Ratches vd. (1973)’te EKÇSF çalışmaları için tanımlamıştır ve görsel dikkat ile ilgili psikolojik bir çalışma da benzer bir görüntü kullanılmıştır (Reynolds ve Desimone 2003). Tek düze hedef aynı sıcaklığa (parlaklığa) sahip hedefleri, dört çubuklu hedef ise sıcak ve soğuk bölgelere sahip, yani iki durumlu, hedefleri temsil etmektedir. Gri seviye sentetik görüntüler,

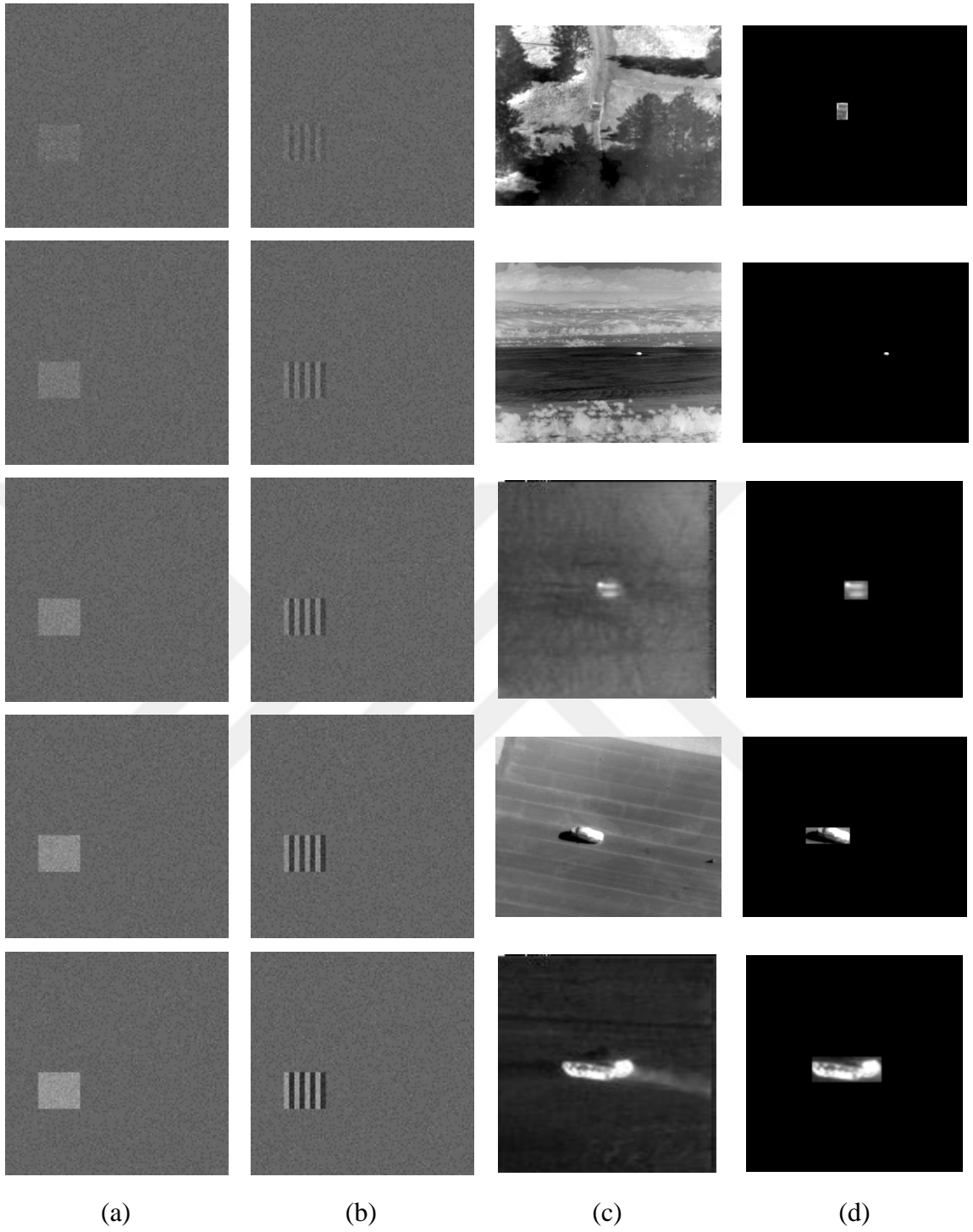
$$I = B + T \quad (2.5)$$

ile modellenmektedir. Burada T önplan nesnesini, yani hedefi, B gürültü ve karmaşıklık içeren arka planı ve I ise senaryoyu temsil etmektedir. Şekil 2.1’de, hedef ve arka plandan meydana gelen senaryo görselleştirilmektedir. Sol tarafta arka plan, ortada hedef ve sağda ise hazırlanan sentetik senaryo yer almaktadır. Burada arka plan, Gauss gürültü ile modellenmektedir.



Şekil 2.1 Sentetik görüntü modeli

Farklı SGO tanımlarının başarımlarının karşılaştırılabilmesi amacıyla kullanılan senaryolar, okuyucuların da öznel değerlendirebilmesi için, şekil 2.2’de yer almaktadır. Denklem (2.5) kullanılarak oluşturulan sentetik görüntüler şekil 2.2.a,b’de gösterilmektedir. İlk sütunda tekdüze hedef, ikinci sütunda ise dört çubuklu hedef içeren görüntüler gösterilmektedir. Gerçek görüntülerin yer aldığı şekil 2.2.c’nin ilk ve dördüncü satırında 320x256 çözünürlükte görüntülerden oluşan VIVID veri kümesinden, ikinci satırında 640x480 çözünürlükte görüntülerden oluşan SENSIAC veri kümesinden, üçüncü ve son satırında ise 128x128 çözünürlükte görüntülerden oluşan AMCOM veri kümesinden örnekler görülmektedir. Şekil 2.2.d’de ise üçüncü sütundaki görüntülerde yer alan hedeflerin belirtildiği maskelenmiş görüntüler mevcuttur.



Şekil 2.2 Farklı SGO tanımlarının sınınanacağı sentetik senaryolar ve araç senaryoları
a. Sentetik tekdüze senaryolar, b. sentetik 4 çubuk senaryolar, c. araçların yer aldığı gerçek senaryolar d. c'deki görüntülerdeki hedefleri gösteren maskelenmiş görüntüler.

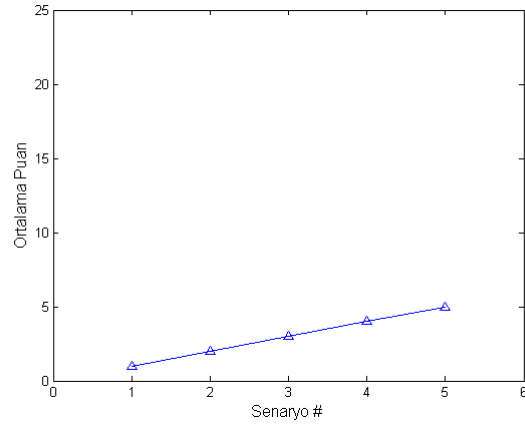
Farklı SGO tanımları ile elde edilen nesnel sonuçlara ek olarak, hedef-arka plan ayrılabilirliği açısından, tanımlar ile elde edilen sonuçlara referans olabilmesi amacıyla,

aynı test görüntüleri üzerinde öznel bir değerlendirme de dikkate alınmıştır. Mühendislik mezunu ve kızılötesi görüntüler ile daha önce çalışmış 20 kişiden oluşan bir denek grubu bu değerlendirmeye katılmıştır. 4 gruba ayrılmış test görüntüleri deneklere gösterilmiştir. 4 yayanın yer aldığı son grup haricindeki tüm gruplarda 5 tane görüntü yer almaktadır. Deneklerden, her bir grubu kendi içerisinde değerlendirmesi ve hedefleri arka plandan ayrılabilirliğine göre sıraya koymaları istenmiştir. Sonuçta, sıralamalardaki yerlerine göre hedeflere puan verilmiştir. Tespit edilmesi en zor olan hedef 1, diğer hedefler de birer birer artacak şekilde puanlar almıştır. Son olarak ortalama puan hesaplanmıştır. Şu da belirtmelidir ki bu çalışma için, sonuçlarda elde edilen değerlerden ziyade sonuçların eğilimi daha kıymetlidir.

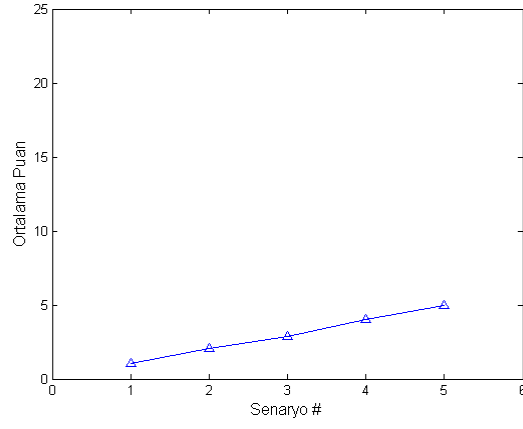
Okuyucunun değerlendirmesine de açık olmakla beraber, şekil 2.3'te gösterilen öznel değerlendirmeye göre, şekil 2.2'de senaryolarda alt satırlara doğru hedefin tespit edilebilirliği artmaktadır. Şekil 2.2'deki senaryolarda farklı SGO tanımları ile elde edilen sonuçlar şekil 2.4'te verilmektedir. Üstte, sentetik tekdüze hedeflerin, ortada sentetik dört çubuk hedeflerin ve en alta ise gerçek hedeflerin olduğu görüntüler üzerinde hesaplanan sonuçlar gösterilmektedir. Sentetik tekdüze hedeflerin ayrılabilirliği üzerinde tüm denekler hemfikir olmuş, sentetik dört çubuklu hedeflerde ise sadece üç kişi farklı bir sıralama oluşturmuştur. Bu öznel sonuçlar, hedef-arka plan kontrastının hedef tespiti açısından insan görsel sistem üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Nesnel değerlendirme için şekil 2.4 incelendiğinde ise ham SGO tanımının üç seri için de buna uygun sonuç vermediği görülmektedir. Bu uyumsuz sonuç, ham sinyal değerinden ziyade kontrastın tespit edilebilirlik için daha belirleyici olmasından kaynaklanmaktadır. Kontrast tabanlı KGO tanımı, şekil 2.4.b'de (beş senaryo için de 0'a yakın değer almaktadır) ve şekil 2.4.c'de dördüncü senaryo için hesaplanan değerlerden anlaşıldığı üzere, hedefin parlak ve sönük bölgelerden oluştuğu durumlarda insan nesne ayırt edebilme kabiliyetinin tersinde sonuçlar vermektedir. KGO'nun hedef piksellerinin ortalaması üzerinden kontrastı belirliyor olması bu durumun oluşmasına sebep olmaktadır. Diğer tanımlarla birlikte gösterilebilmesi amacıyla kontrast tabanlı bir diğer yöntem olan YSAPO sonuçları, 1000 ile bölünerek şekil 2.4'te verilmektedir. YSAPO ile sentetik görüntülerde hedefler aynı boyutlara (24x21) sahip olduğu için birbirine yakın sonuçlar elde edilmektedir (öznel

değerlendirmeden farklıdır). Bir başka deyişle YSAPO'da sonuç, kontrasta oranla hedef boyutundan çok daha fazla etkilenmektedir. YSAPO gerçek görüntülerde de tutarsız bir sonuç vermektedir. Bu durum da senaryoların zorluğunun belirlenmesinde YSAPO'nun kullanılmasını engellemektedir. Şekil 2.3-2.4'teki üç grafikte de görüleceği üzere önerilen yöntem olan ptSGO ile belirlenen sonuçlar hedefin tespit edilebilirliği ile uyumludur. Bu başarıma etkiyen en önemli faktör, ptSGO'da hedef üzerindeki her bir pikselin kontrastının ayrı ayrı ele alınıyor olmasıdır.

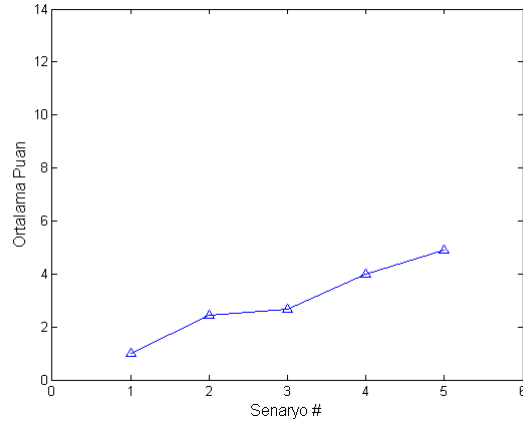




(a)



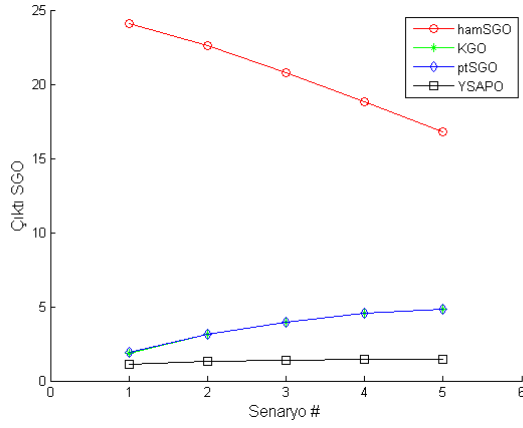
(b)



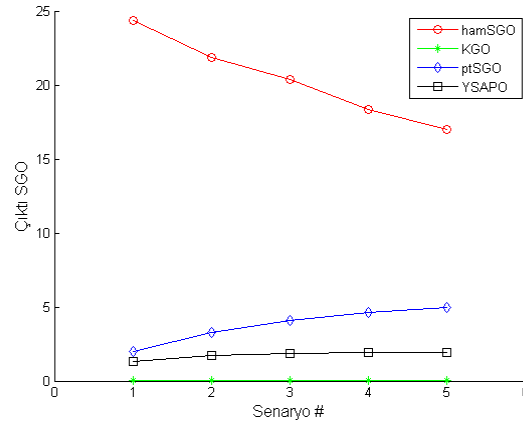
(c)

Şekil 2.3 Öznel değerlendirme ile sentetik görüntüler ve araç görüntülerinde elde edilen sonuçlar

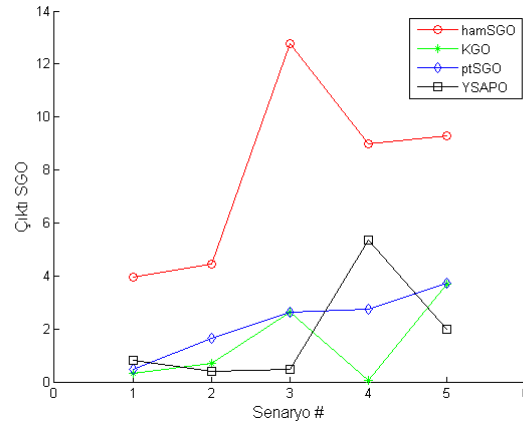
a. Şekil 2.2.a'daki senaryolar, b. Şekil 2.2.b'deki senaryolar, c. Şekil 2.2.c'deki senaryolar üzerinden elde edilmiştir.



(a)



(b)



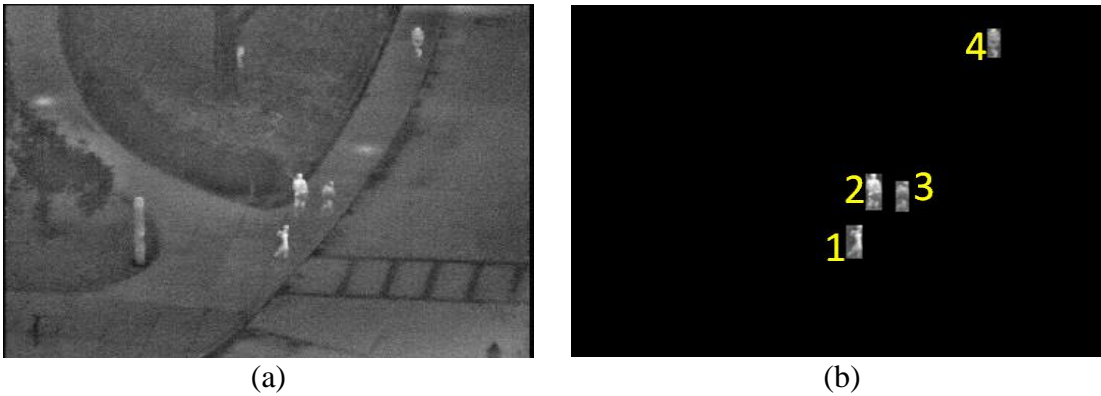
(c)

Şekil 2.4 Farklı SGO tanımları ile sentetik görüntüler ve araç görüntülerinde elde edilen sonuçlar

a. Şekil 2.2.a'daki senaryolar, b. Şekil 2.2.b'deki senaryolar, c. Şekil 2.2.c'deki senaryolar üzerinden elde edilmiştir. YSAPO sonuçları, birlikte gösterebilmek için 1000 ile bölünmüştür.

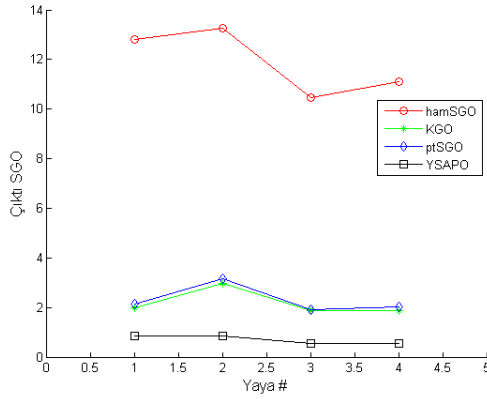
Araçlar ve sentetik görüntüler üzerinde verilen sonuçların yanı sıra OTCBVS veri kümesine ait yayaların yer aldığı görüntülerde de yöntemlerin başarımları test edilmiştir. Şekil 2.5.a'da verilen senaryoda dört tane yaya bulunmaktadır ve yayalara ait SGO hesaplamaları yapılmıştır. Şekil 2.5.b'de yayaları belirtebilmek için maskelenmiş görüntü yer almaktadır. Şekil 2.6.b'de de verilen öznel değerlendirme sonuçlarına göre tespit edilebilirlik şu sıraya göre artmaktadır: soldan üçüncü, dördüncü, birinci ve ikinci yaya. Şekil 2.6.a'da bu senaryoda soldaki yayadan sağdaki yaya doğru elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Görüntüde yayaların kapladığı alanın yaklaşık olarak aynı olması sebebiyle her bir yaya için yakın YSAPO sonuçları elde edilmektedir. Senaryodaki yayaların tespit edilebilirliğinin sıralaması yayalara ait maksimum parlaklık değeri ile paralel olduğu için ham SGO sonuçları da bu sıralamaya uyumlu çıkmaktadır. Yayaların arka plan ortalamasına göre daha sıcak olması, yani sıcak ve soğuk bölgelerden oluşmaması nedeniyle KGO ve ptSGO sonuçları birbirlerine çok yakın çıkmıştır. Her iki yöntemin de öznel değerlendirmeye uygun bir sonuç verdiği şekil 2.6.a'da görülmektedir.

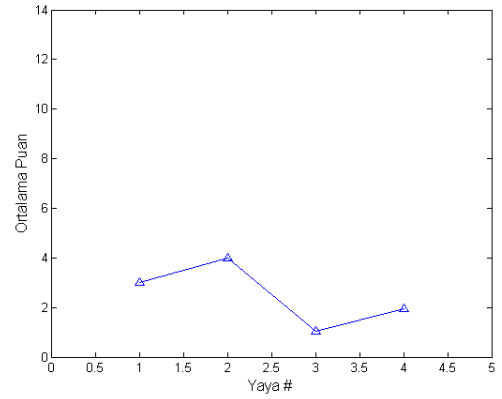


Şekil 2.5 Yayaların olduğu görüntü

a. Yaya görüntüsü ve b. a'daki görüntüdeki yayaları belirten maskelenmiş görüntü.



(a)



(b)

Şekil 2.6 Yayaların olduğu görüntüde elde edilen sonuçlar

a. Nesnel ve b. öznel sonuçlar.

2.3.3 Sonuç

Görüntü üzerinde yer alan nesnenin ayırt edilebilirliği ile ilgili birçok nesnel değerlendirme ölçütü kullanılabilir. Literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan ölçütler, bu çalışmada üç farklı formüle oturtulmuştur. Hedefin insan görsel sistemi tarafından tespit edilebilirliğini daha iyi modelleyebilmek amacıyla da yeni bir SGO tanımı önerilmiştir. Önerilen yöntemin başarısı yayaların, araçların olduğu gerçek hayat görüntüleri ve sentetik görüntüler üzerinden diğer yaklaşımlar ile karşılaştırılarak kanıtlanmıştır. Başka bir deyişle, ptSGO öznel değerlendirme sonuçları ile daha uyumlu bir eğilim göstermektedir. Önerilen tanım kızılötesi dalga boyu için sınanmış olmasına karşın görünür bölge dalga boyunda elde edilen görüntüler için de uygun olabileceği değerlendirilmektedir.

3. ZORLU KOŞULLARDA HEDEF TESPİTİ

Bilgisayarla görü alanında nesne/hedef tespiti, birçok görsel hedef takibi algoritması için temel bir basamaktır. Görsel hedef takibi çalışmalarında, algılayıcı olarak kamera kullanılmaktadır. Her algılayıcıdan elde edilen sinyal gibi kameradan alınan sinyal (görüntü) de gürültülüdür. Hedef tespiti algoritmaları koşturularak takip edilmesi istenen hedefe ait ölçümler, görüntüler üzerinde elde edilmektedir. Elde edilen bu ölçümler kullanılarak takip algoritmasında hedefin durumuna dair kestirim yapılmakta ya da her bir görüntüdeki hedefler bir sonraki görüntüdeki hedefler ile ilişkilendirilmektedir.

Güvenliğin artırılması adına savunma için yeterli sürenin sağlanması amacıyla, kızılötesi algılayıcılar (kamera) ile elde edilen görüntü üzerinde, hedefin mümkün olduğunca uzaktan tespit edilmesi gerekebilir. Hedef ile kamera arasındaki mesafe arttıkça; hedeften gelen enerjiyi atmosfer daha fazla bastırmakta, yani atmosferik sönüm artmakta ve kameranın bağlı olduğu platformdaki ufak titreşimler bile, hedeften kameraya gelen enerjinin daha fazla piksele yayılmasına sebebiyet vermektedir. Bu nedenlerle genellikle uzak mesafelerde hedef sinyali çok zayıftır. Sinyal kuvvetine etki eden bir diğer etmen de hedef ile arka plan arasındaki sıcaklık farkıdır. Sıcaklık farkı, yani kontrast azaldıkça hedef sinyali zayıflamakta ve hedef ile arka planın birbirinden ayrılması zorlaşmaktadır. Diğer taraftan sentetik görüntüler üzerinde ya da kontrollü bir deney ortamında çalışılmıyorsa, doğada hedefler genelde karmaşık bir arka planda yer almaktadır. Doğal sahnelerde, hedef olarak etiketlenebilecek fakat gerçekte uygulamanın hedefinde olmayan birçok nesne arka planda konumlanabilmektedir. Bu sebeple karmaşık bir arka planda çalışıyor olmak problemi zorlaştırmakta ve hedefin otomatik olarak tespit edildiği birçok algoritmanın başarısız sonuçlar (yanlış alarmlar) vermesine sebep olabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen hedef sinyali ve arka plan karmaşıklığının yanı sıra, çizelge 2.1’de özetlendiği üzere, hedef büyüklüğü, hedef sıcaklık durumu ve hedef sayısı tespit probleminin zorluğunu etkileyen ana etmenler olarak sıralanabilir. Bu üç ana etmen tespit için kullanılan algoritmaların parametre değerlerini daha çok ilgilendirmektedir.

Uygulama özelinde karşılaşılabilecek koşulların önbilgisinin elde edilmesi ve bu koşullar için algoritmada uygun parametrelerin ayarlanması ile başarılı bir çözüme ulaşılabilir. Fakat koşulların geniş bir aralığında algoritma başarımı yüksek değilse, tahmin edilen koşullar ile karşılaşılan koşullar arasında en ufak bir farklılık olması durumunda dahi algoritma başarısız olabilir. Örneğin küçük hedef için ayarlanan bir algoritmanın büyük hedeflerde başarılı olma ihtimali düşüktür ya da sıcak hedefler için başarılı olan bir algoritma soğuk hedefler için başarılı olamayabilir.

Kök nedenler arasından arka plan karmaşıklığı ve hedef sinyali, bir önceki bölümde de detaylı incelendiği üzere, SGO ile ifade edilebilmektedir. Düşük SGO olması durumunda hedef, arka plan ve gürültü içerisinde kolayca kaybolabilmektedir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında zorlayıcılığı arttırmak amacıyla düşük SGO'ya sahip senaryolar ile ilgilenilmekte ve hedef tespiti için önerilen yöntemlerin, farklı koşullar altındaki başarımları, yani senaryo çeşitliliğine karşı gürbüzlüğü sınanmaktadır.

3.1 Literatür Araştırması

Algılayıcı olarak kameranın kullanıldığı sistemlerde, hedef takibi için yaygın olarak kullanılan yöntem, görüntü üzerinde eşik değer uygulamak ve bu eşik değer üzerindeki bölgeyi hedef olarak tespit etmektir. Bu yaklaşım, yüksek SGO'ya sahip hedefler için uygulandığında yüksek tespit olasılığı sağlayabilirken, SGO'nun düşük olduğu durumlarda ise tespit olasılığını azaltmaktadır. Tespit olasılığını arttırmak için daha düşük bir eşik değer uygulanması durumunda ise hedef gürültü tarafından bastırılarak yanlış alarm olasılığı artmakta ve böylece tespit yanlış hedef üzerinde gerçekleştirilmektedir (Davey vd. 2008). Eşik değer yüksek olması halinde ise gürültü ile birlikte ilgilenilen hedef de eşik değer altında kalmakta, sonucunda ise hedef tespit edilememiş olmaktadır. Düşük SGO'lu hedeflerin tespiti için uygulanan yöntemler temelde; tespit öncesi takip (TÖT, Track Before Detect - TBD), uzaysal tabanlı filtreler, frekans tabanlı filtreler, matematiksel biçimbilim (morphology) filtreler, çıkıntı tespiti ve çoklu ölçekli yaklaşımlar olmak üzere altı ana grup altında toplanabilir. Bu yöntemler içerisinde TÖT haricindeki yöntemler eşik değer kullanılarak hedefin tespit edilebilmesi için ayrıştırılabilirliğini arttırmaya yönelik yaklaşımlardır.

Tespit öncesi takip: Bir sinyali “hedef” olarak etiketlemeksizin sinyalin takip edilmesi yaklaşımıdır. Hedef olduğu kesinleştirilmemiş sinyal ile ilgili algılayıcı üzerinden alınan veri zaman içerisinde birleştirilerek tespit sonucu elde edilebilir. Gözlemlenebilirliği düşük olan hedeflerin takibinde, eşik değer kullanmadan hedef tespit edilebilmesi için, “tespit öncesi takip” yöntemleri kullanılmaktadır (Boers vd. 2008). Bayes kestirici (Stone vd. 1999), Viterbi algoritması (Barniv 1990), parçacık (particle) filtresi (Boers ve Driessen 2001) (Salmond ve Birch 2001) (Rutten vd. 2005a, b) gibi birçok yöntem tespit öncesi takip için kullanılmaktadır. Literatürde, yöntemlerin çoğu radar uygulamaları için önerilmiş olmasına karşın, nadiren de olsa algılayıcı olarak bir kameranın kullanıldığı sistemler için sunulan algoritmalara da rastlamak mümkündür (Rozovskii ve Petrov 1999) (Warren 2002) (Moon vd. 2012) (Zhang vd. 2013).

Uzaysal tabanlı filtreler: TÖT yaklaşımının yanı sıra (Liu, ve diğerleri 2012)’teki gibi şablon eşleme yöntemleri de düşük SGO’ya sahip hedeflerin tespiti için kullanılmaktadır. Liu (2012)’de noktasal hedef tespiti için iyileştirilmiş şablon eşleme yöntemini kullanarak sinyali kuvvetlendirmektedir. Yöntemde, şablon olarak görüntü yerine temel bileşen analizinin (Principal Component Analysis - PCA) izdüşüm katsayıları kullanılmıştır. Benzerlik ölçütü için ise doğrusal olmayan ilinti (correlation) önerilmiştir. Arka planı bastırarak hedefi belirginleştirmek için uzaysal bölgede, max-mean filtre ve max-median filtre sıklıkla kullanılmaktadır (Deshpande 1999). Alçaltılmış (demeaning) filtre (Lee vd. 2009) (Choi vd. 2011) ve en büyük ortalama mutlak fark (average absolute difference maximum) filtresinin (Chen vd. 2007) yanı sıra global eşik değer ile yerel ortalama, yerel eşik değer ile kutu ortalama, çapraz ortalama filtresi, çizgi ortalama filtresi gibi yöntemler de uzamsal filtreleme yöntemleri olarak tek çerçeve üzerinde düşük SGO’da hedef tespit edilmesi için kullanılmaktadır (Edmondson vd. 2008). Leonov (2001)’de tekdüze, üçgen, Epanechnikov ve Fuller olmak üzere dört farklı çekirdeği, arka plan karmaşıklığını azaltmak için uygulamaktadır.

Frekans tabanlı filtreler: Arka planı bastırmak için frekans filtresi (Yang vd. 2004) ve dalgacık (wavelet) dönüşümünü (Sun vd. 2005a) kullanan yöntemler mevcuttur. Gabor dalgacık (Luo vd. 2009) ve Hough dalgacık (Li ve Tang 2006) da dalgacık dönüşümü

ile hedef tespit eden yöntemler arasında sınıflandırılabilir. Dalgacık dönüşümü tabanlı yöntemler, hedefin çok küçük ve sönük olduğu bazı durumlarda hedef bölgesini etkin bir şekilde çıkartamayabilir.

Matematiksel biçimbilim filtreleri: Sinyali kuvvetlendirmek amacıyla, algoritmaların basitliği ve paralelleştirilebilir özelliği sebebiyle gerçek zaman uygulamalarında kullanılmaya uygun olduğu için matematiksel biçimbilim filtreler de kızılötesi görüntü üzerinde hedef tespit ve takibi için uygulanmaktadır. Kızılötesi görüntüde arka planı bastırmak için Top-Hat dönüşüm başlıca biçimbilim tabanlı çözümdür (Zeng vd. 2006). SGO'nun düşük, yani hedefin sönük ve/veya gürültünün ve arka plan karmaşıklığının fazla olduğu durumlarda Top-Hat dönüşümünün başarımı düşmektedir. Gürültüye, karmaşıklığın fazla olduğu arka plana ve sönük hedeflere karşı uyumu arttırabilmek için Top-Hat dönüşümü tabanlı birçok yöntem önerilmiştir. Wang vd. (2009)'da' de beyaz ve siyah Top-Hat dönüşümlerini ayrı ayrı uygulamakta ve elde edilen sonuçlar daha sonra tek bir görüntü üzerinde piksel tabanlı bir yöntem ile birleştirmektedir. Ardından da uyarlamalı bir eşik değerlendirme ile hedef tespiti gerçekleştirilmektedir. Farajzadeh ve Mahmoodi (2012)'de biçimbilim filtreleri ile kızılötesi küçük hedeflerin tespitinde yanlış alarm sayısını azaltmak için Robinson guard filtre tabanlı bir ardişleme algoritması önermektedir. Bai vd (2010)'da beyaz ve siyah Top-Hat'lerin elde edilmesi sırasında bir t değerini hakem olarak kullanmakta ve bu yolla Top-Hat dönüşümünü iyileştirmektedir. Bai ve Zhou (2010b)'da ise (Bai vd. 2010) ile iyileştirilen görüntü üzerinde yinelemeli bir yöntemle belirlenen eşik değeri kullanılarak hedef tespiti gerçekleştirilmektedir. Bai ve Zhou (2010a)'da birbirleriyle ilintili iki farklı yapısal elemanı kullanarak Top-Hat dönüşümünü tekrar organize etmekte ve hedef ile etrafındaki bölgeler arasındaki farkı dikkate almaktadır. Düşük SGO'lu hedefler biçimbilim filtreleri ile tespit edilmeye çalışmasına karşın, algoritmaların başarımı, kullanılan yapısal elemanın boyut, içerik gibi özelliklerinden çok fazla etkilenmektedir. Başarımın yüksek olabilmesi, uygun yapısal elemanın belirlenebilmesine bağlıdır. Bu da ancak hedefin önsel bilgi olarak elde edilmesi ile mümkündür. Bu nedenle Dang vd. (2011)'de başarımın yapısal elemanın seçiminden en az etkilenebilmesi için Top-Hat dönüşüm tabanlı hedef tespitinde yapısal elemanın boyutuna entropi analizi ile karar vermektedir. Bai vd. (2012) ise yapısal elemanı, kontrast değiştirme operatörünü (toggle

contrast operator) iyileştirerek kullanmasıyla belirlemekte ve açınma (opening) benzer bir yol ile de karmaşık arka planı kestirmektedir. Top-hat dönüşümü tabanlı yöntemlere ek olarak vur - ıskala (hit-or-miss) dönüşümü de sıklıkla kullanılan matematiksel biçimbilim tabanlı hedef tespit yöntemidir. Bai ve Zhou (2011)'de, karmaşıklığı fazla arka planda yer alan kızılötesi küçük sönük hedeflerin kuvvetlendirilmesi amacıyla yapısal elemanların analiz edilmesi ile gri seviye görüntü için vur-ıskala dönüşümünü önermektedir.

Görsel dikkat yöntemleri: Bir görüntünün tamamı ya da bir bölümü içerisinde; içerikten, görünüşten ve tipten bağımsız olarak komşularına oranla göze çarpan bölge çıkıntı (saliency) olarak tanımlanmaktadır (Toet 2011), bir başka ifade ile çıkıntı, görüntü içerisinde ilgi çeken bölgedir (Elazary ve Itti 2009). Yöntemlerin çoğunda öncelikli olarak çıkıntı haritası elde edilmekte, sonrasında da eşik değer ile en çıkıntılı (salient) bölge/bölgeler tespit edilmektedir. Koch ve Ullman (1985) tarafından yapılan çalışmanın çıkıntı ile alakalı yapılan ilk çalışmalardan birisi olduğu söylenebilir fakat Koch'un da yer aldığı bir çalışmada önerilen görsel dikkat modeli (Itti vd. 1998), çıkıntı tespit alanında geniş bir ilgiyi ilk olarak toplamıştır. Son dönemde çıkıntı tespiti ile alakalı literatürde yer alan çalışmaların sayısı artmaktadır (Harel vd. 2007) (Hou ve Zhang 2007) (Achanta ve Susstrunk 2010) (Hou vd. 2012). Achanta vd. (2009) renk ve parlaklık özniteliklerini kullanarak çıkıntılı nesnelere tespit etmektedir. Gauss farkı (Difference of Gaussian) ile bant geçiren filtreleme yapılmaktadır. Asıl görüntü üzerindeki çok düşük frekanslar büyük nesnelere belirginleştirilmesi için geçirilirken, yüksek frekanslar da nesne sınırlarının kayıpsız tanımlanabilmesi için korunmaktadır. Gürültüden sakınmak için ise en yüksek frekanslı bileşenler elenmektedir. Hou vd. (2012)'de nesne – arka plan ayrımı probleminde, görüntü işareti (image signature) olarak tanımlanan, bir görüntünün Ayırık Kosinüs Dönüşümünün (AKD, Discrete Cosine Transform - DCT) işaret fonksiyonunu kullanmaktadır. Görüntü işaretinin ters AKD'sinin karesinin Gauss filtreden geçirilmesi ile çıkıntı haritası elde edilmektedir. Hou ve Zhang (2007)'de, girdi görüntüsünün log spektrumunun aslı ve ortalama filtre ile yumuşatılmış hali arasındaki fark, yani spektral artıklık (spectral residual), üzerinden çıkıntı haritası elde edilmektedir. Harel vd. (2007)'de, girdi görüntüsünü grafiksel yapı olarak değerlendirmekte ve piksellerin komşuluk ilişkilerini kullanarak uzamsal bölgede

çıkıntıyı hesaplamaktadır. Her bir piksel, komşuluğundaki piksellere göre uzaklığına ve konumuna bağlı olarak her bir kanal için ayrı ayrı ağırlıklandırılmakta, sonrasında tüm kanallardan elde edilen haritalar birleştirilerek normalize edilmektedir. Son olarak da normalize edilmiş harita bulanıklaştırılarak çıkıntı haritası elde edilmektedir.

Daha çok görünür bölge görüntülerde kullanılan bu yöntemlere olan ilginin ve yöntemlerin olgunluk seviyesinin artması ile birlikte askeri alanda da kızılötesi görüntülerde hedef tespiti problemine son yıllarda görsel dikkat tabanlı çözüm aranmış fakat çalışmalar sayıca fazla değildir (Sun vd. 2005b) (Sun vd. 2008) (Li 2009) (Wang vd. 2012) (Qi vd. 2013) (Zhao vd. 2013). Li (2009) tarafından hedef üzerinde karanlık bölgelerin de tespit edilebilmesi için çıkıntı tabanlı bir yöntem önerilmektedir. Yöntemde ilk olarak bir hedef üzerindeki karanlık ve aydınlık bölgeler iki farklı çıkıntı olarak ele alınmaktadır. Sonrasında her bir çıkıntılı bölgenin merkezi, işaretleyici (marker) olarak belirlenmekte ve işaretleyici tabanlı azami kararlı uç bölgeler (maximally stable extremal regions) yöntemi kullanılarak iki farklı ilgi alanı (region of interest) bölütlenmektedir. Son olarak da şekil eşleme tabanlı algoritmalar uygulanarak hedef tespiti gerçekleştirilmektedir. Wang vd. (2012) tarafından, (Achanta vd. 2009)'dekine benzer şekilde, Gauss farkı filtreleri kullanılarak çıkıntı haritası hesaplanmaktadır. Ardından çıkıntılı derecelerinin hesaplanması ile potansiyel hedefleri içeren çıkıntılı bölgeler çıkartılmaktadır. Son olarak bu bölgeler, kızılötesi sönük hedeflerin karakteristikleri ile tanımlanmakta ve böylece doğru hedefler tespit edilmeye, yanlış hedefler de reddedilmeye çalışılmaktadır. Sun (2005b) tarafından, 30 x 15 pikselden daha küçük hedefler üç aşamada tespit edilmektedir. İlk olarak girdi görüntüsünde çıkıntılı bölgelerin bulunması için yerel uyarlamalı eşik değer ile merkez-çevre farkı (center-surround difference) önerilmekte, ardından yerel ilgi alanları için yerel eşik değerlendirme önerilmekte, son olarak da yanlış alarm olasılığını azaltmak için hedefe ait ikili şablon kullanılmaktadır. Qi (2013) tarafından ilk aşamada asıl görüntü, ikinci dereceden yönlü türev kullanılarak farklı yönlü kanallara ayrıştırılmakta, ikinci aşamada her bir kanalın çıkıntı haritalarının hesaplanması için Fourier dönüşümünün faz spektrumu kullanılarak çıkıntı tespiti gerçekleştirilmekte, üçüncü aşamada tüm kanallardan elde edilen çıkıntı haritaları, geliştirilen bir yöntemle kaynaştırılarak tek bir çıkıntı haritası elde edilmekte ve son olarak deneysel bir eşik değer ile hedef tespit

edilmektedir. Zhao (2013) tarafından hedef tespiti için çıkıntı tespit yöntemi ile biçimbilim işlem birlikte kullanılmaktadır. Burada, Achanta vd. (2009) tarafından önerilen frekans ayarlı yöntem, kızılötesi görüntülerde küçük hedeflerin tespit edilebilmesi için uyarlanmıştır. Yerel frekans ayarlı tabanlı çıkıntı tespiti yöntemi ile potansiyel hedef alanları belirginleştirilmekte, ardından uyarlamalı eşik değer haritası ile potansiyel hedef haritası çıkartılmakta ve son olarak biçimbilim işlemler ile gürültü bastırılmaktadır. Sun vd. (2008) tarafından arka planın derin uzay, hedefin sönük ve küçük olduğu uygulamalarda tespit için insan gözü dikkat mekanizmasını benzeten bir yöntem sunulmaktadır. İnsan gözü dikkat mekanizması benzetiminde öznitelik olarak ışığa yoğunluğu ve yönelimin yanı sıra hareket de dikkate alınmaktadır. Son yıllarda yapılan bu çalışmalara karşın görsel dikkat yöntemleri ile sönük hedeflerin tespiti çalışmalarının yeterli yoğunlukta olmadığı değerlendirilmektedir.

Çoklu ölçekli yaklaşımlar: Yukarıda bahsedilen yöntemlerin yanı sıra farklı hedef boyutlarında başarımların sağlanabilmesi için önerilen çoklu ölçekli yaklaşımlar da mevcuttur. Bertozzi vd. (2004) yılında yaptığı çalışma tek çerçeve üzerinde şekil eşlemeye dayalı bir hedef tespit yöntemidir. Algoritmada başarımları arttırmak için ilgilenilen nesneye yönelik bazı sınırlamalar getirilmiştir: nesne sıcak, simetrik, kapamaya maruz kalmamış (tüm şekli görünen), belirli en-boy oranında ve boyutta olmalıdır. Tewary vd. (2014) tarafından çerçeve farkı ile arka plan çıkarımını, hızlı bağımsız bileşen analizini (fast independent component analysis) ve optik akışı birlikte kullanan sinerjistik bir çözüm önerilmektedir. Yöntemde birden fazla çerçeve kullanarak hareketli hedef tespit edilmektedir. Han vd. (2016) tarafından küçük hedeflerin tespiti için Gabor farkı filtresi önerilmektedir. Gabor farkı filtresi, Gauss farkı filtresinin genişletilmiş bir halidir, yönelim farklılıklarına hassas ve karmaşık arka plan kenarlarını daha iyi bastırmaktadır. Çoklu ölçekli tespit gerçekleştirilebilmesi için ilgilenilen hedefin boyutları gözetilerek Gabor filtrelerindeki ölçeklendirme katsayılarının uygun değerler ile ayarlanması gerekmektedir. Florins ve Manzanera (2012) deniz üstünde yüzen farklı boyutlardaki mayınların tespit edilmesi ile ilgilenmektedir. Öncelikle ilgilenilen mayınların ölçüleri belirlenmekte ve sonrasında zaman ve uzay boyutunda yumuşatma için zamansal ve morfolojik filtreler kullanılmaktadır. Ayrıca geometriksel bir eleme yapılarak mayına benzemeyen

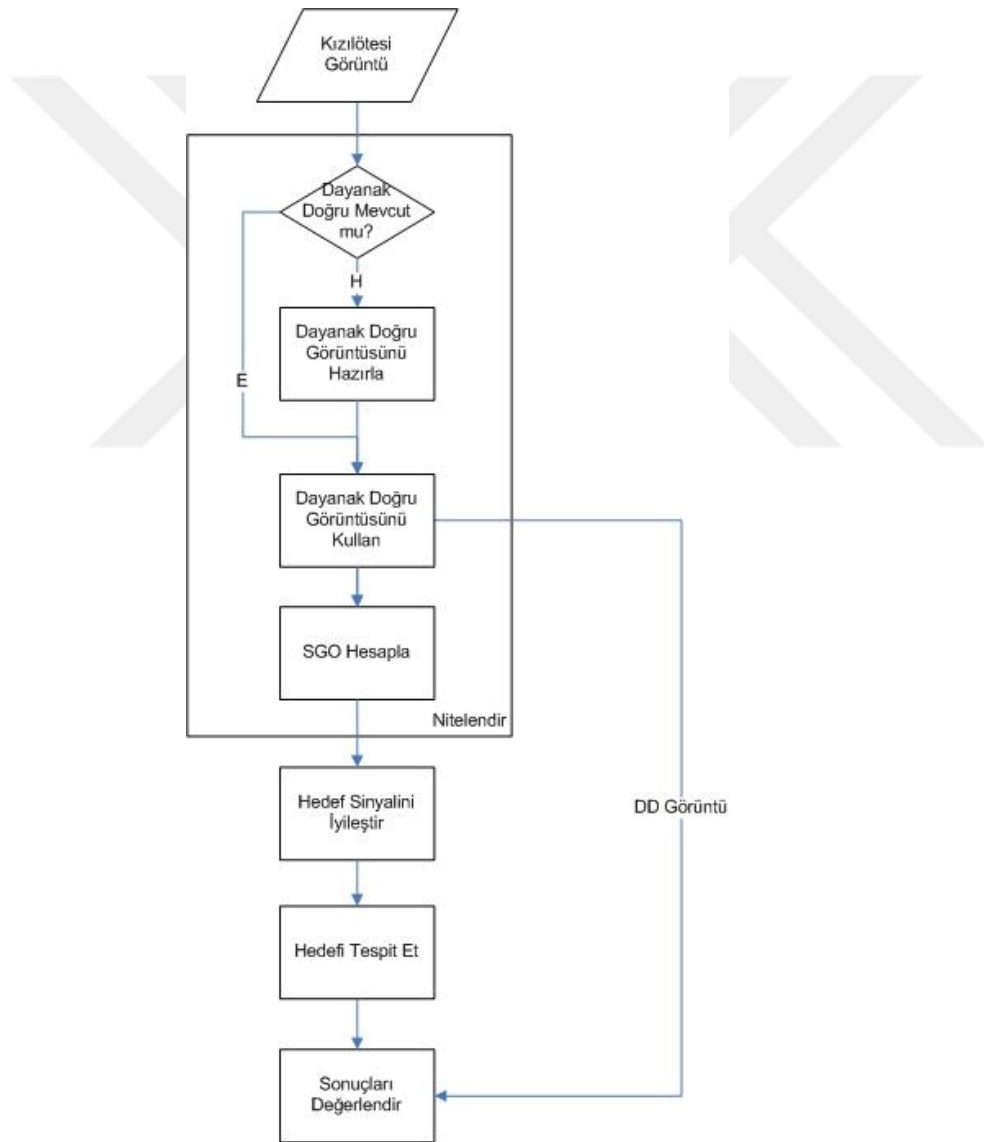
bölgelerin mayın olarak etiketlenmesinin önlenmesi amaçlanmaktadır. Deng vd. (2016) tarafından çoklu ölçekli gri farkı ve yerel entropi konseptinden ilham alan yeni ağırlıklandırılmış görüntü entropisi küçük hedeflerin tespiti için önerilmektedir. Toplamda 80 pikselden daha az boyuta sahip hedeflerin küçük hedef olarak nitelendirildiği tanım referans alınmaktadır. Komşuluk bölgesinin boyutu hem çoklu ölçekli gri farkı hem de entropi işlemi için ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Yang vd. (2014) tarafından görünüş modelinden elde edilmiş yönlü ikinci seviye yönlü türev (Directional second-order directional derivative) filtresi kullanılarak orjinal görüntü farklı yönelimlerde alt bandlara ayrılmaktadır. Çoklu ölçekli görünüş model analizi ise bu filtrenin çoklu ölçekli serilerinin kullanılmasıyla geliştirilmektedir. Bu yöntemlerde genellikle ilgilenilen hedefe dair şekil, boyut ya da hareket gibi önbilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Son iki yöntemde ise sadece küçük hedefler ile ilgilenilmektedir. Yöntemler içerisinde her bir ölçekte uygun hedef boyutu çok dar bir aralıkta olduğu için hem küçük hem de büyük hedeflerin tespiti amacıyla oldukça fazla sayıda ölçek kullanılması gerekmektedir. Her bir ölçekte elde edilen sonuçların birleştirilmesiyle de nihai sonuca ulaşılmaktadır. Çok sayıda ölçek kullanılması ise sonuçların anlamlı bir şekilde birleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu durumda algoritmaların hem güvenilirliği azalmakta hem de işlem yükü oldukça fazla artmaktadır.

3.2 Genel Bir Yaklaşım

Düşük SGO'lu hedeflerin tespit edilmesi için kullanılabilecek genel bir yaklaşım bu bölümde anlatılmaktadır. Burada anlatılan yaklaşım, hem bu çalışma, hem de bir önceki bölümde incelenen çalışmaların birçoğu için geçerlidir. Çalışma kapsamında, hedefin düşük SGO'ya sahip olması sebebiyle, basit bir eşik değerlendirme ile hedefi etiketlemeden evvel hedef sinyalinin kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Sinyal kuvvetlendirilmeden eşik değerlendirme yapılırsa, tespit olasılığı düşük, yanlış alarm olasılığı ise fazla olmaktadır.

Düşük SGO'ya sahip hedeflerin tespitini anlatan genel akış diyagramı şekil 3.1'de özetlenmektedir. Senaryoların nitelendirilebilmesi amacıyla her bir senaryo için dayanak doğruya (ground-truth) ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer hali hazırda dayanak doğru

var ise mevcut dayanak doğru bu amaçla kullanılabilir yoksa dayanak doğrunun elde edilmesi gerekmektedir. Hedef ve sahnenin sayısal olarak temsil edilebilmesi amacıyla SGO hesaplanarak senaryo nitelendirilmektedir. Hedef sinyalinin zayıf ve/veya arka planın karmaşık olduğu durumda, hedefi yüksek başarımla tespit edebilmek için öncesinde zayıf sinyalin iyileştirilmesi gerekmektedir. İyileştirilen hedef sinyalinin bulunduğu görüntü üzerinde hedef tespit yöntemleri (örneğin basit bir eşik değerlendirme) uygulanmaktadır. Son aşamada ise hem iyileştirme, hem de tespit açısından yöntemlerin başarımları değerlendirilmektedir.



Şekil 3.1 Düşük SGO’da hedef tespiti için genel akış diyagramı

3.3 Dayanak Algoritmalar

Kızılötesi görüntülerde hedefler genellikle, düşük kontrasta sahip olsa ya da karmaşık bir arka planda yer alsın bile, çıkıntılı bölgelerdir ve görsel dikkati çekebilecek özelliktedir. Bir başka ifade ile hedefe ait bir görüntü parçası, etrafına oranla çoğunlukla fark edilecek kadar ayrılabilir. Bu nedenle, hedef bölgeleri kızılötesi görüntülerde önemli bölge olarak düşünülebilir. Çıkıntı tespit yöntemleri ile elde edilen çıkıntı haritaları da önemli bölgeleri veren haritalardır ve insanın dikkatini çeken görüntü bölgelerini temsil etmektedir. Bu sebeple, çıkıntı haritaları, iyileştirilmiş hedef görüntüsü olarak kullanılabilir. Hem bu uygunluk, hem diğer yöntemlerin hedefe yönelik önbilgiye katı bir şekilde ihtiyaç duyması, hem de çıkıntı tespit yöntemlerinin görünür dalga boyunda otomatik hedef tespiti çalışmaları için oldukça popüler olmasına karşın kızılötesi dalga boyunda yeterince uygulanmamış olması sebebiyle, burada düşük SGO problemine çıkıntı tespit yöntemleri ile çözüm aranmaktadır.

Başarımların kıyaslanabilmesi için üç tane dayanak (baseline) algoritma seçilmiştir. Seçilen algoritmaların kızılötesi görüntüler için uygulanabilir ve literatürde sıklıkla başvurulan algoritmalar olmasına dikkat edilmiştir. Bilindiği üzere kızılötesi görüntüler gri seviyedir fakat seçilen yöntemler renkli görüntüler için tasarlanmıştır. Bu nedenle kızılötesi görüntülerde de kullanılabilmesi amacıyla burada yöntemler uyarlanmıştır.

3.3.1 Spektral artıklık

Hou ve Zhang (2007) tarafından, çıkıntı tespiti için spektral artıklık (SA, Spectral Residual) önerilmektedir. İlk olarak girdi görüntüsü, ölçeklemeye bağlı olarak indirgenmektedir. İndirgenmiş görüntünün log spektrumunun (Fourier dönüşümünün genliğinin logaritması) orijinali ve log spektrumun yerel ortalama filtre $h_n(u, v)$ ile yumuşatılmış hali arasındaki fark, denklem (3.4)'teki gibi hesaplanmaktadır. Aradaki bu fark $\mathcal{R}(u, v)$, spektral artıklık olarak tanımlanmaktadır. Sonrasında denklem (3.5)'te verildiği üzere, spektral artıklık ile faz spektrumunun birleştirilmesinin ters Fourier dönüşümü ile uzamsal bölgede sonuç elde edilmektedir. Göze daha hoş gelmesi için uzamsal bölgedeki bu sonuç, Gauss filtre $g(x, y)$ ile katlanarak çıkıntı haritası $S(x, y)$

oluşturulmaktadır. Böylece komşu piksellerin çıkıntılığı da göz önünde bulundurularak çıkıntı bölgesi belirginleştirilmektedir.

$$\mathcal{A}(u, v) = \Re(\mathcal{F}[I(x, y)]) \quad (3.1)$$

$$\mathcal{P}(u, v) = \Im(\mathcal{F}[I(x, y)]) \quad (3.2)$$

$$\mathcal{L}(u, v) = \log(\mathcal{A}(u, v)) \quad (3.3)$$

$$\mathcal{R}(u, v) = \mathcal{L}(u, v) - h_n(u, v) * \mathcal{L}(u, v), \quad (3.4)$$

$$S(x, y) = g(x, y) * \mathcal{F}^{-1}[\exp(\mathcal{R}(u, v) + \mathcal{P}(u, v))]^2. \quad (3.5)$$

Burada, \mathcal{F} ve \mathcal{F}^{-1} sırasıyla Fourier dönüşümünü ve ters Fourier dönüşümünü ifade etmektedir. $\mathcal{A}(u, v)$ genlik spektrumunu, $\mathcal{P}(u, v)$ ise işlemler boyunca değiştirilmeden saklanan faz spektrumunu belirtmektedir. Çıkıntı haritasında, sahnenin önemli bölgeleri öncelikle yer almaktadır. Çıkıntı haritasının oluşturulmasıyla iyileştirilmiş hedef görüntüsü elde edilmektedir. Bu yöntem dokümanda bundan sonra *spektral artıklık* olarak anılmaktadır.

3.3.2 Frekans ayarlı

Achanta vd. (2009) tarafından renk ve parlaklık öznitelikleri üzerinden göze batan nesnelere tespit edilmektedir. Denklem (3.6)'da verilen Gauss farkı kullanılarak bant geçiren filtreleme yapılmaktadır.

$$\begin{aligned} DoG(x, y) &= \frac{1}{2\pi} \left[\frac{1}{\sigma_1^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma_1^2}} - \frac{1}{\sigma_2^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma_2^2}} \right] \\ &= G(x, y, \sigma_1) - G(x, y, \sigma_2) \end{aligned} \quad (3.6)$$

Burada, σ_1 ve σ_2 filtrenin standart sapmasıdır ($\sigma_1 > \sigma_2$).

Büyük nesnelerin belirginleştirilmesi için asıl görüntü üzerindeki çok düşük frekanslar göz önünde bulundurulmaktadır. Nesnelerin iyi tanımlanmış sınırları için çok yüksek frekanslar korunmaktadır. Gürültüden sakınmak için ise en yüksek frekanslı bileşenlerin elenmesi gerekmektedir. σ_1/σ_2 oranı kontrol edilerek geçirilecek frekanslar belirlenebilmektedir. Geçirilecek bandın geniş tutulabilmesi için σ_1 sonsuza yaklaştırıldığında sonuç, denklem (3.7)'de belirtildiği gibi görüntünün ortalaması olmaktadır. Çıkıntı haritası,

$$S(x, y) = |I_\mu - I_{whc}(x, y)| \quad (3.7)$$

ile hesaplanmaktadır. Burada, I_μ , piksel değerlerinin aritmetik ortalaması ve I_{whc} ise asıl görüntünün Gauss bulanıklaştırılmış halidir. Bu yöntem doküman içerisinde *frekans ayarlı (FA)* olarak belirtilmektedir.

3.3.3 Görüntü işareti

Hou vd. (2012) tarafından görüntü işareti (GI, Image Signature) olarak isimlendirilen basit bir görüntü betimleyicisi sunulmakta ve nesne – arka plan ayrımı problemi için, Ayrık Kosinüs Dönüşümüne (AKD, Discrete Cosine Transform - DCT) dayandırılarak çözüm aranmaktadır. Basit bir arka plan üzerindeki küçük nesnelerin tespit edilmesi, problem olarak tanımlanmaktadır. Burada, “küçük” ile nesnelerin uzaysal seyrek (sparse) olduğu, “basit” ile de arka planın spektral seyrek olduğu anlatılmaya çalışılmaktadır.

Görüntü işareti, bir görüntünün (I) 2 boyutlu AKD'sinin işaret fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Denklem (3.8) ve (3.9) ile görüntü işareti verilmektedir.

$$\hat{I} = DCT(I) \quad (3.8)$$

$$IS(I) = sign(\hat{I}) \quad (3.9)$$

Denklem (3.10) ve (3.11) ile de verildiği üzere, görüntü işaretinin 2 boyutlu ters AKD'sinin karesinin Gauss filtreden geçirilmesi ile çıkıntı haritası m elde edilmektedir.

$$\bar{I} = IDCT(IS(I)) \quad (3.10)$$

$$m = g * (\bar{I}o\bar{I}) \quad (3.11)$$

Burada g , Gauss çekirdeğidir. o , Hadamard çarpma işlemi, yani eleman çarpımını, $*$ ise katlama işlemi ifade etmektedir. Gauss filtreleme yumuşatma görevi görmektedir. Göze çarpan bir nesne, uzamsal ayırık olmasının yanı sıra konumlanırken devamlılık içermektedir. Bu nedenle Gauss yumuşatma kullanılarak nesnelerin devamlılığı dikkate alınmakta, yani komşu piksellerin etkisi gözetilmektedir. Bu yöntem, dokümanda *görüntü işareti* olarak isimlendirilmektedir.

3.4 Tespit İçin Faz Faktörünün Önemi

Bu bölümde sinyallerin faz bilgisinin nesne tespiti için kullanılabilirliği incelenmektedir. Bir sinyal için faz bilgisinin önemi Oppenheim ve Lim (1981) tarafından öne çıkartılmıştır. Ayrıca Guo (2008) tarafından çıkıntı tespiti, Aiger ve Talbot (2010) tarafından ise düzensizlikleri belirginleştirmesi sebebiyle defo (defect) tespiti açısından önemi kanıtlanmıştır. Bir görüntü dizisi $f(x, y)$ 'in iki boyutlu ayırık Fourier dönüşümü aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp\left(\frac{-2\pi i}{N}(ux + vy)\right) \quad (3.12)$$

Burada $i = \sqrt{-1}$ 'dir. (u, v) indisleri ise dönüşümün uzamsal frekansı olarak isimlendirilmektedir. Sonuç, frekans bölgesinde bir karmaşık sayılar matrisi,

$$F(u, v) = R(u, v) + iI(u, v) \quad (3.13)$$

ya da genlik ve faz-açı biçiminde,

$$F(u, v) = M(u, v) \exp(i\Phi(u, v)) \quad (3.14)$$

gösterilebilmektedir. Burada,

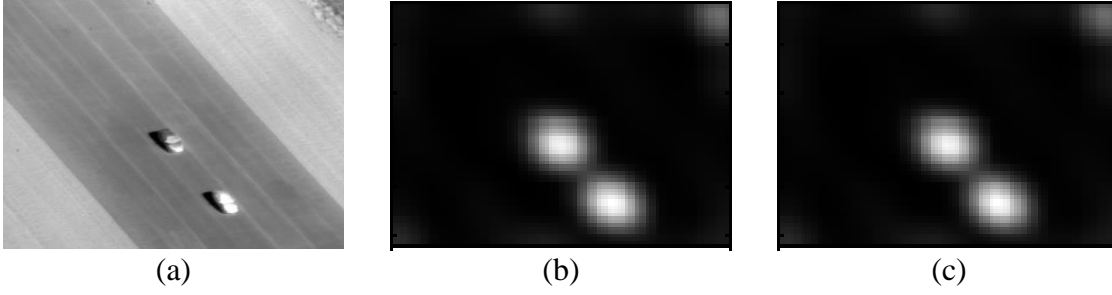
$$M(u, v) = \sqrt{R^2(u, v) + I^2(u, v)} \text{ ve } \Phi(u, v) = \arctan\left(\frac{I(u, v)}{R(u, v)}\right)$$

olmaktadır. $M(u, v)$ genliği ve $\Phi(u, v)$ ise fazı ifade etmektedir. $M(u, v)$ 'nin bire eşit olması durumunda denklem (3.14) ile

$$F_\Phi(u, v) = \exp(i\Phi(u, v)) \quad (3.15)$$

elde edilmektedir. Bu da *faz faktörü* olarak tanımlanmaktadır. Bu eşitlik Horner ve Gianino (1984) tarafından sadece faz filtresi (phase-only filter) olarak isimlendirilmektedir.

Çıkıntı tespiti uygulamalarında sıklıkla karşılaştırılan yöntemlerden olan Hou ve Zhang'ın (2007) yaptığı çalışmada, spektral artıklık olarak tanımlanan girdi görüntüsünün log-spektrumundaki artıklığı, genlik spektrumu olarak kullanılmaktadır. Faz spektrumu ise doğrudan dikkate alınmaktadır. Aynı parametre değerlerini kullanmak koşuluyla, spektral artıklık ve faz faktörü ile elde edilen sonuçlar şekil 3.2'de gösterilmektedir. Şekil 3.2.c'deki sonuç sadece faz bilgisi üzerinden elde edilmiştir. Şekil 3.2'ye bakıldığında, her iki yöntem ile elde edilen sonuçların birbirine çok benzediği görülmektedir.



Şekil 3.2 Spektral artıklık ve faz spektrumu karşılaştırması

a. Asıl görüntü. b. Spektral artıklık sonucu. c. Faz faktörü sonucu.

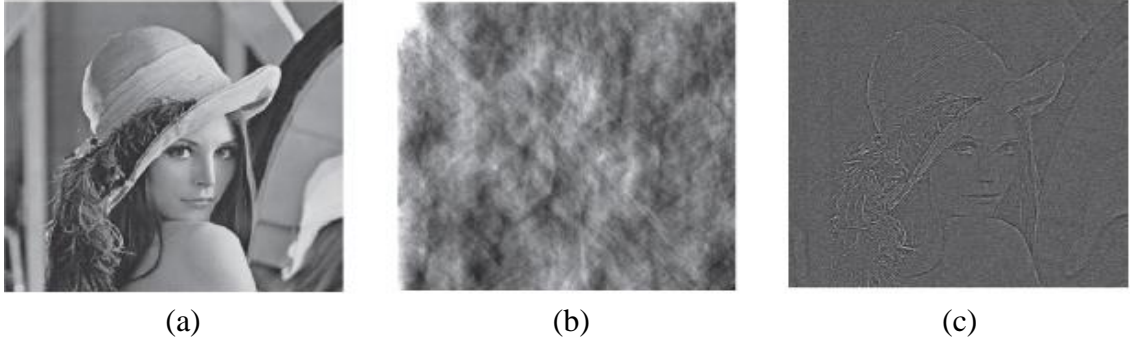
Fourier dönüşümü sonucunda faz bilgisine yukarıdaki gibi ulaşılabılırken ayrık kosinüs dönüşümü (AKD) ile de faz bilgisine ulaşabilmek mümkündür. Görüntü dizisi $f(j, k)$ 'in iki boyutlu AKD $F_{DCT}(u, v)$ olarak ifade edilsin. Gerçek sayı değerleri alan bu dönüşüm;

$$F_{DCT}(u, v) = |F_{DCT}(u, v)|F'_{DCT}(u, v) \quad (3.16)$$

şeklinde genlik ve faz bilgisine ayrılabilir. Burada, genlik bilgisi $|F_{DCT}(u, v)|$ mutlak değer ile hesaplandığı için, faz bilgisi $F'_{DCT}(u, v)$ ise $[+1, -1]$ olmak üzere iki farklı değer alabilir. Buradan, AKD'de faz bilgisinin;

$$F'_{DCT}(u, v) = \text{sign}(F_{DCT}(u, v)) \quad (3.17)$$

olacak şekilde işaret fonksiyonu ile elde edilebileceği görülmektedir. Yu vd. (2009) yaptığı çalışmanın yanı sıra karşılaştırma amacıyla sıklıkla başvurulan Hou vd.'nin (2012) geliştirdiği yöntemde çıkıntı tespiti için AKD'deki faz bilgisinden yararlanılmıştır. Şekil 3.3'te AKD üzerinden hesaplanan genlik ve faz bilgilerinin ayrı ayrı kullanılması ile elde edilen görüntüler yer almaktadır. Sadece genlik bilgisinin, yani $|F_{DCT}(u, v)|$ 'nin, ters AKD'si alınarak şekil 3.3.b elde edilmektedir. Sadece faz bilgisinin, yani $F'_{DCT}(u, v)$ 'nin, ters AKD'si kullanılarak elde edilen sonuç da şekil 3.3.c'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Genlik ve faz bilgisini göstermek için kullanılan örnek görüntü

a. Asıl görüntü. b. Sadece genlik görüntüsü. c. Sadece faz görüntüsü.

Şekil 3.3'te görüntü hakkındaki önemli bilginin faz faktörü içerisinde yer aldığı görülmektedir. Diğer taraftan genlik ya da artıklık gibi bilgilerin hesaplamalara dahil edilmemesi durumunda, yani sadece faz faktörü dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda işlem yükünde de kazanç sağlanmaktadır.

İnsan destek sistemleri ve otonom sistemlerde, tespit edilmesi önemli bölgeler genellikle insan yapılarıdır. Doğaya göre farklı yansıtıcılık özelliklerine sahip olmaları sebebiyle insan yapıları kızılötesi görüntülerde arka plana oranla daha fazla düzensizlik içermektedir. Bir başka deyişle kızılötesi açık alan görüntüleri, kendi içerisinde devamlılık içeren birçok alt örüntüden meydana gelebilir fakat insan yapıları bu devamlılığı bozarak çıkıntı oluşturmaktadır. Bu doğrultuda hedefler, insan algılama sistemi tarafından dikkat çeker. Bir başka deyişle, hedeflerin aykırı bölgeler olduğu değerlendirilebilir. Bu durumu daha iyi anlamak için şekil 3.4'e göz atılabilir. Görüntüler, arka planda devamlılığı olmayan bölgeler içermektedir fakat görüntüler tümünden ele alındığında devamlılık içermeyen bu bölgeler dahi bir şekilde benzer algılanmaktadır. Oysa ki hedef bölgeleri bu devamlılığı bozmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.4 Doğada yer alan insan yapılarının kızılötesi görüntüsü

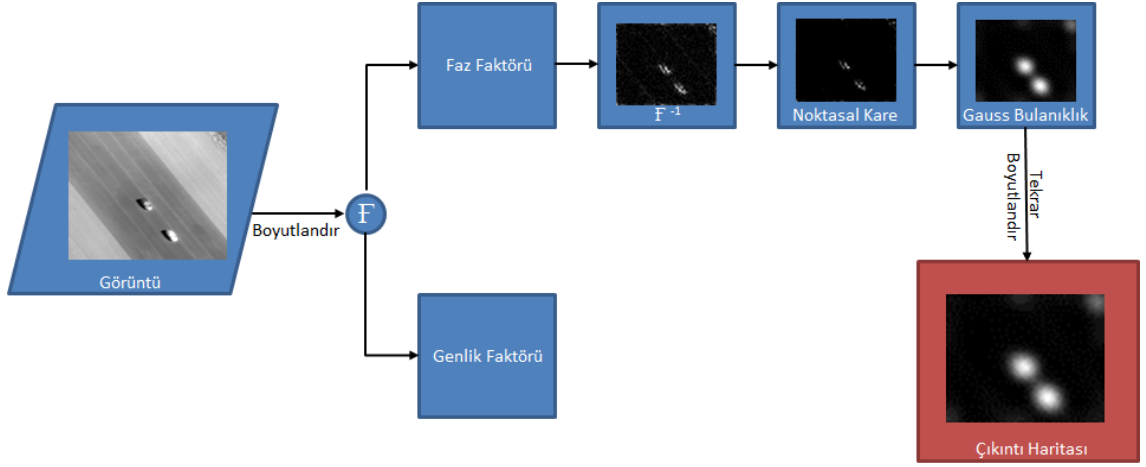
a. Örnek 1 ve b. örnek 2.

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı üzere görüntü karakteristiğini içermesi ve düzenli bölgeleri söndürmesi sebebiyle faz bilgisi nesne tespiti için önemli bir yer tutmaktadır. Bu doğrultuda çalışmada, Fourier dönüşümü ile elde edilen faz bilgisi temel algoritma olarak kullanılmaktadır ve analiz edilmektedir.

3.5 Çoklu Standart Sapma Tabanlı Çıkıntı Yöntemi

Hedef sinyalinin kuvvetliliği, arka plan karmaşıklığı, hedefin görüntü içerisinde kapladığı alan -yani görüntüdeki hedef boyutu ve görüntü çözünürlüğü- daha önce de bahsedildiği üzere, otomatik nesne/hedef tespitini etkileyen kök nedenlerdir. Bu değişkenlerden bağımsız olarak nesnenin otomatik olarak tespit edilebilirliği ile ilgili yapılan analiz bu bölümde paylaşılmaktadır. Burada, bahsedilen kök nedenlerdeki değişimlerden mümkün olduğunca az etkilenen bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Temel algoritma olarak faz faktöründen yararlanılacağı daha önceki bölümde gerekçeleriyle birlikte belirtilmişti. Faz faktörü temelli yöntemin genel akışı şekil 3.5 'te gösterilmektedir. F ve F^{-1} sırasıyla Fourier dönüşümünü ve tersini ifade etmektedir. Akıştan da görüleceği üzere, temel algorithmada sadece faz bilgisi kullanılmaktadır, görüntüye dair genlik bilgisi ile ilgilenilmemektedir.



Şekil 3.5 Faz faktörü temelli yöntemin genel akışı

Temel algoritmanın başarımını etkileyen değişkenler aşağıda listelenmektedir:

- Filtre standart sapması ve boyutu,
- Yeniden boyutlandırma katsayısı.

Noktasal kare işleminden sonra komşu piksellerin çıkıntılığı da göz önünde bulundurularak bir pikselin çıkıntılığı tekrar hesaplanmaktadır. Bu hesaplama için Gauss filtresi kullanılmaktadır. Gauss filtresinin standart sapması ve boyutu değiştirilerek pikselin çıkıntılığına komşu piksellerin etkisi artırılıp azaltılabilmektedir. Diğer taraftan girdi görüntüsünün boyutu, görüntü ile hedefin görüntüde kapladığı alanın oranına uygun olarak değiştirilebilmektedir. Bu değişim yeniden boyutlandırma katsayısı, yani görüntü çözünürlüğü ölçeklendirme katsayısı, ile gerçekleştirilmektedir.

Hangi parametreler ile hangi koşullarda başarılı olduğunun tespit edilebilmesi durumunda, temel algoritmanın kabiliyetleri açığa çıkartılabilir. Bu maksatla karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak filtre boyutu ile standart sapması arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonrasında ise ölçeklendirme katsayısı ile filtre parametresi arasındaki bağlantı araştırılmıştır. Araştırmada 2.3.1’de verilen tanımlar ışığında, hedef sinyalinin belirginliği ve arka plan karmaşıklığı, SGO içerisinde incelenmektedir.

3.5.1 Parametrelerin analizi

Algoritmanın parametreleri arasındaki ilişki bu bölümde incelenmiştir. Öncelikle filtre parametrelerinin birbirleri, sonra ise yeniden boyutlandırma katsayısı ile filtre standart sapması arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Senaryolar oluşturulurken denklem (2.5 ile verilen model kullanılarak üretilen sentetik görüntülerden yararlanılmıştır.

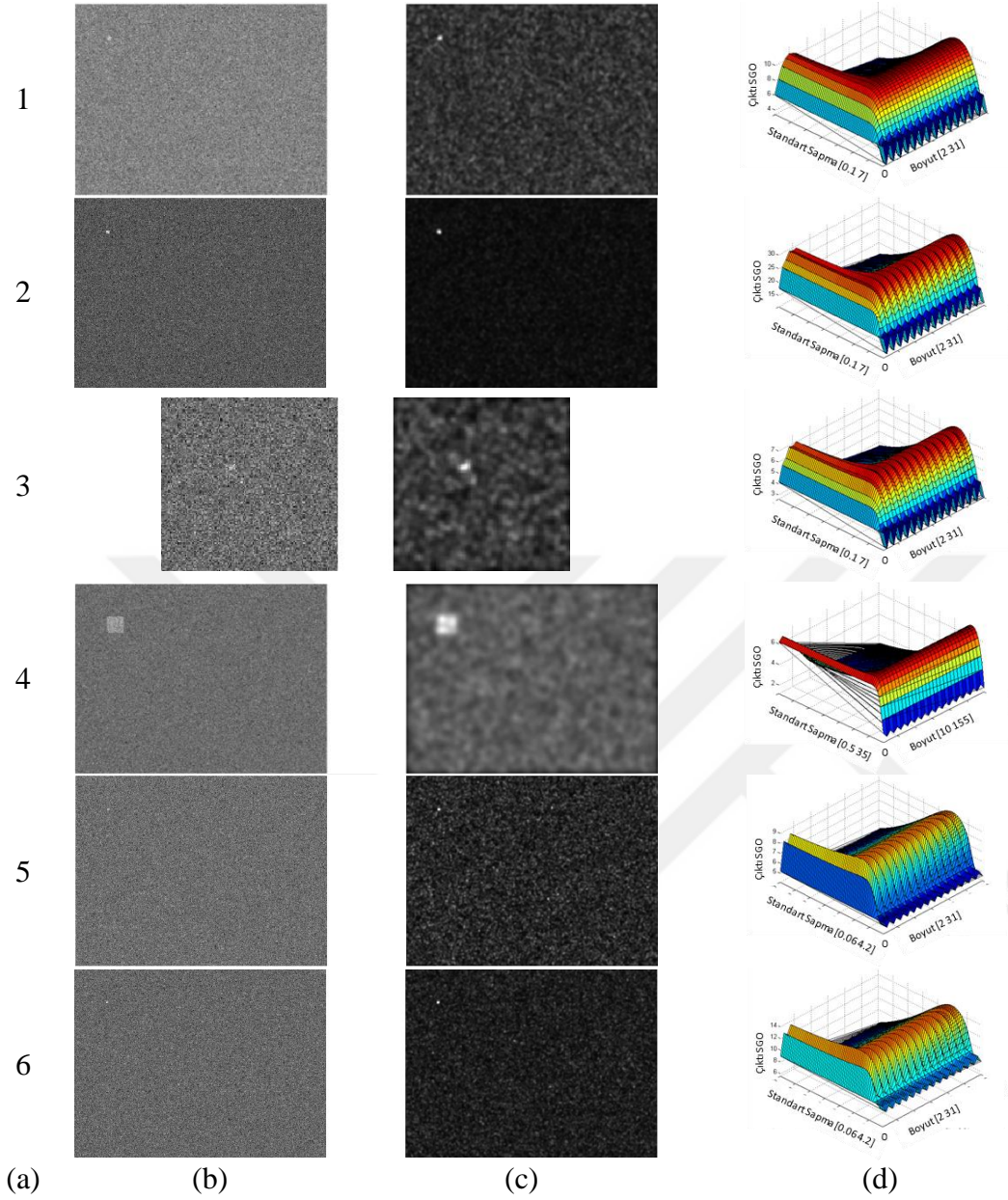
3.5.1.1 Filtre parametreleri arasındaki ilişki

Hedef boyutu, görüntü boyutu ve SGO gibi nesne tespiti için kök neden olarak belirlenen etkilerin farklı değerlerinde, filtre standart sapması ve boyutu arasında ilişki incelenmiştir. İncelemenin yapılabilmesi için benzetim ile referans bir senaryo oluşturulmuştur (bkz. çizelge 3.1 senaryo 1). Filtre standart sapması ve boyutu belirli aralıklarla arttırılarak referans senaryo üzerinde temel algoritma sınanmış ve elde edilen sonuçlar çizdirilmiştir. Sonrasında referans senaryoda her bir parametre tek tek değiştirilerek yeni senaryolar oluşturulmuştur. Değiştirilen parametreler çizelgede kalın gösterilmiştir. Yeni senaryoların her birinde aynı işlem tekrarlanarak sonuçlar gözden geçirilmiştir.

Çizelge 3.1 Filtre standart sapması ve boyutu arasındaki ilişkinin belirlenmesi için kullanılan senaryolar

Senaryo #	1 (Referans)	2	3	4	5	6
Görüntü Boyutu	[288 384]	[288 384]	[128 128]	[288 384]	[288 384]	[288 384]
Hedef Boyutu	[5 5]	[5 5]	[5 5]	[25 25]	[3 3]	[3 3]
Arka Plan Seviyesi	100	100	100	100	100	100
Kontrast	20	40	20	20	20	40
Standart Sapma	10	10	10	10	10	10

Çizelge 3.1’de otomatik nesne tespiti probleminde temel algoritmadaki filtre değişkenlerinin birbirleri ile ilişkisini gözlemleyebilmek için kullanılacak olan senaryolara dair parametreler gösterilmektedir. Çizelgede dikey ve yatay görüntü boyutu sırasıyla piksel olarak ifade edilmektedir. Hedefe dair dikey ve yatay boyut bilgisi ise hedef boyutu satırında yine piksel cinsinden sırasıyla verilmektedir. Senaryolar sekiz bit derinliği üzerinden oluşturulmakta ve bu sebeple arka plan seviyesi [0 255] arasında değerler alabilmektedir. Kontrast ise hedef ile arka plan arasındaki mutlak parlaklık farkı belirtmektedir. Senaryolarda arka plan karmaşıklığı görüntüye eklenen Gauss gürültünün standart sapması ile modellenmektedir. İkinci sütunda yer alan referans senaryoda, 5x5 piksellik ve düşük SGO değerli (~2) bir hedef yer almaktadır. Referans senaryodaki parametreler tek tek değiştirilerek diğer senaryolar (Senaryo 2 - 6) oluşturulmaktadır. Örneğin referans senaryodaki hedef ile arka plan arasındaki kontrast haricindeki tüm değişkenler sabit tutularak ikinci senaryo hazırlanmaktadır. Üçüncü senaryoda görüntü boyutunun parametrelerin başarımı üzerindeki etkisine bakılmaktadır. Dördüncü ve beşinci senaryoda hedef boyutunun büyümesi ve küçülmesi durumunda sonuçlar gözlenmektedir. Son senaryo ile ise hedefin çok küçük olması durumunda SGO’daki artışın etkisi araştırılmaktadır.



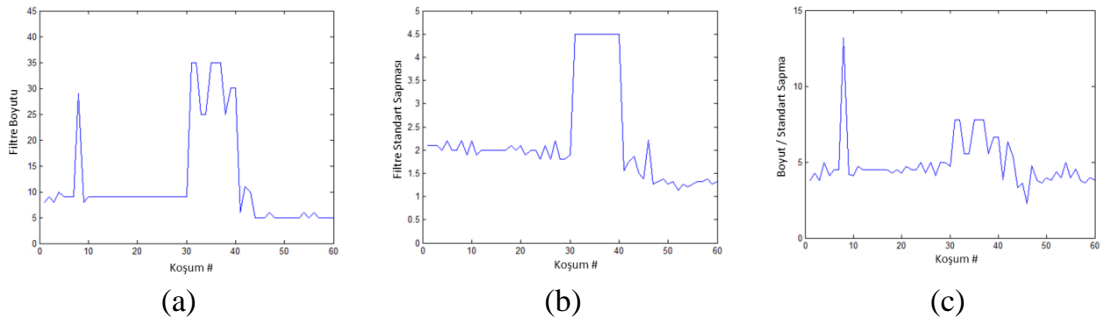
Şekil 3.6 Filtre standart sapması ile boyutu arasındaki ilişki

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. en iyi sonucu veren çıktı görüntüsü, d. Standart sapma ve boyuta göre çıktı grafiği.

Şekil 3.6'da yukarıdan aşağıya satırlarda çizelge 3.1'deki senaryolar ve sonuçları sırasıyla verilmektedir. İlk sütunda senaryo numaraları ve ikinci sütunda benzetim ile oluşturulmuş senaryolar gösterilmektedir. Üçüncü sütunda, farklı filtre standart sapması ve boyutu ile elde edilmiş en iyi sonucun görüntüsü verilmektedir. Bir başka ifade ile temel algoritmanın filtre parametreleri değiştirilerek bu senaryolarda elde edilebilecek en fazla iyileştirmeyi ifade etmektedir. Son sütunda ise senaryo üzerinde filtre standart

sapması ve boyutuna bağlı olarak elde edilen sonuçları gösteren grafik yer almaktadır. Son sütundaki grafiğe bakıldığında, tüm altı koşulda da benzer bir örüntünün yakalandığı görülmektedir. Kabul edilebilir iyileştirme bölgesini ifade eden bu örüntü, “L” harfine benzemektedir. “L” harfinin iki kısımdan oluştuğu düşünülürse, boyutun küçük tutulup standart sapmanın artırıldığı kısım ile standart sapmanın küçük tutulup boyutun artırıldığı kısım karşılaştırıldığında, iyileştirme başarımı açısından daha geniş bir aralık vermesi sebebiyle, ikinci kısmın daha makul olduğu görülmektedir. Filtrenin boyutu arttıkça işlem yükü arttığı bilinmektedir. İşlem yükünü de gözeterek başarımı yüksek küçük bir standart sapma değeri ile uyumlu olacak en küçük filtre boyutu aranmaktadır.

Bu iki parametre ile senaryolarda elde edilebilecek en fazla iyileştirme incelenmiş ve bu iyileştirmeye karşılık gelen değerler şekil 3.7’de gösterilmektedir. Sonuçlar, çizelge 3.1’de yer alan her senaryonun rastgele 10 kere tekrarlanması ile oluşturulan sentetik görüntüler üzerinden elde edilmiştir. Bir başka ifadeyle, her senaryo için 10 koşum gerçekleştirilmiştir. Grafikte ise, ilk senaryoya ait sonuçlar ilk 10 değer olmak üzere, her senaryoya için en iyi başarımı veren değerler onarlı bloklar halinde verilmiştir. Neticesinde toplamda, altı senaryo için 60 adet sonuç elde edilmiştir.

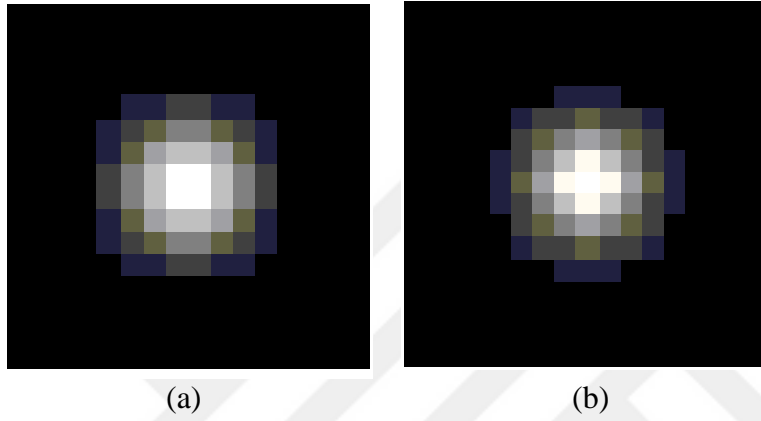


Şekil 3.7 En iyi başarımları sergileyen filtreye ait parametre değerleri

a. Filtre boyutu değerleri, b. filtre standart sapması değerleri, c. boyut ile standart sapma oranı.

İşlem yükü tasarrufu amacıyla uygun en küçük filtre boyutu arayışı sonucunda, şekil 3.6.d’deki sonuçlar ve şekil 3.7.c’deki oranlar göz önünde bulundurularak filtre boyutunun, filtrenin standart sapmasının en az dört katı olmasının uygun olacağı

değerlendirilmektedir. Filtre boyutunun çift sayı olması durumunda, filtredeki en yüksek değer merkezdeki dört piksele dağılmaktadır. Böylelikle ilgilenilen pikselin önemi komşu üç piksel ile aynı olmaktadır. Tek sayı olduğunda ise merkez pikseli filtredeki en yüksek değeri almakta ve sonucunda hizalanan piksele en fazla önem verilmektedir. Bu sebeple filtre boyutu tek sayıda olacak şekilde seçilmelidir. Filtre boyutunun tek ya da çift sayı olma durumu şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Filtre boyutunun çift ve tek sayı olması durumu
a. Filtre boyutu çift sayı, b. Filtre boyutu tek sayı.

Filtre boyutu ile ilgili yapılan değerlendirmenin uygunluğunu belirtmek amacıyla çizelge 3.2’deki sonuç örnek olarak paylaşılmaktadır. Burada filtre boyutu, filtre standart sapmasının dört katının bir üst tek sayıya yuvarlanması ile elde edilmektedir.

Çizelge 3.2 Sekizinci koşum için yaklaşımın başarımı

	SGO	Kazanç
Girdi	2.1854	UD
Çıktı (En iyi)	11.1135	5.0852
Çıktı (Yaklaşım)	10.9883	5.0280

Şekil 3.6.d’de, sekizinci koşul için en iyi başarıma daha yüksek boyut-standart sapma oranı ile ulaşıldığı göze çarpmaktadır. Bu sebeple yaklaşımın başarımı örnek olarak bu koşul üzerinden verilmektedir. Çizelge 3.2’de sekizinci koşul için oluşturulan sentetik senaryonun SGO değeri ilk satırda verilmektedir. En yüksek başarıyı veren parametreler ve yaklaşım ile elde edilen sonuçlar ise sırasıyla ikinci ve üçüncü satırda yer almaktadır. Buradan da yaklaşımın en iyi sonuca çok benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Böylece temel algoritmanın üç parametresinden ikisi (filtre standart sapması ve boyutu) arasında bağlantı kurulmuş olmaktadır. Bu da, parametre sayısını üçten ikiye düşürmektedir.

3.5.1.2 Ölçeklendirme katsayısı ile filtre standart sapması arasındaki ilişki

Geriye kalan iki parametre olan filtre standart sapması ile görüntünün tamamının ölçeklendirilme miktarı, yani yeniden boyutlandırma katsayısı, arasındaki ilişki ise bu bölümde verilmektedir. Diğer iki parametrede olduğu gibi, nesne tespitini etkileyen kök nedenlerin farklı değerleri ile oluşturulan koşullar üzerinden ilişki incelenmiştir. Temel algoritma parametreleri daha çok tespit edilecek hedefin boyutunu belirlediği için kök nedenler içerisinde hedef boyutunun etkisi daha detaylı ele alınmıştır. Bu doğrultuda yedi farklı hedef boyutunu içeren senaryolar referans olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.3 Ölçeklendirme katsayısı ile filtre standart sapması ilişkisinin belirlenmesi için kullanılan referans senaryolar

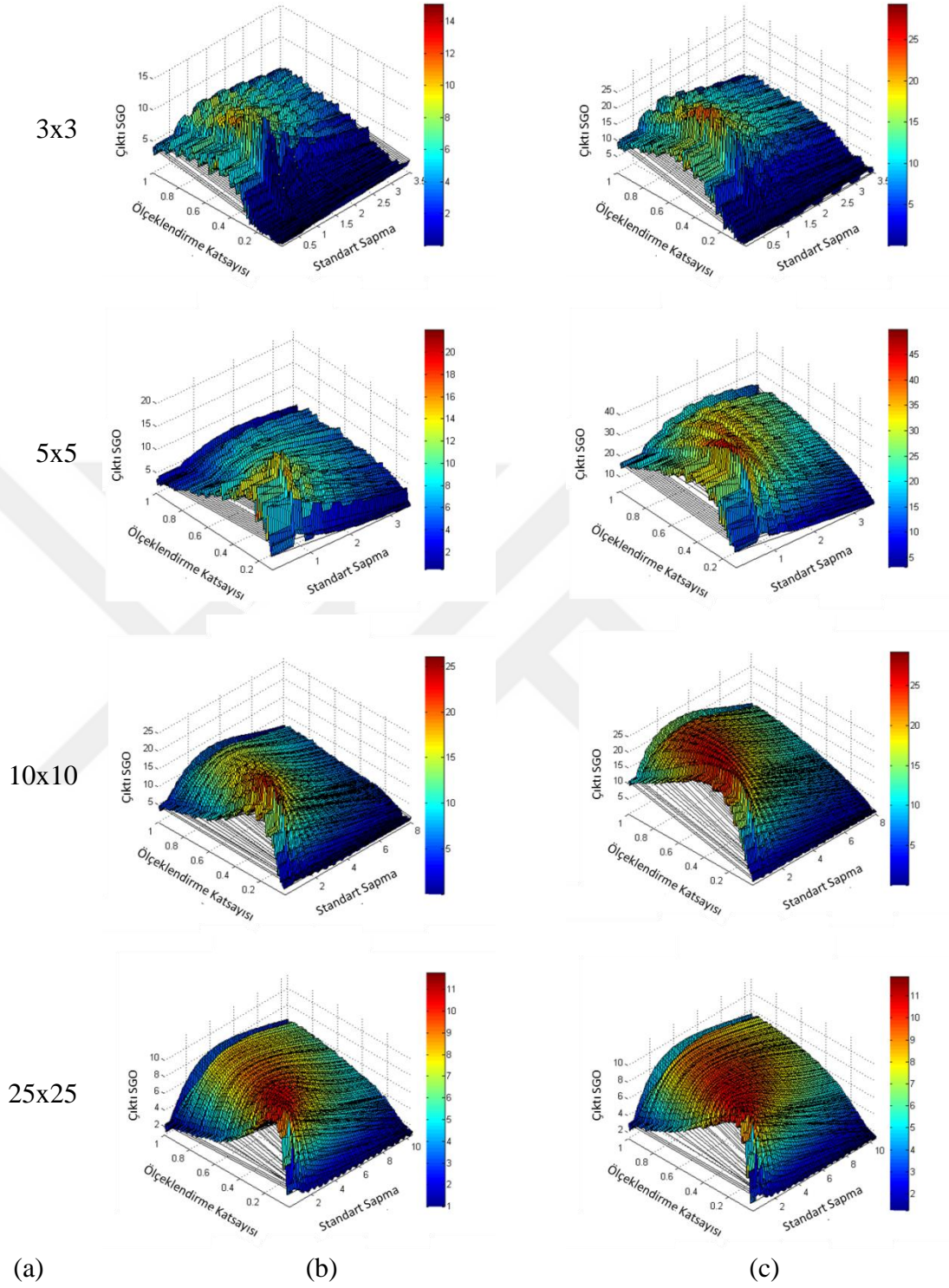
Senaryo #	1	2	3	4	5	6	7
Görüntü Boyutu	[288 384]						
Hedef Boyutu	[3 3]	[5 5]	[10 10]	[25 25]	[50 50]	[100 100]	[200 200]
Arka Plan Seviyesi	100						
Kontrast	40						
Standart Sapma	10						

Çizelge 3.3'te yer alan referans senaryoları belirleyen parametreler, çizelge 3.1'deki senaryodakiler ile birebir aynıdır. İlk çizelgede sadece bir tane referans senaryo varken burada hedef boyutunun etkisi üzerinde durulduğu için referans senaryolar birden fazladır ve farklı boyutlardaki hedefleri içermektedir. Referans senaryolarda görüntü boyutu olarak kızılötesi görüntüleyicilerin sıklıkla ürettiği çözünürlük kullanılmıştır. SGO ise, ne düşük ne de yüksek olacak şekilde, yaklaşık 4 seçilmiştir.

Farklı hedef boyutlarının yer aldığı senaryolar üzerinde SGO'nun değişmesi durumunda farklı parametrelerin başarımları öncelikli olarak gözlemlenmiştir. Sonrasında yine farklı hedef boyutlarındaki senaryolarda artan görüntü çözünürlüğünün etkisi incelenmektedir. Son olarak ise hedef boyutunun parametreler üzerindeki etkisi detaylı olarak verilmektedir.

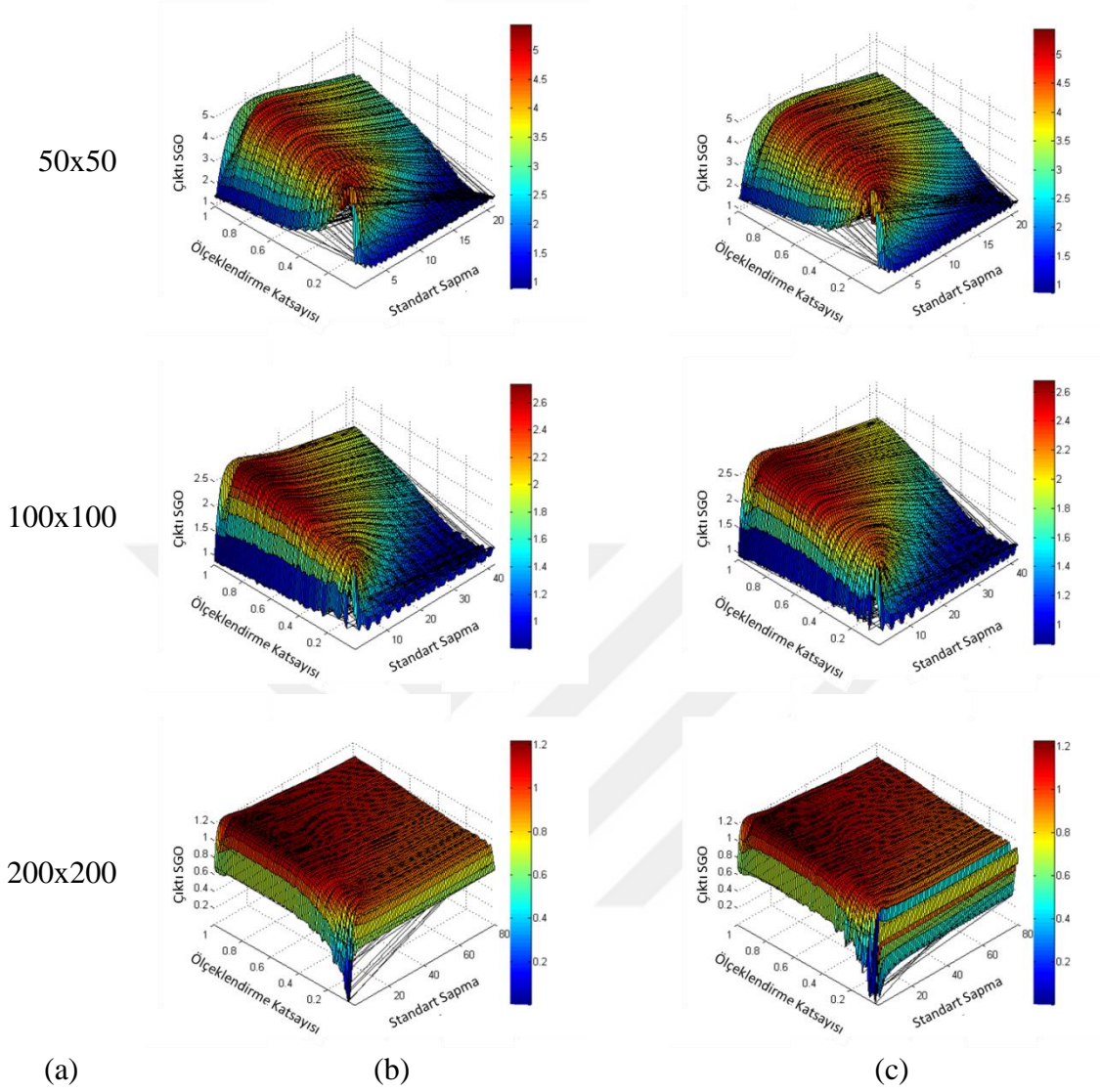
Farklı hedef boyutlarında SGO etkisi

Başarımın parametrelere bağlı olarak değişimi iki farklı SGO seviyesi için incelenmektedir. Bu amaçla çizelge 3.3'te yer alan referans senaryoların yanı sıra hedefin SGO'su düşürülerek elde edilen yedi senaryo da kullanılmaktadır. Düşük SGO'lu senaryolar, referans senaryolarda hedef ile arka plan arasındaki kontrast 20'ye indirilmek ve geri kalan tüm parametreler ise aynı bırakılmak suretiyle elde edilmektedir. Böylece yedi farklı boyuttaki hedeflerden ve –düşük (~2) ve normal (~4) olmak üzere- iki SGO seviyesinden oluşan sentetik görüntüler üzerinde, ölçeklendirme katsayısı ve filtre boyutu parametrelerinin değiştirilmesiyle elde edilen temel algoritma başarımı gözlenmekte ve sonuçlar şekil 3.9-3.10'da yer almaktadır.



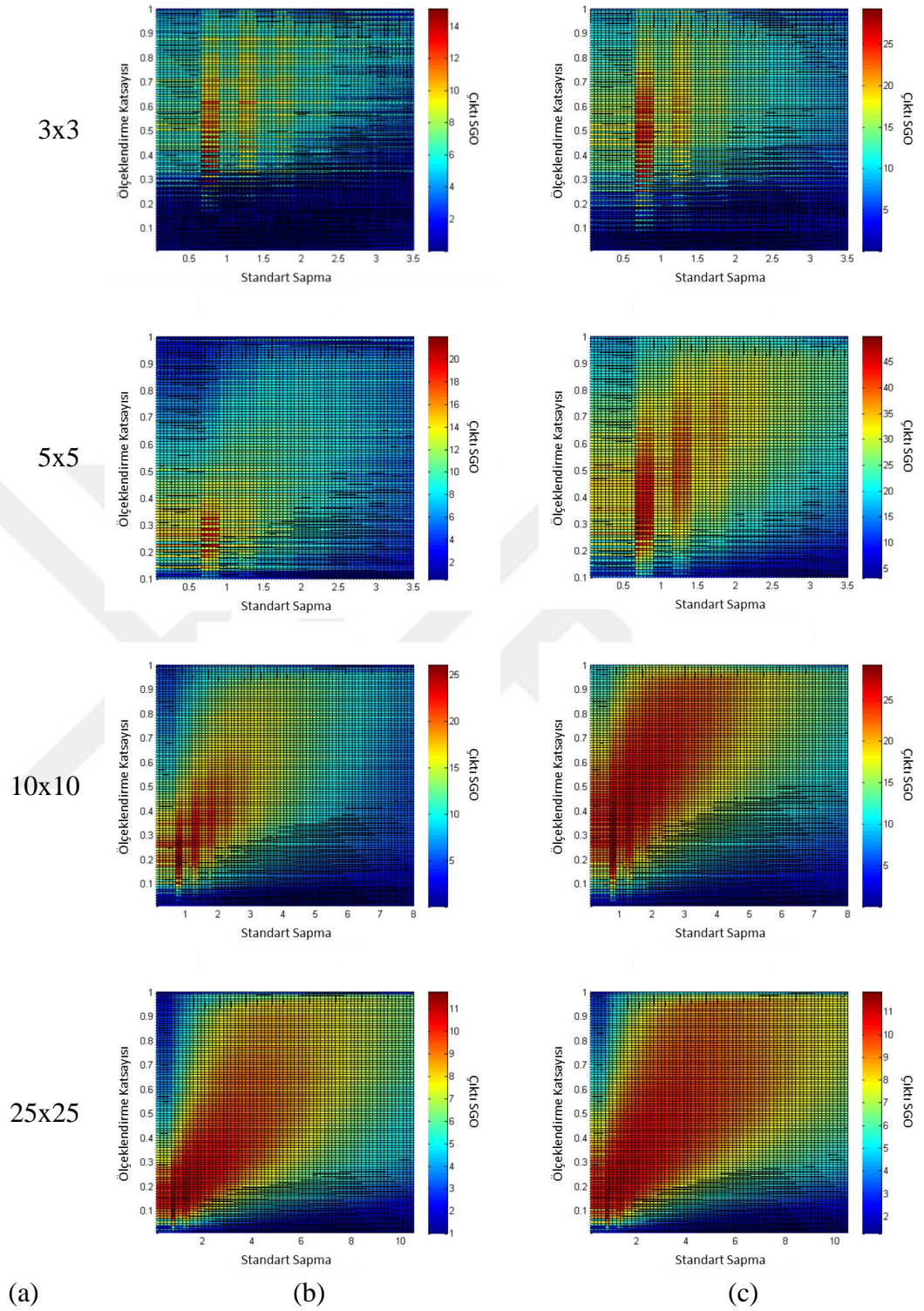
Şekil 3.9 Farklı hedef boyutlarında düşük ve normal SGO'ya ait 3B sonuçlar

a. Hedef boyutu, b. düşük SGO'lu senaryoların sonuçları, c. normal SGO'lu referans senaryoların sonuçları.



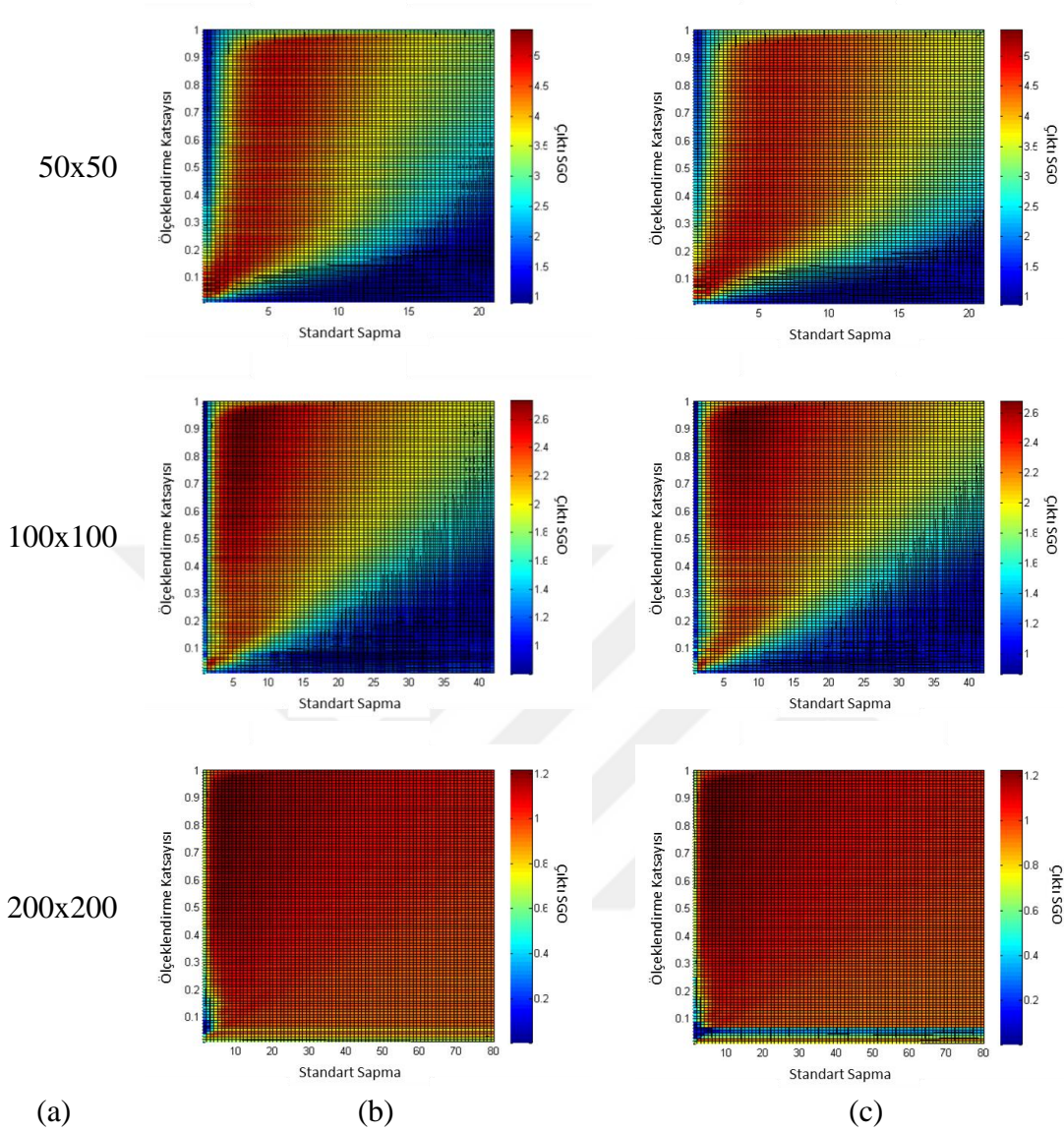
Şekil 3.9 Farklı hedef boyutlarında düşük ve normal SGO'ya ait 3B sonuçlar (devamı)

a. Hedef boyutu, b. düşük SGO'lu senaryoların sonuçları, c. normal SGO'lu referans senaryoların sonuçları.



Şekil 3.10 Farklı hedef boyutlarında düşük ve normal SGO'ya ait 2B sonuçlar

a. Hedef boyutu, b. düşük SGO'lu senaryoların sonuçları, c. normal SGO'lu referans senaryoların sonuçları.



Şekil 3.10 Farklı hedef boyutlarında düşük ve normal SGO'ya ait 2B sonuçlar (devamı)

a. Hedef boyutu, b. düşük SGO'lu senaryoların sonuçları, c. normal SGO'lu referans senaryoların sonuçları.

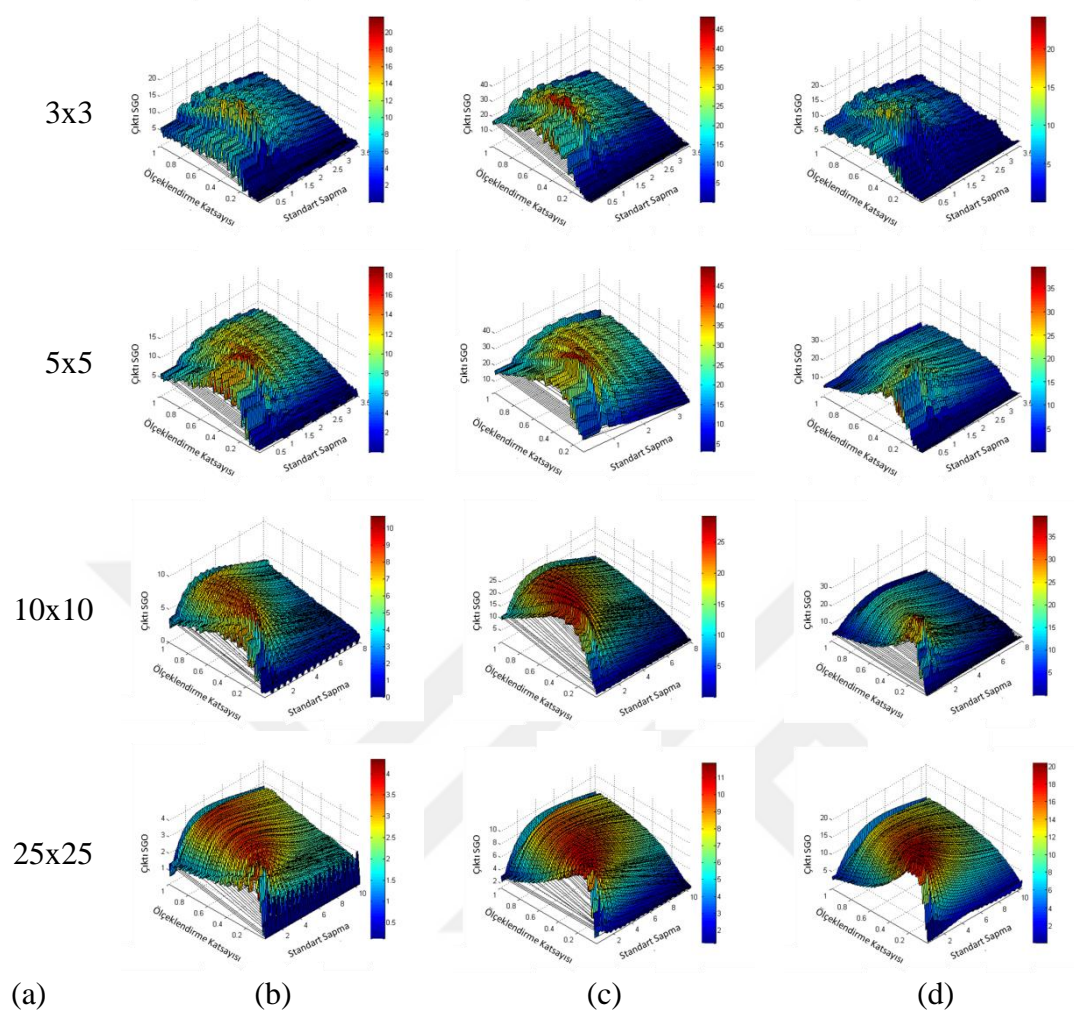
Yorumlama kolaylığı sağlaması amacıyla, şekil 3.9-3.10'da aynı sonuçlar farklı görselleştirme yöntemleriyle verilmektedir. İkinci sütunda düşük SGO'lu ve son sütunda normal SGO'lu referans senaryolar olmak üzere, ilk satırda birinci senaryo olacak şekilde, birden yediye kadar olan senaryolara ait sonuçlar, sırasıyla yukarı satırlardan aşağıya doğru gösterilmektedir. Parametreler en iyi başarıyı verecek şekilde seçilmesi durumunda, küçük hedefler için iyileştirme kazancı her iki SGO seviyesi için yaklaşık aynı olmaktadır ($29/4 \approx 15/2$). Bu kazancın, düşük SGO'lu hedeflerin tespit

edilebilmesi için bile tatmin edici olduğu değerlendirilmektedir. Uygun parametreler ile ayarlanması durumunda temel algoritma çıktısı, hedef boyutu arttıka her iki SGO seviyesi için benzer sonuç verebilmektedir. Bir başka deyişle, dūřuk SGO'lu hedef yüksek SGO'lu hedefe göre hedef büyüdükçe daha fazla iyileştirilmektedir.

şekil 3.9'daki 3B sonuçlar ve şekil 3.10'daki 2B sonuçlar incelendiğinde genelde sonuçların her bir satırda benzer örüntüler sergilediği görülmektedir. Bir başka deyişle hedef boyutları aynı ise farklı SGO'larda benzer örüntü elde edilmektedir. Özellikle hedef boyutu arttıka farklı SGO'larda örüntülerin çok benzer oldukları söylenebilir. Bu da, farklı SGO'lardaki hedefler üzerinde aynı parametreler ile ayarlanmış temel algoritmanın etkisinin benzer olacağını ifade etmektedir. Özetle, farklı SGO'lar için parametrelerin farklı ayarlanmasına ihtiyaç olmadığı değerlendirilmektedir.

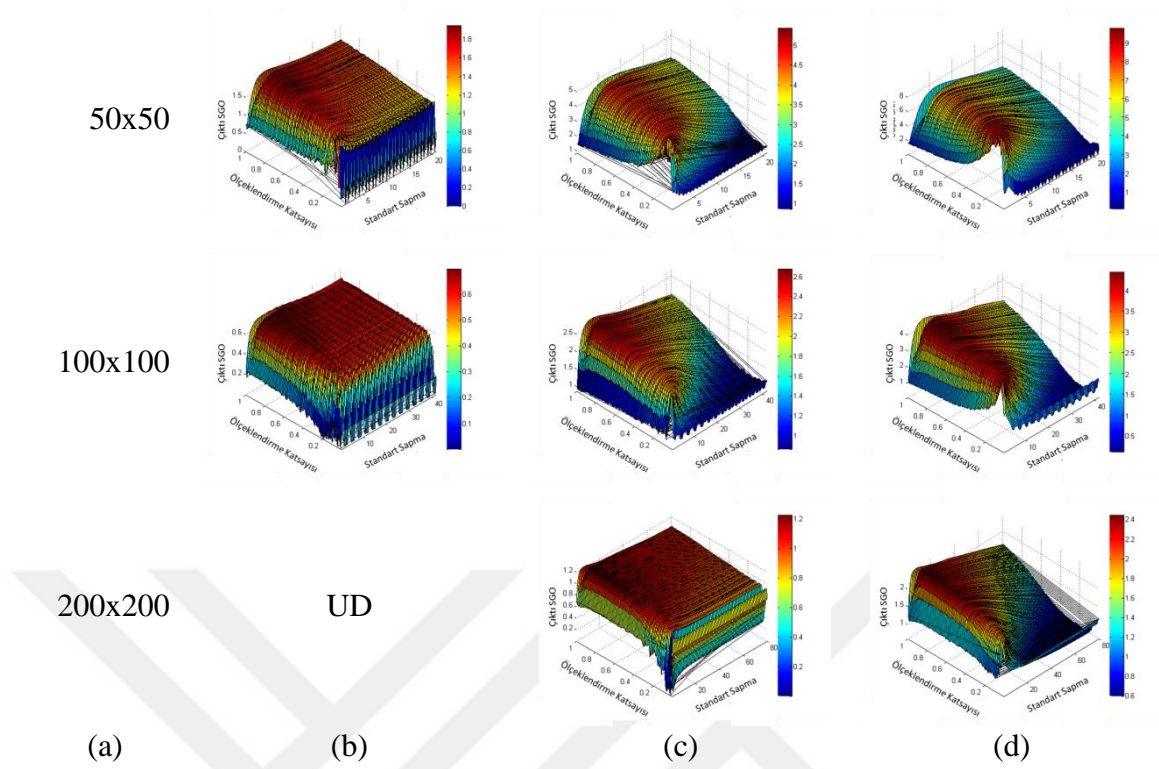
Farklı hedef boyutlarında görüntü znrlğ etkisi

Görüntü znrlęnn etkisini inceleyebilmek için  farklı znrlkte sentetik senaryolar hazırlanmıştır. Bu znrlkler sırasıyla 128x128, 384x288 ve 640x512 pikseldir. Referans senaryolarda belirtilen en büyük boyutlu hedef, dūřuk znrlęe sığmadığı için bu senaryo benzetilmemiştir. Bu sebeple, izelge 3.3'teki referans senaryolarda znrlk haricindeki tüm parametreler sabit tutularak dūřuk znrlk için altı, yüksek znrlk için ise yedi senaryo oluşturulmuştur. Böylece oluşturulan 20 senaryo üzerinde, ölçeklendirme katsayısı ve filtre boyutu parametrelerinin değerleri değiştirilerek temel algoritmanın başarımını gözlenmekte ve sonuçlar şekil 3.11-3.12'de sunulmaktadır.



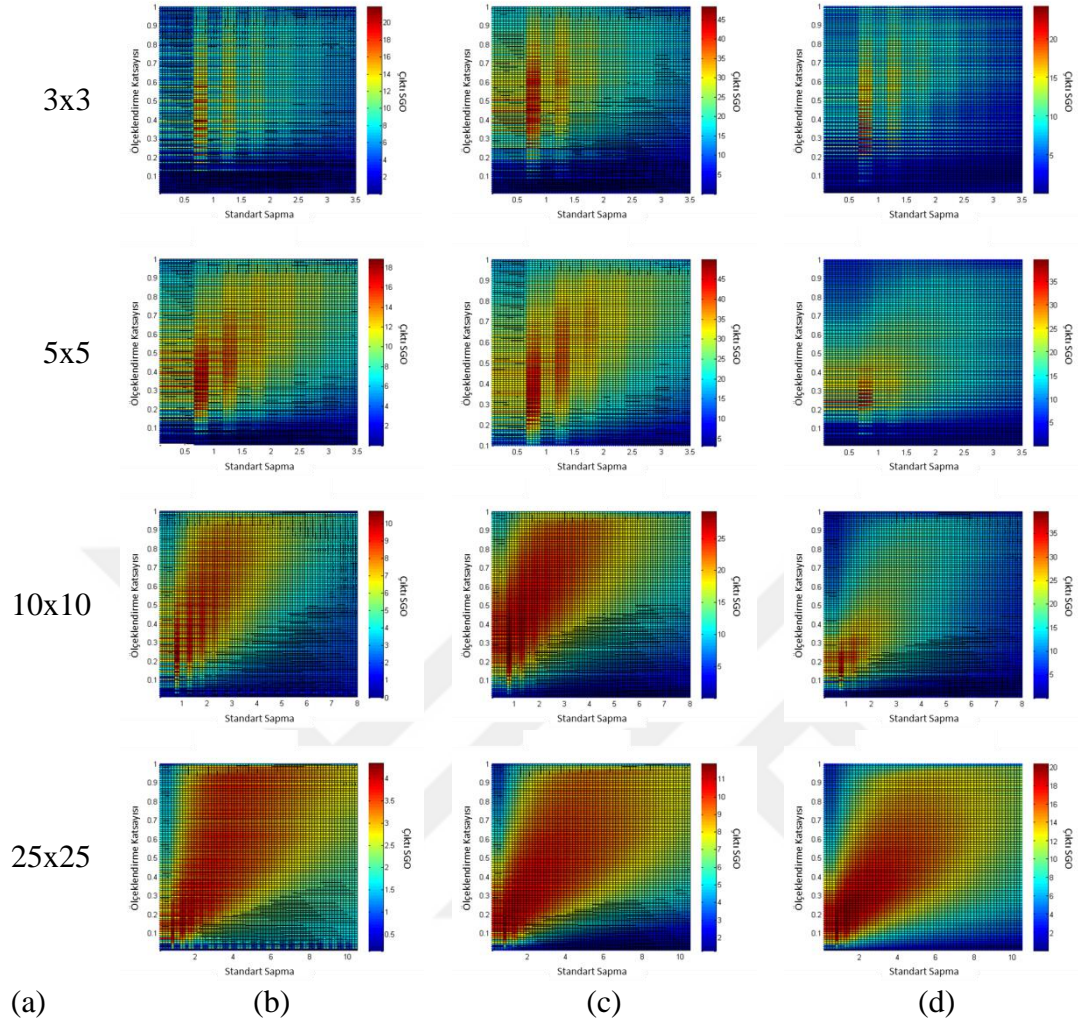
Şekil 3.11 Farklı hedef boyutlarında düşük, normal ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin 3B sonuçları

a. Hedef boyutu, b. düşük çözünürlüklü senaryoların sonuçları, c. normal çözünürlüklü referans senaryoların sonuçları, d. yüksek çözünürlüklü senaryoların sonuçları.



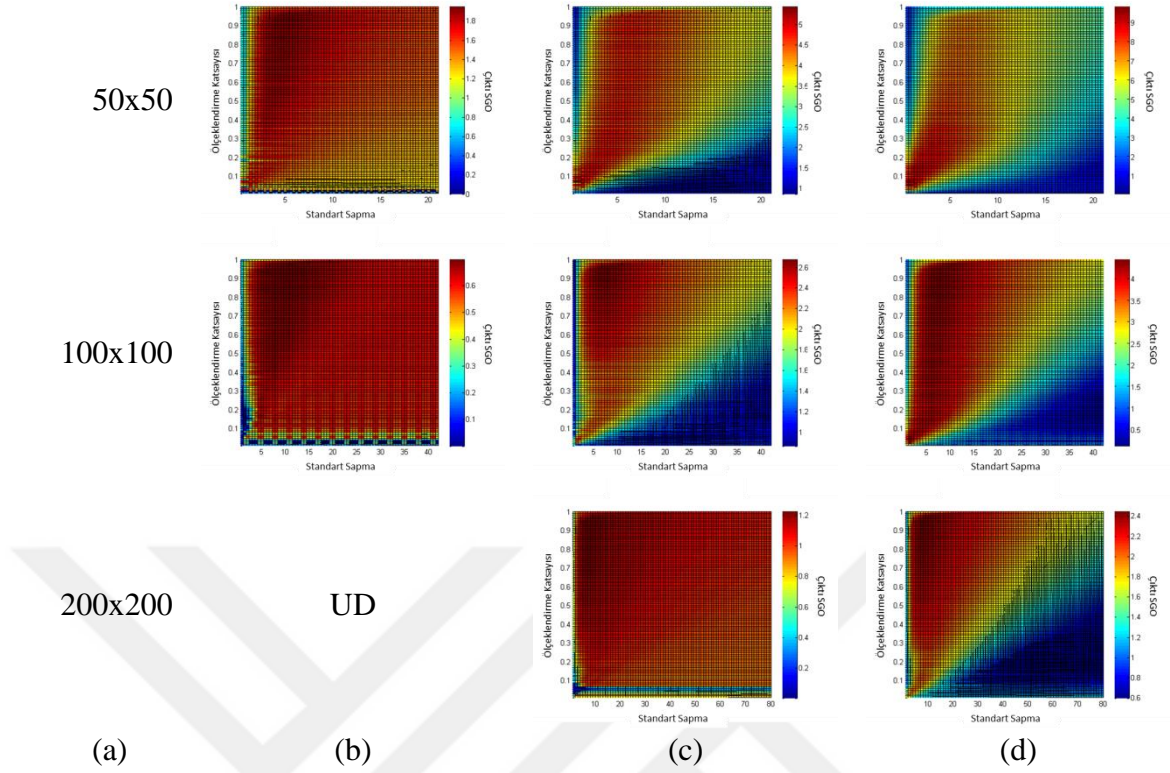
Şekil 3.11 Farklı hedef boyutlarında düşük, normal ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin 3B sonuçları (devamı)

a. Hedef boyutu, b. düşük çözünürlüklü senaryoların sonuçları, c. normal çözünürlüklü referans senaryoların sonuçları, d. yüksek çözünürlüklü senaryoların sonuçları.



Şekil 3.12 Farklı hedef boyutlarında düşük, normal ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin 2B sonuçları

- a. Hedef boyutu, b. düşük çözünürlüklü senaryoların sonuçları, c. normal çözünürlüklü referans senaryoların sonuçları, d. yüksek çözünürlüklü senaryoların sonuçları.



Şekil 3.12 Farklı hedef boyutlarında düşük, normal ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin 2B sonuçları (devamı)

- a. Hedef boyutu, b. düşük çözünürlüklü senaryoların sonuçları, c. normal çözünürlüklü referans senaryoların sonuçları, d. yüksek çözünürlüklü senaryoların sonuçları.

Daha kolay incelenebilmesi için elde edilen sonuçlar, farklı görselleştirme yöntemleri ile şekil 3.11-3.12’de verilmektedir. Grafiklerde sütunlar arasında soldan sağa doğru görüntü çözünürlüğü artmaktadır. Üçüncü sütunda, referans senaryolara ait sonuçlar, ilk satırda birinci senaryo olacak şekilde, yukarıdan aşağıya doğru satırlarda sırasıyla gösterilmektedir. Her bir satırda farklı hedef boyutuna ait sonuçlar verilmektedir.

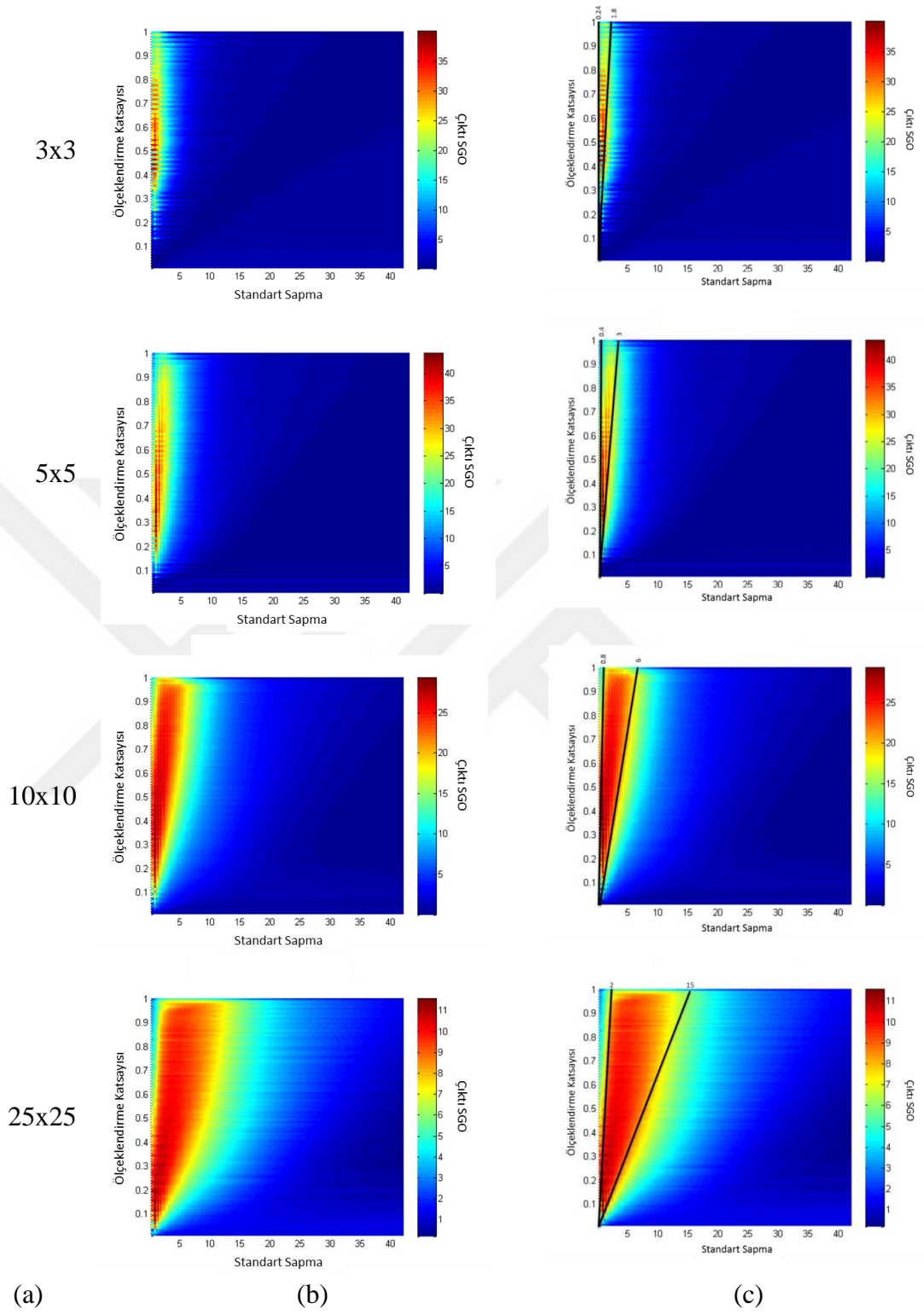
Temel algoritma ile elde edilen iyileştirme seviyelerine bakıldığında, her bir sonucun solundaki sütunun bir üst satırındaki seviye ile benzerlik gösterdiği dikkati çekmektedir. Yani kendisinden daha düşük çözünürlükteki görüntüde bir küçük hedef ile elde edilen sonuç ile benzerlik göstermektedir. Örneğin düşük çözünürlükte 10x10’luk hedefin SGO’su yaklaşık olarak 10’a çıkartılabilirken, bu seviyeye normal çözünürlükte 25x25’lik hedefte, yüksek çözünürlükte ise 50x50’lik hedefte çıkartılabilmektedir. Aynı şekilde grafiklerin örüntüleri de, sağ alt köşe komşuluklarında birbirine hemen hemen

benzediği sylenabilir. Bu durum, hedef boyutunun yanı sıra görüntü çözünürlüğü ile hedef boyutu arasındaki oranın da başarımı etkilediğini anlatmaktadır. Görüntü-hedef boyu oranının beşten büyük olması durumunda anlamlı iyileştirmelerin sağlandığı söylenebilir. Daha düşük oranlarda, yani hedefin görüntüde çok fazla yer kapladığı durumlarda temel algoritma ile iyileştirme yapmaya çalışmanın çok mantıklı olmadığı belirtilebilir.

Hedef boyutu etkisi

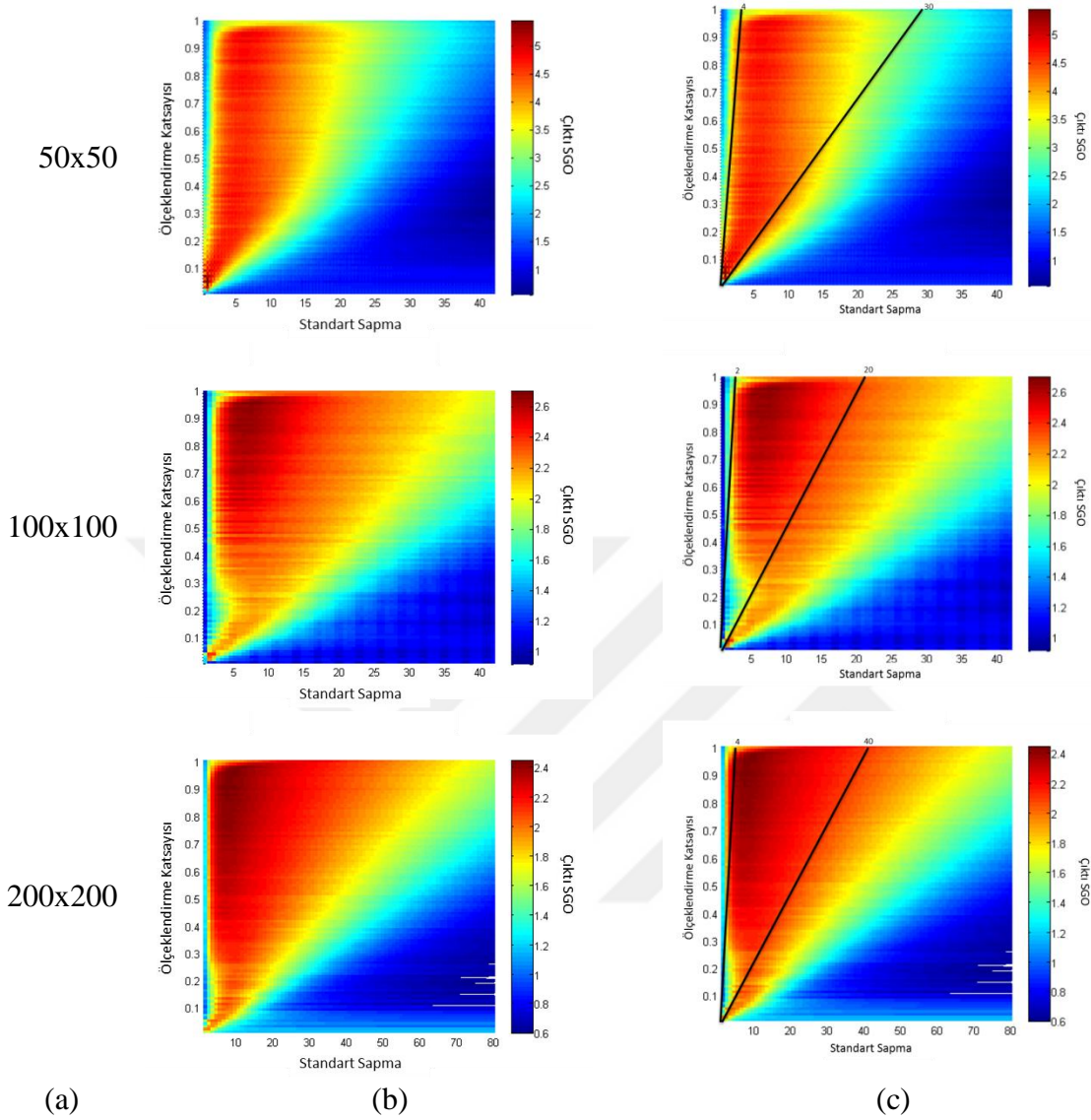
Daha önce de ifade edildiği gibi temel algoritmanın girdi parametrelerinin değiştirilmesi ile görüntüde ilgilenilen hedefin boyutları arasında bir bağ vardır. Bu sebeple parametrelerin, tespit edilmesi istenen hedef boyutuna uygun olarak ayarlanması gerekmektedir. Temel algoritma parametrelerinin, tespit zorluğunu etkileyen diğer kök nedenlere nazaran hedef boyutunu daha çok etkiliyor olması sebebiyle hedef boyutunun etkisi üzerinde daha çok durulmuştur.

Hedef boyutundaki değişime bağlı olarak temel algoritmanın çıktılarını karakterize edebilmek amacıyla belirli aralıklarla değişen boyutlarda hedeflerden oluşan sentetik senaryolar üretilmiştir. Her bir hedef için ölçeklendirme katsayısının ve filtre standart sapmasının aldığı değerler değiştirilerek iyileştirme sonuçları elde edilmektedir. Her bir hedef boyutuna bağlı olarak parametrelerin değiştirilmesi ile elde edilen iyileştirme sonuçları Şekil 3.13'te görülmektedir.



Şekil 3.13 Farklı hedef boyutlarında elde edilen iyileştirme sonuçları

a. Hedef boyutu, b. iyileştirme sonuçları, c. b'deki iyileştirme sonuçları üzerinde sınırların belirtilmesi.



Şekil 3.13 Farklı hedef boyutlarında elde edilen iyileştirme sonuçları (devamı)

a. Hedef boyutu, b. iyileştirme sonuçları, c. b'deki iyileştirme sonuçları üzerinde sınırların belirtilmesi.

Şekil 3.13'te her bir satırda farklı hedef boyutundaki hedef için elde edilen sonuçlar yer almaktadır ve şekil 3.13.a'dan da görüleceği üzere üst satırlardan aşağıya doğru hedef boyutu artmaktadır. Şekil 3.13.b'deki ilk altı sonuç, çizelge 3.3'teki ilk altı senaryo kullanılarak elde edilmektedir. Son satırdaki yedinci senaryoda hedef boyutu çok büyük olduğu için görüntü çözünürlüğü artırılarak 640x512'lik görüntü üzerine hedef konumlandırılmaktadır. Hedef boyutunun etkisini daha net görebilmek amacıyla –en büyük hedef (200x200 piksel) haricinde- tüm hedef boyutları için sonuçlar aynı ölçekle verilmektedir. Son satırdaki en büyük hedefte ise aynı ölçeğin kullanılması durumunda

analiz yapmak zorlaşacağı için bu senaryoya ait sonuçlar iki kat büyük aralıkta çizdirilmektedir. Sonuçlar incelenirken son satırdaki bu farka dikkat edilmelidir.

Şekil 3.13.b’de, hedef boyutu arttıkça, tespit için yeterli iyileştirme sağlayan parametre değerlerine ait bölgenin (kabaca kırmızı bölgeler) de genişlediği açıkça görülmektedir. Bu bölgenin matematiksel olarak ifade edilmesi, farklı boyuttaki hedeflerden her biri için uygun olan parametre değerlerinin sayısal aralığının belirlenmesine sebep olmaktadır. Böylece her hedef boyutu için uygun parametre aralığı ortaya çıkartılmaktadır. Sonuçlardan yola çıkılarak, iyileştirme başarımının tatmin edici olduğu aralıkta, filtre standart sapmasının kabaca;

Şekil 3.13’teki ilk beş satırdaki gibi, görüntü-hedef boyutu oranı beşten büyük olması durumunda,

$$\sigma > 0.08 \times T \times S \quad \text{ve} \quad \sigma < 0.6 \times T \times S \quad (3.18)$$

Şekil 3.13’teki altıncı ve yedinci satırlardaki gibi, görüntü-hedef boyutu oranı beşten küçük olması durumunda ise,

$$\sigma > 0.02 \times T \times S \quad \text{ve} \quad \sigma < 0.2 \times T \times S \quad (3.19)$$

aralığında değer alması gerektiği değerlendirilebilir. Burada T tek eksendeki hedef boyutunu ve S ise ölçeklendirme, yani görüntünün yeniden boyutlandırma katsayısını ifade etmektedir. Görüntü-hedef boyutu oranı beşten küçük olacak şekilde hedefin görüntüde çok fazla alan kapladığı durumlarda, temel algoritmanın başarımının düştüğünü tekrar hatırlatmakta fayda var. Denklem (3.18) ve (3.19) ile ifade edilen aralıklar şekil 3.13.c’de siyah çizgilerle belirtilmektedir ve bu çizgilerin içerisinde iyileştirme başarımının görece daha yüksek olduğu ortadadır. Çizelge 3.3’te verilen referans senaryolardaki farklı hedef boyutları için denklem (3.18) ve (3.19)’deki aralıkların sınırları çizelge 3.4 ile verilmektedir.

Çizelge 3.4 Farklı hedef boyutlarında filtre standart sapmasının alabileceği uygun değerlerin sınırları

Hedef Boyutu (piksel)	Uygun Aralık
3	$0.24 \times S < \sigma < 1.8 \times S$
5	$0.4 \times S < \sigma < 3 \times S$
10	$0.8 \times S < \sigma < 6 \times S$
25	$2 \times S < \sigma < 15 \times S$
50	$4 \times S < \sigma < 30 \times S$
100	$2 \times S < \sigma < 20 \times S$
200	$4 \times S < \sigma < 40 \times S$

Denklem (3.18) ve (3.19), hedef boyutuna bağlı olarak ölçeklendirme katsayısı ile filtre boyutu arasındaki ilişkiyi vermektedir. Çizelge 3.4'teki aralıkların kesişim kümesinin boş küme olduğu görülmektedir. Bu boş küme, bu kadar farklı boyutlardaki hedeflerin sadece bir standart sapma ve ölçeklendirme katsayısı ikilisi ile iyileştirilemeyeceğini göstermektedir. Çizelge 3.4'teki aralıklar özetle şu şekilde yorumlanmalıdır: Temel algoritmada girdi olarak kullanılan standart sapma parametresinin bir değeri, ilgili hedef boyutu için uygun olan aralığın içerisinde ise ancak o boyutlardaki hedeflerin kuvvetlendirilmesi için kullanılabilir.

Hiç ölçeklendirme yapılmadan standart sapma da çok küçük tutulduğunda gürültülerin de hedef olarak iyileştirilmesi ihtimali söz konusudur. Böylece yanlış alarm olasılığı artabilir. Bu duruma şekil 3.13.b'de küçük hedeflere ait sonuçların yer aldığı birinci ve ikinci satırlarda rastlanmaktadır.

3.5.2 Önerilen filtre

Başta çizelge 3.4'teki sonuçlar olmak üzere, buraya kadar yapılan incelemeler ışığında tek yapılandırma ile temel algoritmanın tüm koşullarda SGO açısından hedefe iyileştirme sağlamasının mümkün olmadığı görülmektedir. Bir başka deyişle, tek standart sapma seçildiğinde bu değer, bazı boyuttaki hedefler için yeterli iyileştirme sağlarken bazı boyuttaki hedefler için ise yeterince iyileştirme sağlayamamaktadır. Bu sebeple, daha çeşitli koşullar altında da tespit için yeterli bir iyileştirme sağlayabilmek amacıyla, en az iki yapılandırma kullanılmalıdır. Diğer bir ifade ile çizelge 3.4'teki her bir aralığın içerisine en az bir tane standart sapma değerinin yer alabilmesi için ancak iki farklı değere ihtiyaç duyulmaktadır.

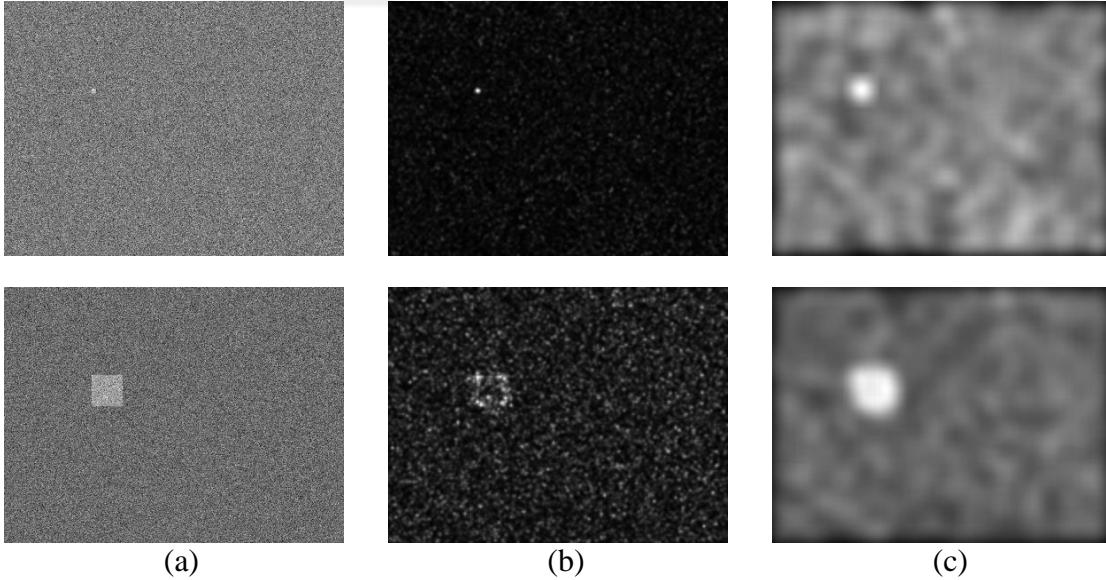
Ölçeklendirme katsayısının $[0 \ 1]$ aralığında seçilmesi durumunda, görüntüye alçak geçiren filtre uygulanmaktadır. Bu bakımdan görüntünün bu değer aralığında bir ölçeklendirme işleminden geçiriliyor olması, görüntüdeki elektronikten kaynaklı gürültülerin elenmesini sağlayacağı için otomatik hedef tespitini kolaylaştırmaktadır. Şekil 3.13 ile verilen sonuçlar incelendiğinde, tüm hedef boyutları için ölçeklendirme katsayısının 0.5 alınmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Temel algoritma için, ölçeklendirme katsayısı ve filtreye ait iki parametre olmak üzere, toplamda üç parametrenin kullanıcı tarafından belirlenmesi gerektiği daha önce belirtilmiştir. Çeşitli koşullar altında bu parametreler sınanarak parametrelerin birbirleri arasındaki ilişki bir önceki bölümde ortaya çıkartılmaktadır. Bu inceleme sonucunda, çeşitli hedef boyutlarında da başarımların sağlanabilmesi için, farklı parametre çiftlerinden oluşan en az iki farklı yapılandırmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Çizelge 3.5'te birisi küçük, diğeri de büyük hedeflerde yüksek başarımlar sergilediği belirlenen iki farklı yapılandırma görülmektedir.

Çizelge 3.5 Farklı koşullarda yüksek başarımlı iki yapılandırma

Yapı #	1	2
Ölçeklendirme Katsayısı (S)	0.5	0.5
Filtre Standart Sapması (σ)	0.7	5

Bir önceki bölümde yapılan değerlendirme sonrası ortaya çıkan aralıkların (bkz. denklem (3.18) ve (3.19)) anlattığına göre, yeterli görüntü çözünürlüğü olmak kaydıyla, çizelge 3.5'teki iki yapıdan ilki üç ile 17, ikincisi ise 17 ile 125 piksel arasındaki boyutlardaki hedefler için daha yüksek başarımlı sağlamaktadır. Burada bahsedilen hedef boyutu, hedefin tek eksenindeki boyutunu belirtmektedir. Bu başarımlar, şekil 3.14 ile de gözler önüne serilmektedir.



Şekil 3.14 Yapı 1 ve Yapı 2 ile elde edilen iyileştirme sonuçları

- a. Sentetik girdi görüntüsü, b. Yapı 1 ile elde edilen iyileştirme sonucu, c. Yapı 2 ile elde edilen iyileştirme sonucu.

Şekil 3.14'te ilk satırda küçük hedef senaryosunda, ikinci satırda ise büyük hedef senaryosunda yapı 1 ve yapı 2 ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. İyileştirme sonuçları görüntüdeki en düşük değer siyah, en yüksek değer de beyaz olacak şekilde gösterilmektedir. Bu sonuçlara ait SGO'lar ve istatistiki bilgiler ise çizelge 3.6-3.7'de yer almaktadır. İki yapı için filtre boyutu, her ikisinde de filtre standart sapmasının dört katından büyük olacak şekilde, sırasıyla 3 ve 21 seçilmiştir. Küçük hedef için düşük standart sapmalı yapının (yapı 1) daha etkili olduğu, hem öznel olarak hem de çizelge 3.6'daki SGO değerleri ile nesnel olarak görülmektedir. Burada yüksek standart sapmalı yapı da hedef bölgesinde iyileştirme yapmaktadır fakat hedef sınırlarının da dışına çıkarak çevre piksellere de iyileştirmeyi yaymaktadır. Büyük hedef için ise yüksek standart sapmalı yapının (yapı 2) daha başarılı olduğu, hem çizelge 3.7'deki SGO değerlerinden hem de şekil 3.14'ten öznel olarak görülmektedir. Düşük standart sapmalı yapı ise özellikle hedef kenarlarında daha fazla iyileştirme yapmaktadır.

Çizelge 3.6 Küçük hedefte iki farklı yapılandırma ile elde edilen değerler

Yapı #	SGO	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma
1	19.50	2.44×10^{-7}	7.22×10^{-4}	3.60×10^{-5}	2.20×10^{-5}
2	5.02	9.45×10^{-6}	6.14×10^{-5}	3.46×10^{-5}	5.19×10^{-6}

Çizelge 3.7 Büyük hedefte iki farklı yapılandırma ile elde edilen değerler

Yapı #	SGO	Min	Max	Ortalama	Standart Sapma
1	2.54	-1.74×10^{-6}	2.97×10^{-4}	3.60×10^{-5}	2.18×10^{-5}
2	5.37	7.23×10^{-6}	7.83×10^{-5}	3.46×10^{-5}	7.17×10^{-6}

Her iki yapının da farklı boyutlardaki hedefleri içeren görüntülerde, hedef bölgelerini öne çıkardığı ancak küçük hedefler için düşük standart sapmalı, büyük hedefler için ise yüksek standart sapmalı yapının daha fazla göz doldurduğu sonucu çıkartılabilir. Bu sonuç ile temel algoritmanın etkin olduğu hedef boyutu aralığını genişletmek amacıyla iki farklı yapı ile elde edilen sonuçları ağırlıklı toplama ile birleştirmenin yanlış olmayacağı kanaatine varılabilir.

Bir görüntü dizisi $f(x, y)$ 'nin n . yapı için ölçeklendirilmiş hali $f_n(x, y)$ 'nin faz faktörünün ters Fourier dönüşümü ile elde edilen sonuç;

$$s_n(x, y) = \mathcal{F}^{-1}\{F_{\Phi_n}(u, v)\} \circ \mathcal{F}^{-1}\{F_{\Phi_n}(u, v)\}$$

olmak üzere

$$m(x, y) = w_1 g_1(x, y) * s_1(x, y) + w_2 g_2(x, y) * s_2(x, y) \quad (3.20)$$

ile belirtilebilir. Burada \circ ve $*$ sırasıyla noktasal çarpım ve katlama işlemini, w_n ve g_n ise sırasıyla n . yapı için ağırlıklandırma katsayısını ve Gauss filtresini belirtmektedir. $m(x, y)$ ise çıkıntı haritasını ifade etmektedir. Denklem (3.20) ile temel algoritmanın iki farklı parametre grubu ile elde edilen sonuçların ağırlıklandırılarak birleştirilmesi gösterilmektedir.

Denklem (3.20)'de s_1 ve s_2 aynı ölçeklendirme katsayısı ile boyutlandırıldığı için birbirlerine eşit olmaktadır. Bu sebeple $s_1 = s_2 = s$ yazılabilir. Böylece;

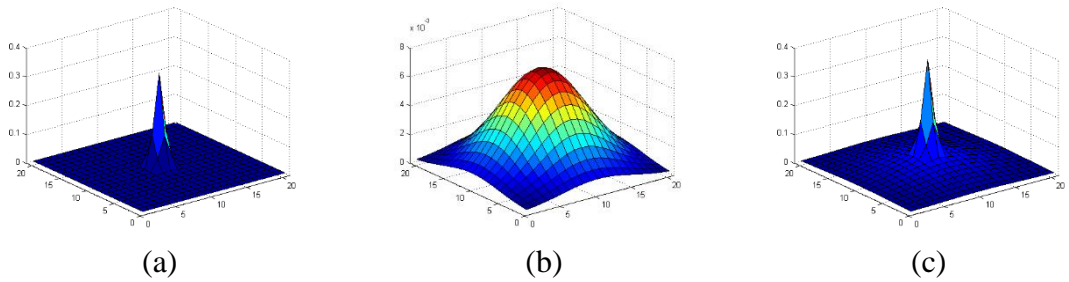
$$m(x, y) = [w_1 g_1(x, y) + w_2 g_2(x, y)] * s(x, y) \quad \text{ya da}$$

$$\frac{m(x, y)}{w_1} = [g_1(x, y) + w g_2(x, y)] * s(x, y), \quad w = \frac{w_2}{w_1} \text{ için}$$

olacak şekilde sadeleştirilebilir. Haritanın w_1 ile bölünmesi, bir kazanç ile çarpma işlemidir. Bu da tespit edilebilirliğe etki eden bir işlem değildir. Bu sebeple,

$$m(x, y) = [g_1(x, y) + w g_2(x, y)] * s(x, y) \quad (3.21)$$

olacak şekilde nihai sonuca ulaşılabilir. Bu eşitlik ise önerilen yöntemde haritanın, sadece bir tane Gauss filtresi yerine iki bileşenli Gauss karışımı ile yumuşatılarak elde edileceğini belirtmektedir. Böylece daha farklı boyutlarda hedeflerin de otomatik olarak tespit edilebilmesi amaçlanmaktadır. Önerilen yöntemde, çizelge 3.5'teki iki farklı Gauss filtresi karıştırılarak kullanılmaktadır. Filtre boyutu da standart sapmanın en az dört katı ve tek sayı olacak şekilde 21 seçilmektedir. Şekil 3.15.a,b'de Yapı 1 ve Yapı 2, şekil 3.15.c'de ise önerilen yöntemde kullanılan filtre gösterilmektedir.



Şekil 3.15 Farklı filtreler

a. Yapı 1'deki Gauss filtre, b. Yapı 2'deki Gauss filtre, c. İki bileşenli Gauss karışım.

Günümüzde kızılötesi görüntüleyici sistemleri ile elde edilen görüntüler genellikle 384x288 çözünürlüğe sahiptir. Bu çözünürlük ile çalışılırken iki bileşenli Gauss

karışımının tüm hedef boyutları için yeterli olacağı değerlendirilmektedir. İlerleyen teknoloji ile daha yüksek çözünürlüklü kızılötesi görüntülerin yaygınlığının artması durumunda,

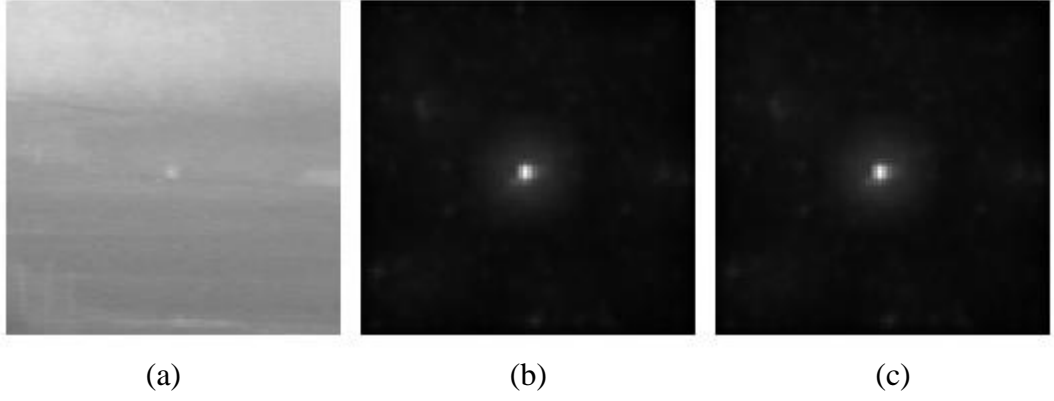
$$m(x, y) = [\sum_{n=1}^k w_n g_n(x, y)] * s(x, y) \quad (3.22)$$

olarak denklem (3.21)'in geliştirilmiş halinin kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Burada k , kullanılması gereken Gauss filtresinin sayısını belirtmektedir ve çözünürlüğe bağlı olarak belirlenmelidir.

3.5.3 Önerilen filtrede matematiksel sadeleştirmenin etkisi

Bir önceki bölümde de anlatıldığı üzere, önerilen yöntem matematiksel olarak ifade edilirken sadeleştirilmektedir. Bu yolla işlem yükünden kazanç sağlanarak gerçek zamanlı uygulamalarda önerilen yöntemin daha kullanılabilir olması amaçlanmaktadır. Matematiksel sadeleştirme sonrasında, iyileştirme başarımında ve işlem zamanında herhangi bir değişiklik olup olmadığı bu bölümde incelenmektedir.

Sadeleştirmenin etkisini gösterebilmek amacıyla senaryolar üzerinde her iki algoritma da denklem (3.20) ve (3.21) çalıştırılmaktadır. Şekil 3.16'da bir senaryo üzerinde algoritmalar ile elde edilen iyileştirme sonuçları gösterilmektedir. Bu görüntülere ait ptSGO sonuçları ise çizelge 3.8'de verilmektedir.



Şekil 3.16 Sadeleştirmenin iyileştirme görüntüleri üzerine etkisi

a. Senaryo, b. sadeleştirme var ve c. sadeleştirme yok.

Çizelge 3.8 Sadeleştirmenin ptSGO sonuçları üzerine etkisi

Sadeleştirme	Var	Yok
ptSGO	17,0731	17,0731

Sadeleştirme öncesi ve sonrası gereken ortalama işlem süresi ise çizelge 3.9’da verilmektedir. Sadeleştirmenin olduğu ve olmadığı yöntemler 100 defa tüm senaryolar (40 temel senaryo) üzerinde koşturularak gerekli olan ortalama hesaplama süreleri belirlenmektedir. Sonuçlar, Windows 7 64-bit işletim sistemi, 3,50 Ghz Intel® Xeon® CPU E3-1270 v3 ve 32 GB RAM’e sahip bir bilgisayarda Matlab ortamında elde edilmektedir.

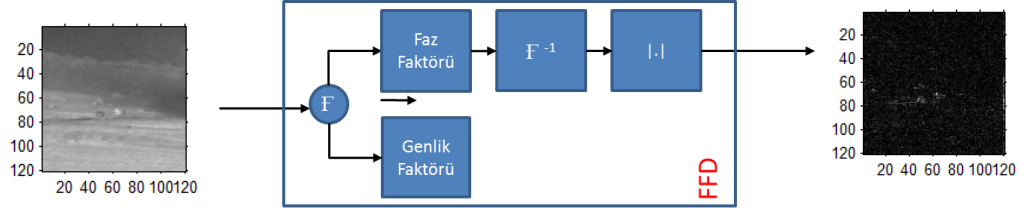
Çizelge 3.9 Sadeleştirmenin gereken işlem zamanı üzerine etkisi

Sadeleştirme	Var	Yok
Zaman (ms)	6,1	8,8

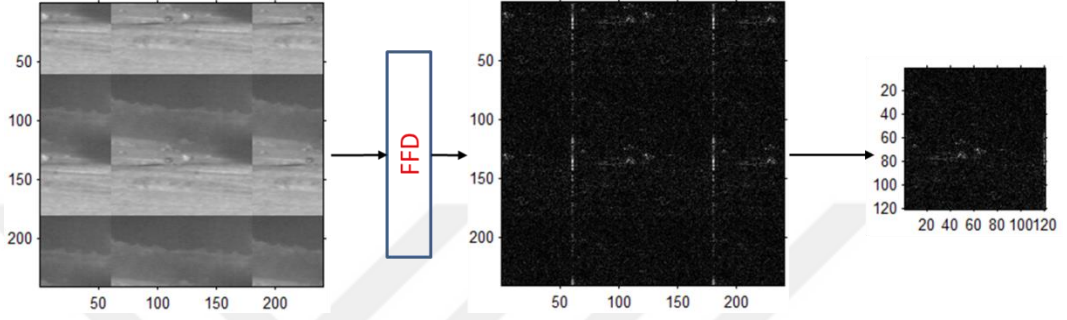
Yukarıdaki şekil ve çizelge 3.8 ile verilen iyileştirme sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, sadeleştirme sonucunda iyileştirme kabiliyetinde her hangi bir kayıp olmamaktadır. Tespit ise iyileştirilmiş görüntü üzerinden yapılacağı için tespit kabiliyetinde de her hangi bir kaybın olmayacağı değerlendirilmektedir. Öte taraftan işlem süresi ihtiyacında ise yaklaşık % 30 oranında bir kazanç elde edildiği çizelge 3.9'dan görülmektedir.

3.5.4 Görüntü sınırlarındaki süreksizlik

Faz faktörü temelli yöntem ile çıkıntı haritası elde edilirken görüntü sınırlarında istenmeyen çıkıntılar da oluşabilmektedir. Şekil 3.17'de faz faktörüne dayanan yöntemin bir görüntüye uygulanması sonucu görüntü sınırlarında oluşan istenmeyen çıkıntı pikselleri gösterilmektedir. Sağda verilen çıktı görüntüsünde kenarlara dikkat edilirse yer yer çıkıntılı pikseller görülebilmektedir. Bu çıkıntılı pikseller, Fourier dönüşümünün periyodikliği nedeniyle oluşmaktadır. Bunu gösterebilmek amacıyla şekil 3.18'deki görsel hazırlanmıştır. Görselde solda şekil 3.17'deki girdi görüntüsünün periyodik olarak genişletilmiş hali gösterilmektedir. Genişletilmiş bu girdiye Faz Fourier Dönüşümü (FFD) uygulanması ve ardından merkezde, şekil 3.17'deki girdi görüntüsünün boyutu kadar bir alanın seçilmesi ile çıktı görüntüsü elde edilmektedir. Şekil 3.17-3.18 ile gösterilen çıktı görüntüleri incelendiğinde görüntülerin birebir aynı olduğu belirtilebilir. Şekil 3.18'deki girdi görüntüsünde de görülmektedir ki periyodiktikten kaynaklanan süreksizlik sebebiyle çıktının sınırlarında da çıkıntılı pikseller oluşmaktadır.



Şekil 3.17 Faz faktörü temelli yöntem ile görüntü sınırlarında oluşan çıkıntı



Şekil 3.18 2B Fourier dönüşümünün periyodikliği

Yukarıda bahsedilen gerekçeler ışığında, görüntü sınırlarında oluşan çıkıntı pikselleri önerilen yöntemde ihmal edilmektedir. Önerilen yöntemde bu ihmal etme işlemi, bulanıklaştırma amacıyla yapılan filtreleme öncesinde gerçekleştirilmektedir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.3. bölümde detayları anlatılan SA, FA ve Gİ yöntemlerinin ve 3.5. bölümde sunulan önerilen yöntemin (ÖY) bilgisayar ortamında benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Yöntemler, 2.2’de bahsedilen ve iyi bilinen üç farklı kızılotesi veri kümesinden (AMCOM (The Army Missile Command FLIR Sequences), SENSIAC (SENSIAC ATR Algorithm Development Image Database 2008), VIVID (DARPA VIVID data collection #1 2003)) seçilen temel senaryolar üzerinde sınanmıştır. Yöntemlerin başarımları iyileştirme, tespit ve hesaplama zamanı üzerinden değerlendirilmektedir. Bunlara ek olarak önerilen filtrenin dayanak algoritmalara uygulanması ile elde edilen sonuçlar da incelenmektedir. Ayrıca iki senaryo üzerinde en iyi sonucu veren parametre değerleri ile diğer yöntemler ayarlandığı, önerilen yöntemde ise her hangi bir değişikliğin yapılmadığı, yani hedefe dair önbilgiden diğer yöntemlerin yararlandığı fakat önerilen yöntemin her hangi bir önbilgi kullanmadığı durumda sergilenen başarımlar karşılaştırılmaktadır. Son olarak da, veri kümelerinden yer almayan görüntüler üzerinde iyileştirme ve tespit açısından yöntemler karşılaştırılmaktadır.

4.1 İyileştirme Sonuçları ve Tartışma

Burada, düşük SGO’da hedef tespitinin ilk adımı olan sinyal kuvvetlendirme basamağı üzerinde durulmaktadır. Nesnel değerlendirmenin yanı sıra öznel değerlendirmenin de yapılabilmesi için çıktılar görüntü olarak doğrudan verilmektedir. Nesnel değerlendirme ise senaryonun ve kuvvetlendirme sonrası elde edilen çıktı görüntüsünün SGO değerleri üzerinden yapılmaktadır. Bölüm 2.3.1’de tanımlanan *ptSGO* ve *KGO* kullanılarak SGO değerleri elde edilmektedir. SGO değeri yüksek oldukça hedefin daha kolay tespit edilebileceği düşünülmelidir. Ayrıca kuvvetlendirmenin etkisinin daha iyi gözlemlenebilmesi için SGO kazancı da hesaplanmaktadır. Hedefin kuvvetlendirilme miktarı asıl olarak SGO kazancı ile belirlenmektedir. SGO kazancı,

$$SGO_{kazanç} = \frac{ptSGO_{çikti}}{ptSGO_{girdi}} \quad (4.1)$$

ile elde edilmektedir. Denklemden de anlaşıldığı üzere, kuvvetlendirme sonrası elde edilen görüntünün $ptSGO$ 'su ($ptSGO_{çıkıktı}$), ile girdi görüntüsünün $ptSGO$ 'sunun ($ptSGO_{girdi}$) birbirine oranı SGO kazancı olarak tanımlanmaktadır. Kazanç yüksek oldukça hedef sinyalinin daha fazla kuvvetlendirildiği anlaşılmaktadır.

FA, Gİ, SA ve ÖY'nin yanı sıra Faz Fourier Dönüşümü ile elde edilen sonuçların filtrelenmesi (FFD) ve doğrudan verilmesi (filtresiz FFD) ile ulaşılan SGO sonuçları bu bölümde verilmektedir. Tüm senaryolar göz önünde bulundurularak yöntemlerin parametreleri ortalama en iyi sonucu verecek şekilde bir kere ayarlanmış ve tüm senaryolarda da bu parametreler kullanılmıştır.

Frekans ayarlıda geçirilecek yüksek frekansı belirleyen Gauss filtrenin boyutu ve standart sapması değişkenlerdir. Frekans ayarlı, temelinde Gauss farkına dayandırılmaktadır. Görüntü üzerinde bazı frekans bantları geçirilerek çıkıntı haritası elde edilmeye çalışılmaktadır. Düşük frekans görüntünün ortalaması ile yüksek frekans ise Gauss filtre ile belirlenmektedir. Temel senaryoların çoğunda yöntem için ortalama en iyi sonucu vermesi sebebiyle Gauss filtrenin boyutu için 3×3 ve standart sapması için ise üç kullanılmaktadır.

Görüntü işaretinden yararlanılarak çıkıntı haritasının elde edildiği yöntemde ise, ölçeklendirme katsayısı ve bulanıklaştırma parametresi kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Çıkıntı haritasının yumuşatılması için kullanılan bulanıklaştırma parametresi de 0.02 olarak deneysel şekilde belirlenmiştir. Ölçeklendirme için ise yöntemde önerilen değer kullanılmaktadır (Hou vd. 2012).

Spektral artıklık için ölçeklendirme katsayısı, log genlik yumuşatma filtresinin boyutu, çıkıntı haritası yumuşatma filtresinin boyutu ve standart sapması ayarlanabilir değişkenler olarak kullanılmaktadır. Hou vd. (2012) tarafından da belirtildiği üzere, log genlikteki artıklığın hesaplanması için kullanılan yumuşatma filtresinin boyutunun değiştirilmesi durumunda sonuçlarda dikkate değer değişiklikler olmadığı için bu parametre sabit olarak değerlendirilebilir. Log genlik yumuşatma filtresi olarak yerel

ortalama filtre kullanılmaktadır ve 3x3'lük bölge içerisinde ortalama alınmaktadır. SA ve FFD'de ters Fourier dönüşümü ile elde edilen görüntü üzerinde uygulanan yumuşatma filtresinin boyutu 5x5, standart sapması 1.28 olarak deneysel şekilde belirlenmiştir. Bu iki parametre, temel senaryoların çoğunda ortalama en iyi sonucu veren ortak değerlerdir. SA, FFD ve filtresiz FFD'de girdi görüntüsü Hou ve Zhang (2007) tarafından önerildiği gibi ölçeklenmektedir. Önerilen yöntemde ise ikinci filtrenin ağırlıklandırma katsayısı deneysel şekilde beş seçilmiştir.

Çizelge 4.1'de senaryolar ve bahsedilen tüm yöntemler ile elde edilen PtSGO değerleri yer almaktadır. Çizelge 4.2'de ise kazanç değerleri gösterilmektedir. Bir senaryoda birden fazla hedef varsa çizelgede o senaryo için ortalama değer verilmektedir. Çizelgelerdeki ortalama satırı da her bir yöntem ile her bir hedef için elde edilen sonuçların toplanıp tüm hedef sayısına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Her bir senaryo için en iyi sonucu veren yönteme ait değer, çizelgelerde kırmızı ile renklendirilmiştir.

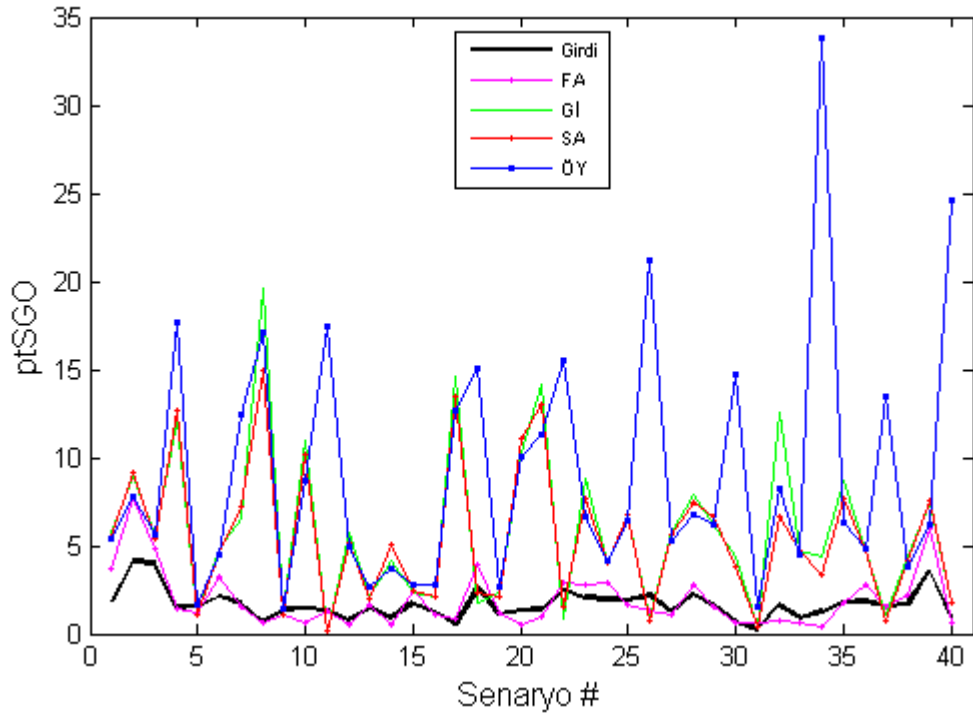
Çizelge 4.1 Temel senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları

Senaryo #	Girdi	FA	Gi	SA	FFD	Filtresiz FFD	ÖY
1	1,87	3,65	5,70	5,49	5,44	4,16	5,36
2	4,12	7,65	8,95	9,20	9,27	7,60	7,77
3	4,01	4,81	5,61	5,43	5,49	4,06	5,59
4	1,49	1,42	12,11	12,64	12,56	13,85	17,69
5	1,56	1,16	1,12	1,06	1,09	0,75	1,63
6	2,10	3,21	4,78	4,65	4,78	2,92	4,44
7	1,73	1,54	6,59	7,20	6,34	5,21	12,44
8	0,67	0,60	19,56	14,91	14,64	12,24	17,07
9	1,37	1,07	1,20	1,05	1,08	0,68	1,37
10	1,45	0,60	10,92	10,16	9,66	9,89	8,71
11	1,33	1,28	0,06	0,20	0,39	0,33	17,43
12	0,81	0,57	5,71	5,15	5,16	3,27	4,89
13	1,46	1,63	2,07	1,99	2,03	1,14	2,73
14	0,94	0,48	4,18	5,05	4,81	4,66	3,74
15	1,74	2,48	2,36	2,49	2,54	1,91	2,81
16	1,21	1,12	2,07	2,09	2,08	1,32	2,76
17	0,50	0,81	14,56	13,50	13,36	19,14	12,68
18	2,60	3,91	1,81	2,36	1,74	3,58	15,09
19	1,10	1,24	2,34	2,06	2,21	1,25	2,62
20	1,31	0,48	10,29	11,10	9,95	15,74	10,02
21	1,36	0,97	14,15	12,97	12,89	9,39	11,34
22	2,49	2,92	0,90	1,57	1,17	2,22	15,53
23	2,07	2,82	8,82	7,71	7,59	6,61	6,62
24	1,96	2,90	4,03	4,00	4,38	2,44	4,16
25	1,91	1,61	6,76	6,74	7,34	5,97	6,43
26	2,20	1,27	0,85	0,79	1,18	2,20	21,21
27	1,20	1,06	5,75	5,62	5,28	5,18	5,23
28	2,28	2,81	7,91	7,47	7,43	6,86	6,81
29	1,56	1,56	6,22	6,63	6,84	4,87	6,15
30	0,66	0,59	4,38	3,85	3,67	0,88	14,72
31	0,27	0,67	0,41	0,39	0,58	0,44	1,53
32	1,61	0,70	12,52	6,70	5,98	3,00	8,25
33	0,89	0,67	4,75	4,75	4,66	3,04	4,47
34	1,27	0,36	4,40	3,41	2,77	0,84	33,84
35	1,81	1,80	8,64	7,63	7,18	5,75	6,28
36	1,82	2,78	4,70	4,72	4,09	5,07	4,82
37	1,57	1,48	1,05	0,70	0,61	0,99	13,44
38	1,68	2,19	4,34	4,13	4,06	2,80	3,82
39	3,57	5,94	7,41	7,50	7,57	5,55	6,22
40	0,94	0,65	1,77	1,71	1,21	0,96	24,61
Ortalama	1,68	2,06	5,03	4,83	4,69	4,36	7,47

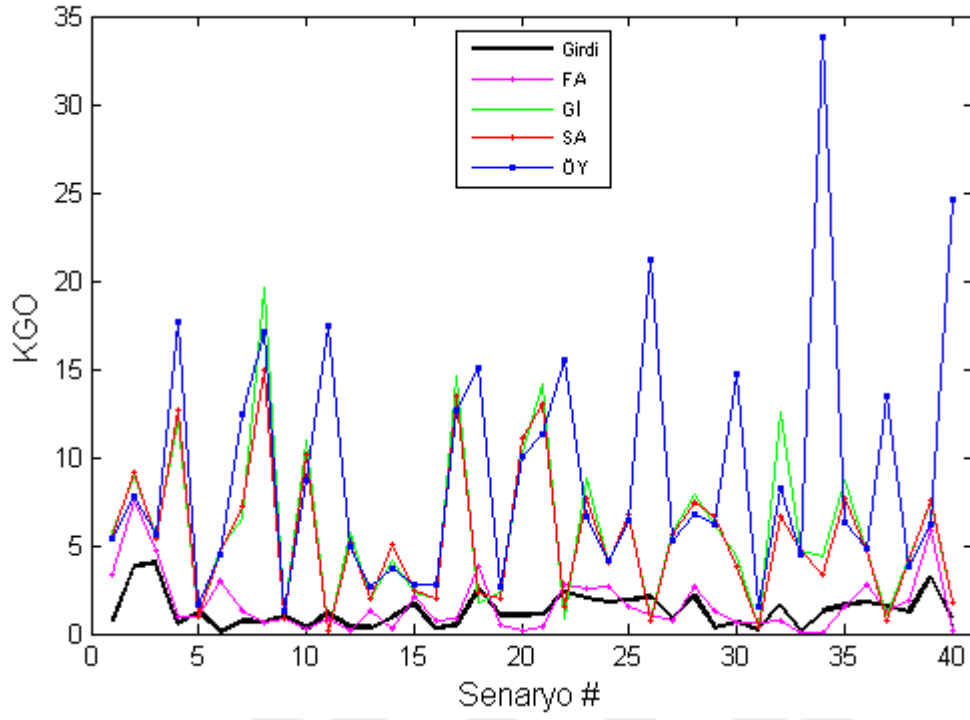
Çizelge 4.2 Temel senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları

Senaryo #	FA	Gİ	SA	FFD	Filtresiz FFD	ÖY
1	1,95	3,05	2,94	2,91	2,23	2,87
2	1,86	2,17	2,23	2,25	1,84	1,88
3	1,20	1,40	1,35	1,37	1,01	1,39
4	0,95	8,11	8,46	8,41	9,27	11,84
5	0,74	0,72	0,68	0,70	0,48	1,05
6	1,53	2,27	2,22	2,28	1,39	2,11
7	0,89	3,81	4,16	3,66	3,01	7,19
8	0,90	29,25	22,30	21,89	18,29	25,53
9	0,78	0,88	0,77	0,79	0,50	1,01
10	0,41	7,51	6,98	6,64	6,80	5,99
11	0,97	0,05	0,15	0,29	0,25	13,11
12	0,70	7,03	6,34	6,35	4,03	6,02
13	1,11	1,42	1,36	1,39	0,78	1,87
14	0,51	4,46	5,40	5,14	4,98	3,99
15	1,43	1,36	1,43	1,46	1,10	1,61
16	0,92	1,71	1,73	1,72	1,09	2,28
17	1,61	28,88	26,77	26,49	37,96	25,16
18	1,50	0,70	0,91	0,67	1,37	5,80
19	1,13	2,13	1,87	2,00	1,13	2,38
20	0,37	7,83	8,45	7,58	11,98	7,63
21	0,71	10,37	9,50	9,44	6,88	8,31
22	1,17	0,36	0,63	0,47	0,89	6,24
23	1,36	4,25	3,72	3,66	3,18	3,19
24	1,48	2,05	2,04	2,23	1,24	2,12
25	0,85	3,54	3,53	3,84	3,12	3,37
26	0,58	0,39	0,36	0,54	1,00	9,64
27	0,88	4,79	4,69	4,40	4,32	4,36
28	1,23	3,47	3,27	3,26	3,00	2,99
29	1,00	3,99	4,26	4,39	3,13	3,95
30	0,90	6,62	5,81	5,54	1,33	22,23
31	2,52	1,56	1,49	2,20	1,65	5,77
32	0,43	7,79	4,17	3,72	1,87	5,14
33	0,75	5,33	5,33	5,23	3,41	5,01
34	0,29	3,46	2,67	2,17	0,66	26,58
35	0,99	4,77	4,21	3,97	3,17	3,47
36	1,53	2,58	2,59	2,25	2,78	2,64
37	0,94	0,67	0,44	0,39	0,63	8,55
38	1,30	2,58	2,46	2,42	1,67	2,27
39	1,66	2,08	2,10	2,12	1,56	1,74
40	0,69	1,89	1,83	1,29	1,02	26,27
Ortalama	1,23	2,99	2,87	2,78	2,59	4,43

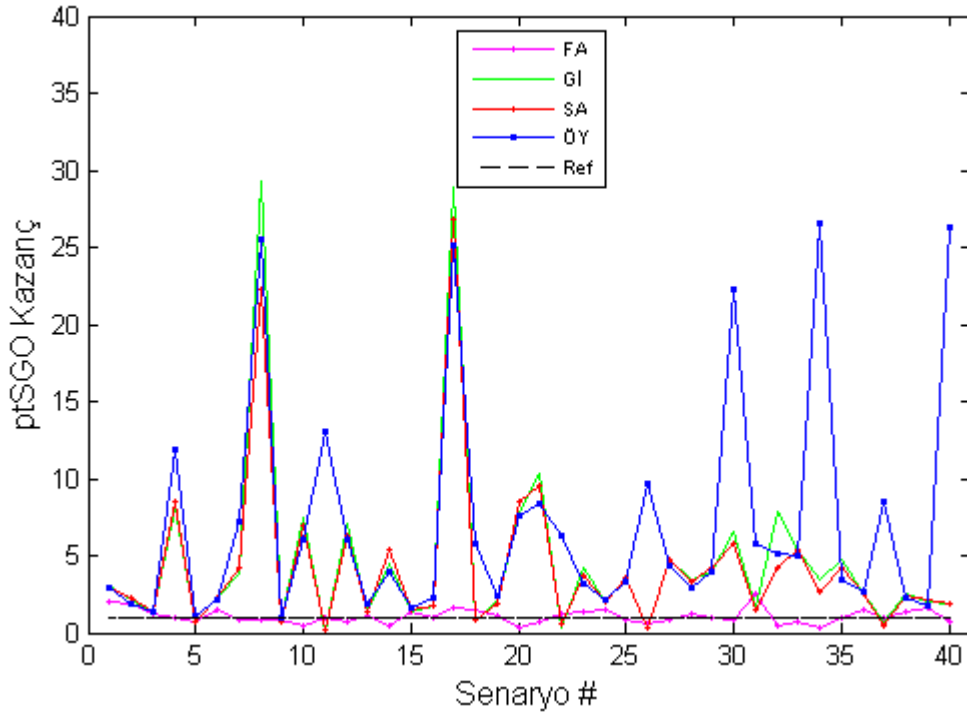
Filtreli ve filtresiz FFD'nin en iyi olduğu 5 senaryoda diğer yöntemlerin başarımları da yüksektir. Bu sebeple, bu bölümde bundan sonraki sonuçlarda sadece dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Filtreli ve filtresiz FFD ile elde edilen sonuçlar gösterilmemektedir. Çizelge 4.1-4.2'de verilen değerler ile elde edilen grafikler sırasıyla şekil 4.1 ve şekil 4.3'te gösterilmektedir. Ayrıca KGO sonuçlarına ait grafik de şekil 4.2'de görölmektedir. Grafikler üzerinde ptSGO ve KGO sonuçları incelendiğinde, özellikle iyileştirme görüntülerinde, sonuçların birbirlerine yakın olduğu görölmektedir. Şekil 4.4'te iyileştirme görüntüleri yer almaktadır. Şekil 4.4.a'da senaryo numaraları, şekil 4.4.b'de senaryolar, şekil 4.4.c'de senaryolarda yer alan hedefleri belirtmek için hazırlanan maskelenmiş görüntü, şekil 4.4.d'de FA, şekil 4.4.e'de Gİ, şekil 4.4.f'de SA ve şekil 4.4.g'de önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



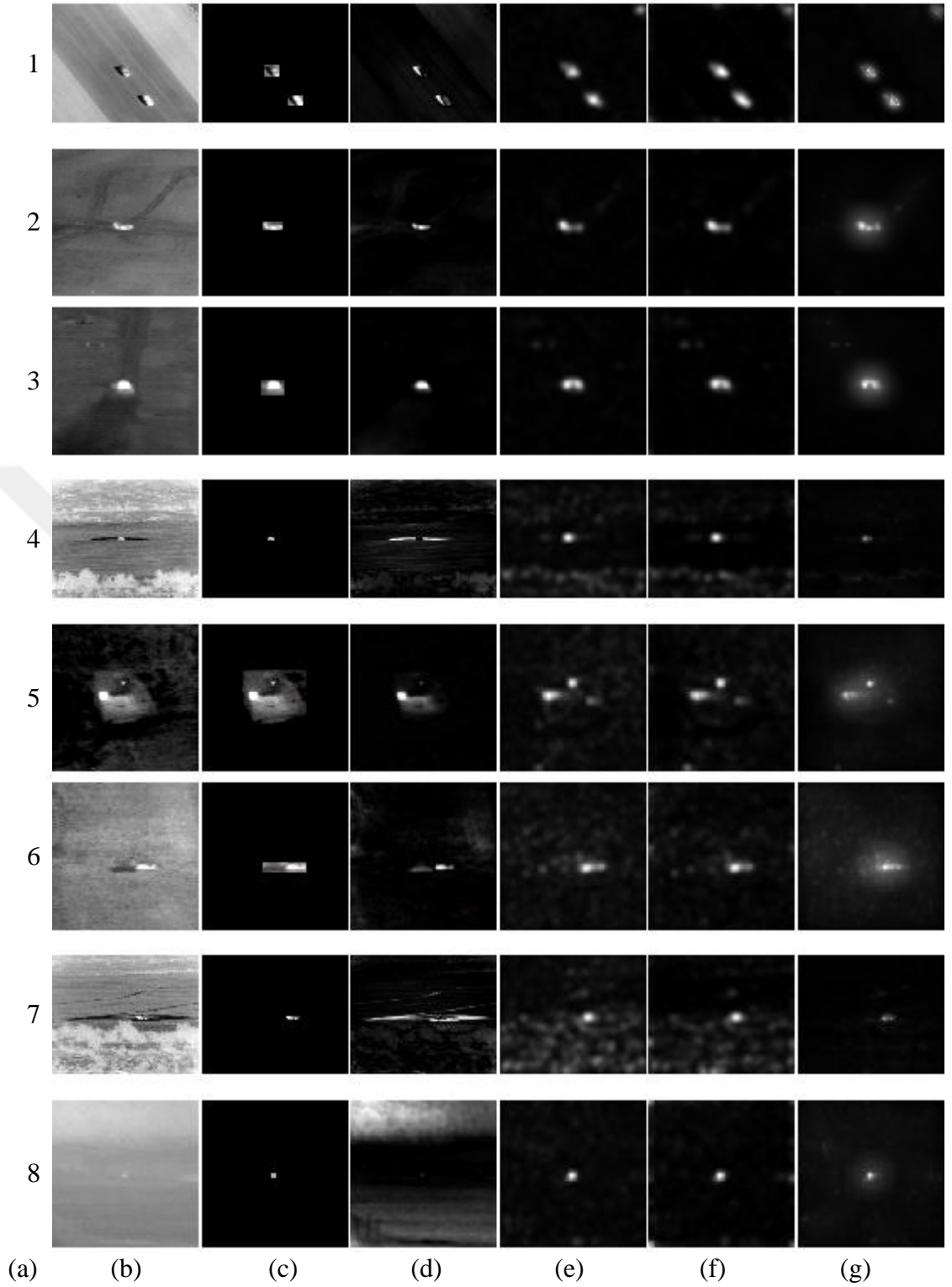
Şekil 4.1 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO sonuçları



Şekil 4.2 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen KGO sonuçları

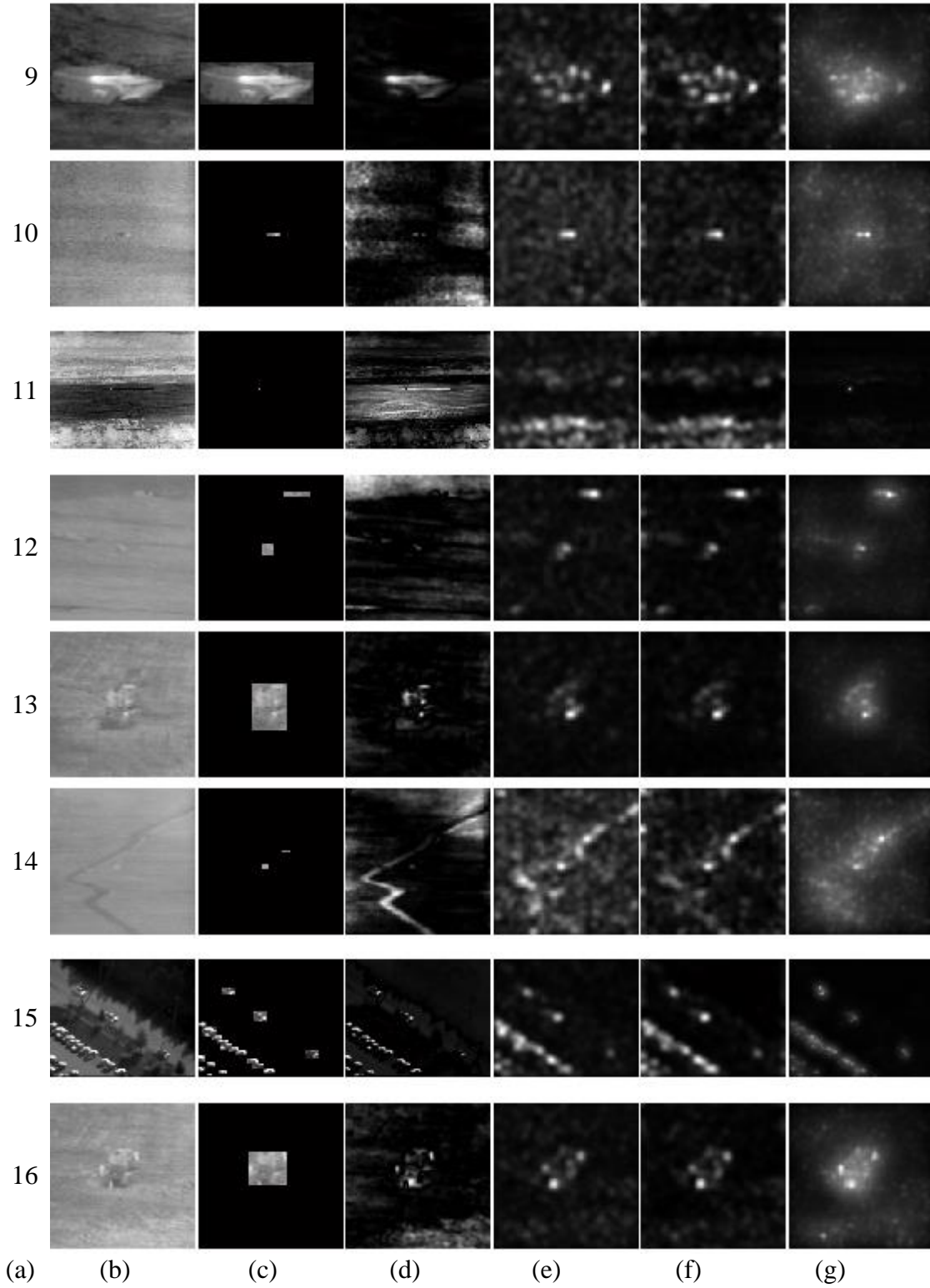


Şekil 4.3 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları



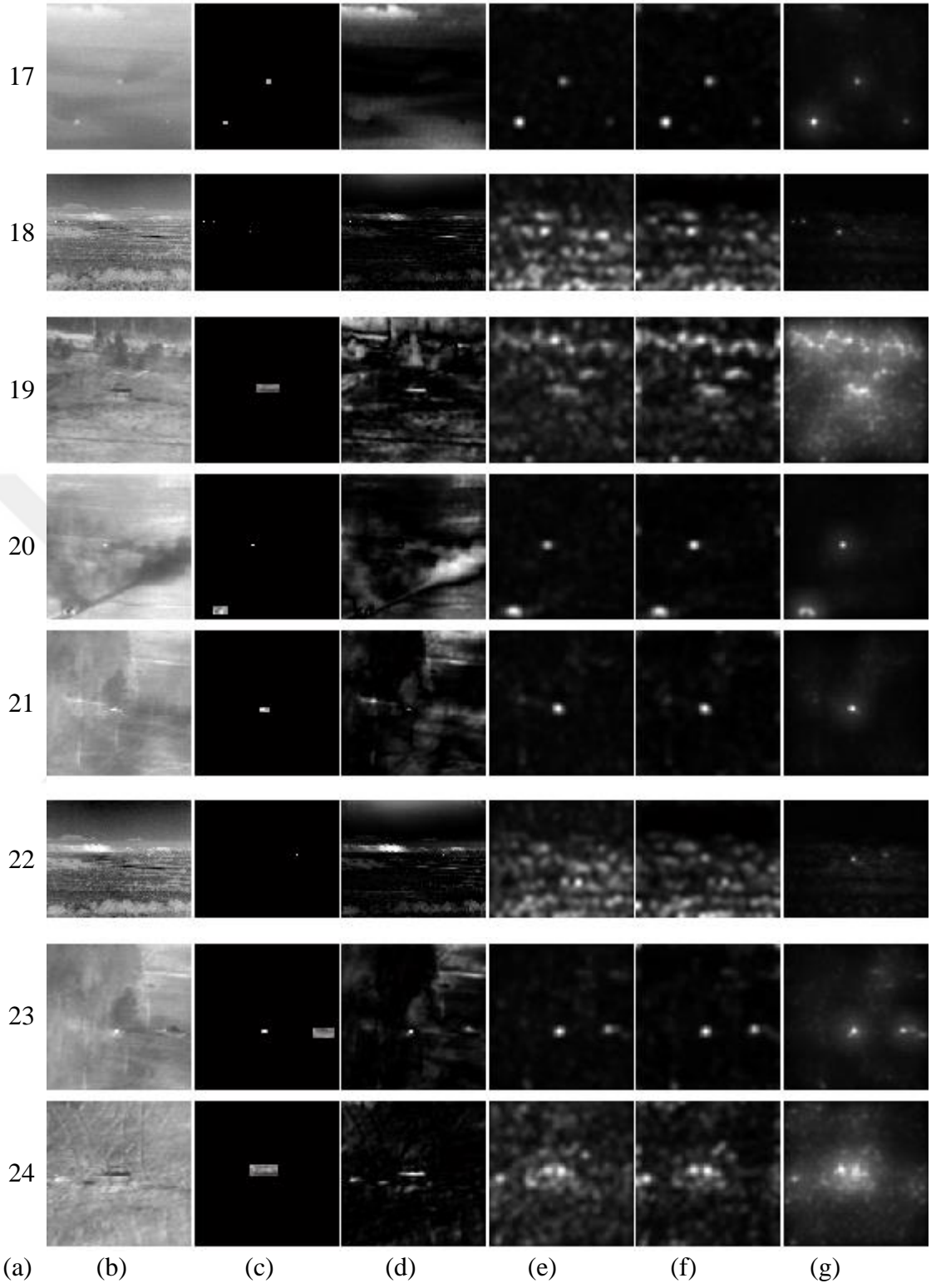
Şekil 4.4 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



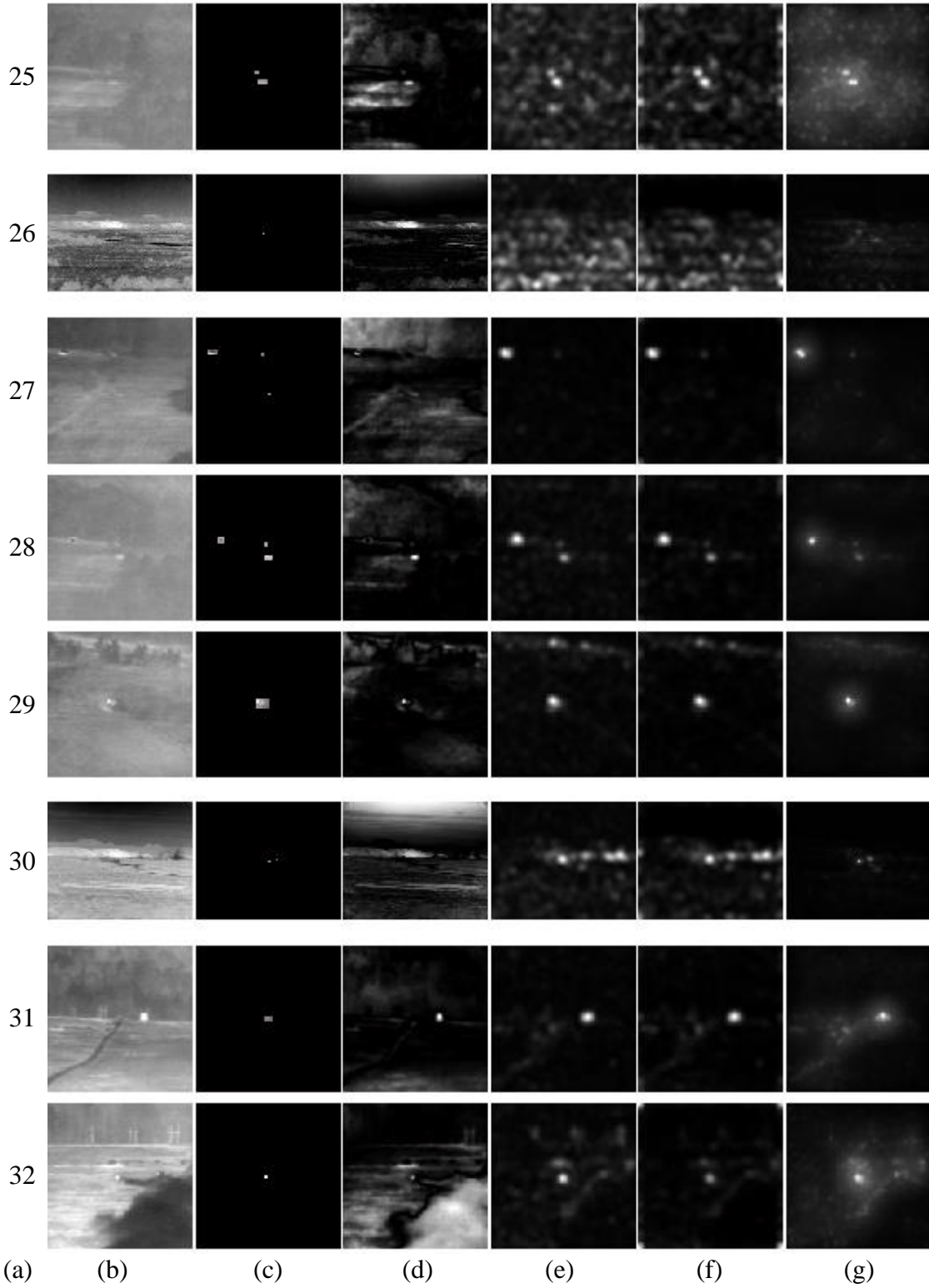
Şekil 4.4 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



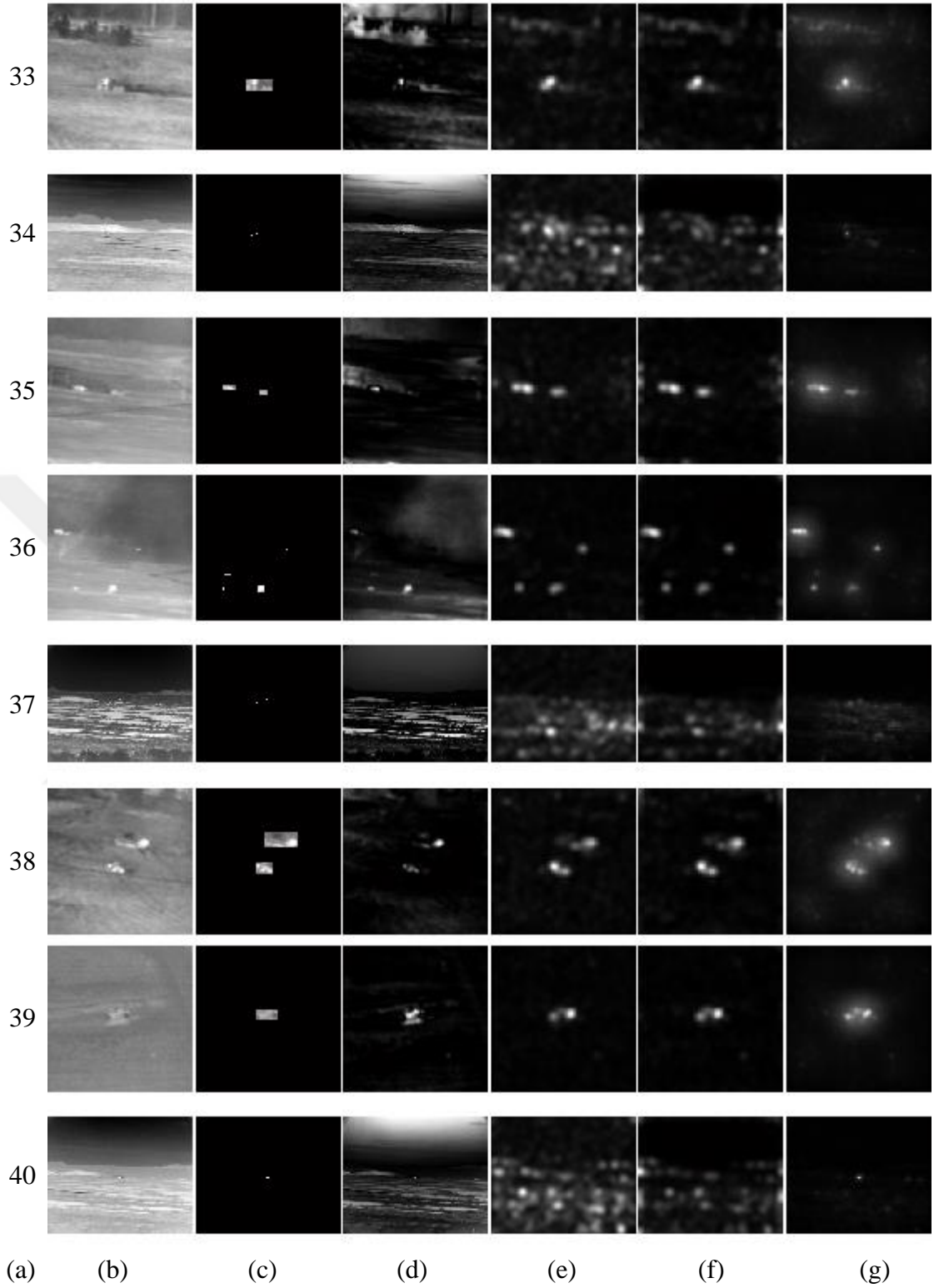
Şekil 4.4 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



Şekil 4.4 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



Şekil 4.4 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.

Senaryolara yöntemlerin iyileştirme amacıyla uygulandığı aşikârdır fakat bazı senaryolarda iyileştirmeden ziyade hedefin ayırt edilebilirliğinde kayıp (kazanç < 1) sözü konusu olabilmektedir. Bu sebeple referans olması açısından kazancın bir olduğu durum için şekil 4.3'te referans çizgisi de çizdirilmektedir. Bu çizginin altında kalınması durumunda kazanç yerine kayıp olmaktadır. Bu da istenmeyen bir durumdur.

Yukarıdaki nesnel değerlendirme, yani iki çizelge ve grafikler ile verilen SGO ve SGO kazanç, sonuçları incelendiğinde; FA'nın hiç bir senaryoda en fazla iyileştirmeyi gerçekleştirmediği, Gİ'nin 14, SA'nın 3, FFD'nin 3, filtresiz FFD'nin 2, ÖY'nin ise 18 senaryoda birinci geldiği görülmektedir. Tüm senaryolar birlikte düşünüldüğünde ise ÖY, en fazla iyileştirmeyi yapmaktadır ve en yakın yöntemden % 49 daha fazla iyileştirme sağlamaktadır. Ayrıca çizelge 4.2 incelendiğinde, ptSGO kazancının diğer yöntemlerde bazı senaryolarda birin altında, ÖY'de ise her senaryo için birin üstünde olduğu görülmektedir. Yani diğer yöntemler bazı senaryolarda iyileştirme yerine hedef sinyalini daha da zayıflatırken, ÖY tüm senaryolarda hedef sinyalini iyileştirmektedir.

İyileştirme görüntüleri ile çizelgeler da birlikte incelendiğinde, SGO'nun düşük olduğu senaryolarda FA'nın yanlış alarm oranını daha da arttıracak şekilde sonuçlar verdiği, yani iyileştirme sağlayamadığı açıkça görülmektedir. SGO'nun nispeten daha yüksek olduğu senaryolarda ise FA'nın da kabul edilebilir bir başarımla gösterdiği söylenebilir. FA'nın, bir senaryoda hedeften daha büyük ve tekdüze bir bölge varsa, bu bölgeyi daha fazla belirginleştirdiği ifade edilebilir. SGO değeri azaldıkça diğer yöntemlere oranla FA'nın başarımla daha fazla azalmaktadır. Gİ ve SA ise birbirleriyle çok ilintili ve benzer sonuçlar vermektedir. Gİ ve SA, senaryoların çoğunda tatmin edici iyileştirme sağlamışlardır. Bu senaryolara bakıldığında, hedefin küçük ya da orta büyüklükte olduğu, arka plan karmaşıklığının da çok fazla olmadığı görülmektedir. Hedefin çok büyük ya da çok küçük, arka planın ise çok karmaşık olduğu senaryolarda ise bu yöntemler ile hedefin tespit edilebilirliği zorlaşmaktadır. Birçok senaryoda ise hedefler daha da kaybolmaktadır. Böylece hedefin tespit edilebilirliği tamamen ortadan kalkmaktadır. Daha da ötesinde bu durum, istenmeyen bölgelerin hedef olarak işaretlenmesi olasılığını doğurmaktadır. Sonuçta yanlış alarm olasılığını arttırmaktadır.

Önerilen yöntem; senaryoların tamamında 1'in, yedi senaryo (2., 3., 5., 9., 13., 15. ve 31. senaryo) haricinde ise 2'nin üzerinde kazanç sağlamaktadır. Bu yedi senaryonun üç tanesinde (5., 9. ve 31. senaryo) çıktı SGO değeri düşük olup, diğer dört senaryoda ise yüksektir. Yine aynı yedi senaryonun altı tanesinde hedefin tamamı ya da bir bölümü iyileştirilmiş görüntüde hedef olasılığı en yüksek olarak belirlenmektedir. Sadece bir senaryoda (31. senaryo) hedef haricinde bir bölge daha yüksek olasılıklı olarak belirlenmektedir. Nitekim bu senaryoda da diğer yöntemlere oranla çok daha fazla (yaklaşık 2,5 kat) iyileştirme sağlanmaktadır.

Hedefin arka plandan ayırt edilebilmesi için SGO değerinin çok yüksek olmasına gerek olmadığı değerlendirilmektedir. SGO belirli bir değerin üzerinde olması durumunda, yani hedef sinyali yeterince kuvvetliyse, hedef tespiti için sinyalin daha da kuvvetlendirilmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu doğrultuda, çıktı SGO değerlerinin belirli bir sınırın üzerinde olması durumunu ihmal ederek çizelge 4.3'teki değerler hazırlanmıştır. Değerler hazırlanırken çıktı SGO değeri belirli bir değerin üzerinde ise sonuç o değere sınırlandırılmış ve ardından her bir yöntem için ortalama SGO değeri hesaplanmıştır. Örneğin SA ile bir senaryoda 5,6 değeri elde ettiğini varsayalım. Ortalama hesabında bu sonuç; sınır 4 olarak belirlenmişse 4, sınır 5 olarak belirlenmişse 5, sınır 6 veya daha yüksek belirlenmiş ise de 5,6 olarak hesaba katılmıştır. Çizelgedeki değerler incelendiğinde belirlenen tüm üst sınırlar için ÖY'nin çok daha üstün bir başarımla sergilediği görülmektedir. Bu da önerilen yöntem ile ayırt edilebilirliğin çok daha kolay olabileceğini ifade etmektedir.

Çizelge 4.3 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen sınırlandırılmış ortalama ptSGO sonuçları

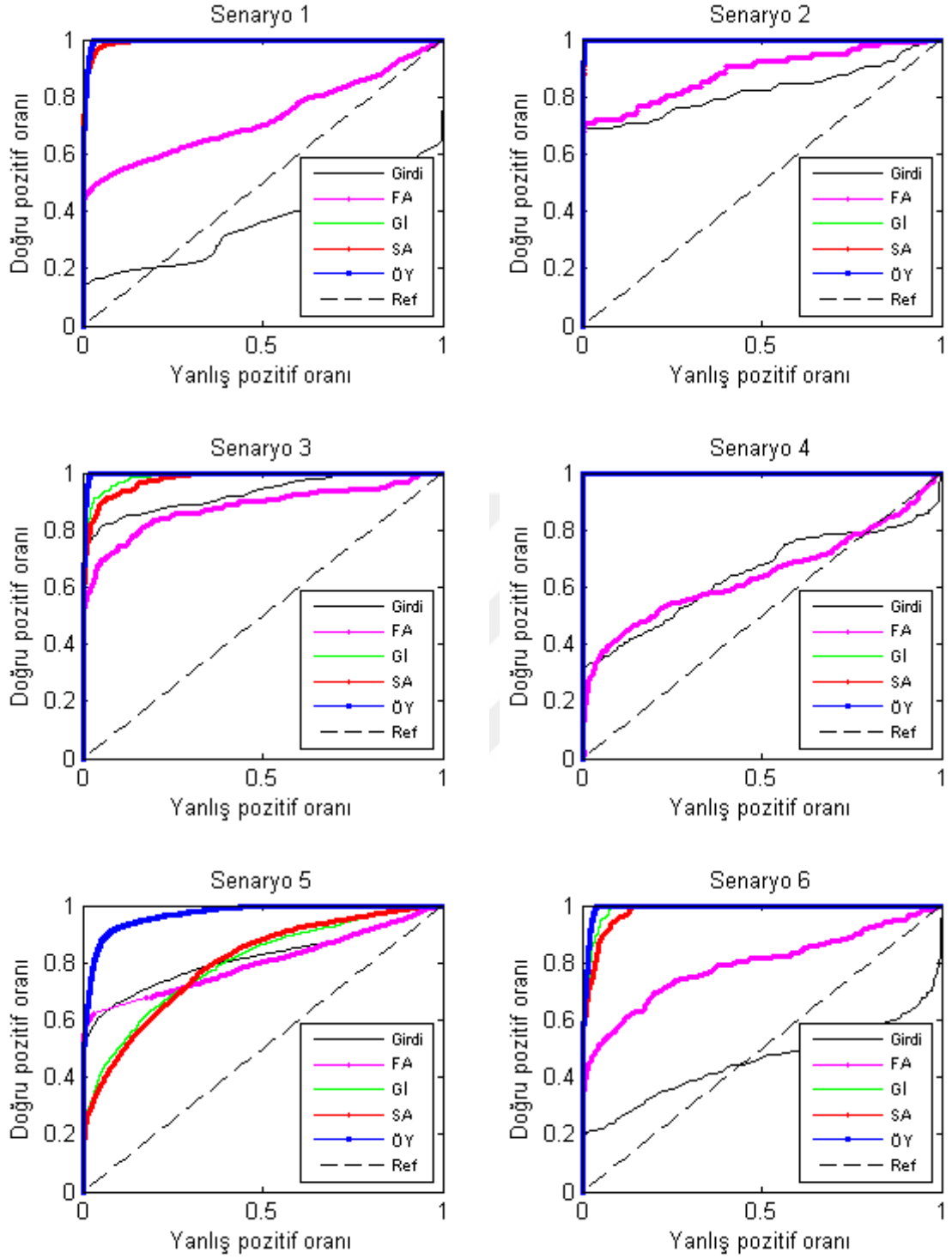
Sınır	FA	Gi	SA	ÖY
4	1,68	2,87	2,91	3,44
5	1,68	3,31	3,34	3,98
6	1,68	3,68	3,70	4,44
7	1,68	3,95	3,97	4,84

Sonuç olarak, değerlendirmeler yapılırken yöntemlerin farklı koşullarda da iyileştirme sağlayabilmelerinin önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu kapsamda bir yöntemin, tespit edilebilirliği zaten yüksek olan bir hedefi daha da iyileştirmesi çok kıymetli değil iken, düşük olan bir hedefi kuvvetlendirebilmesi ise oldukça kıymetli olmaktadır. Aynı durum hedef boyutları için de geçerlidir. Örneğin çok büyük ya da çok küçük bir hedefi de belirginleştirebilmesi, sadece orta büyüklükteki bir hedefi belirginleştirmesinden daha önemli olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında önerilen yöntemin başarımı daha iyi görülmektedir.

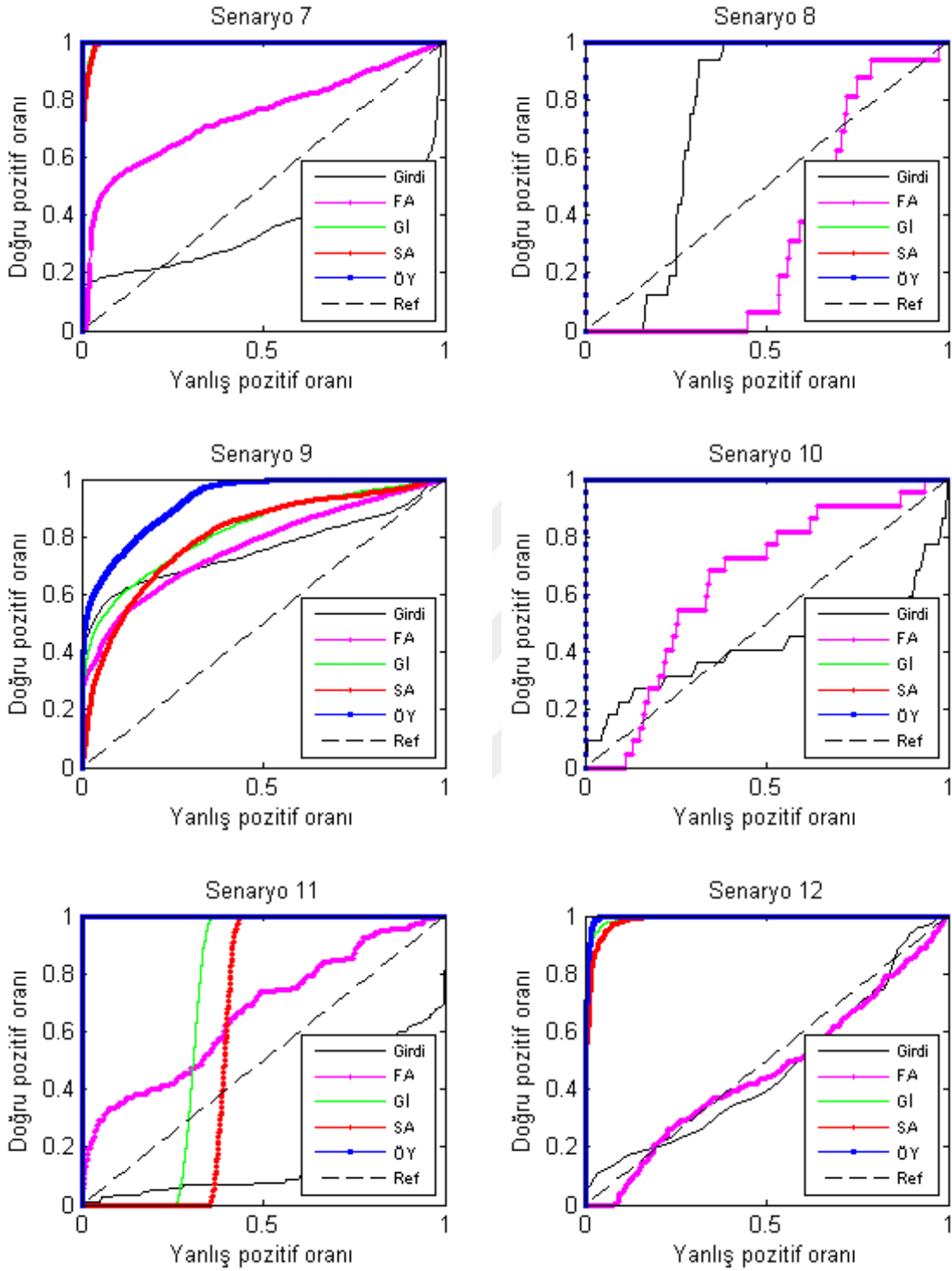
4.2 Tespit Sonuçları ve Tartışma

Hedefin arka plandan ayırt edilebilirliğinin, yani tespit edilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla alıcı işletim karakteristiği (AİK, Receiver Operating Characteristic - ROC)AİK ve eğri altındaki alan (EAA, Area Under Curve - AUC) sonuçları bu bölümde yer almaktadır. AİK eğrisinde, yanlış pozitif oranına karşın doğru pozitif oranı çizdirilmektedir. Bilindiği üzere, AİK'te bir yöneme ait eğri sol üst köşeye ne kadar yaklaşırsa yöntem o kadar başarılıdır. Bir başka deyişle, o yöntem ile düşük yanlış pozitif oranında yüksek doğru pozitif oranı elde edilebilmektedir. Bu doğrultuda, AİK eğrisinin altında kalan alan da kıymetli bir bilgi sağlamaktadır. Bu sebeple EAA sonuçları da bu bölümde verilmektedir. Ayrıca AİK eğrisi üzerindeki üç önemli noktaya denk gelen eşik değerlerin uygulanması ile elde edilen tespit sonuçları, görüntü üzerinde yine bu bölümde yer almaktadır.

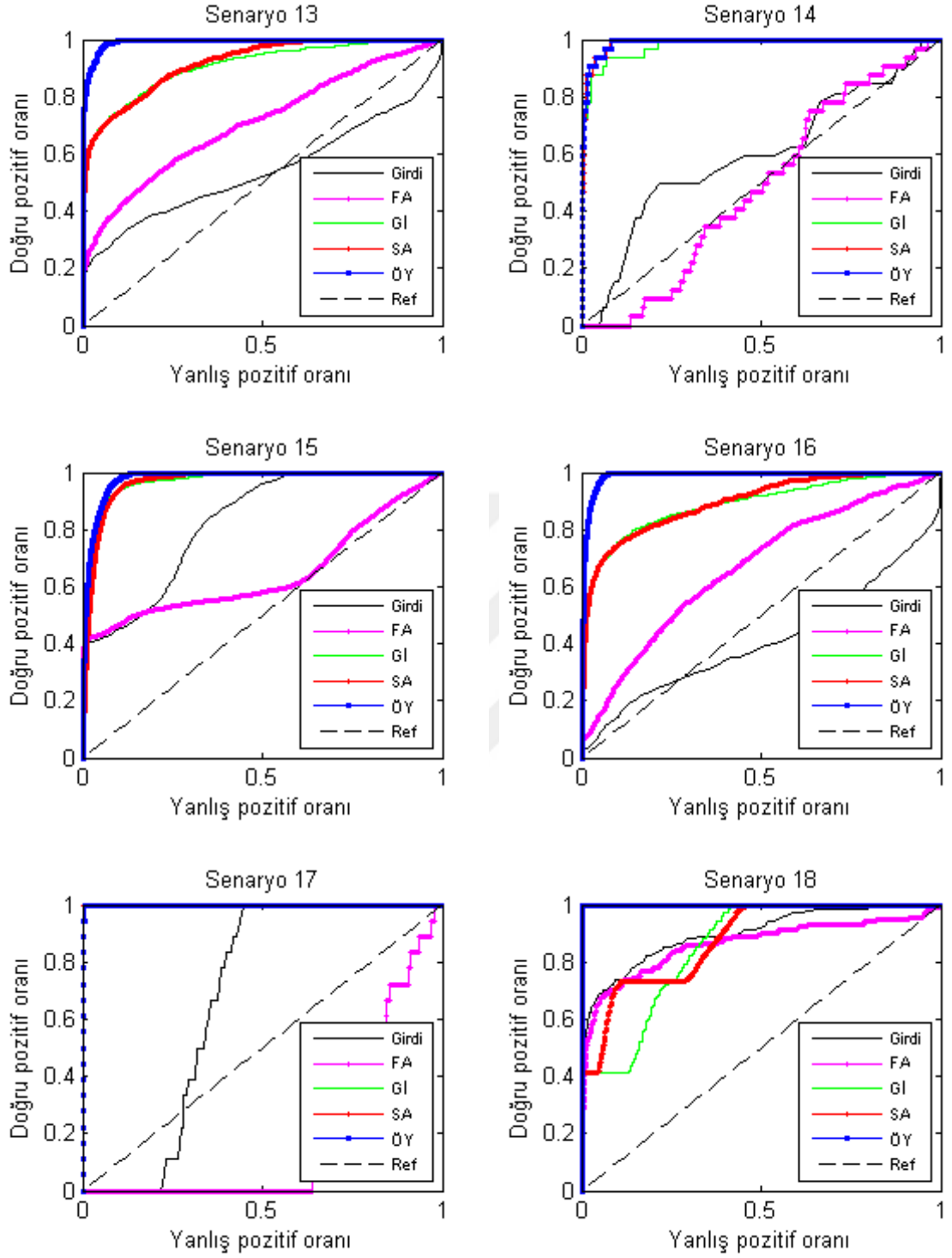
Her bir senaryoda, parametreler aynı kalmak koşuluyla, dayanak algoritmalar ile elde edilen AİK eğrileri şekil 4.5'te verilmektedir. Referans olması amacıyla, doğru pozitif oranı ile yanlış pozitif oranının aynı olduğu doğru, kesikli çizgi ile grafiklerde gösterilmektedir. Grafiklerde, girdi görüntüsüne hiç bir iyileştirme uygulanmaması durumunda, yani senaryoya ait AİK eğrisi de grafiklerde yer almaktadır.



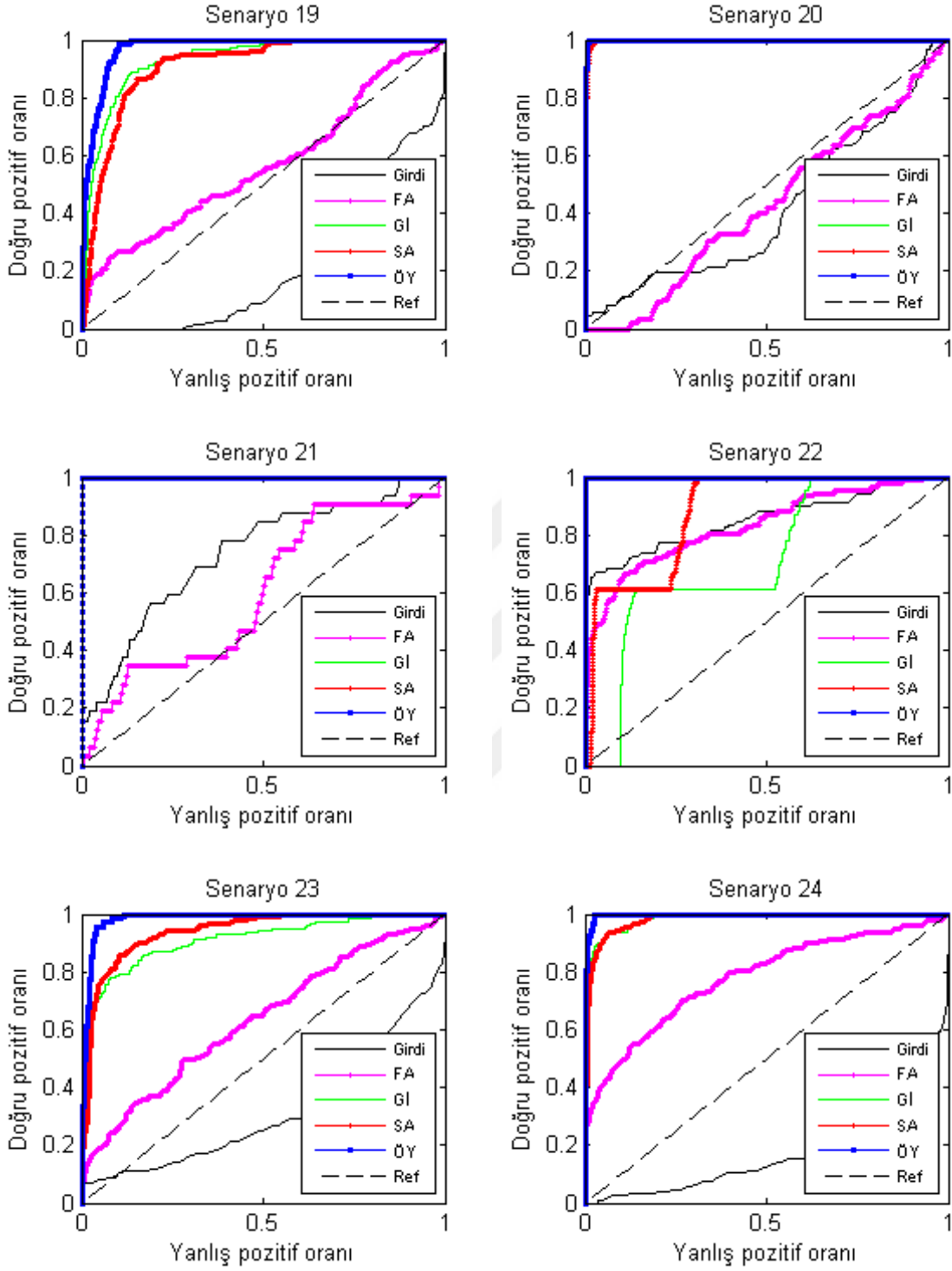
Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri



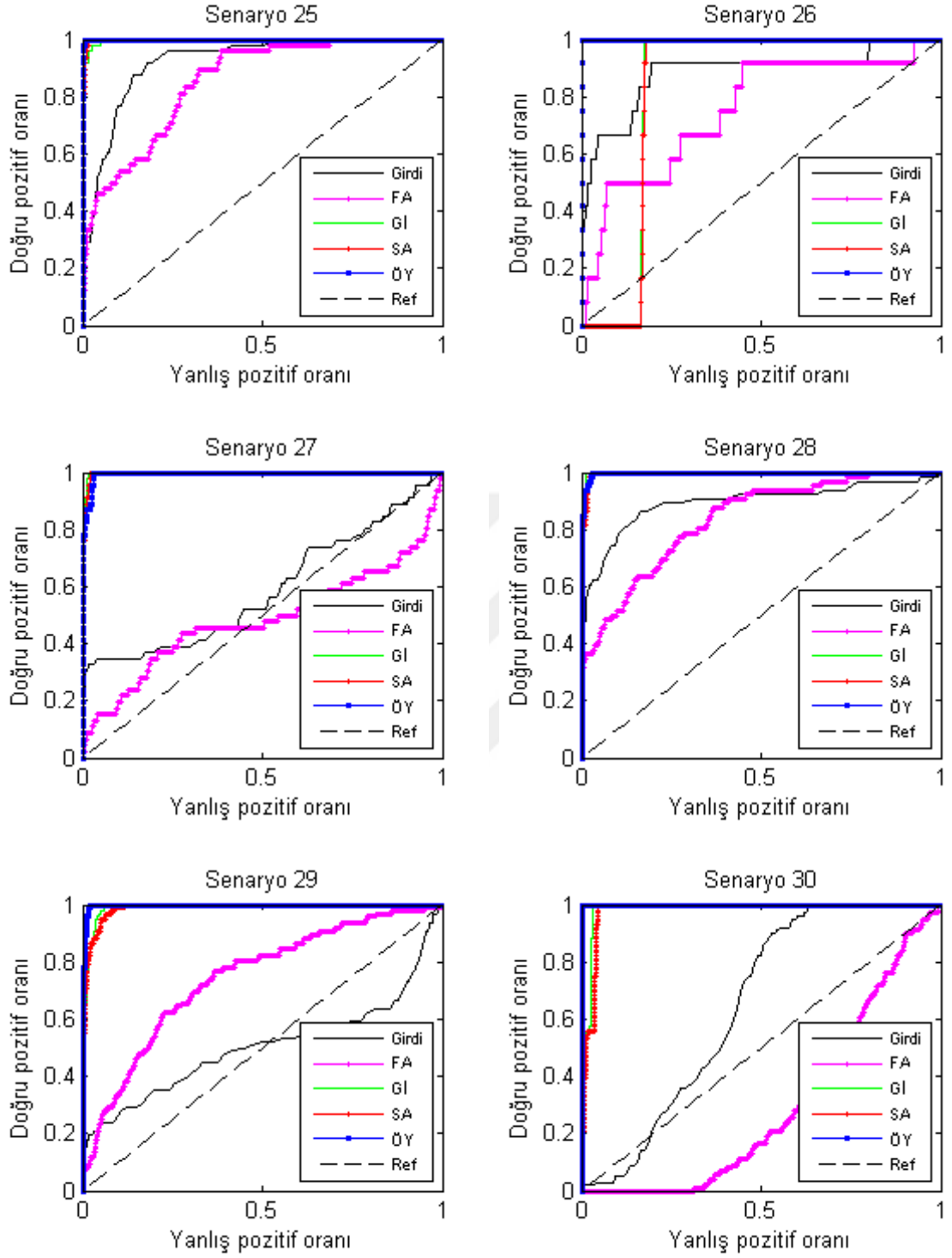
Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)



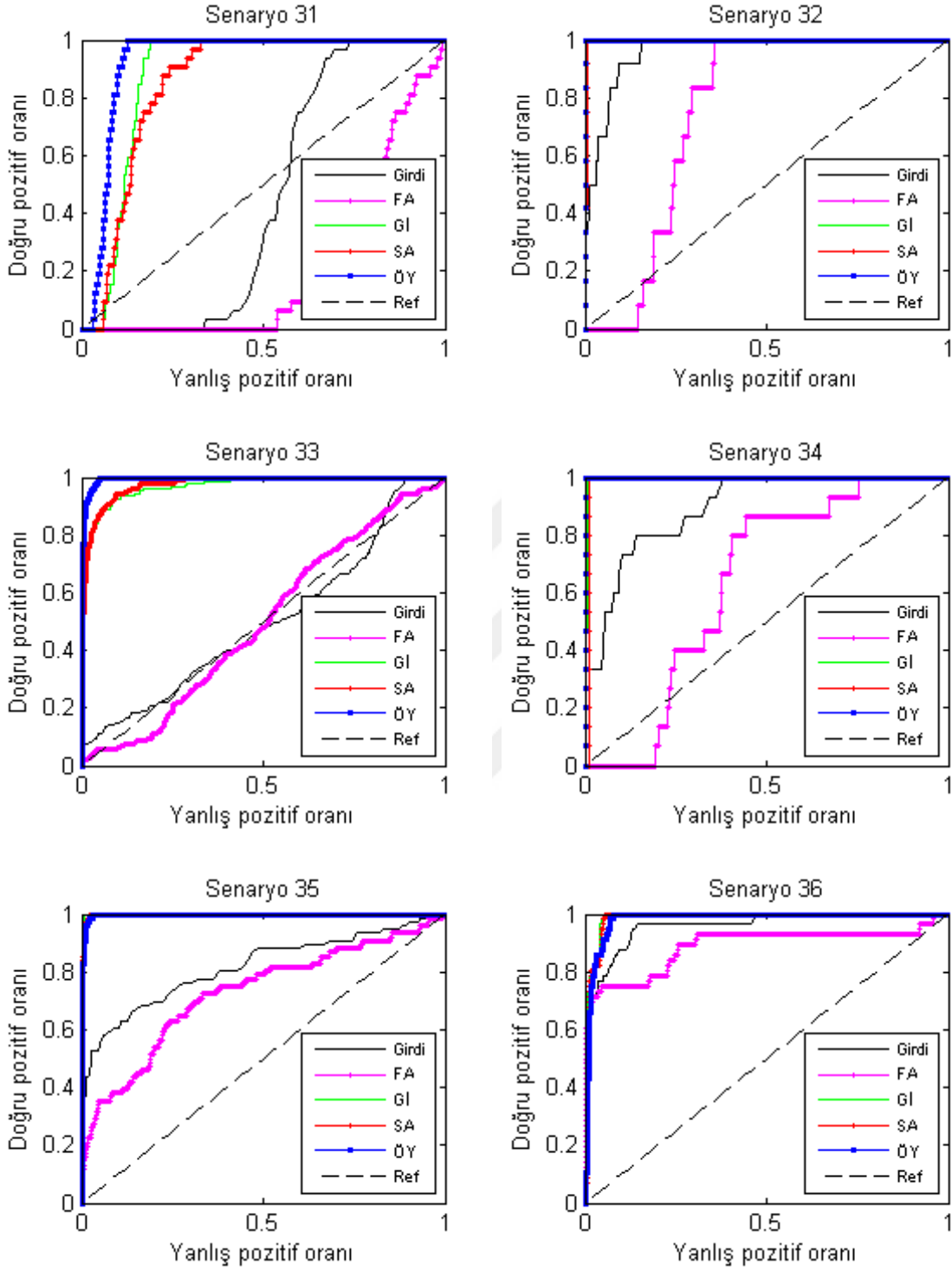
Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)



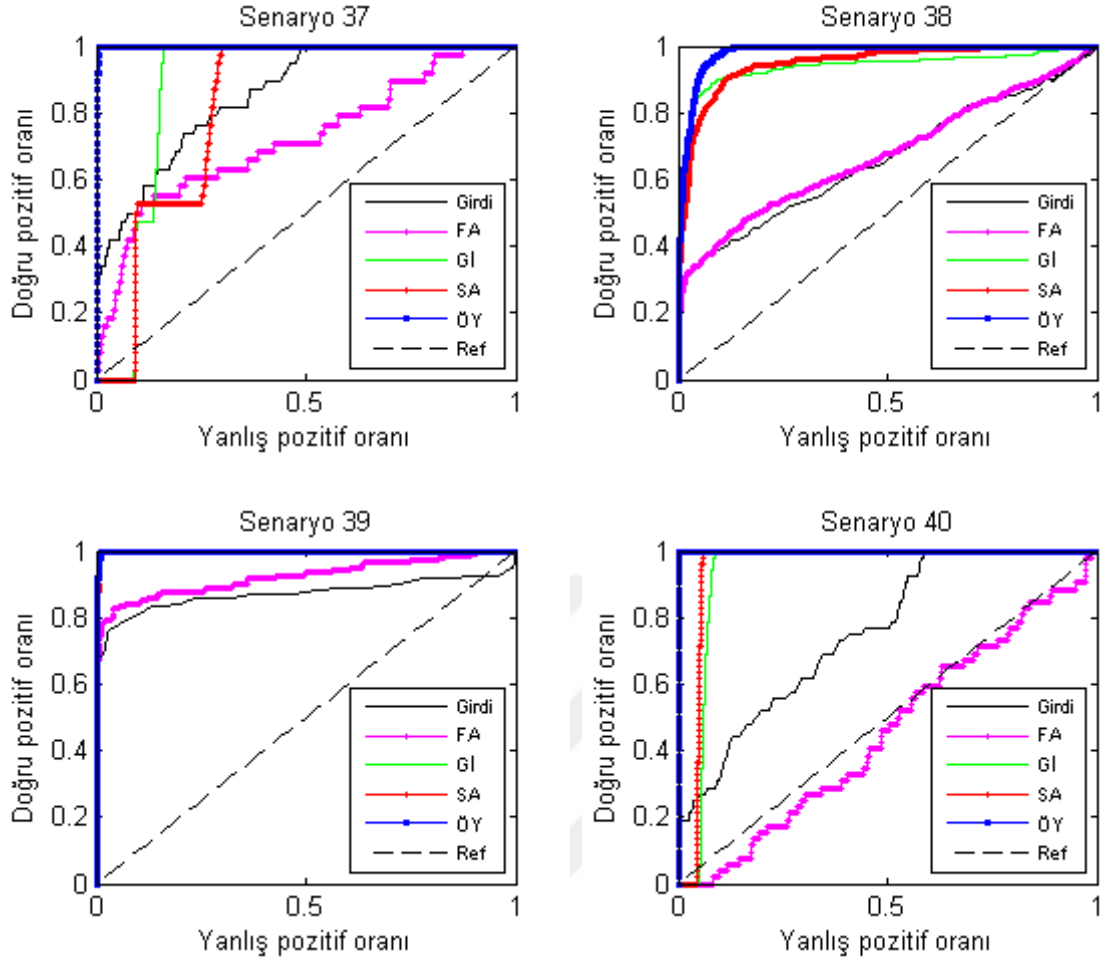
Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)



Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)

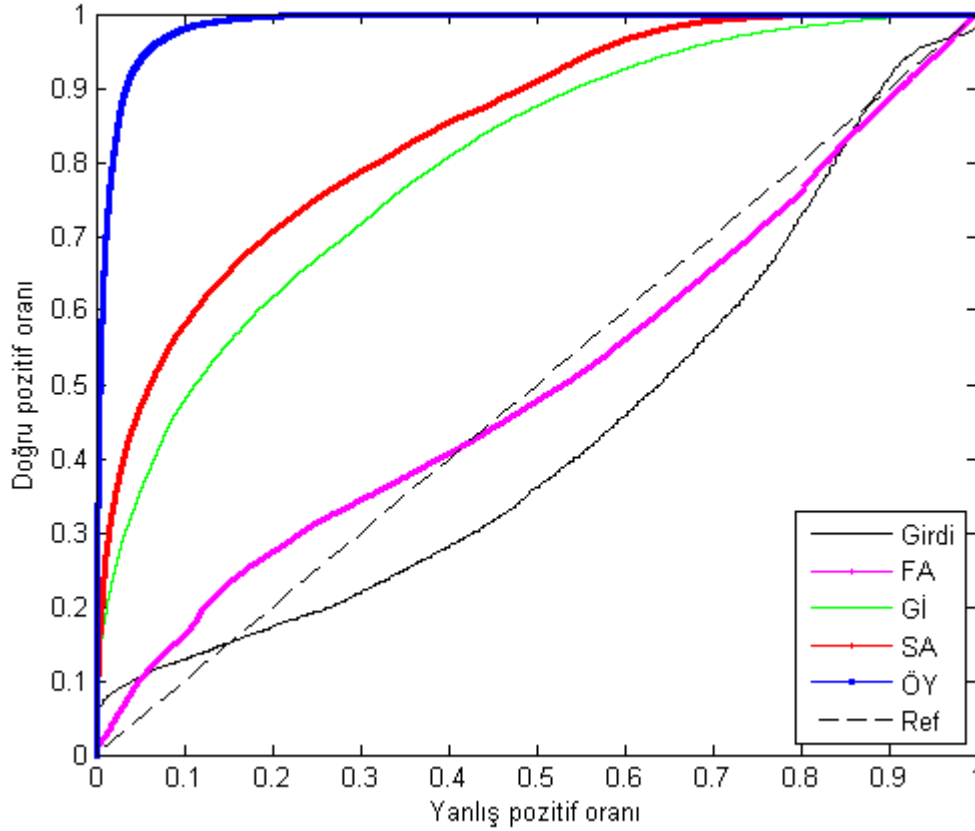


Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)



Şekil 4.5 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)

Yukarıda her bir senaryo için verilen sonuçların yanı sıra tüm senaryolar için dayanak yöntemler ve ÖY ile elde edilen tek AİK eğrisi de şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.6 Temel senaryoların tümü için dayanak yöntemler ve ÖY ile elde edilen genel AİK eğrisi

Genel AİK eğrisi incelendiğinde girdi senaryolarına hiç bir iyileştirme uygulanmaması durumunda referans çizgisinin altında bir zorluk sergilediği görülmektedir. Bu da, herhangi bir iyileştirme uygulanmaksızın hedef-arka plan ayırımı açısından senaryoların oldukça zor olduğunu işaret etmektedir. FA yöntemi en kötü başarımla vermektedir ve hedef-arka plan ayırımında yazı-tura atmaya yakın bir başarımla sergilemektedir. Gİ ve SA yöntemleri ise birbirlerine yakın sonuçlar vermiş olmasına karşın SA yöntemi daha başarılıdır. SA ve Gİ için uygulamada tespit edilmesi amaçlanan hedefin boyutuna göre parametre ayarlaması yapılmalıdır. Burada tüm senaryolar için aynı parametreler uygulandığı için bazı koşullarda düşük başarımlar elde edilmektedir. Önerilen yöntem ise diğer yöntemlerden açıkça ayrılarak, çok yüksek bir başarımla sergilemektedir. Hemen hemen tüm senaryolarda ayırt edilebilirlik için en iyi sonucu vermektedir.

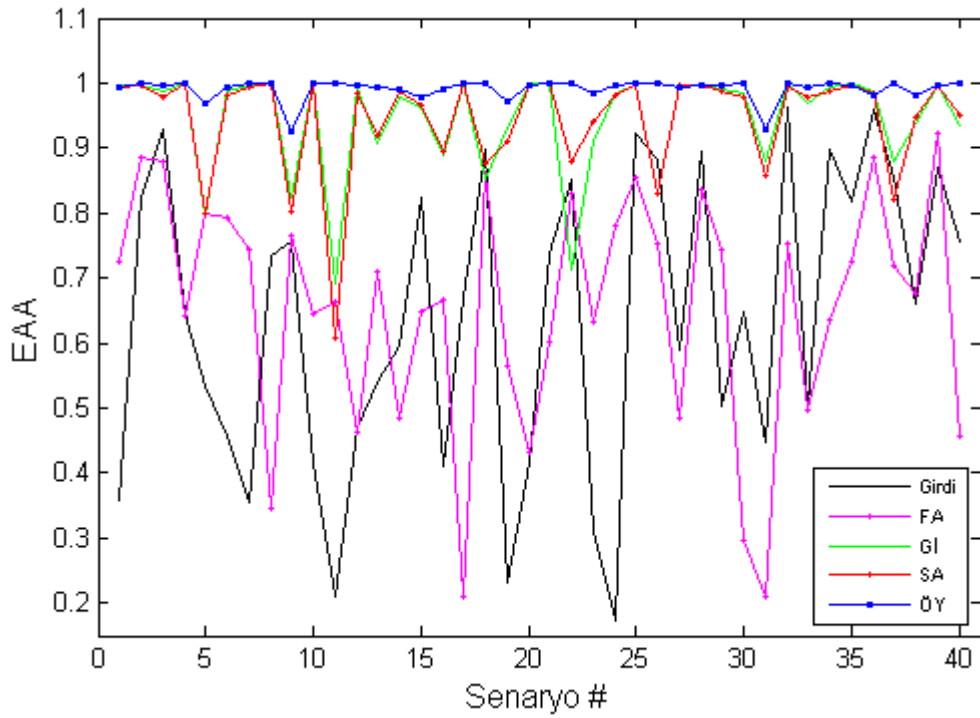
EAA sonuçları eşik değeriyle ilgili sınıflandırma yapılırken sınıfların ne ölçüde doğru etiketlenebileceğine yönelik bir fikir vermektedir. Vuruş oranına karşı yanlış alarm oranı hakkında bilgi veren EAA, doğruluğun (accuracy) tahminsel modelinin testinde standart bir ölçüdür. 0 ile 1 arasında değer alabilir ve değeri yükseldikçe eşik değeriyle sınıflandırmanın daha doğru yapılacağını ifade etmektedir. Şekil 4.5-4.6 ile verilen AİK eğrilerine ait EAA sonuçları Çizelge 4.4'te özetlenmektedir. Çizelgede ayrıca filtreli ve filtresiz FFD yöntemleri ile elde edilen EAA sonuçları da bilgilendirmek amacıyla verilmektedir. Her bir senaryoda en iyi başarıyı veren yöntem kırmızı ile gösterilmektedir.



Çizelge 4.4 Temel senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen EAA sonuçları

Senaryo #	Girdi	FA	Gİ	SA	FFD	Filtresiz FFD	ÖY
1	0,3586	0,7254	0,9957	0,9930	0,9922	0,8362	0,9951
2	0,8228	0,8848	0,9979	0,9981	0,9982	0,8457	0,9985
3	0,9288	0,8790	0,9862	0,9783	0,9852	0,8026	0,9960
4	0,6462	0,6431	0,9995	0,9994	0,9994	0,9823	0,9997
5	0,5325	0,7994	0,7967	0,7985	0,8323	0,6455	0,9694
6	0,4560	0,7918	0,9876	0,9806	0,9894	0,8444	0,9925
7	0,3537	0,7426	0,9960	0,9945	0,9931	0,9747	0,9995
8	0,7339	0,3451	0,9999	0,9998	0,9997	0,9975	0,9999
9	0,7558	0,7653	0,8227	0,8024	0,8102	0,6201	0,9244
10	0,4161	0,6464	0,9996	0,9988	0,9996	0,9065	0,9998
11	0,2095	0,6642	0,6920	0,6068	0,5154	0,4464	0,9999
12	0,4698	0,4617	0,9922	0,9856	0,9880	0,7527	0,9955
13	0,5411	0,7083	0,9087	0,9191	0,9401	0,6947	0,9924
14	0,5972	0,4845	0,9785	0,9887	0,9820	0,8846	0,9894
15	0,8229	0,6468	0,9625	0,9664	0,9644	0,7870	0,9794
16	0,4102	0,6673	0,8885	0,8960	0,9092	0,6740	0,9891
17	0,6685	0,2093	0,9984	0,9985	0,9981	0,9791	0,9984
18	0,8989	0,8608	0,8521	0,8765	0,8504	0,8708	0,9996
19	0,2322	0,5660	0,9314	0,9091	0,9145	0,7417	0,9724
20	0,4181	0,4310	0,9987	0,9968	0,9979	0,8884	0,9979
21	0,7365	0,6004	0,9994	0,9992	0,9992	0,9461	0,9994
22	0,8522	0,8314	0,7134	0,8803	0,8490	0,9391	0,9999
23	0,3117	0,6335	0,9091	0,9402	0,9324	0,7179	0,9842
24	0,1738	0,7796	0,9833	0,9818	0,9874	0,7879	0,9963
25	0,9240	0,8534	0,9968	0,9975	0,9977	0,8957	0,9995
26	0,8825	0,7522	0,8306	0,8286	0,8855	0,9659	1,0000
27	0,5910	0,4851	0,9973	0,9962	0,9950	0,9458	0,9947
28	0,8950	0,8365	0,9975	0,9960	0,9960	0,9833	0,9969
29	0,5028	0,7435	0,9897	0,9880	0,9856	0,8583	0,9968
30	0,6470	0,2964	0,9841	0,9787	0,9756	0,6934	0,9994
31	0,4486	0,2111	0,8785	0,8567	0,8800	0,6530	0,9291
32	0,9612	0,7526	0,9993	0,9946	0,9937	0,9918	0,9993
33	0,5029	0,4982	0,9697	0,9774	0,9697	0,8429	0,9950
34	0,8974	0,6361	0,9948	0,9876	0,9792	0,9344	1,0000
35	0,8168	0,7266	0,9984	0,9976	0,9958	0,9523	0,9967
36	0,9612	0,8866	0,9869	0,9852	0,9842	0,9762	0,9816
37	0,8547	0,7200	0,8780	0,8209	0,8178	0,9355	0,9993
38	0,6613	0,6754	0,9374	0,9485	0,9466	0,7735	0,9813
39	0,8703	0,9219	0,9977	0,9979	0,9978	0,8523	0,9979
40	0,7565	0,4568	0,9363	0,9497	0,9093	0,9334	0,9999
Genel	0,4334	0,5042	0,7971	0,8444	0,8475	0,7261	0,9861

Çizelge 4.4'te Gİ ile 8, SA ile 1 ve önerilen yöntem ile 31 senaryoda en iyi EAA sonucunun elde edildiği görülmektedir. Önerilen yöntem ile en yüksek başarımın elde edilemediği 9 senaryoda ise yöntem, en iyi sonucu veren yöntemden en fazla binde 5 daha kötüdür (senaryo 36). Tüm senaryolar için ise en yakın yöntem 0,8475 gibi bir sonuç verirken, önerilen yöntem ile 0,9861 gibi çok yüksek bir değer elde edilebilmektedir. Çizelge 4.4'te verilen değerler arasından dayanak algoritmalarına ve ÖY'ye ait olanların çizdirilmesi ile elde edilen grafik şekil 4.7'de gösterilmektedir.



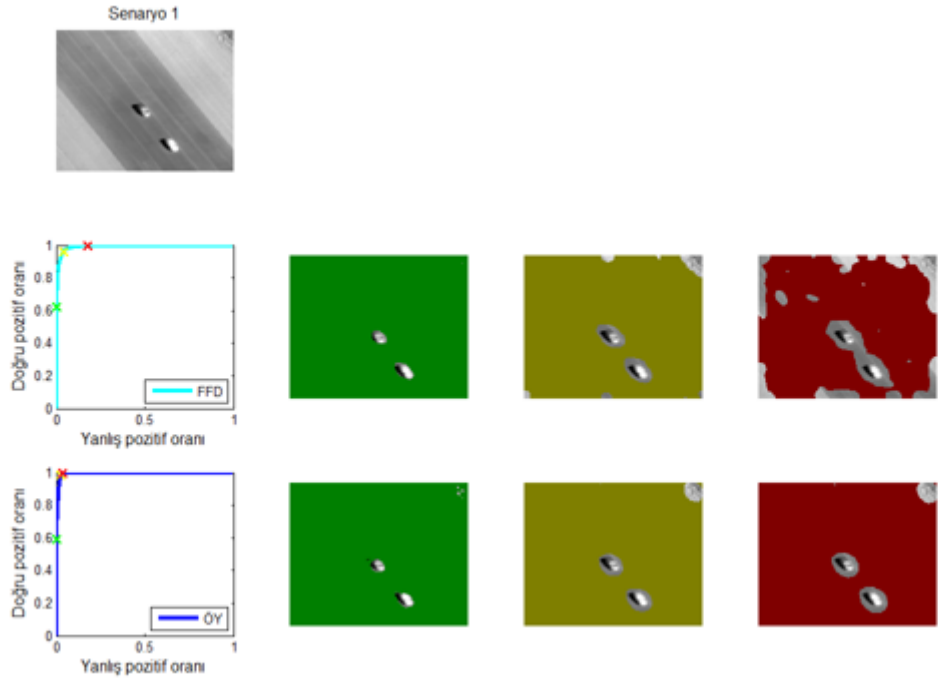
Şekil 4.7 Temel senaryolar üzerinde dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen EAA sonuçları

SA ve Gİ'nin başarımları birbiri ile sayısal olarak kıyaslandığında iyileştirme için Gİ (bkz. çizelge 4.1), tespit için ise SA'nın (bkz. çizelge 4.4) daha başarılı olduğu görülebilir. Burada bir tutarsızlık olduğu düşünülebilir fakat şuna dikkat edilmesi gerekmektedir: Daha önce de belirtildiği üzere SGO belli bir değerden sonra hedef-arka plan ayırt edilebilirliğini etkilememektedir. Örnek ile açıklamak gerekirse, çok yüksek iki SGO değeri, birisi diğerinden çok daha yüksek olsa bile, aynı hedef-arka plan ayırt edilebilirliğini verebilmektedir. Bu sebeple iyileştirme sonucu için çizelge 4.3 kontrol

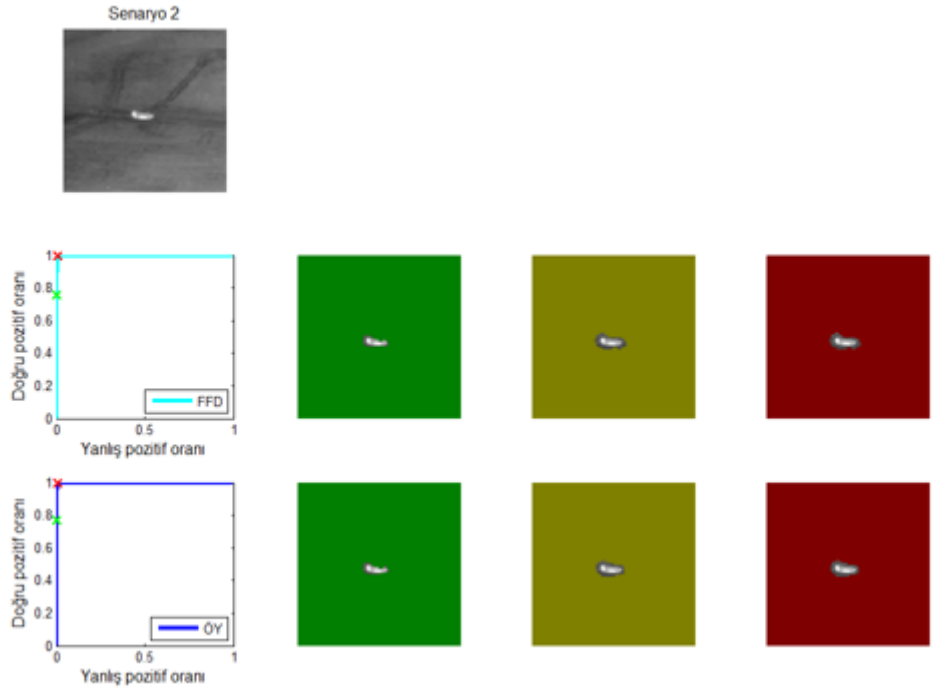
edilirse SA'nın Gİ'den daha yüksek değer verdiği görülebilir. Böylece iyileştirme ve tespit için sonuçların tutarlı olduğu değerlendirilebilir.

Tespit için AİK eğrisi ve EAA sonuçlarının hesaplanmasının yanı sıra iyileştirilmiş görüntüler üzerinde belirli eşik değerler uygulanması ile elde edilen tespit görüntüleri de incelenmektedir. Önerilen filtrenin etkinliğini gösterebilmek amacıyla burada iki yöntem üzerinde karşılaştırma yapılmıştır. FFD üzerine tek Gauss filtre uygulanması ve önerilen filtrenin uygulanması ile ulaşılan tespit görüntüleri Şekil 4.8-4.47 arasında yer almaktadır. Tespit sonuçlarının elde edilebilmesi için, [0 1] değer aralığı içerisinde, üç tane eşik değer AİK eğrisi üzerinden belirlenmektedir. Buna göre ilk eşik değer, yanlış pozitif oranının en düşük (0'a yakın) olduğu koşulda, doğru pozitif oranının ise mümkün olduğunca en yüksek olduğu noktadan belirlenmektedir ve en yüksek değeri almaktadır. Bir başka ifadeyle, ilk eşik değer ile yanlış pozitif sıfıra, duyarlılık (Precision) ise bire yakın sonuç vermektedir. İkinci eşik değer, AİK eğrisi üzerinde sol üst köşeye (doğru pozitif oranının 1, yanlış pozitif oranının 0 olduğu nokta) en yakın noktayı veren eşik değerdir. Son eşik değer ise, ilkinin tam zıttı olacak şekilde, doğru pozitif oranının en yüksek olduğu (1'e yakın) koşulda, yanlış pozitif oranının ise mümkün olduğunca en düşük olduğu noktadan belirlenmektedir ve en düşük değeri almaktadır. Yani üçüncü eşik değer ile yanlış negatif sıfıra, çağrışım (Recall) ise bire yakın sonuç vermektedir. Hedef olarak etiketlenen piksellerin gerçekte sadece hedefe ait olması, arka plana ait olmaması için gerekli eşik değer, ilk eşik değerdir. Üçüncü eşik değer ise, hedef piksellerinin olabildiğince tamamının hedef olarak etiketlenmesi için gerekli eşik değerdir.

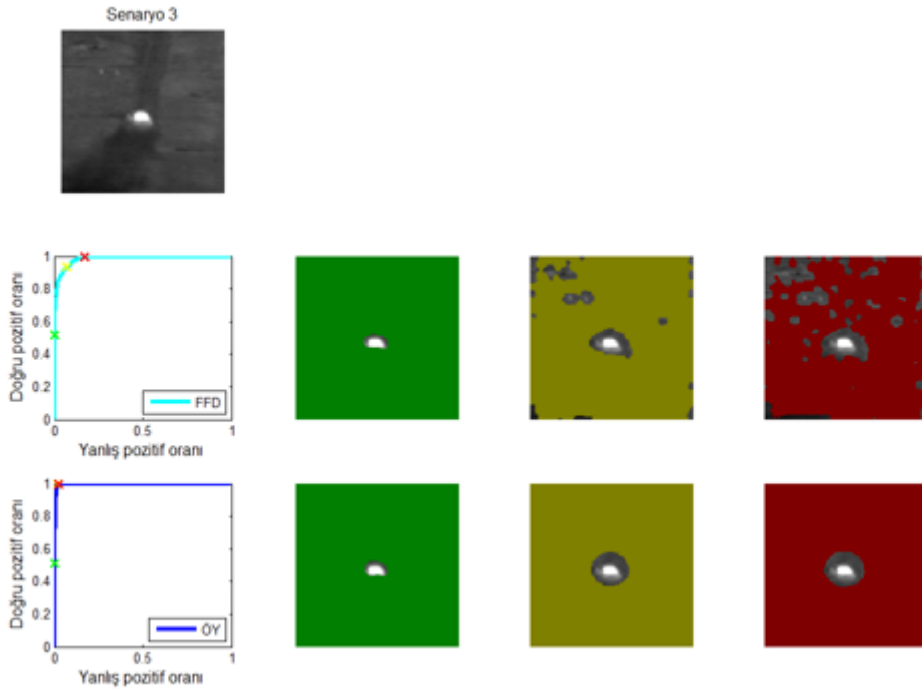
Şekillerde; ilk satırda senaryo, ikinci satırda FFD sonuçları, üçüncü satırda ise ÖY sonuçları yer almaktadır. İkinci ve üçüncü satırda, ilk sütunda yöntemler ile elde edilen AİK eğrileri, ikinci, üçüncü ve dördüncü sütunlarda ise sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü eşik değer ile ulaşılan tespit sonuçları gösterilmektedir. AİK eğrileri üzerinde birinci eşik değere denk gelen nokta yeşil, ikinci eşik değere karşılık genel nokta sarı ve üçüncü eşik değere denk gelen nokta ise kırmızı ile işaretlenmiştir.



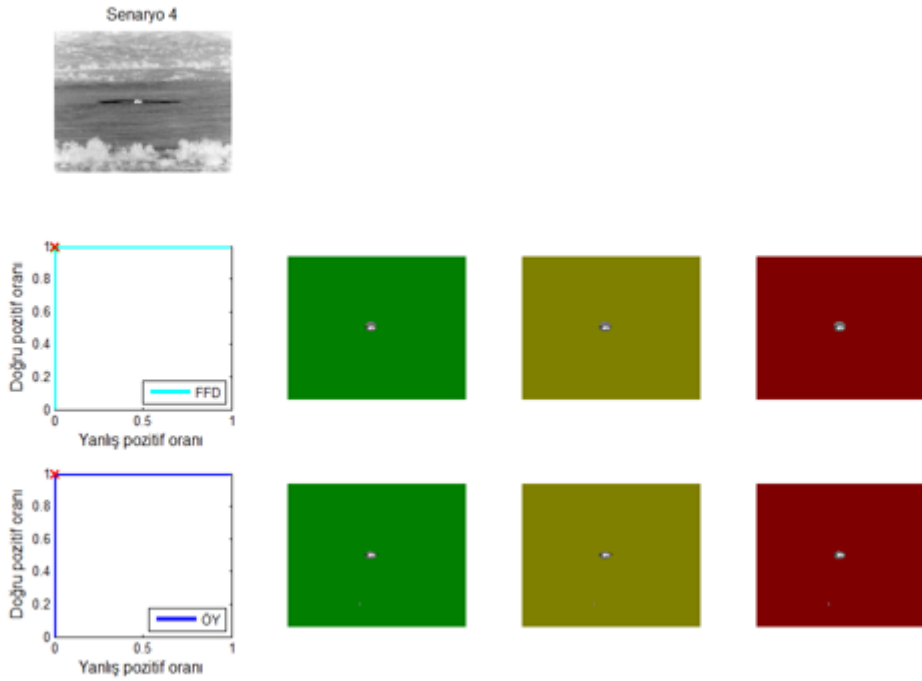
Şekil 4.8 1. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



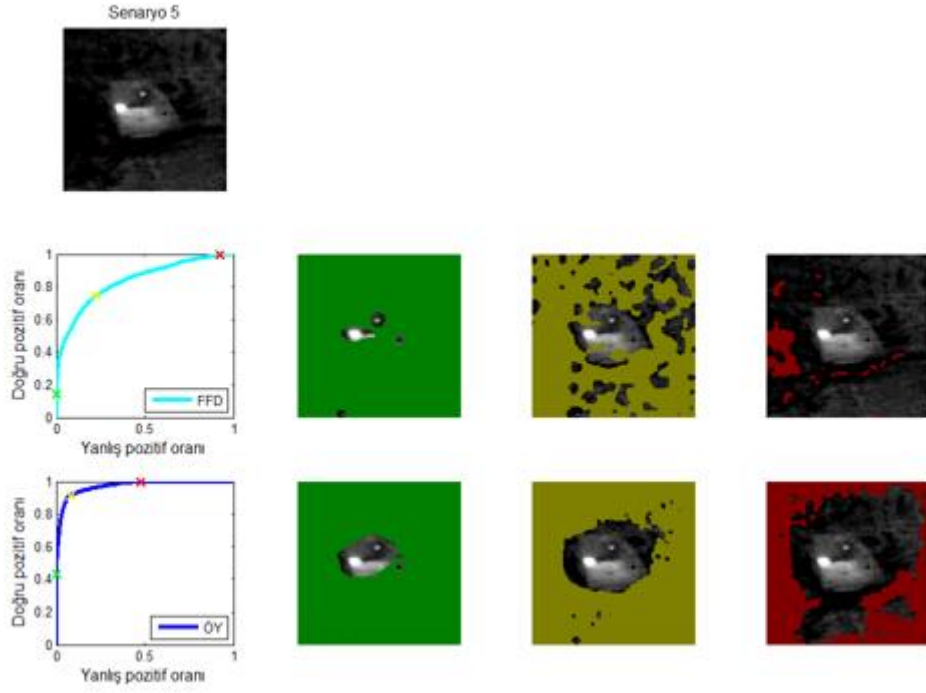
Şekil 4.9 2. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



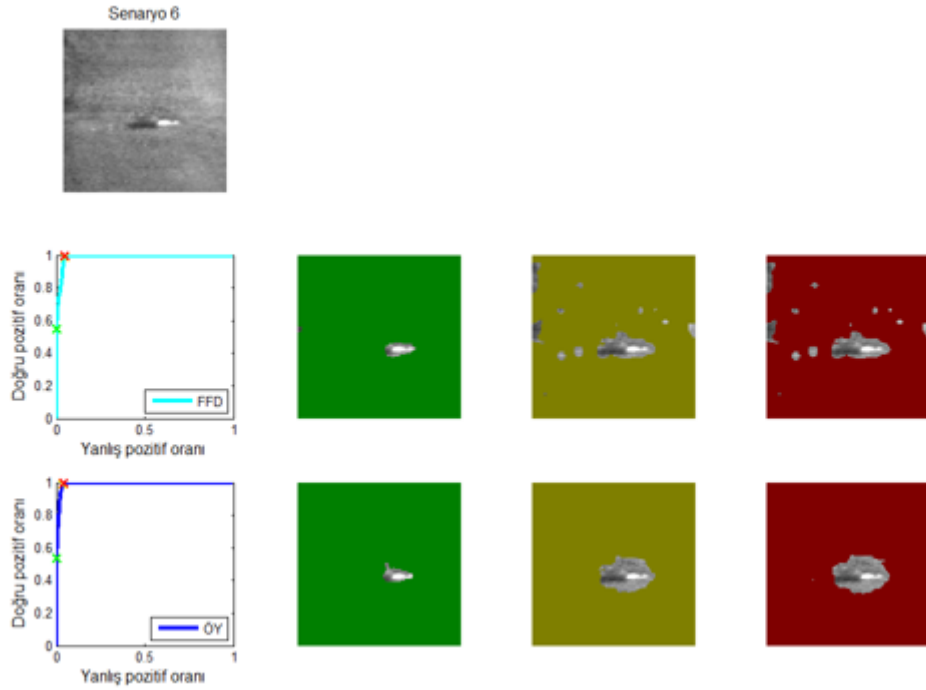
Şekil 4.10 3. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



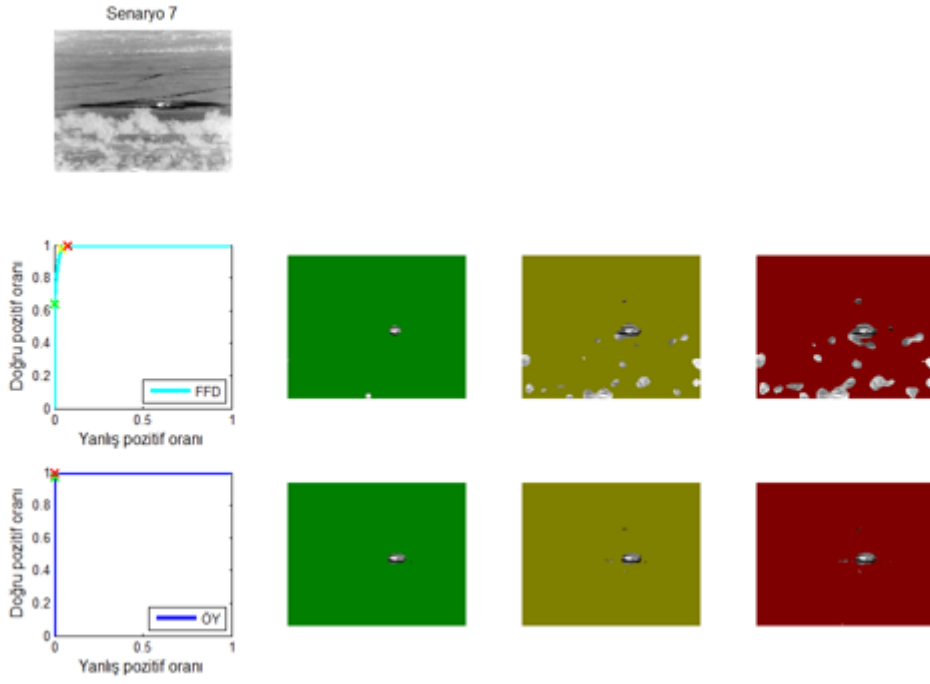
Şekil 4.11 4. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



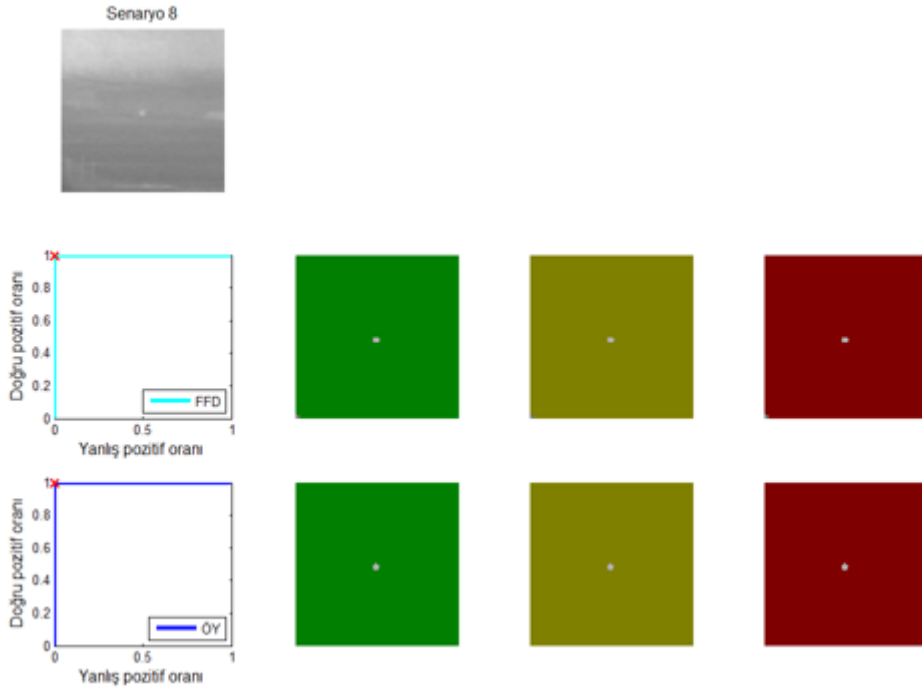
Şekil 4.12 5. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



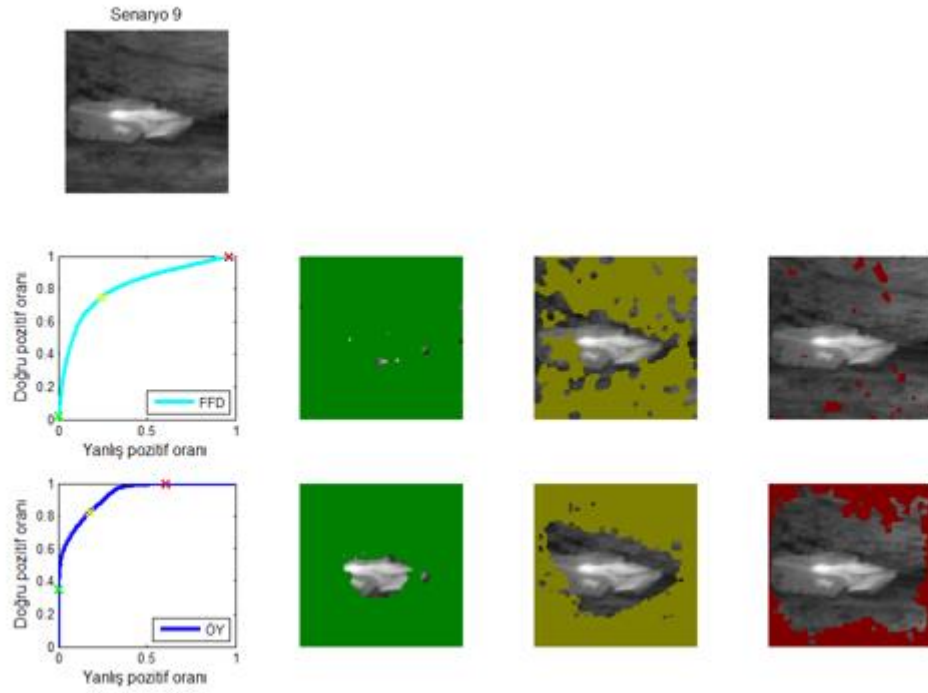
Şekil 4.13 6. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



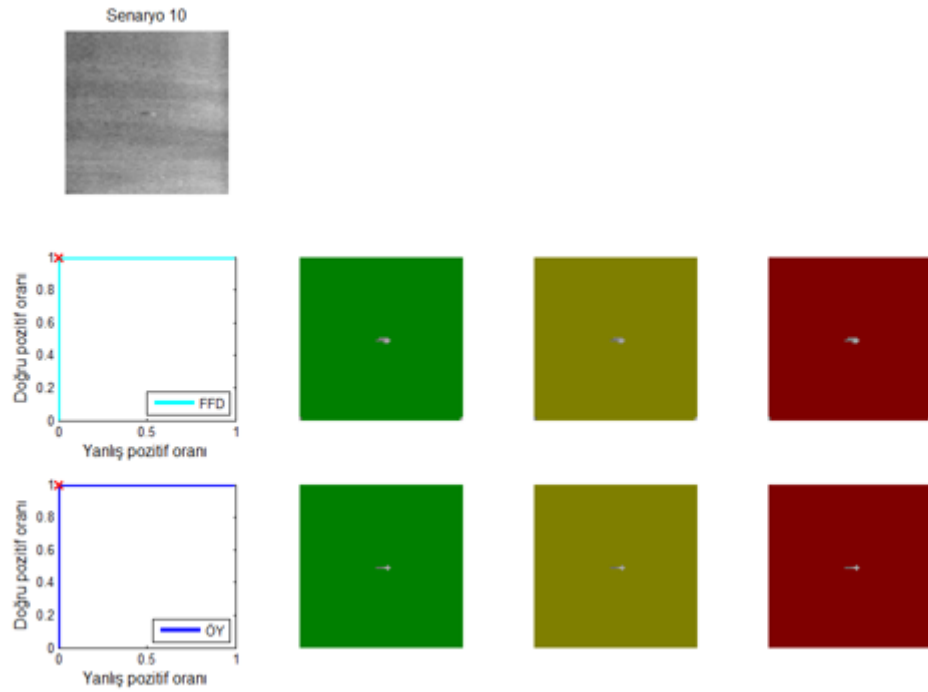
Şekil 4.14 7. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



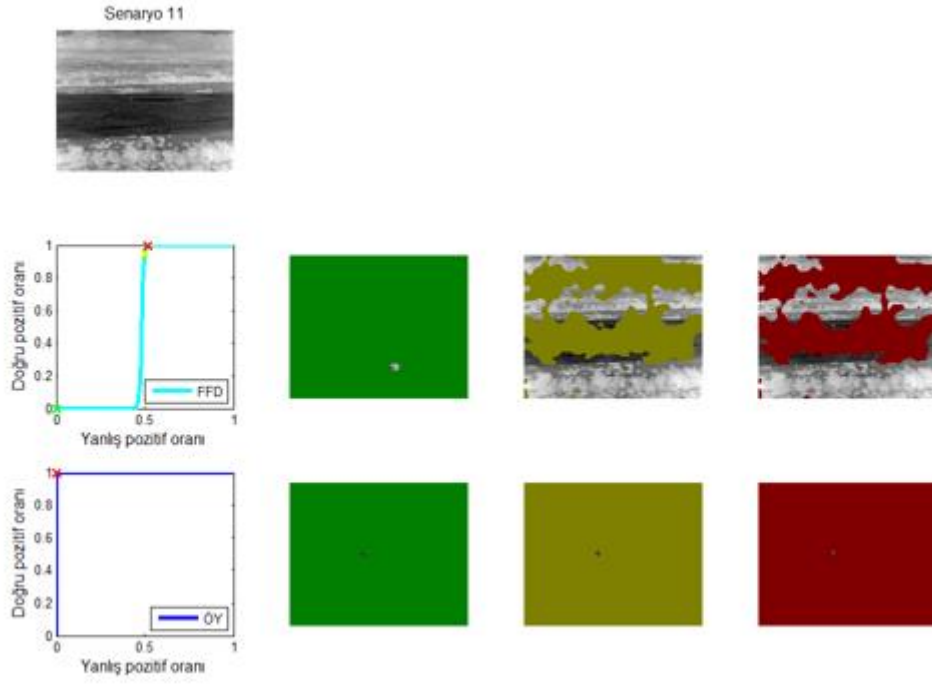
Şekil 4.15 8. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



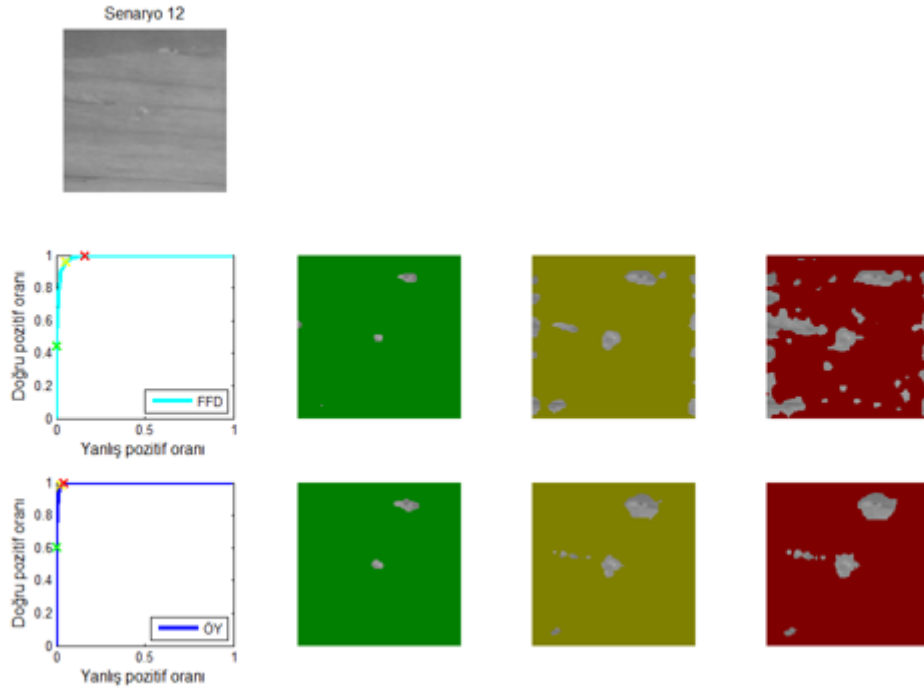
Şekil 4.16 9. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



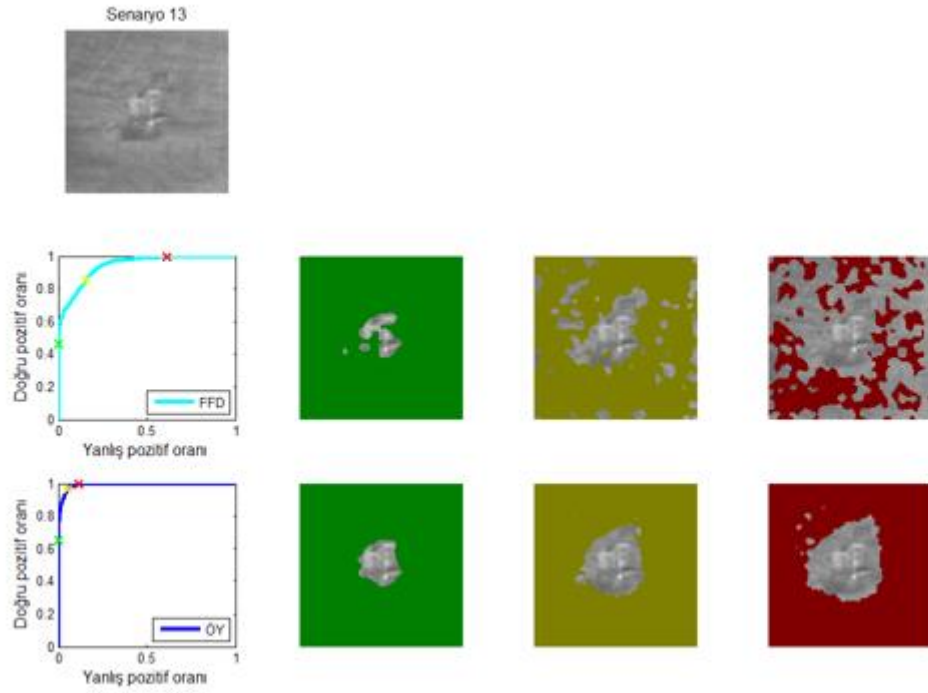
Şekil 4.17 10. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



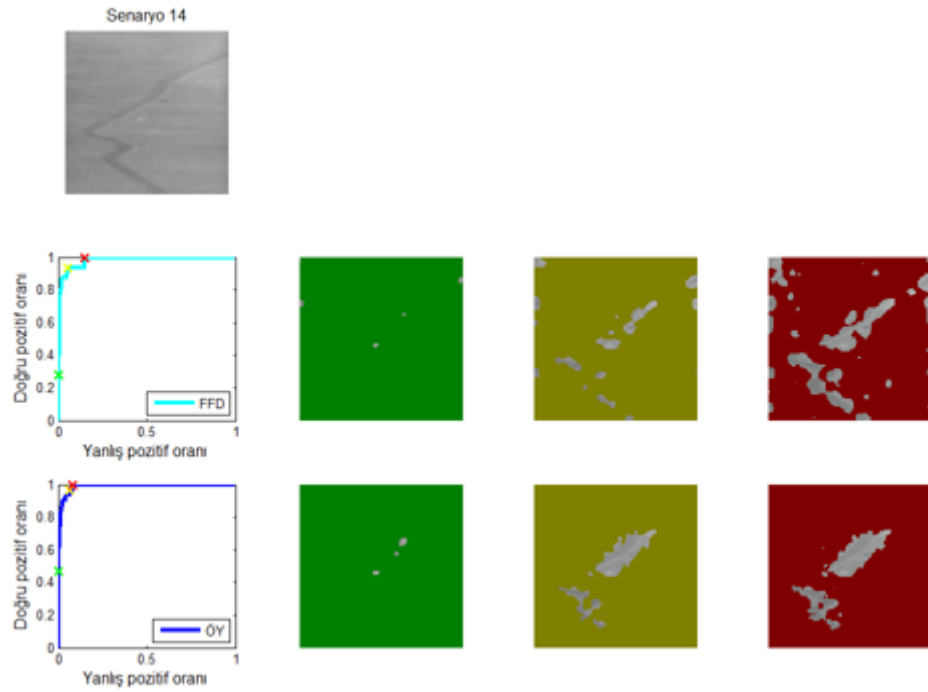
Şekil 4.18 11. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



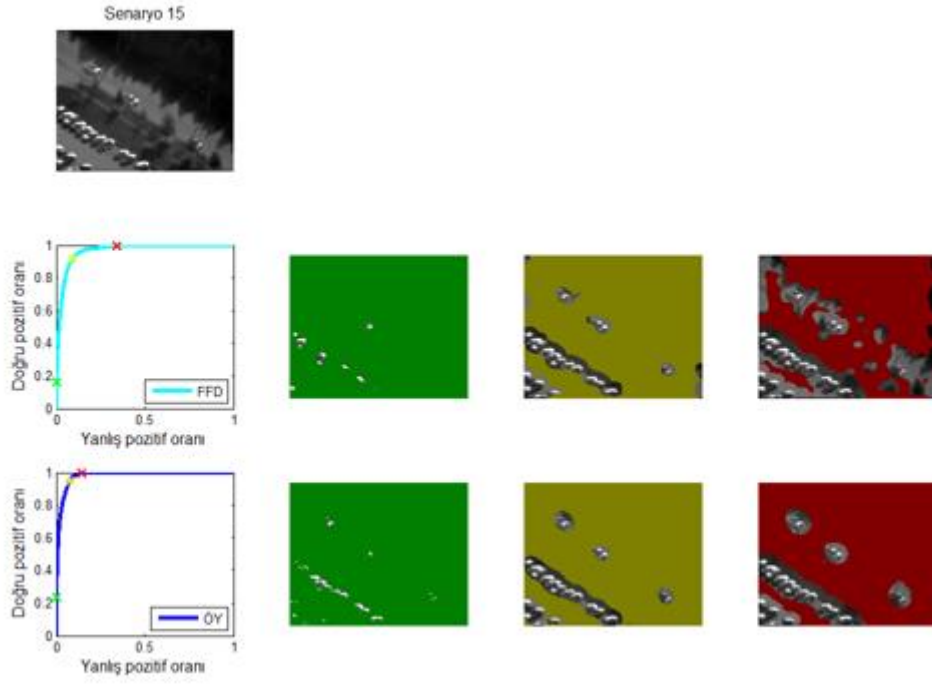
Şekil 4.19 12. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



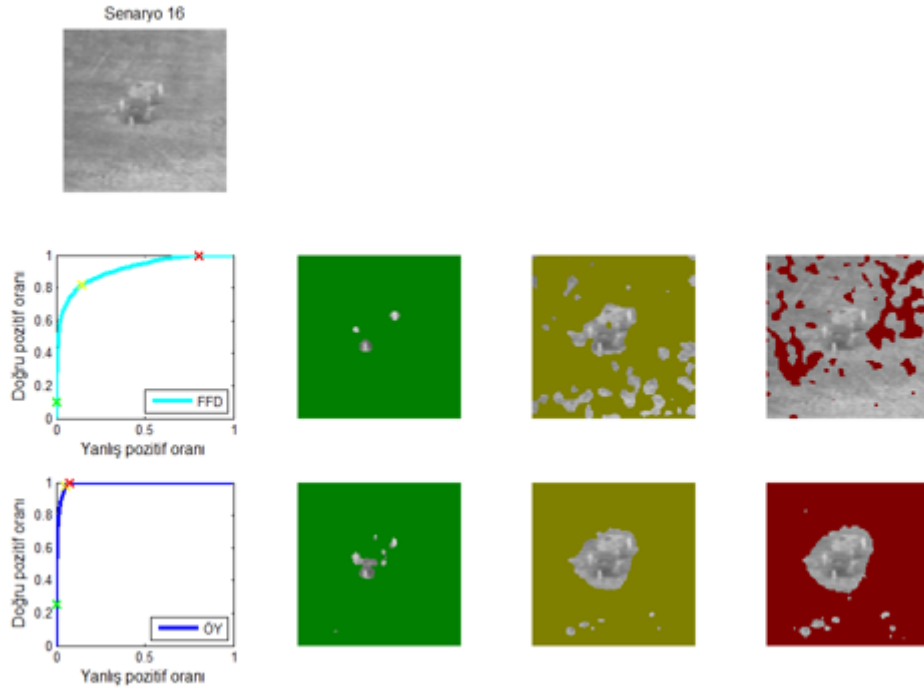
Şekil 4.20 13. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



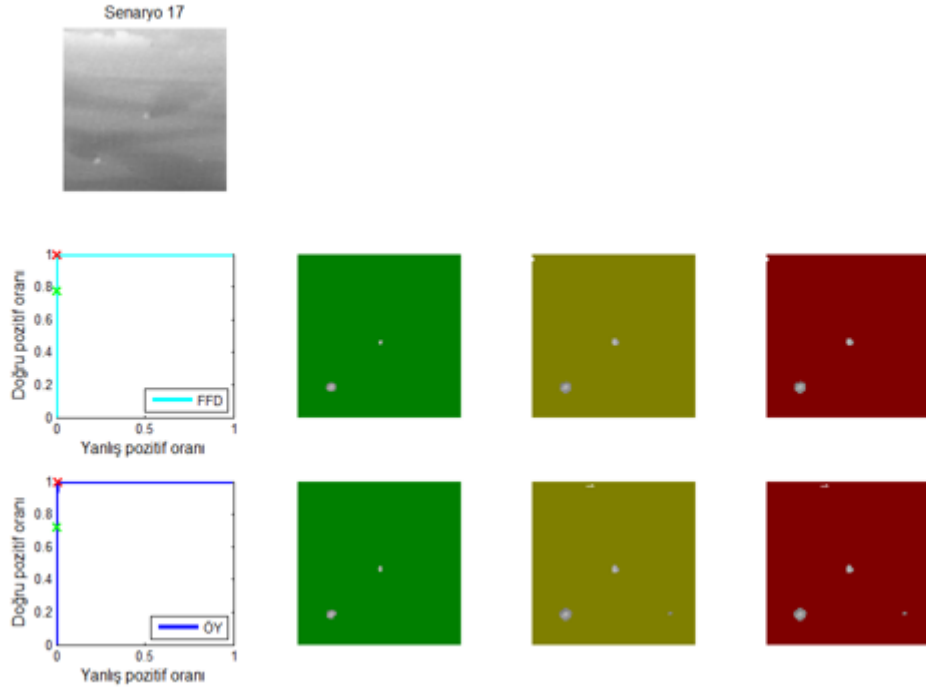
Şekil 4.21 14. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



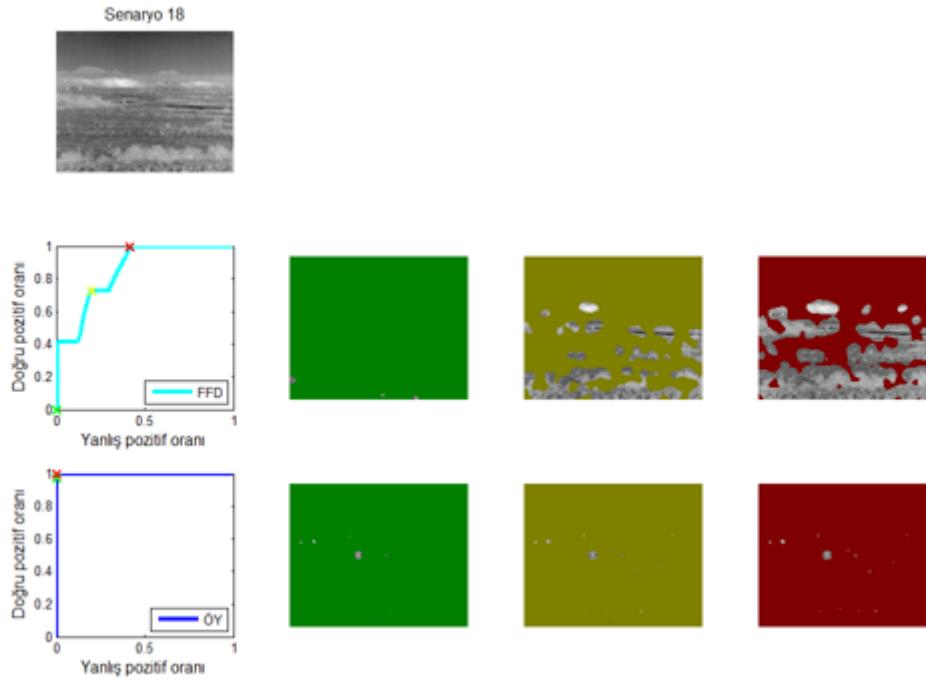
Şekil 4.22 15. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



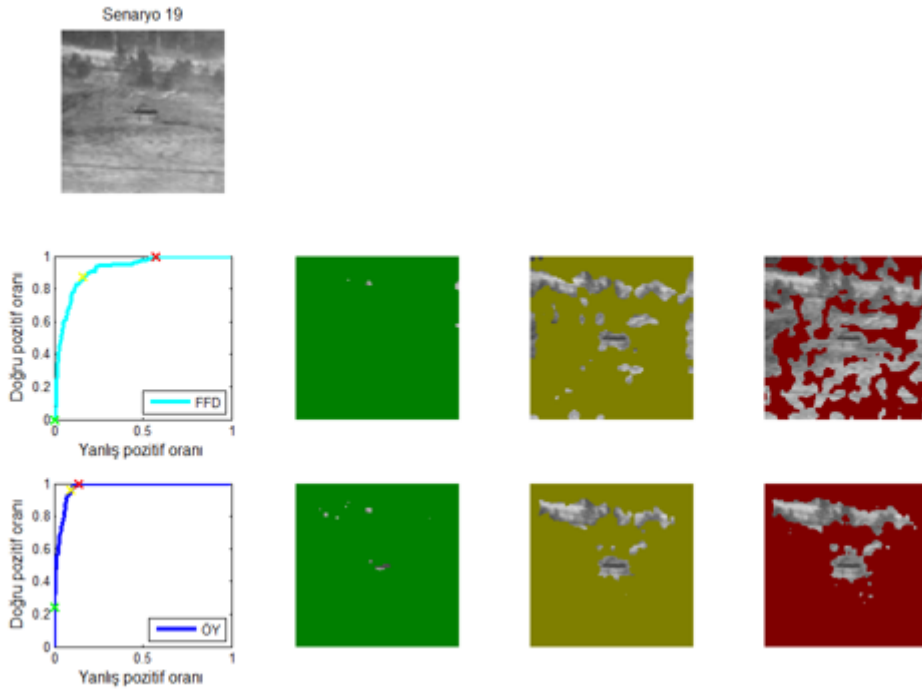
Şekil 4.23 16. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



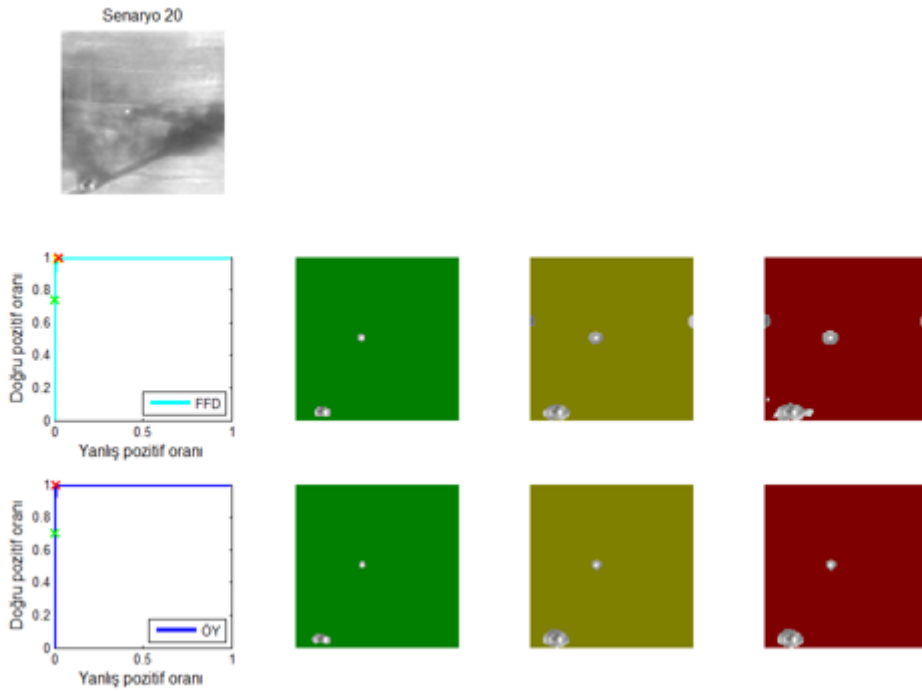
Şekil 4.24 17. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



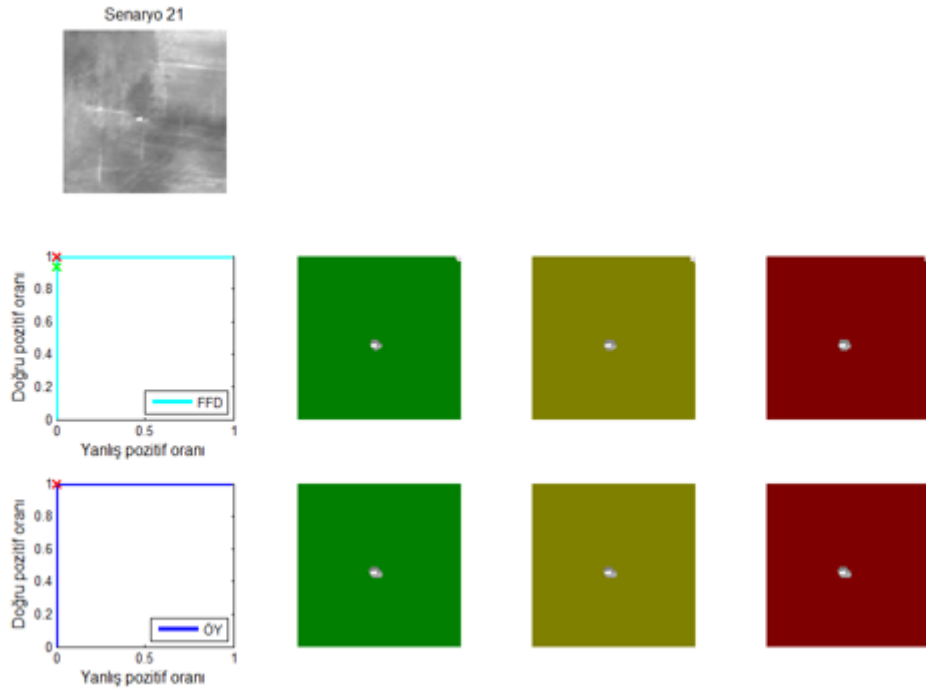
Şekil 4.25 18. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



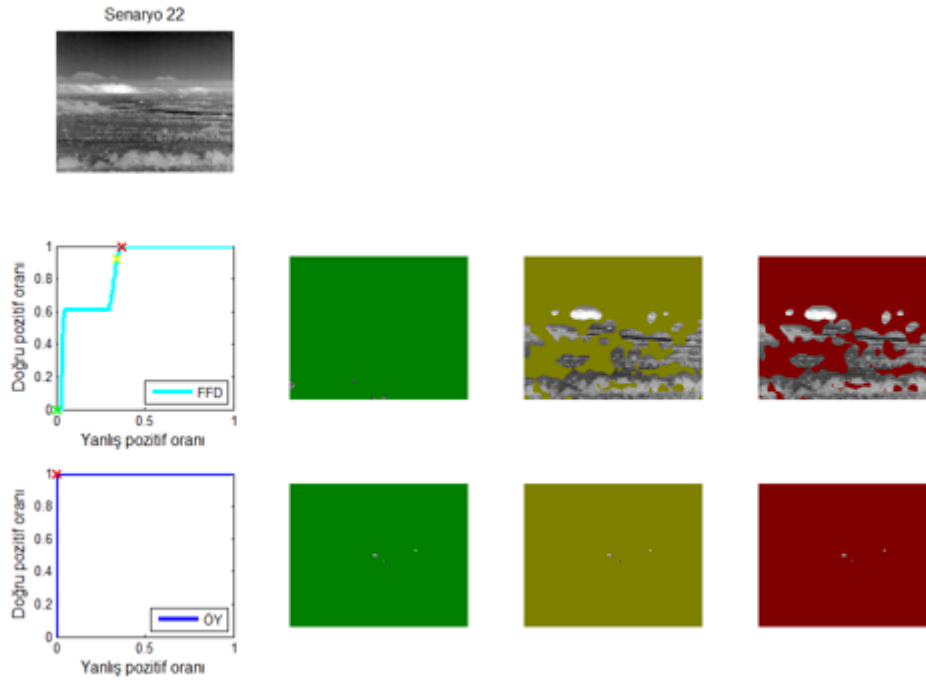
Şekil 4.26 19. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



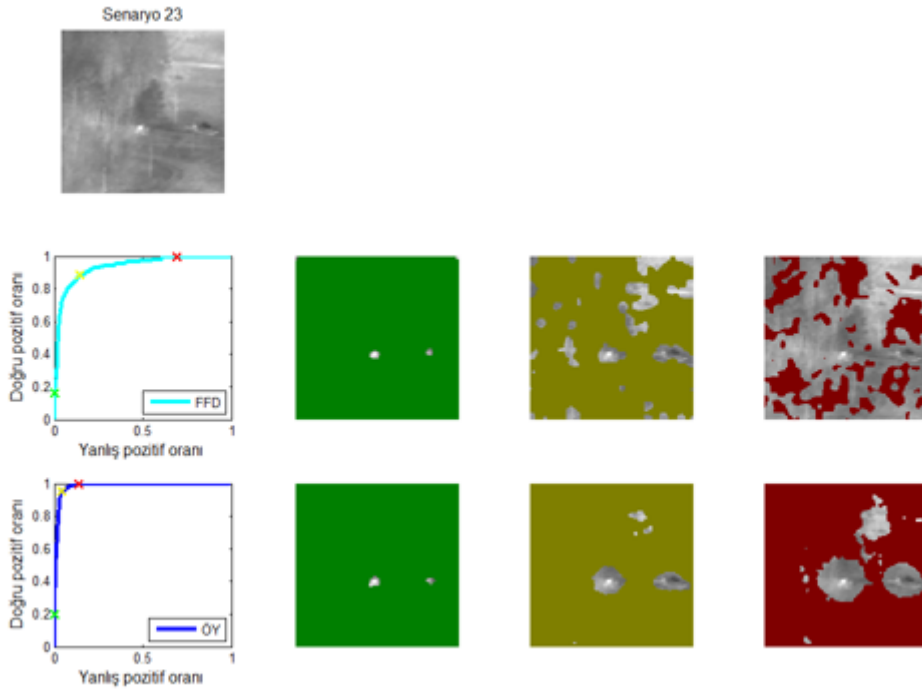
Şekil 4.27 20. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



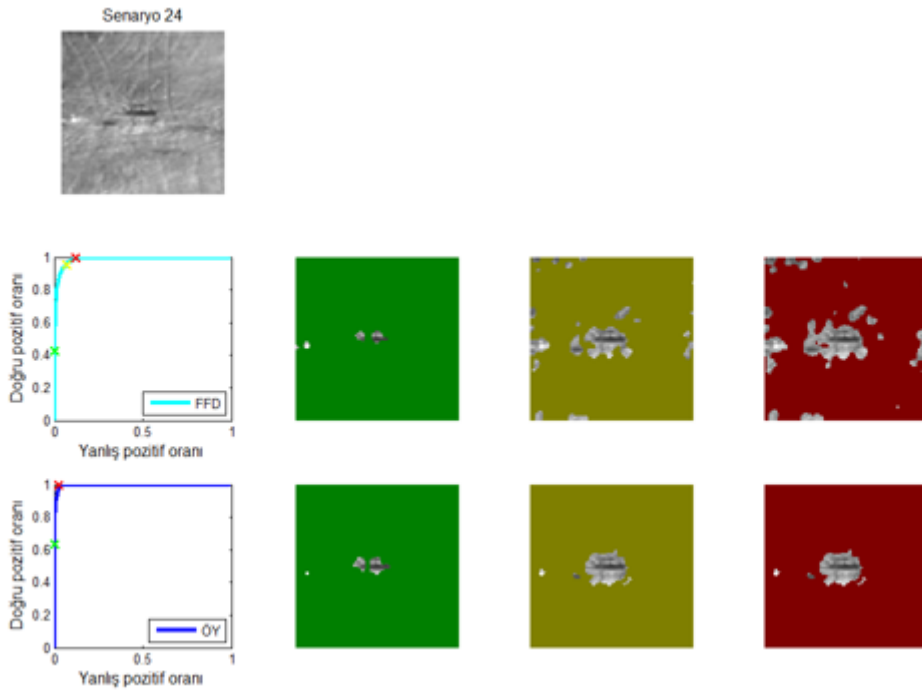
Şekil 4.28 21. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



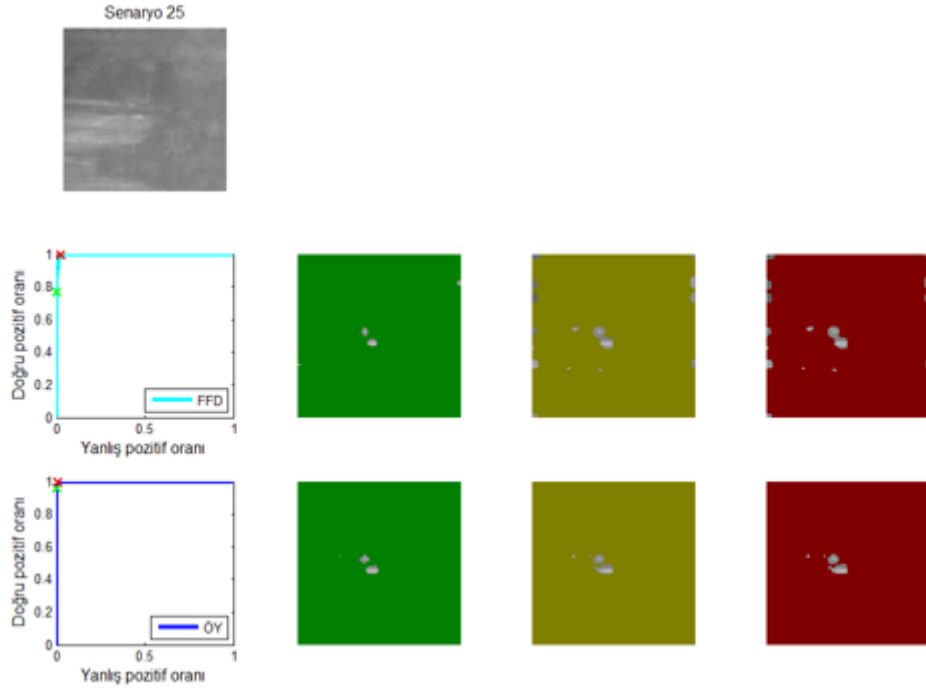
Şekil 4.29 22. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



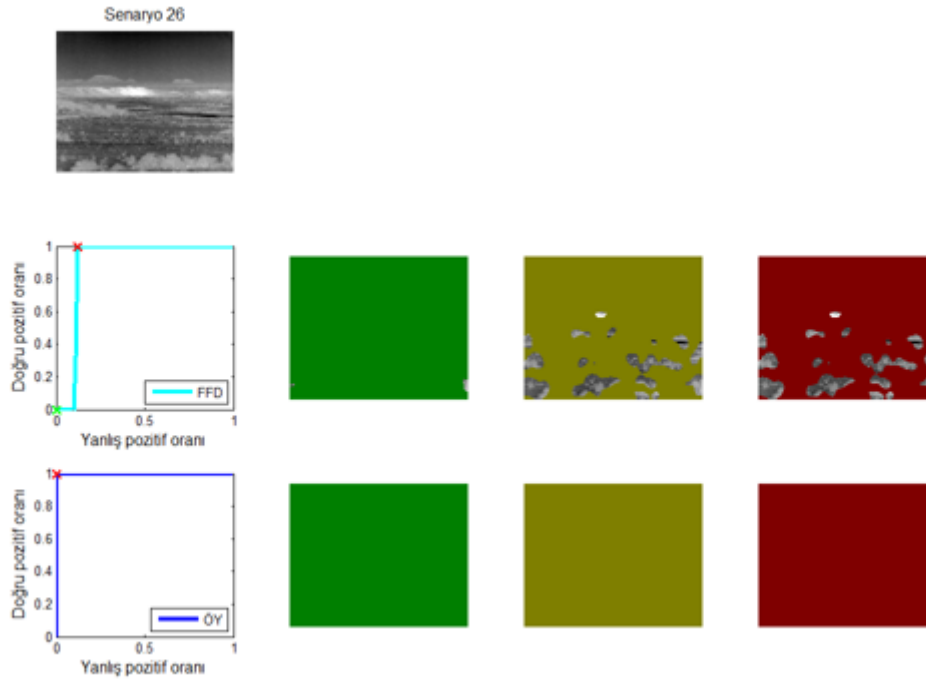
Şekil 4.30 23. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



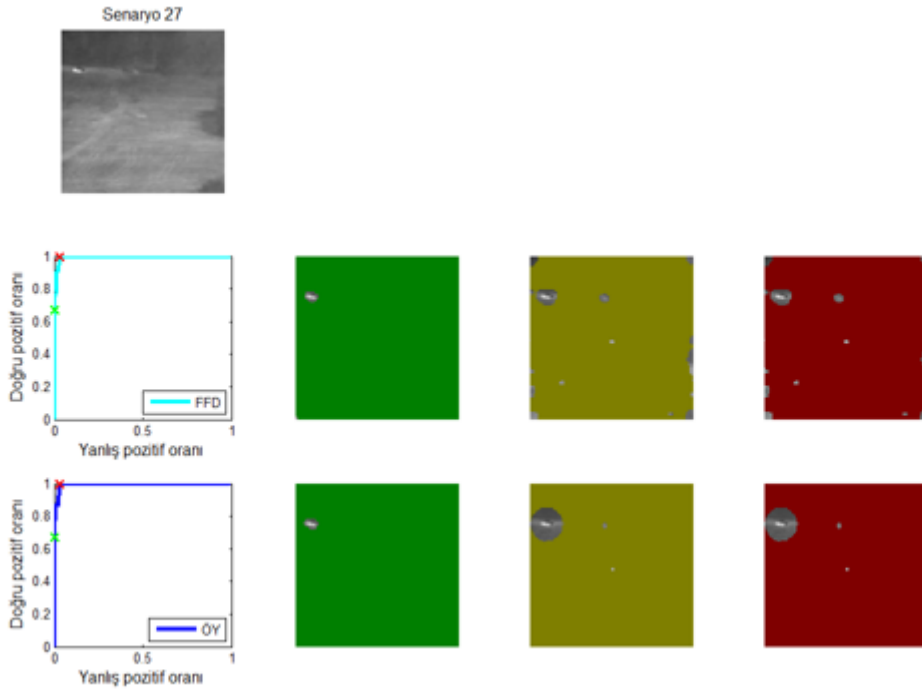
Şekil 4.31 24. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



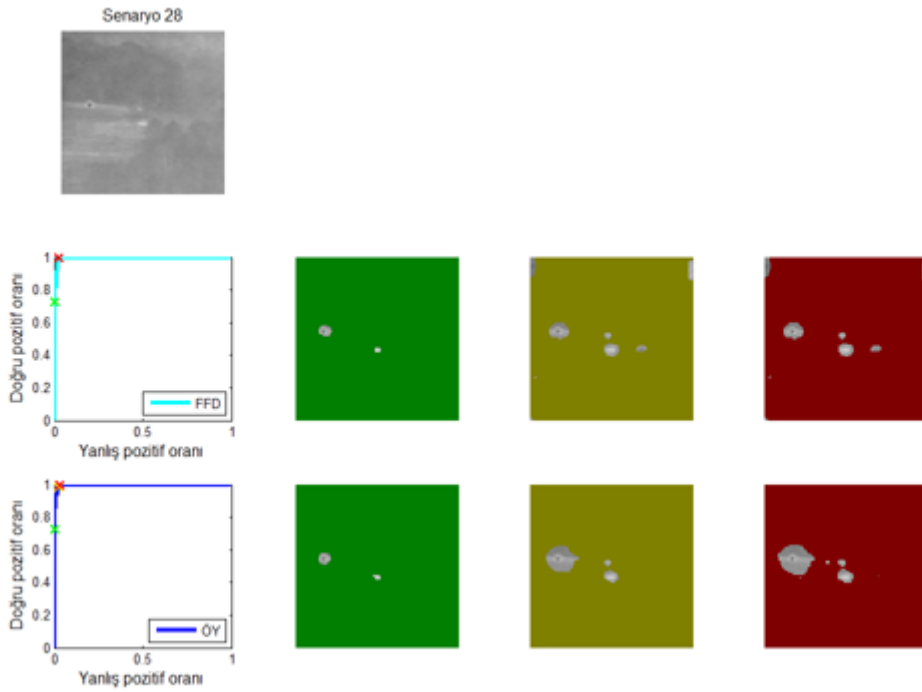
Şekil 4.32 25. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



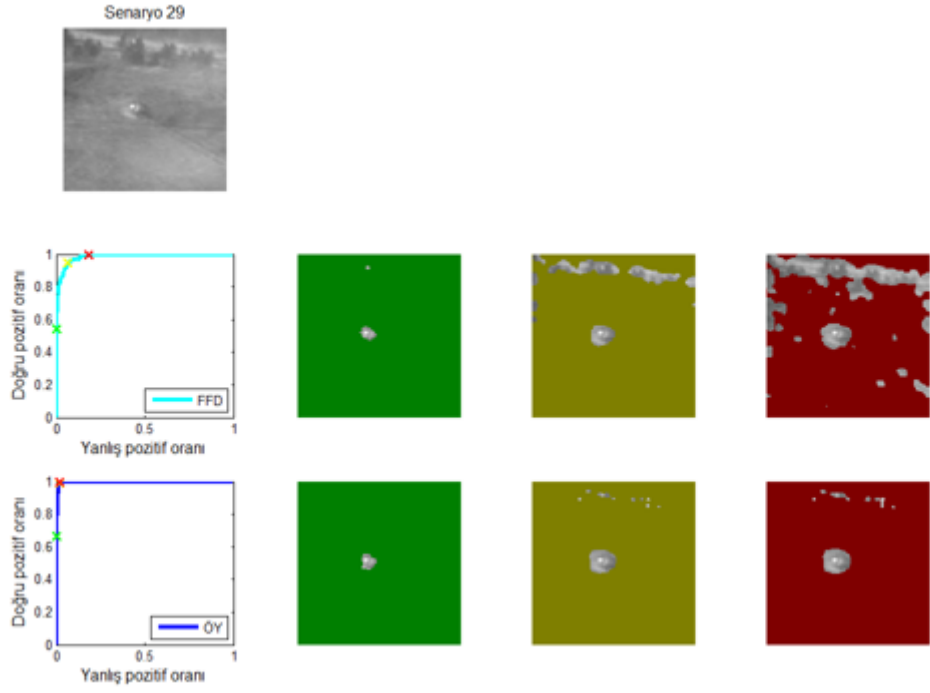
Şekil 4.33 26. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



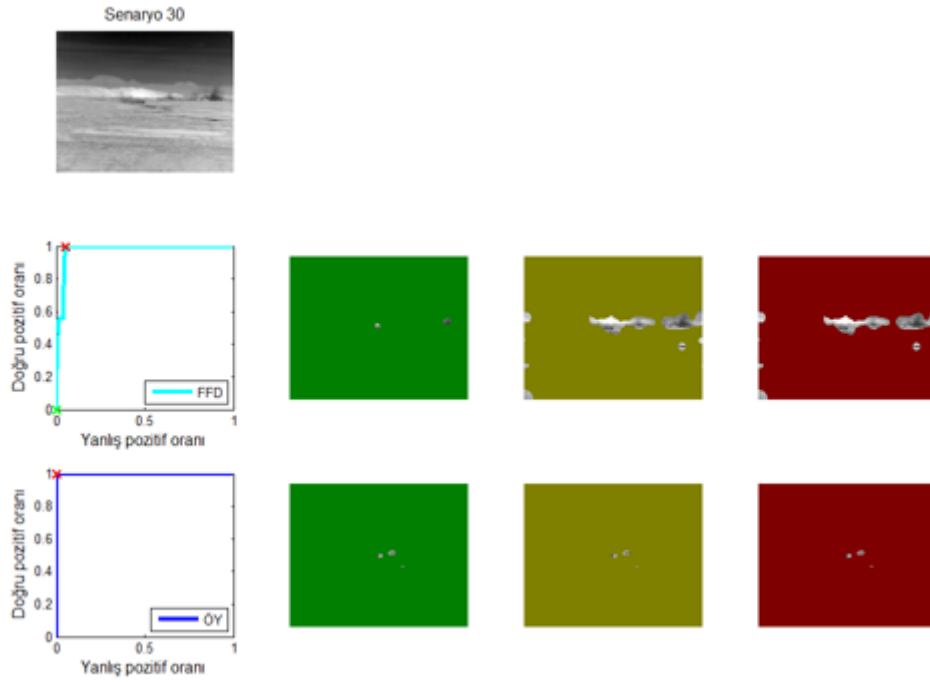
Şekil 4.34 27. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



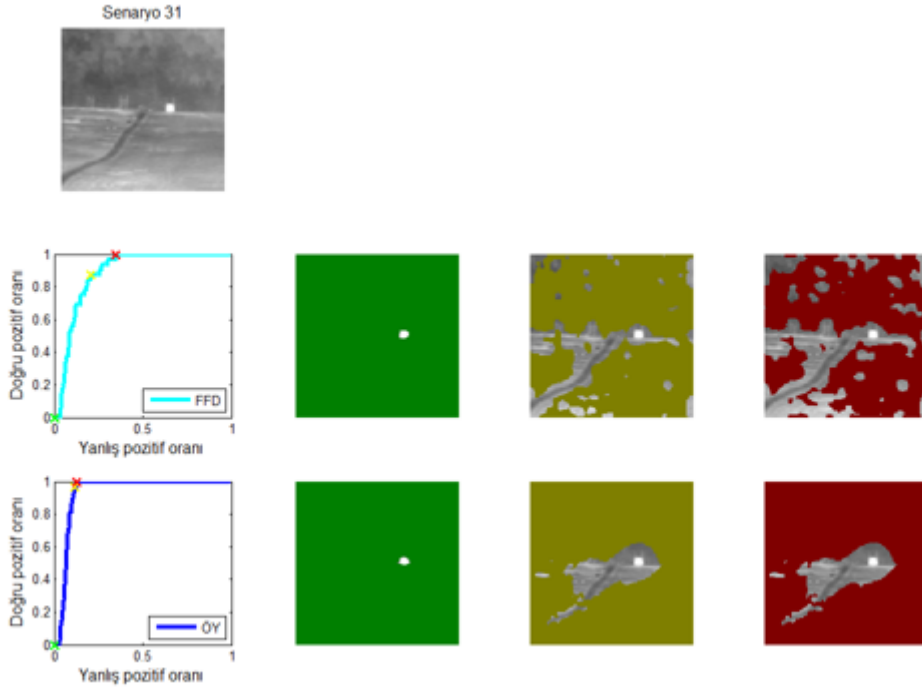
Şekil 4.35 28. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



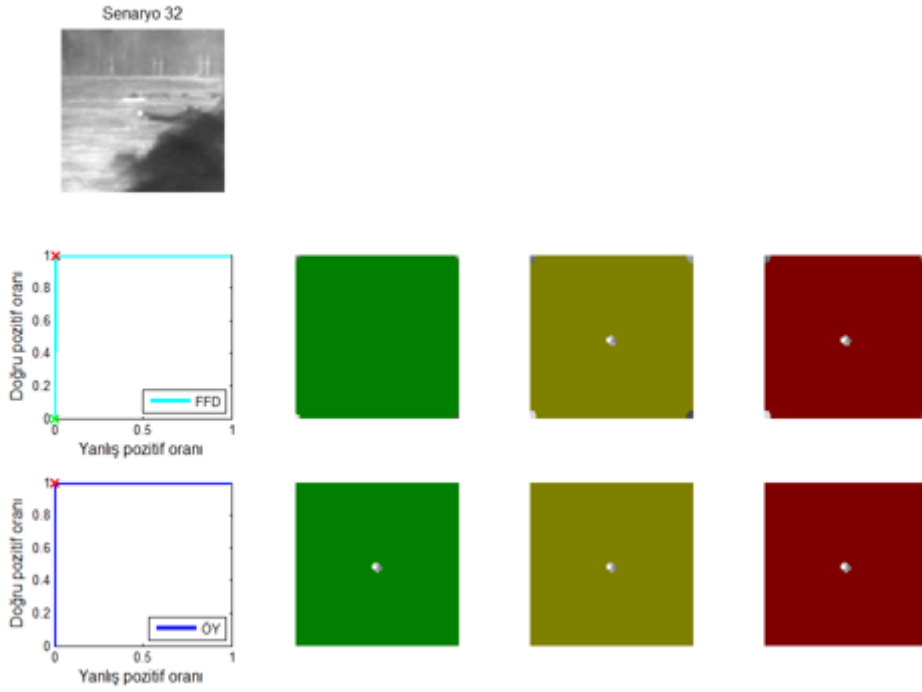
Şekil 4.36 29. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



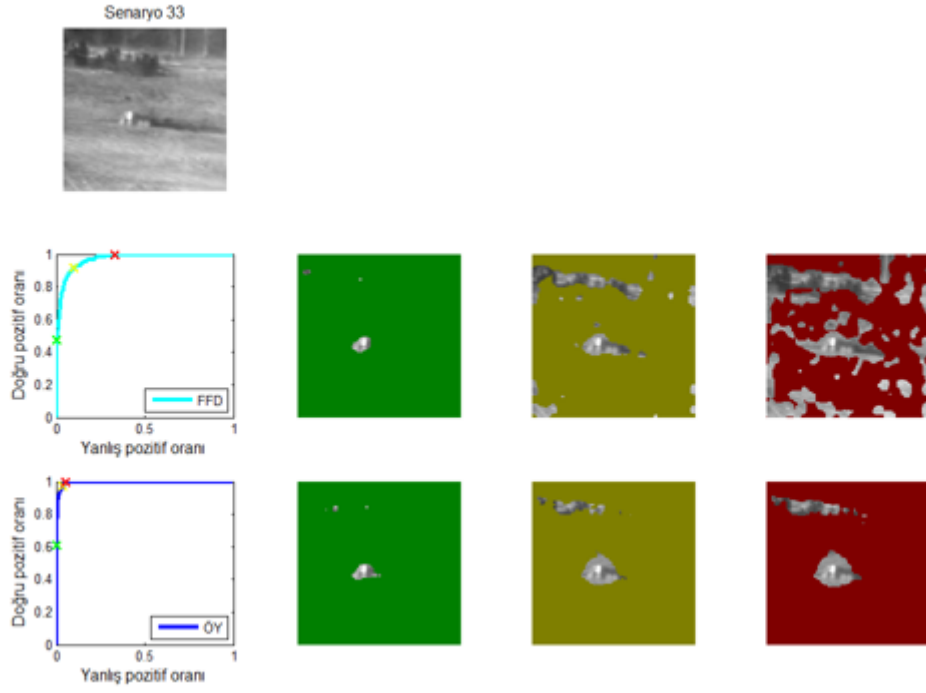
Şekil 4.37 30. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



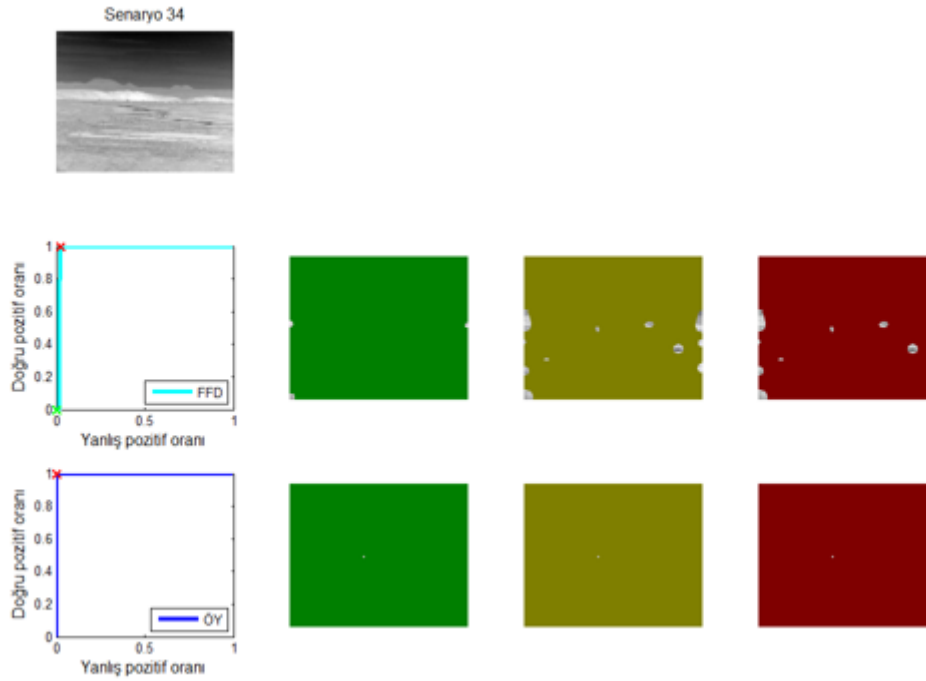
Şekil 4.38 31. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



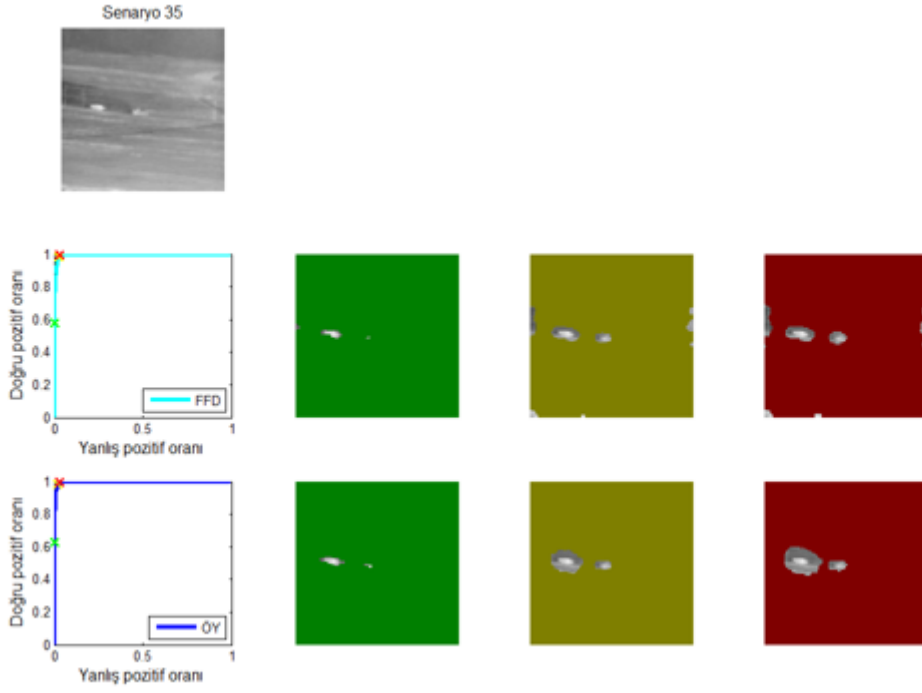
Şekil 4.39 32. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



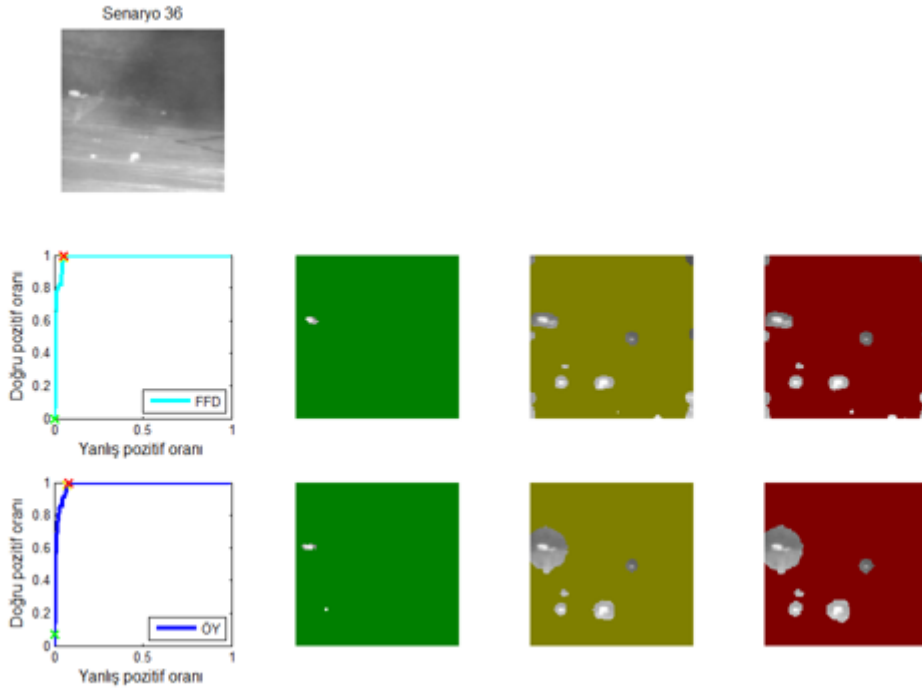
Şekil 4.40 33. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



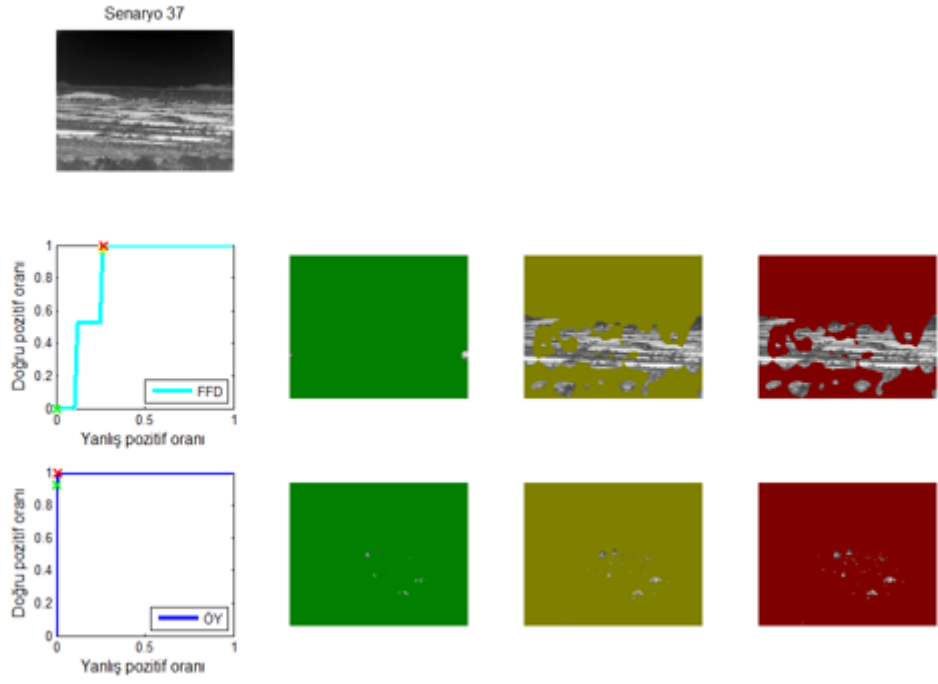
Şekil 4.41 34. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



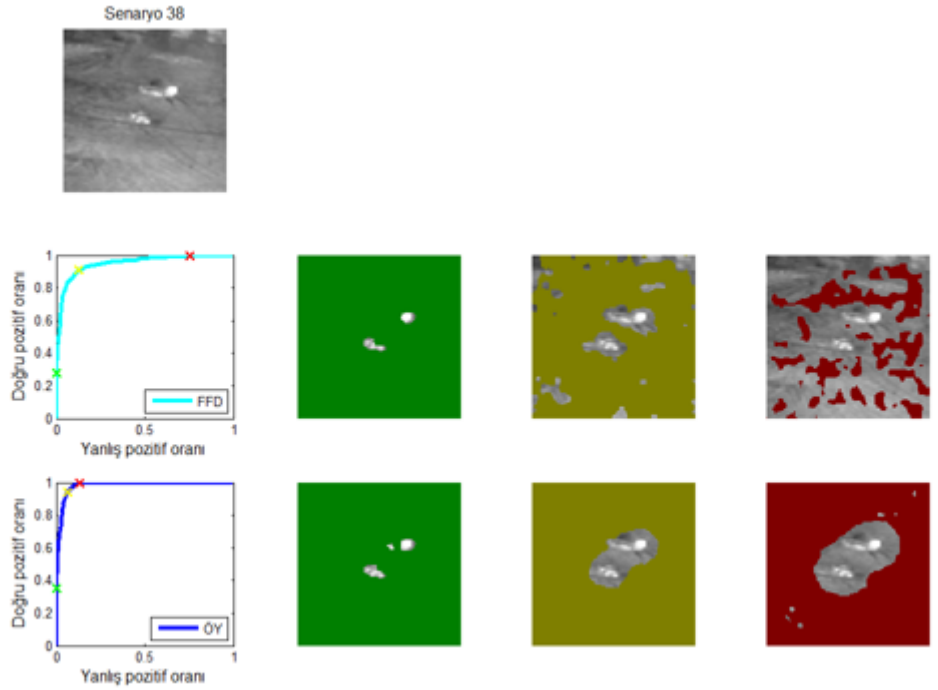
Şekil 4.42 35. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



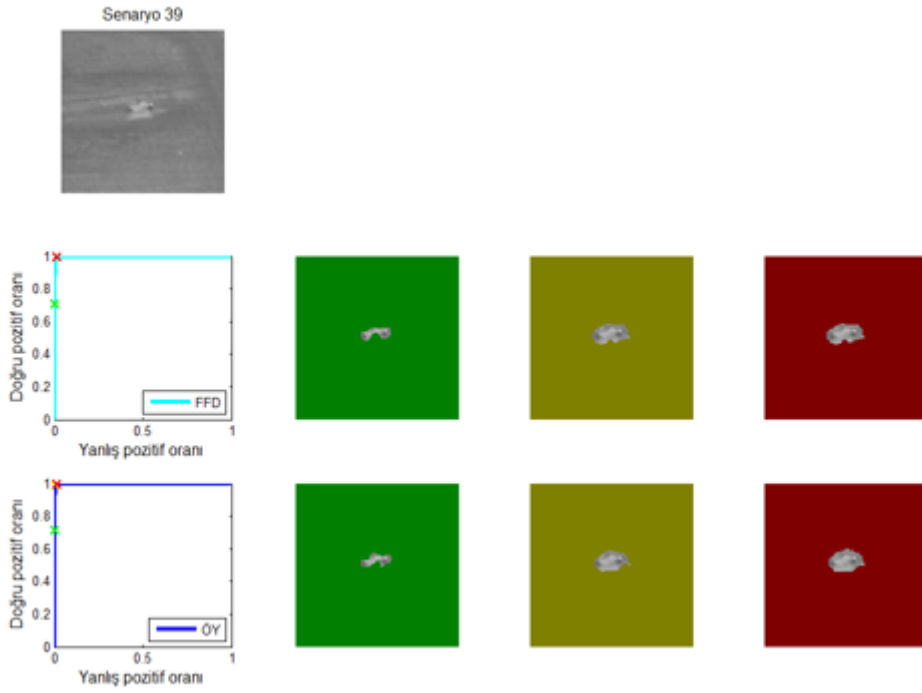
Şekil 4.43 36. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



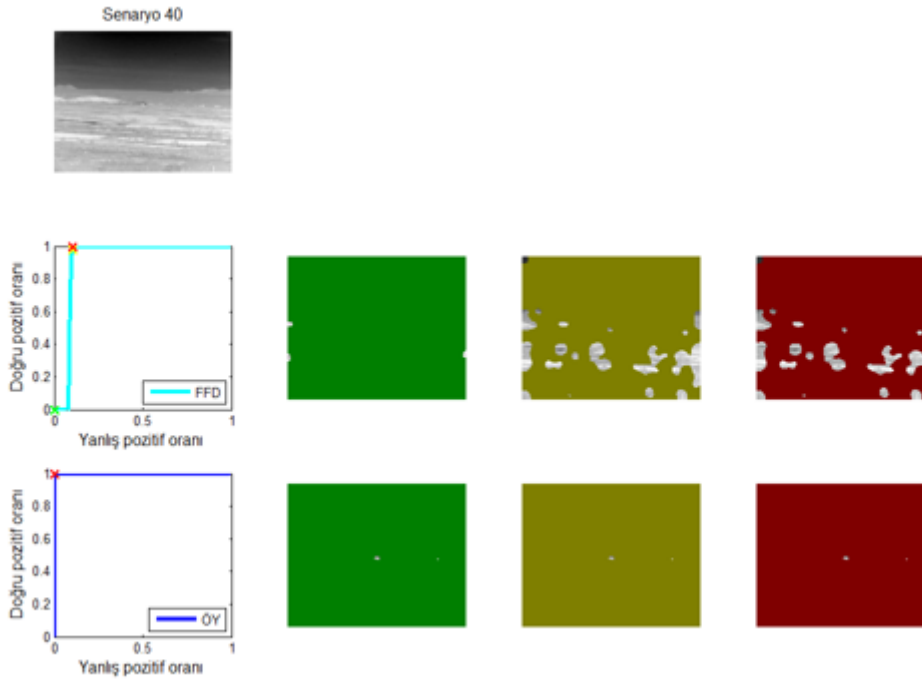
Şekil 4.44 37. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



Şekil 4.45 38. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



Şekil 4.46 39. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları



Şekil 4.47 40. senaryo için FFD ve ÖY ile elde edilen tespit sonuçları

FFD ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntülerine dair genel istatistiki bilgi vermek amacıyla çizelge 4.5'te ortalama değer ve standart sapma bilgileri yer almaktadır. Ayrıca Şekil 4.8-4.47 ile gösterilen ve her bir senaryo için yöntemler ile elde edilen iyileştirilmiş görüntülerde uygulanan eşik değerler çizelge 4.5'te verilmektedir.

Çizelge 4.5 FFD ve ÖY kullanılarak iyileştirilmiş görüntülere ait ortalama ve standart sapma değeri ve kullanılan eşik değerler

Senaryo #	Yöntem	Ortalama	Standart Sapma	Eşik Değer 1	Eşik Değer 2	Eşik Değer 3
1	FFD	0,03	0,09	0,39	0,08	0,02
	ÖY	0,03	0,07	0,35	0,12	0,09
2	FFD	0,01	0,05	0,31	0,13	0,13
	ÖY	0,03	0,07	0,40	0,29	0,29
3	FFD	0,02	0,06	0,27	0,02	0,01
	ÖY	0,03	0,07	0,35	0,18	0,16
4	FFD	0,05	0,06	0,40	0,37	0,37
	ÖY	0,02	0,02	0,15	0,15	0,15
5	FFD	0,04	0,07	0,17	0,04	0,01
	ÖY	0,06	0,07	0,16	0,07	0,04
6	FFD	0,05	0,06	0,23	0,09	0,09
	ÖY	0,10	0,08	0,39	0,23	0,22
7	FFD	0,08	0,09	0,52	0,24	0,20
	ÖY	0,02	0,02	0,12	0,08	0,08
8	FFD	0,04	0,06	0,69	0,69	0,69
	ÖY	0,06	0,04	0,52	0,52	0,52
9	FFD	0,11	0,11	0,65	0,10	0,02
	ÖY	0,17	0,13	0,39	0,17	0,10
10	FFD	0,12	0,08	0,70	0,70	0,70
	ÖY	0,18	0,07	0,64	0,64	0,64
11	FFD	0,11	0,12	0,72	0,06	0,05
	ÖY	0,03	0,02	0,15	0,15	0,15
12	FFD	0,05	0,06	0,37	0,11	0,06
	ÖY	0,10	0,06	0,33	0,21	0,19
13	FFD	0,03	0,05	0,10	0,04	0,02
	ÖY	0,09	0,08	0,25	0,15	0,11
14	FFD	0,10	0,09	0,67	0,25	0,16
	ÖY	0,19	0,11	0,62	0,38	0,36
15	FFD	0,08	0,14	0,70	0,13	0,04
	ÖY	0,04	0,07	0,30	0,10	0,05
16	FFD	0,05	0,06	0,31	0,07	0,02
	ÖY	0,15	0,12	0,53	0,25	0,23
17	FFD	0,03	0,05	0,41	0,30	0,30
	ÖY	0,06	0,04	0,33	0,23	0,23
18	FFD	0,11	0,10	0,68	0,17	0,10
	ÖY	0,03	0,03	0,17	0,14	0,14
19	FFD	0,14	0,12	0,72	0,21	0,09
	ÖY	0,29	0,15	0,80	0,48	0,45
20	FFD	0,03	0,06	0,43	0,13	0,09
	ÖY	0,05	0,06	0,39	0,22	0,22

Çizelge 4.5 FFD ve ÖY kullanılarak iyileştirilmiş görüntülere ait ortalama ve standart sapma değeri ve kullanılan eşik değerler (devamı)

Senaryo #	Yöntem	Ortalama	Standart Sapma	Eşik Değer 1	Eşik Değer 2	Eşik Değer 3
21	FFD	0,03	0,05	0,38	0,31	0,31
	ÖY	0,05	0,04	0,24	0,24	0,24
22	FFD	0,12	0,12	0,74	0,14	0,13
	ÖY	0,04	0,03	0,34	0,34	0,34
23	FFD	0,04	0,06	0,51	0,05	0,02
	ÖY	0,09	0,06	0,40	0,18	0,13
24	FFD	0,10	0,09	0,53	0,21	0,17
	ÖY	0,18	0,12	0,61	0,44	0,44
25	FFD	0,12	0,09	0,62	0,36	0,36
	ÖY	0,19	0,09	0,51	0,45	0,45
26	FFD	0,14	0,14	0,83	0,29	0,29
	ÖY	0,04	0,04	0,58	0,58	0,58
27	FFD	0,02	0,05	0,36	0,06	0,06
	ÖY	0,05	0,05	0,33	0,13	0,13
28	FFD	0,04	0,06	0,39	0,13	0,13
	ÖY	0,05	0,05	0,25	0,15	0,14
29	FFD	0,03	0,06	0,31	0,08	0,04
	ÖY	0,06	0,05	0,26	0,18	0,17
30	FFD	0,06	0,09	0,73	0,19	0,19
	ÖY	0,02	0,02	0,21	0,21	0,21
31	FFD	0,03	0,05	0,63	0,03	0,02
	ÖY	0,07	0,07	0,57	0,14	0,13
32	FFD	0,03	0,06	0,61	0,23	0,23
	ÖY	0,11	0,08	0,57	0,57	0,57
33	FFD	0,05	0,06	0,27	0,09	0,04
	ÖY	0,09	0,07	0,32	0,21	0,19
34	FFD	0,08	0,09	0,78	0,33	0,33
	ÖY	0,02	0,02	0,33	0,33	0,33
35	FFD	0,04	0,07	0,55	0,21	0,17
	ÖY	0,07	0,07	0,48	0,26	0,23
36	FFD	0,03	0,06	0,62	0,08	0,07
	ÖY	0,05	0,07	0,63	0,12	0,11
37	FFD	0,06	0,08	0,59	0,08	0,08
	ÖY	0,04	0,04	0,23	0,19	0,19
38	FFD	0,04	0,07	0,40	0,05	0,01
	ÖY	0,08	0,09	0,43	0,19	0,11
39	FFD	0,02	0,06	0,32	0,11	0,11
	ÖY	0,05	0,07	0,42	0,31	0,28
40	FFD	0,09	0,11	0,80	0,20	0,20
	ÖY	0,02	0,02	0,20	0,20	0,20

Tüm senaryolar ayrı ayrı incelendiğinde FFD ile yapılan tespit sonuçlarının ÖY ile elde edilen sonuçlara ya benzer ya da çok daha kötü olduğu görülmektedir. FFD ile birçok senaryoda hedef bölgesinin haricinde bölgeler hedef olarak etiketlenebilmektedir.

Özellikle tespit edilebilirliğin zorlu olabileceği düşünülen, iyileştirme kazancının 2'nin altında olduğu yedi (2., 3., 5., 9., 13., 15. ve 31.) senaryo incelendiğinde, çıktı SGO'sunun yüksek olduğu dört (2., 3., 13. ve 15.) senaryoda ÖY ile hedef bölgesi net bir şekilde belirlenebilmektedir ve uygun eşik değer aralığı da geniştir. Bir başka deyişle belirlenecek eşik değer bu aralığa düşme ihtimali yüksektir. Çıktı SGO'sunun düşük olduğu 5. ve 9. senaryolarda ise hedef bölgesi yine net bir biçimde etiketlenmektedir. Fakat burada uygun eşik değer aralığı daha dardır. Hedefin haricinde bir bölgenin daha parlak ve daha belirgin olduğu 31. senaryoda ise hedef piksellerinin pozitif olarak işaretlenebilmesi için bu belirgin bölgenin de hedef olarak belirlenmesi gerekmektedir. Böyle bir ödenim sonrasında ancak hedef pikselleri, hedef olarak etiketlenmektedir.

Hedeflerin birbirlerine yakınlığının tespit sonuçlarına etkilerinin incelenebilmesi için senaryolarda birden fazla hedefin olmasına özen gösterilmiştir. Birbirlerine yakın hedeflerin olduğu senaryolar 15., 18., 23., 25., 28., 30., 31., 35., 36., ve 38. senaryolar olarak sıralanabilir. Bu senaryolarda eşik değere bağlı olarak hedeflerin ayrı ayrı ya da tek olarak belirlenme ihtimali söz konusudur. Eşik değer arttırıldıkça hedeflerin her biri üzerinde bir bölge diğer hedeflerden ayrılırken, azaltıldıkça hedefler, tek hedef olarak algılanabilmektedir. Buna en uygun örnekler 15. ve 38. senaryolardır. Algoritmalar ile ulaşılan sonuçlara bakıldığında hedeflerin birbirlerine olan yakınlığını hedef boyutları ile ilişkilendirmenin daha doğru olacağı değerlendirilmektedir. Hedeflerin birbirlerine yaklaşık bir boy ya da daha fazla uzakta olduğu durumlarda, ÖY ile hedeflerin birbirlerinden kolayca ayrılabilirdiği görülmektedir. Bu tip senaryolar için 18., 23., 25., 28., 30., 31., 35. ve 36. senaryolara bakılabilir. Bu senaryolarda hedefler birbirlerinden çok rahat ayrılabilir.

ÖY ile elde edilen tespit görüntüleri incelendiğinde hedef haricinde bir bölgenin hedef olarak genelde işaretlenmediği görülebilir. Bir başka deyişle yöntemde yanlış alarm olasılığı da çok düşüktür. Yanlış alarm olasılığının yüksek olduğu 37. senaryo incelendiğinde, bu senaryo için belirlenen eşik değer düşük olduğu ve bu değer yükseltilerek sadece gerçek hedefin işaretlenebileceği görülmektedir.

4.3 Hesaplama Zamanı Sonuçları ve Tartışma

Gerçek zaman ihtiyacı olan uygulamalar için uygunluğunun ortaya konulması amacıyla tüm senaryolar üzerinde her bir yöntem 100 defa koşturularak hesaplama süreleri belirlenmektedir. Her bir yöntem için tüm senaryoların 100 defa koşturulması ile elde edilen ortalama süreler çizelge 4.6’da verilmektedir. Sonuçlar, Windows 7 64-bit işletim sistemi, 3,50 Ghz Intel® Xeon® CPU E3-1270 v3 ve 32 GB RAM’e sahip bir bilgisayarda Matlab ortamında elde edilmektedir.

Çizelge 4.6 Ortalama işlem süresi sonuçları

	FA	Gİ	SA	ÖY
İşlem Süresi (ms)	45,2	4,6	4,8	6,1

Sonuçlar göstermektedir ki diğer yöntemler ile kıyaslanabilecek kadar kısa sürede ÖY hesaplanabilmektedir. Sürenin kısa olmasına matematiksel sadeleştirmenin etkisi oldukça fazladır (bkz. Bölüm 3.5.3). Bu sonuçla yaklaşık saniyede 150 görüntü üzerinde ÖY hesaplanabilmektedir. Bu değerlerin de gerçek zaman uygulamaları için yeterince tatmin edici olduğu değerlendirilmektedir.

4.4 Çoklu Standart Sapma Tabanlı Filtrenin Dayanak Algoritmalarına Uygulanması

FFD’nin detaylı analizi sonrası önerilen filtrenin, dayanak algoritmalara da uygulanması ile elde edilen iyileştirme ve tespit sonuçları bu bölümde yer almaktadır. Bu kapsamda, denklem (3.21) ile verilen önerilen filtre, Gİ ve SA yöntemlerine Gauss filtre yerine, FA’da ise ardışık olarak uygulanmıştır. Ağırlıklandırma katsayısı olarak yine 5 kullanılmaktadır. ÖY’de olduğu gibi, Gİ ve SA’da da ölçeklendirme katsayısı 0.5 kullanılmaktadır.

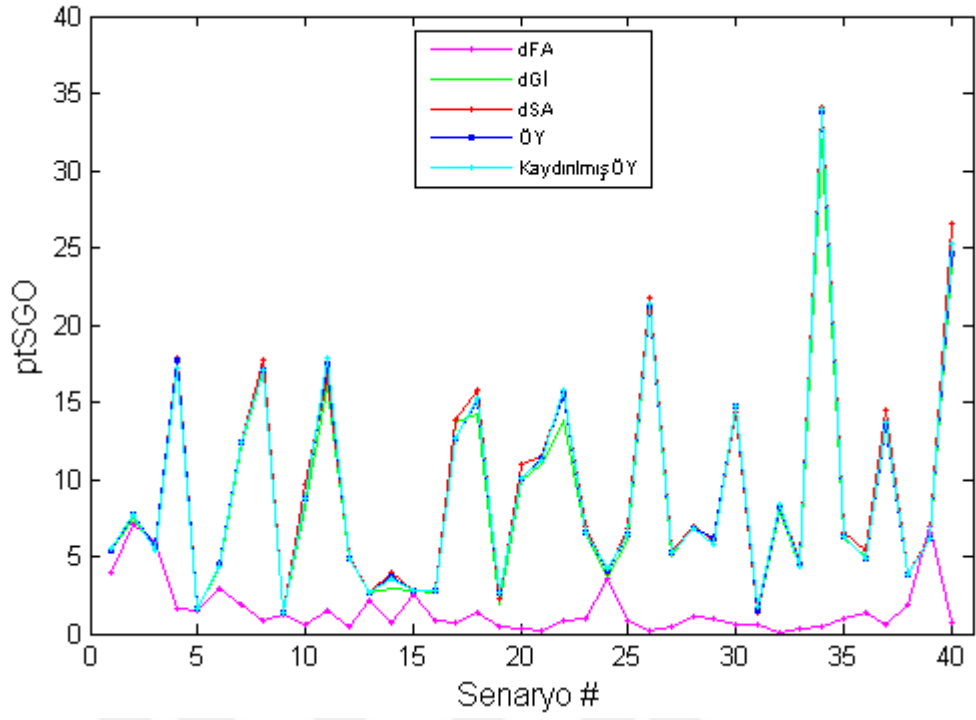
4.4.1 İyileştirme sonuçları ve tartışma

Gauss filtre yerine çoklu standart sapma tabanlı önerilen filtrenin FA, Gİ ve SA yöntemlerine uygulanması ile elde edilen çıktı ptSGO sonuçları çizelge 4.7’de yer almaktadır. Ayrıca çizelgede çoklu standart sapma tabanlı filtrede, iki filtreden birinin merkezden kaydırılması, diğerinin ise merkezle hizalanmasıyla oluşturulan kaydırılmış filtre ile elde edilen sonuçlar da verilmektedir. Burada kaydırma işlemi sağ alta doğru bir piksel yapılmaktadır. Böylece filtrelerin merkezlerinin hizalanmaması durumu da incelenmektedir. Referans olması açısından ÖY sonuçları da çizelgede gösterilmektedir.

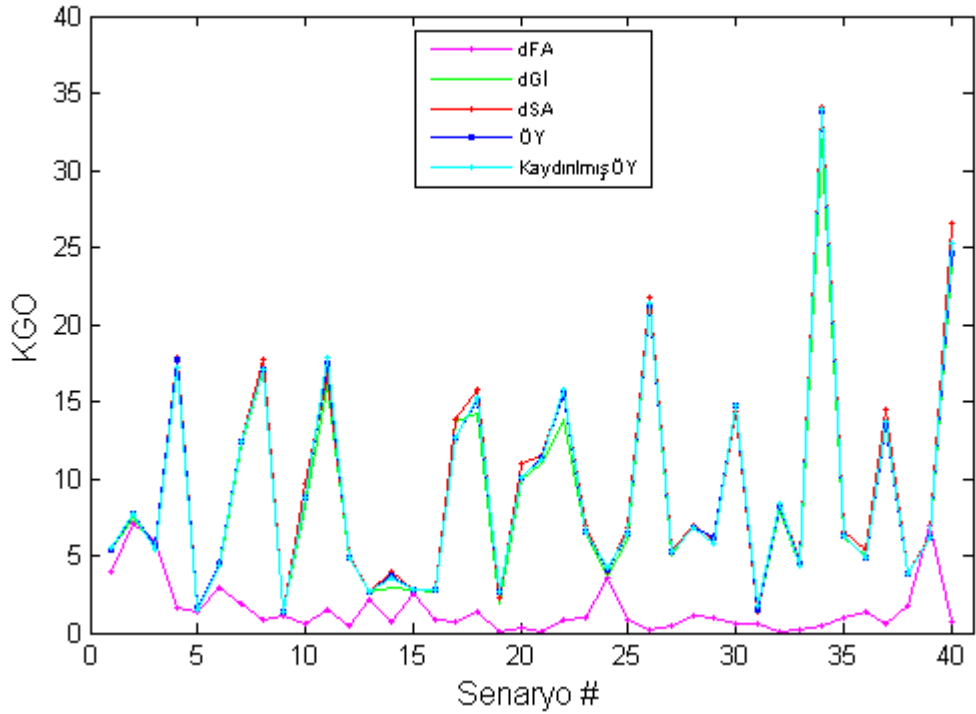


Çizelge 4.7 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları

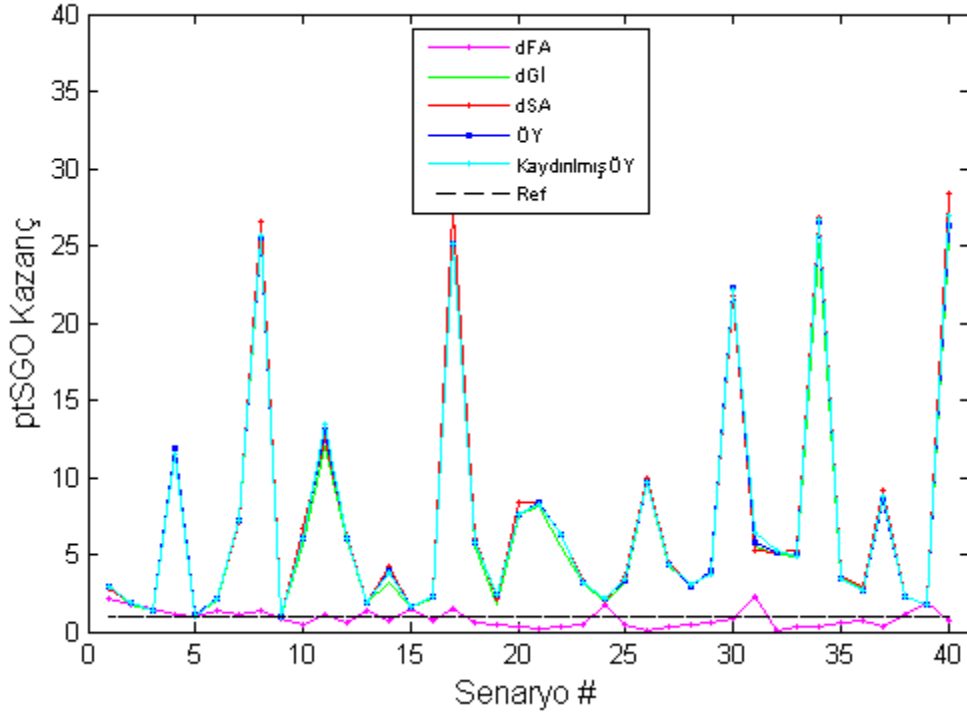
Senaryo #	Girdi	Değiştirilmiş FA	Değiştirilmiş Gİ	Değiştirilmiş SA	ÖY	Kayıp ÖY
1	1,87	4,02	5,36	5,34	5,36	5,51
2	4,12	7,04	7,43	7,71	7,77	7,68
3	4,01	5,95	5,56	5,54	5,59	5,39
4	1,49	1,57	17,56	17,83	17,69	17,20
5	1,56	1,45	1,62	1,60	1,63	1,57
6	2,10	2,89	4,22	4,39	4,44	4,39
7	1,73	1,83	12,16	12,35	12,44	12,42
8	0,67	0,88	17,08	17,74	17,07	17,14
9	1,37	1,24	1,36	1,38	1,37	1,37
10	1,45	0,59	8,20	9,67	8,71	8,76
11	1,33	1,43	16,03	16,72	17,43	17,81
12	0,81	0,47	4,83	4,96	4,89	4,85
13	1,46	2,08	2,72	2,72	2,73	2,69
14	0,94	0,65	2,95	3,95	3,74	3,57
15	1,74	2,55	2,76	2,76	2,81	2,80
16	1,21	0,87	2,62	2,73	2,76	2,75
17	0,50	0,72	13,76	13,80	12,68	12,69
18	2,60	1,36	14,24	15,79	15,09	15,20
19	1,10	0,51	1,92	2,33	2,62	2,66
20	1,31	0,38	9,90	10,96	10,02	10,00
21	1,36	0,20	11,01	11,49	11,34	11,24
22	2,49	0,89	13,83	15,70	15,53	15,75
23	2,07	1,02	6,56	6,97	6,62	6,54
24	1,96	3,55	3,73	3,92	4,16	4,17
25	1,91	0,84	6,07	6,82	6,43	6,46
26	2,20	0,24	21,37	21,74	21,21	21,34
27	1,20	0,40	5,01	5,41	5,23	5,23
28	2,28	1,05	7,08	6,90	6,81	6,87
29	1,56	0,96	5,92	6,02	6,15	5,82
30	0,66	0,53	14,64	14,41	14,72	14,71
31	0,27	0,60	1,48	1,41	1,53	1,70
32	1,61	0,08	8,01	8,33	8,25	8,37
33	0,89	0,34	4,37	4,66	4,47	4,30
34	1,27	0,48	32,01	34,08	33,84	33,94
35	1,81	1,03	6,23	6,58	6,28	6,26
36	1,82	1,33	5,06	5,35	4,82	4,88
37	1,57	0,60	13,68	14,49	13,44	13,70
38	1,68	1,83	3,84	3,87	3,82	3,88
39	3,57	6,89	6,20	6,24	6,22	6,19
40	0,94	0,68	24,09	26,62	24,61	25,20
Ortalama	1,68	1,64	7,29	7,67	7,47	7,49



Şekil 4.48 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları

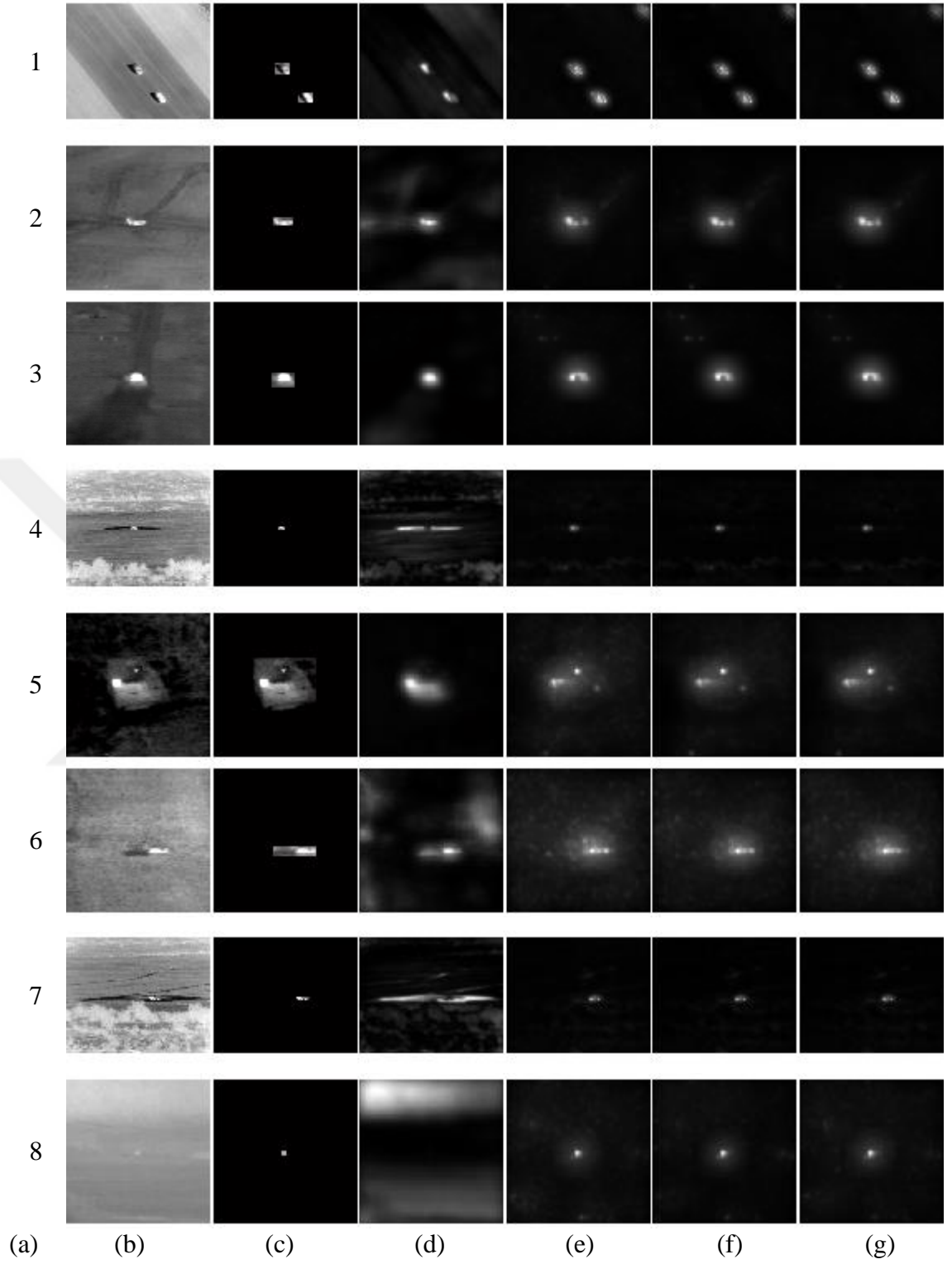


Şekil 4.49 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen KGO sonuçları



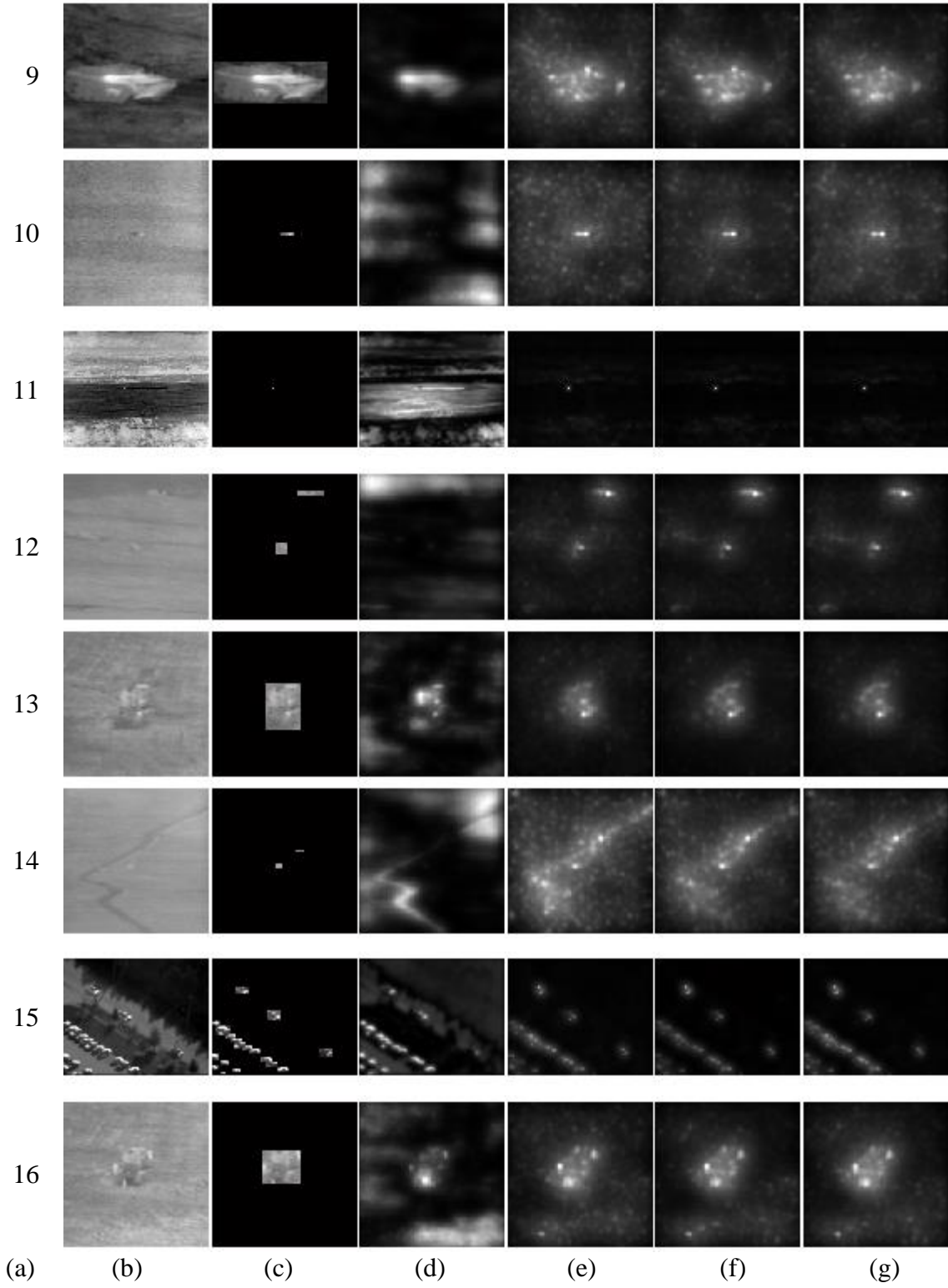
Şekil 4.50 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları

Yukarıdaki çizelge ve şekiller ile verilen ptSGO sonuçlarına karşılık gelen ve Gauss filtre yerine çoklu standart sapma tabanlı önerilen filtrenin FA, Gİ ve SA yöntemlerine uygulanması ile elde edilen iyileştirme görüntüleri şekil 4.52’de gösterilmektedir. Hem genel olarak ÖY ile benzer sonuçlar verdiği hem de kaydırma yönü ve miktarı gibi yeni parametrelerin belirlenmesini gerektirdiği için kaydırılmış ÖY sonuçları, bu bölümde bundan sonraki kısımlarda gösterilmemektedir. Şekilde ayrıca referans olması açısından ÖY sonuçları da yer almaktadır.



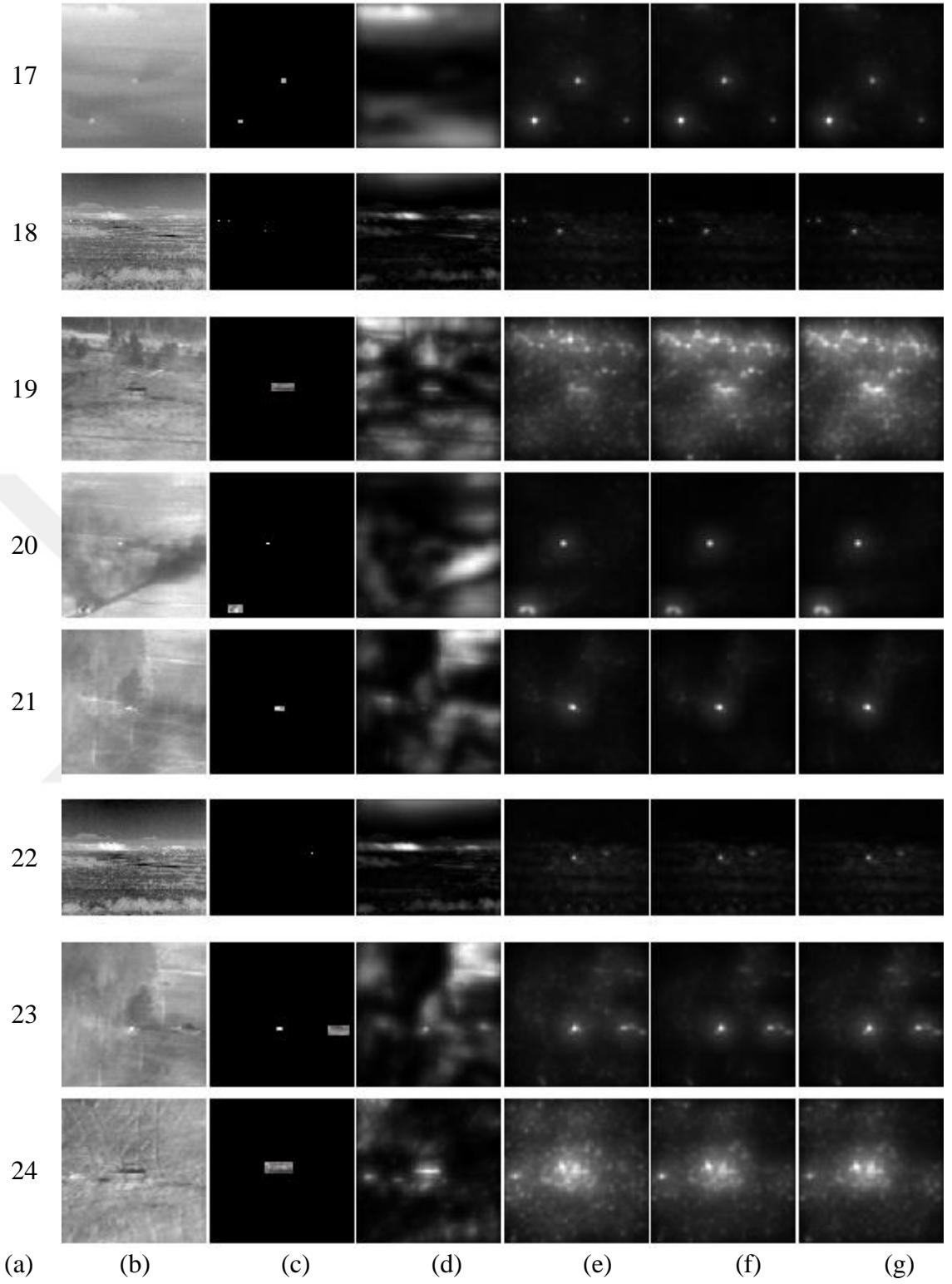
Şekil 4.51 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen iyileştirme görüntüleri

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. değiştirilmiş frekans ayarlı, e. değiştirilmiş görüntü işareti, f. değiştirilmiş spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



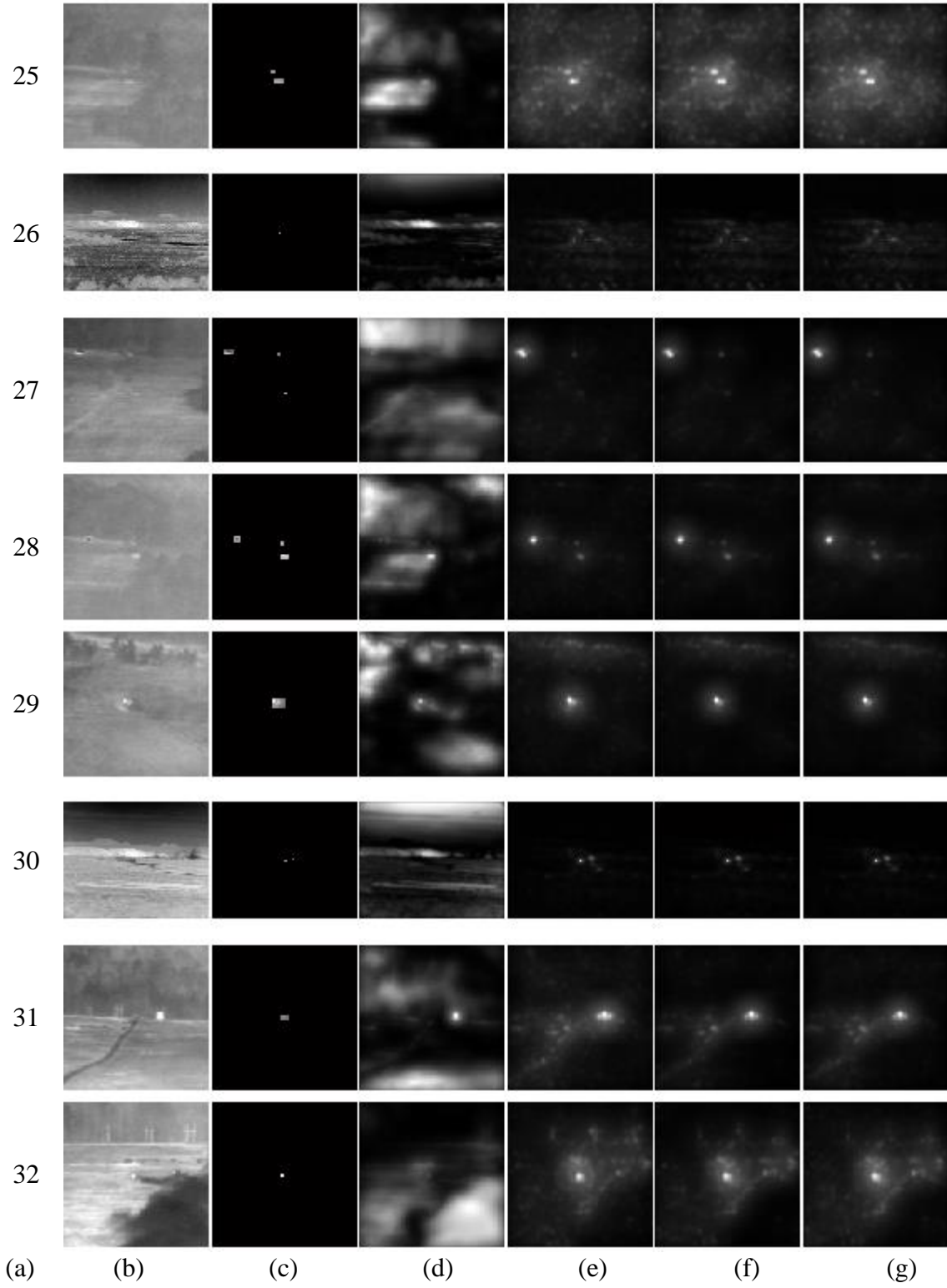
Şekil 4.51 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. değiştirilmiş frekans ayarlı, e. değiştirilmiş görüntü işareti, f. değiştirilmiş spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



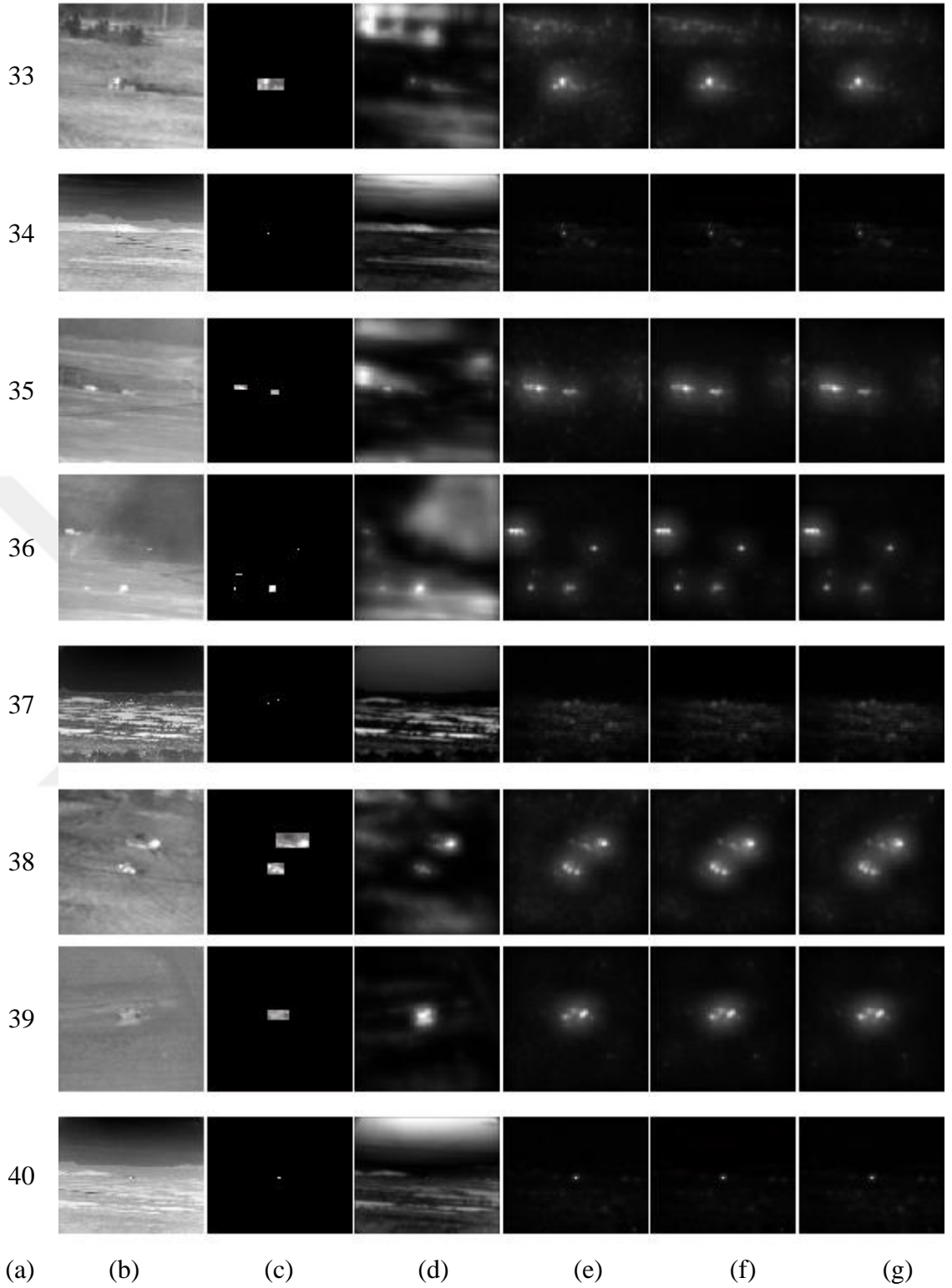
Şekil 4.51 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. değiştirilmiş frekans ayarlı, e. değiştirilmiş görüntü işareti, f. değiştirilmiş spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



Şekil 4.51 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. değiştirilmiş frekans ayarlı, e. değiştirilmiş görüntü işareti, f. değiştirilmiş spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



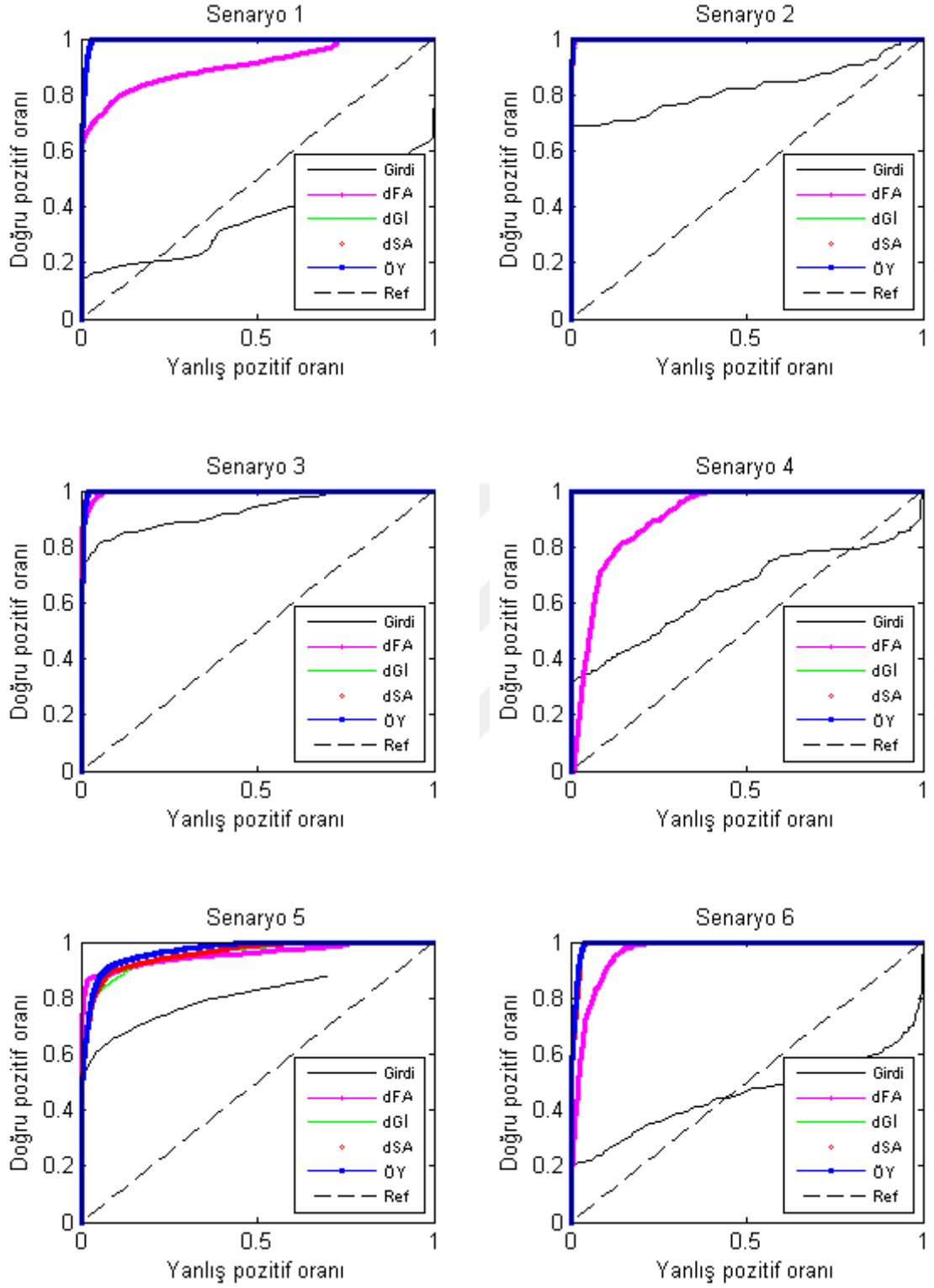
Şekil 4.51 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. değiştirilmiş frekans ayarlı, e. değiştirilmiş görüntü işareti, f. değiştirilmiş spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.

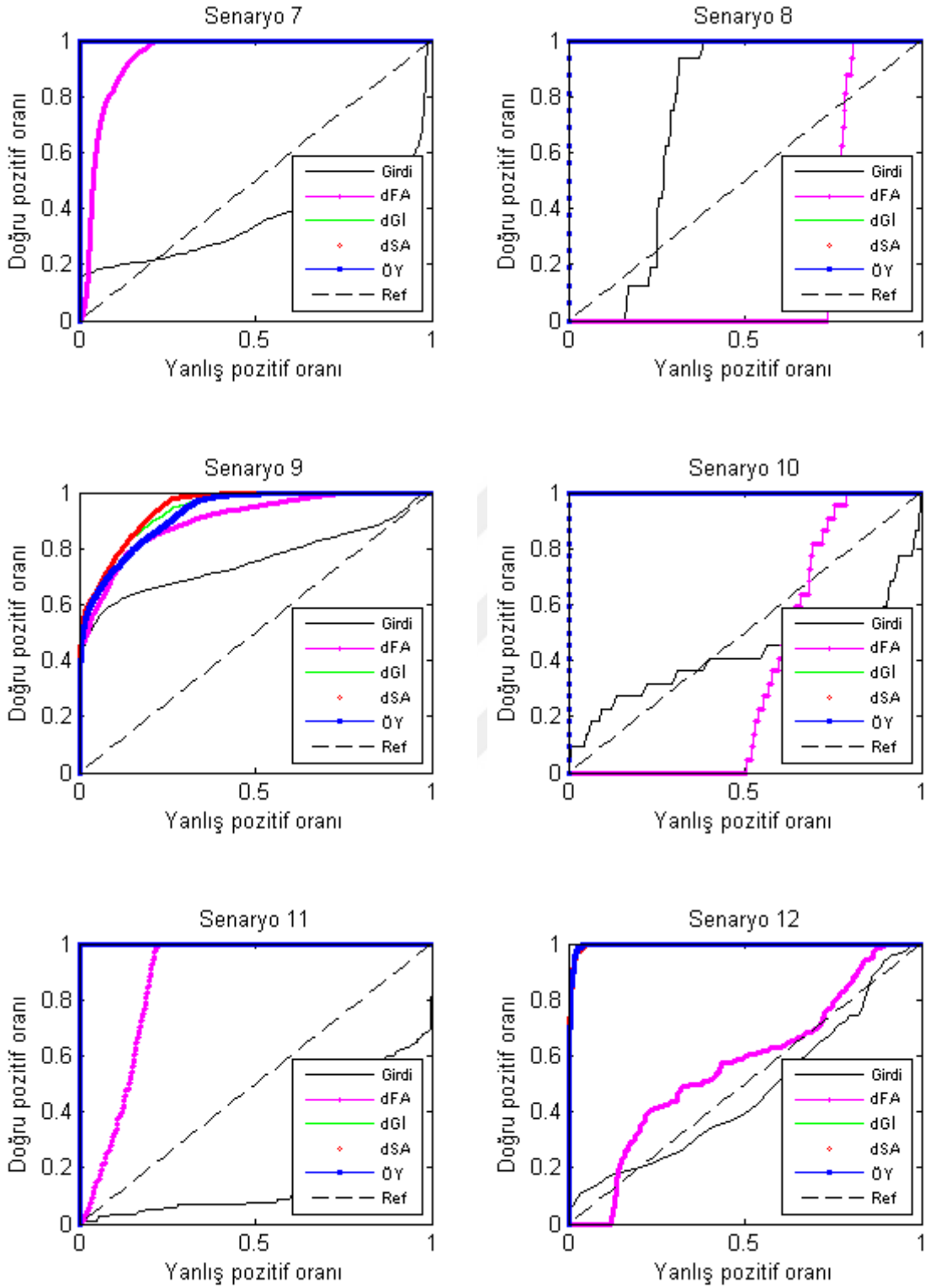
Yukarıdaki şekiller ve çizelgeler birlikte değerlendirildiğinde, çoklu standart sapma tabanlı filtrenin Gİ'ye ve SA'ya uygulanması ile elde edilen sonuçların ÖY ile çok yakın ve ilintili olduğu görülmektedir. Hedef piksellerinin yerleşimine bağlı olarak da senaryolara göre kaydırılmış filtrenin başarımının arttığı ya da azaldığı sonucuna ulaşılabilir. ÖY, FFD tabanlı temel bir yöntemin analiz ile elde edilmektedir. ÖY'ye benzer şekilde, Gİ ve SA da yine faz tabanlı yöntemlerdir. Faz tabanlı olmayan FA'da ise başarımlar diğer yöntemlerden oldukça farklı ve kötüdür.

4.4.2 Tespit sonuçları ve tartışma

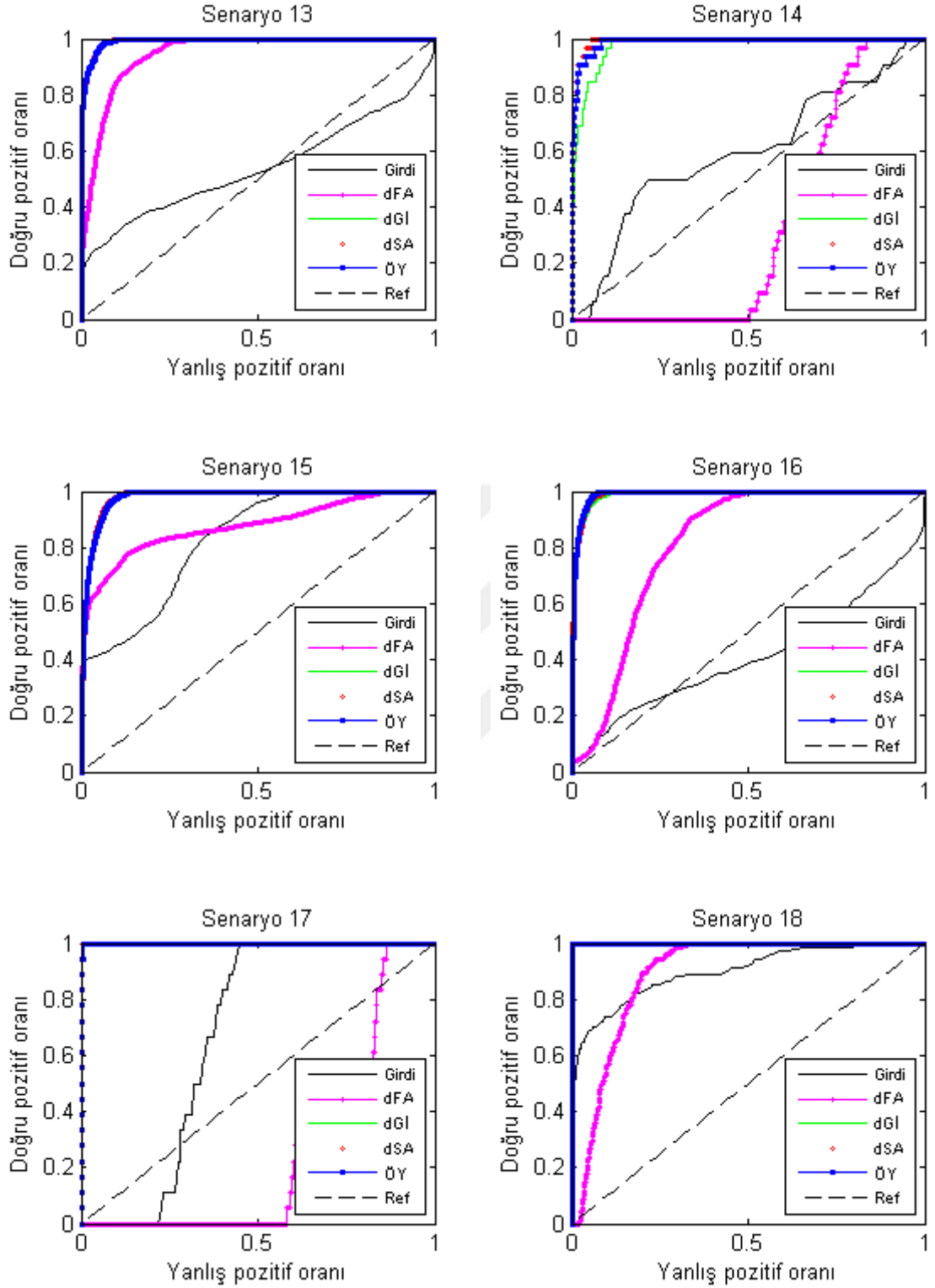
FFD'nin yanı sıra iki yapılı Gauss filtrenin Gİ ve SA yöntemlerine uygulanması ile her bir senaryoda elde edilen AİK eğrileri şekil 4.52'de yer almaktadır. Grafiklerde ayrıca kaydırılmış iki yapılı Gauss filtrenin FFD'ye uygulanması ile elde edilen sonuçlar da gösterilmektedir.



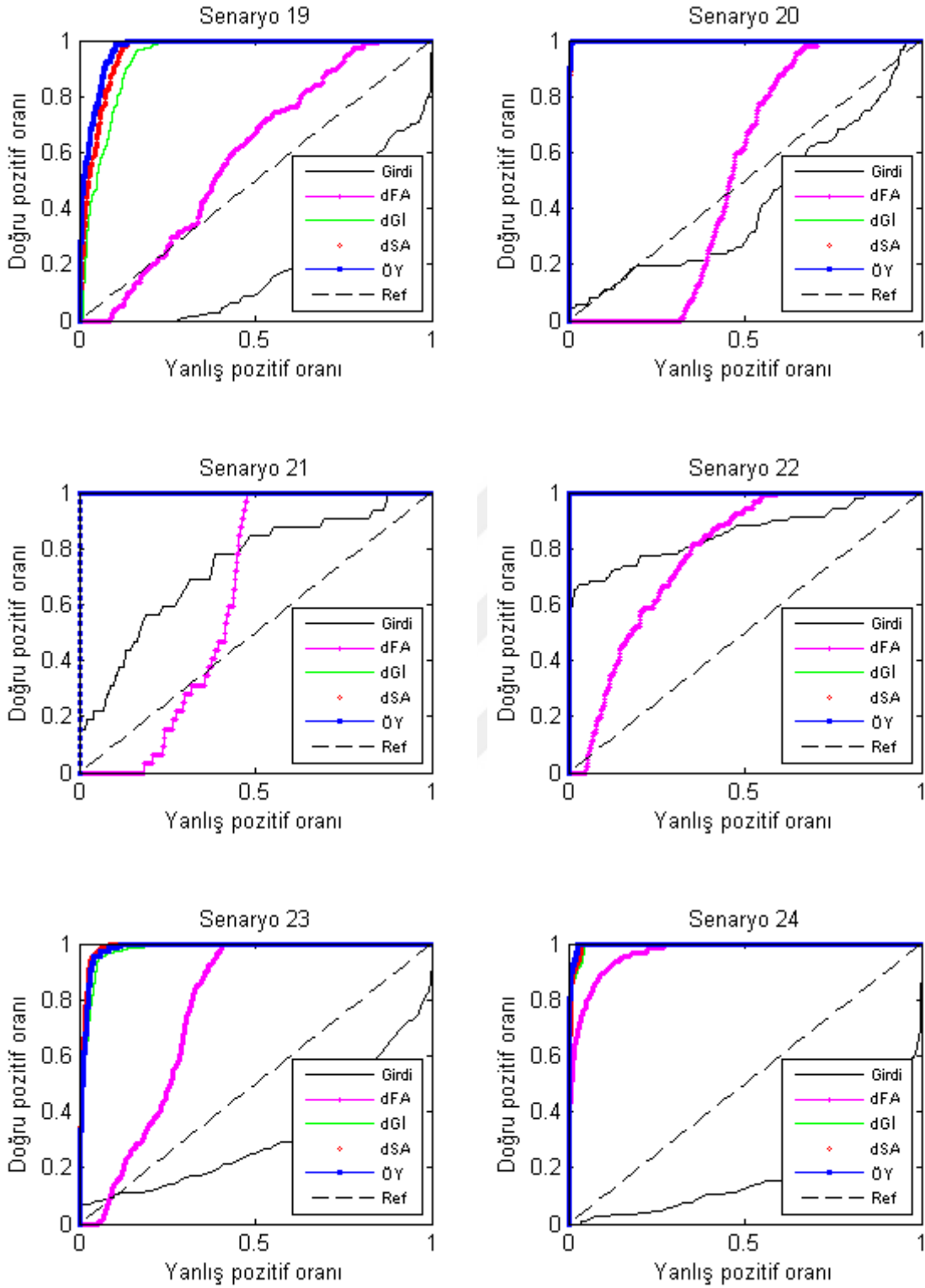
Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri



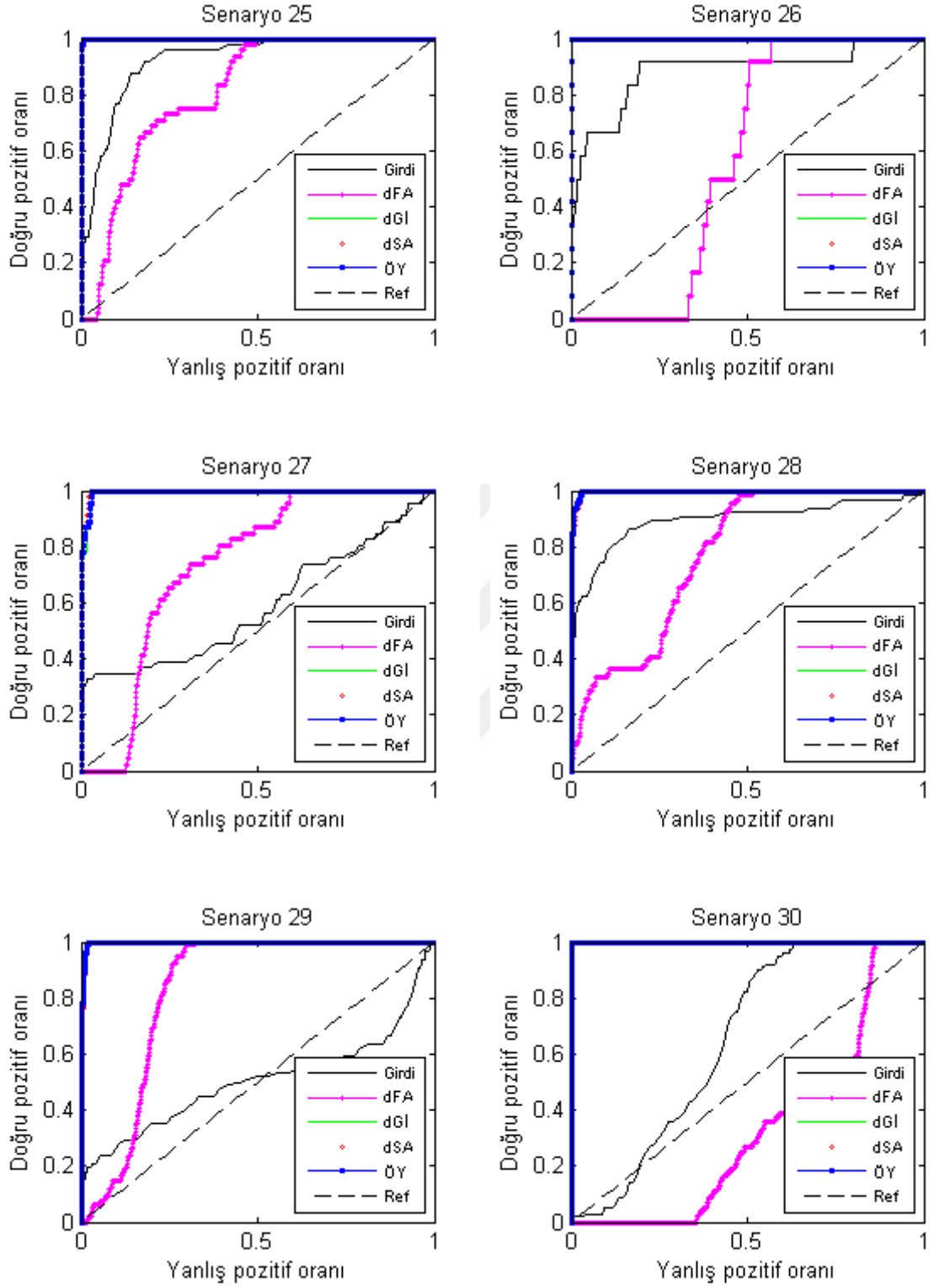
Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri (devamı)



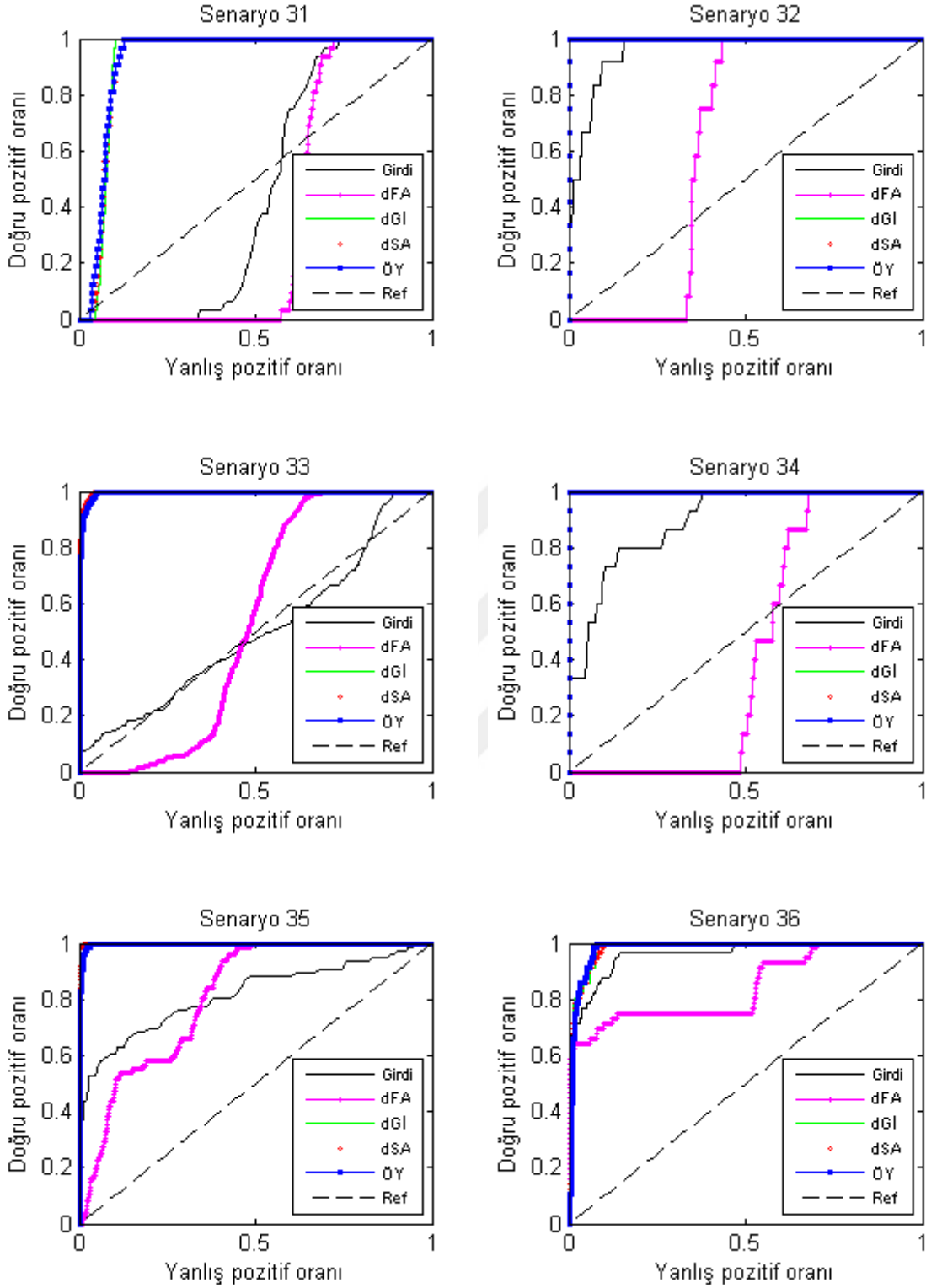
Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri (devamı)



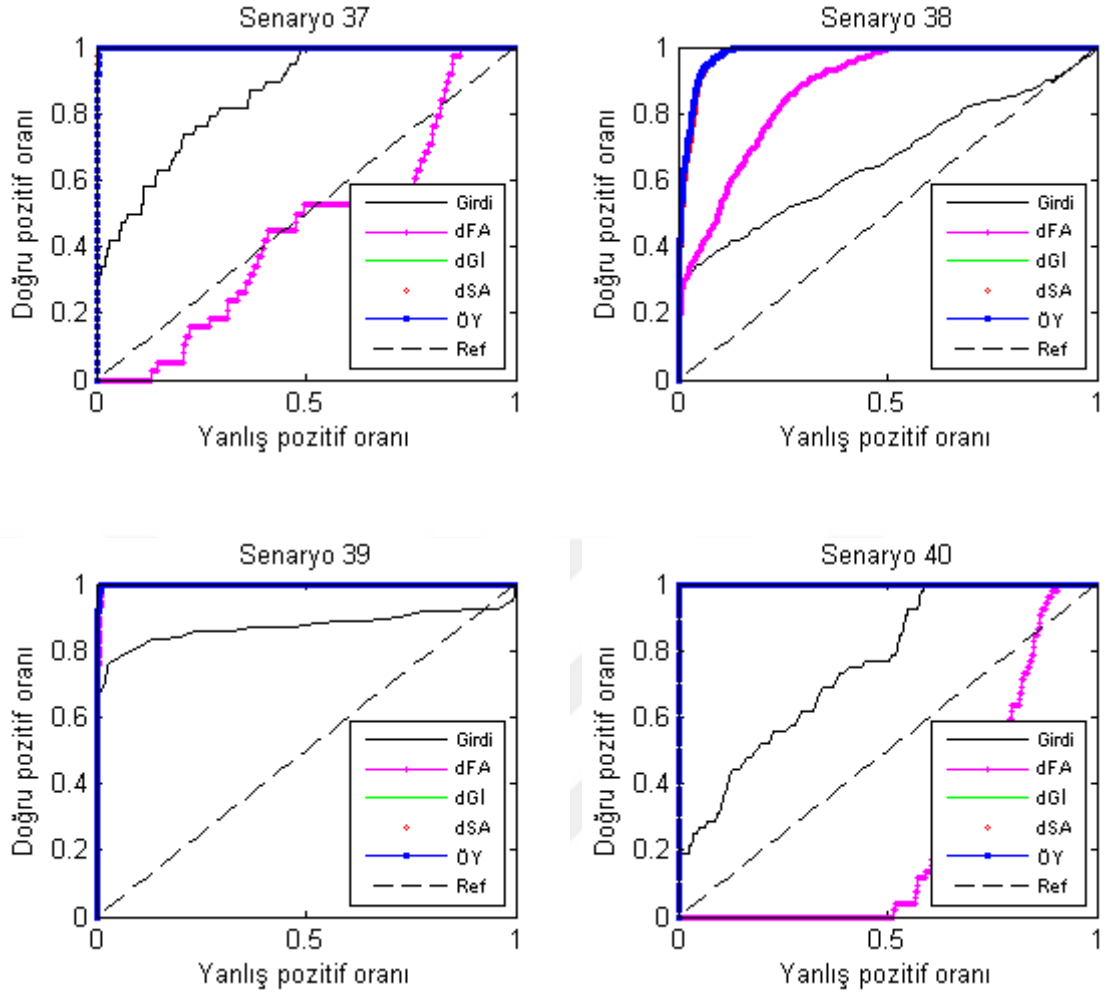
Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri (devamı)



Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri (devamı)

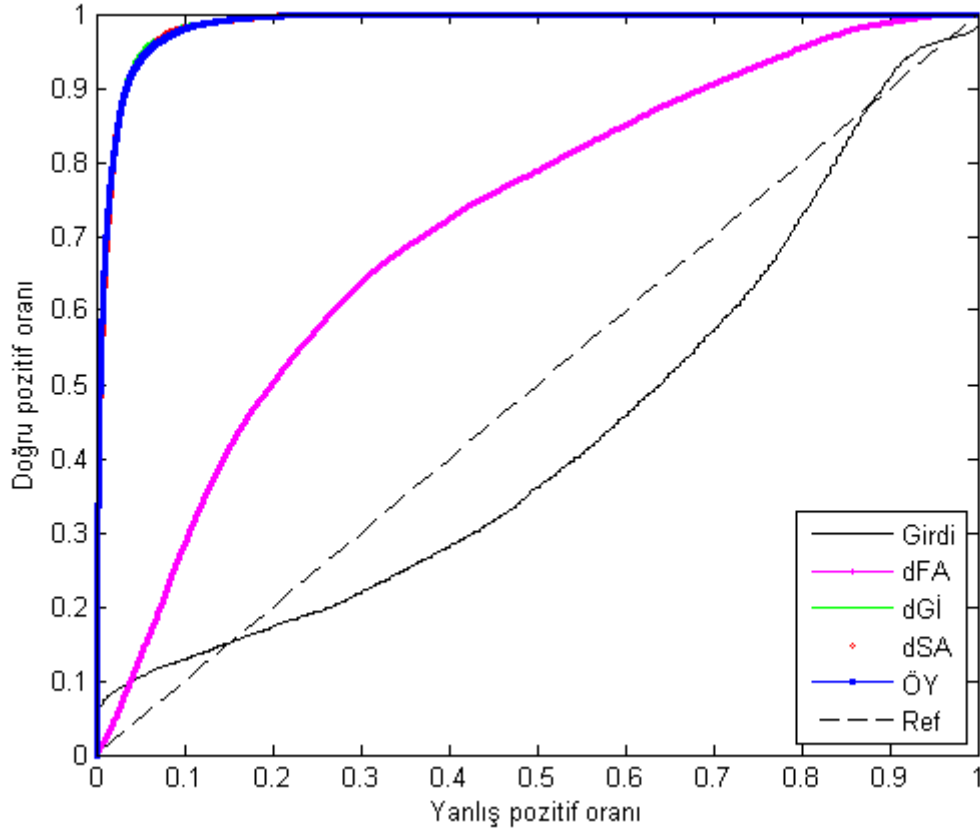


Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri (devamı)



Şekil 4.52 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile her bir senaryo için elde edilen AİK eğrileri (devamı)

Yukarıda her bir senaryo için ayrı ayrı verilen AİK eğrilerine ek olarak, çoklu standart sapma filtresinin farklı yöntemlere uygulanmasının tüm senaryolar için özet AİK eğrisi şekil 4.53'te gösterilmektedir.



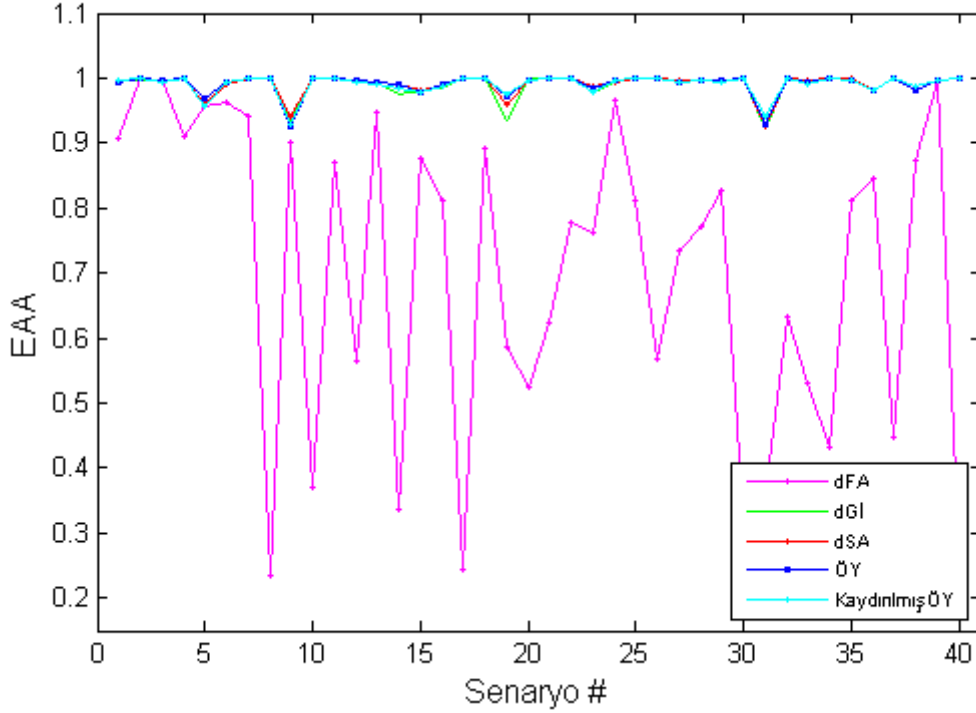
Şekil 4.53 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile tüm senaryolar için elde edilen genel AİK eğrisi

Yukarıdaki grafikler ile verilen AİK eğrilerine yönelik EAA sonuçlarına çizelge 4.8’de yer verilmektedir. Her bir satırda farklı senaryolar için hesaplanan EAA değerleri gösterilmektedir. Son satırda ise tüm senaryolara ait genel EAA sonuçları mevcuttur.

Çizelge 4.8 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen EAA sonuçları

Senaryo #	Girdi	Değiştirilmiş FA	Değiştirilmiş Gi	Değiştirilmiş SA	ÖY	Kaydırılmış ÖY
1	0,3586	0,9057	0,9952	0,9951	0,9951	0,9962
2	0,8228	0,9987	0,9981	0,9984	0,9985	0,9983
3	0,9288	0,9956	0,9961	0,9961	0,9960	0,9940
4	0,6462	0,9100	0,9998	0,9997	0,9997	0,9997
5	0,5325	0,9551	0,9556	0,9583	0,9694	0,9557
6	0,4560	0,9626	0,9906	0,9916	0,9925	0,9928
7	0,3537	0,9419	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995
8	0,7339	0,2340	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
9	0,7558	0,9015	0,9361	0,9424	0,9244	0,9273
10	0,4161	0,3717	0,9999	0,9998	0,9998	0,9998
11	0,2095	0,8705	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000
12	0,4698	0,5635	0,9959	0,9951	0,9955	0,9942
13	0,5411	0,9467	0,9934	0,9926	0,9924	0,9890
14	0,5972	0,3369	0,9765	0,9920	0,9894	0,9843
15	0,8229	0,8763	0,9798	0,9802	0,9794	0,9797
16	0,4102	0,8128	0,9851	0,9885	0,9891	0,9876
17	0,6685	0,2453	0,9992	0,9991	0,9984	0,9984
18	0,8989	0,8905	0,9997	0,9997	0,9996	0,9996
19	0,2322	0,5859	0,9355	0,9587	0,9724	0,9752
20	0,4181	0,5246	0,9984	0,9975	0,9979	0,9977
21	0,7365	0,6249	0,9994	0,9994	0,9994	0,9993
22	0,8522	0,7775	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999
23	0,3117	0,7625	0,9779	0,9870	0,9842	0,9767
24	0,1738	0,9666	0,9931	0,9944	0,9963	0,9963
25	0,9240	0,8107	0,9992	0,9994	0,9995	0,9993
26	0,8825	0,5667	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
27	0,5910	0,7348	0,9938	0,9958	0,9947	0,9946
28	0,8950	0,7707	0,9972	0,9966	0,9969	0,9972
29	0,5028	0,8269	0,9974	0,9966	0,9968	0,9928
30	0,6470	0,3267	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994
31	0,4486	0,3606	0,9238	0,9261	0,9291	0,9403
32	0,9612	0,6328	0,9994	0,9994	0,9993	0,9994
33	0,5029	0,5310	0,9945	0,9966	0,9950	0,9914
34	0,8974	0,4336	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
35	0,8168	0,8106	0,9980	0,9983	0,9967	0,9964
36	0,9612	0,8453	0,9822	0,9813	0,9816	0,9825
37	0,8547	0,4481	0,9991	0,9995	0,9993	0,9992
38	0,6613	0,8728	0,9806	0,9799	0,9813	0,9871
39	0,8703	0,9969	0,9979	0,9979	0,9979	0,9977
40	0,7565	0,2516	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
Genel	0,4334	0,7149	0,9872	0,9860	0,9861	0,9852

Çizelge 4.8’de verilen değerlerin çizdirilmesi ile elde edilen grafik şekil 4.54’te gösterilmektedir.



Şekil 4.54 Çoklu standart sapma tabanlı filtrenin uygulandığı yöntemler ile elde edilen EAA sonuçları

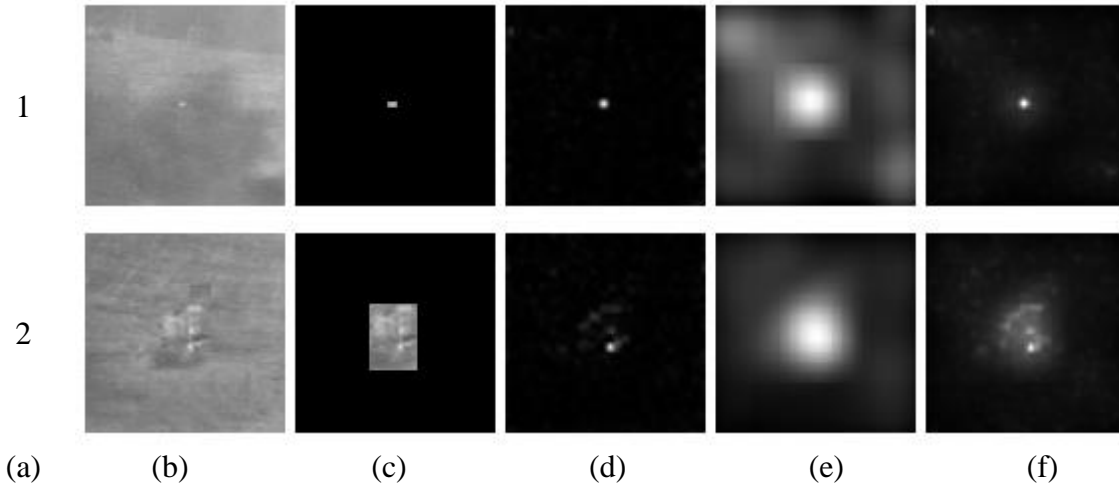
Yukarıda verilen AİK eğrileri ve EAA sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, çoklu standart sapma tabanlı önerilen filtrenin GI’ye ve SA’ya da uygulanmasıyla birbirine çok yakın ve birbirleriyle ilintili sonuçların elde edildiği görülmektedir. Yakın sonuçların elde edilmesinin en büyük nedenin yöntemlerin faz tabanlı ve benzer basamaklara sahip olması olduğu değerlendirilmektedir. Kaydırılmış ikili yapıda ise hedef piksellerinin konumlandırmasına ve kaydırma yönüne bağlı olarak daha iyi ya da daha kötü sonuç elde edilebilmektedir. Bu sebeple kaydırılmış filtrenin kullanılmasının güvenilir olmayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca kaydırma miktarı ve yönü de ayrı bir parametre olarak göz önünde bulundurulması gerektiği için kaydırılmış filtrenin ihtiyaç duyduğu parametre sayısı da daha fazladır. Öte yandan, FA faz tabanlı bir yöntem değildir ve bu sebeple, faz tabanlı bir algoritmanın analiz edilmesi ile elde edilen önerilen filtrenin FA’ya uygulanmasının kabul edilebilir bir başarıyı sağlamadığı

görülmektedir. Sonuç olarak tasarlanan filtre, doğrudan bir ardışık filtresinden ziyade, ÖY ile benzer basamaklara sahip algoritmalarda kullanılması için uygun bir filtredir.

4.5 Önbilgi Olması Durumunda Karşılaştırma Sonuçları ve Tartışma

Dayanak algoritmalar içerisinde, SA ile Gİ'nin başarımı birbirlerine çok yakın ve FA'ya oranla çok daha yüksektir. Bölüm 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilen sonuçlar incelendiğinde ise SA'nın biraz daha iyi olduğu görülmektedir. Bu sebeple bu bölümde önbilgi olması durumunda her bir senaryo için en iyi sonucu veren SA'lar ile ÖY kıyaslanmaktadır. Kıyaslama küçük ve büyük hedef içeren iki farklı senaryo üzerinden yapılmaktadır. Bu iki senaryonun her birisi için en iyi sonucu verecek şekilde SA iki farklı parametre grubu ile ayarlanmaktadır. Yani parametreler, ilk senaryo için en iyi SGO sonucunu verecek şekilde ayarlanarak SA₁, ikinci senaryo için en iyi SGO sonucunu verecek şekilde ayarlanarak ise SA₂ elde edilmektedir. ÖY ise iki senaryo için de parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan uygulanmaktadır. Özetle, SA senaryolardaki hedeflere yönelik önbilgilerden faydalanırken, ÖY herhangi bir önbilgiden yararlanmamaktadır. Böylece algoritmaların farklı koşullar altında başarımlarının genelleştirilebilirliğinin sınanması amaçlanmaktadır.

Şekil 4.55'te en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri gösterilmektedir. SA ile senaryo 1'de filtre standart sapması 0.79, senaryo 2'de ise filtre standart sapması 5.9 olduğunda en yüksek iyileştirme sonucu, yani ptSGO, elde edilmektedir. Bu nedenle SA₁ ve SA₂ bu değerler ile ayarlanmaktadır. Çizelge 4.9'da ise ptSGO değerleri yer almaktadır.



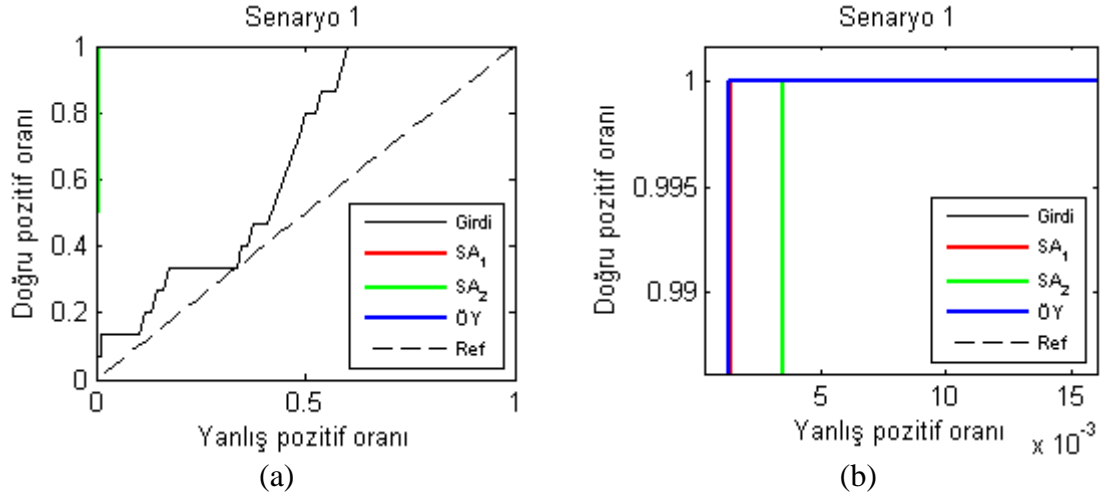
Şekil 4.55 En iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef, d. SA₁, e. SA₂ ve f. ÖY.

Çizelge 4.9 En iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen ptSGO sonuçları

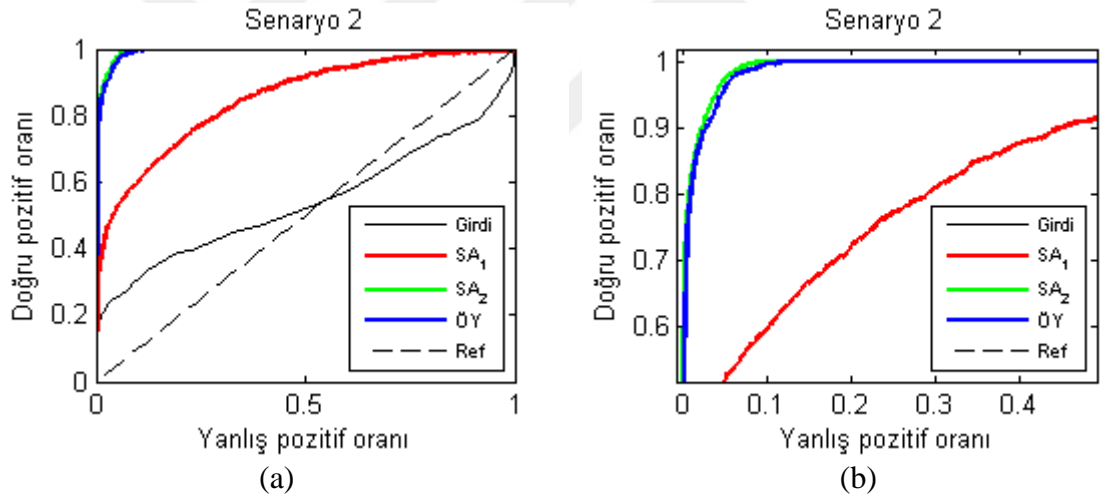
Senaryo #	Girdi	SA ₁	SA ₂	ÖY
1	0,74	20,99	4,50	14,72
2	1,46	1,61	2,77	2,73

Senaryolar üzerinde yöntemler ile elde edilen tespit sonuçları, daha önce de olduğu gibi, AİK eğrisi ve EAA üzerinden verilmektedir. Şekil 4.56-4.57'de sırasıyla senaryo 1 ve 2 üzerinde elde edilen AİK eğrileri gösterilmektedir.



Şekil 4.56 Senaryo 1 üzerinde en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri

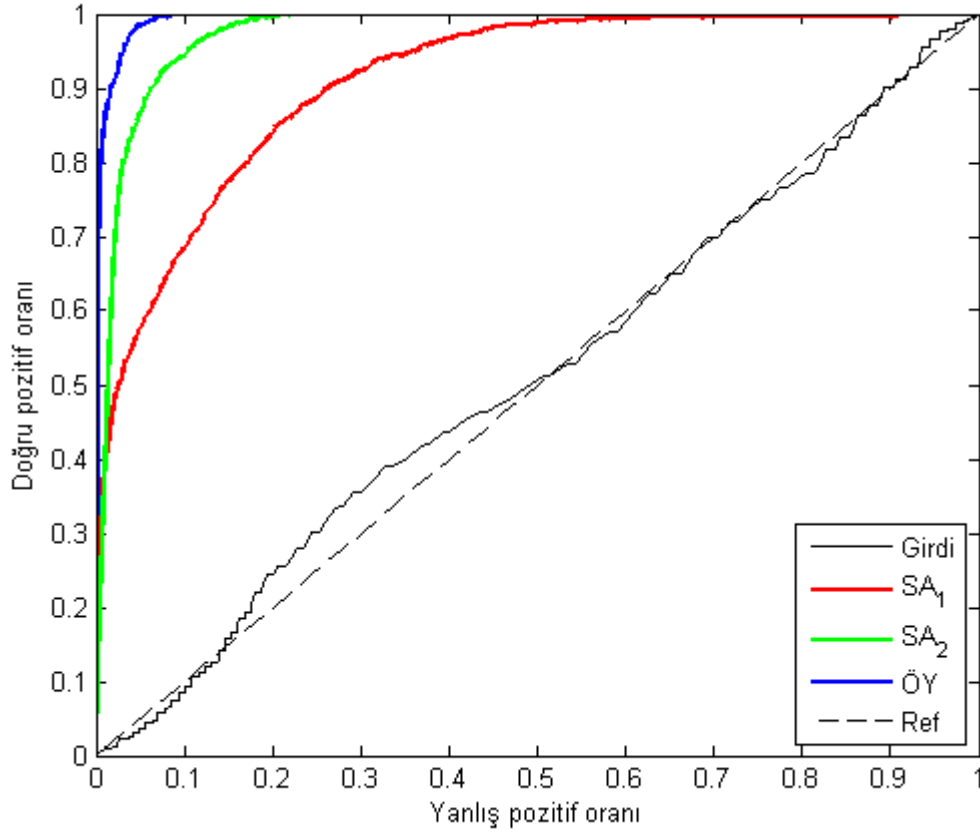
a. Genel grafik ve b. yaklaşılmış grafik.



Şekil 4.57 Senaryo 2 üzerinde en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri

a. Genel grafik ve b. yaklaşılmış grafik.

Yukarıda her bir senaryo için verilen sonuçların yanı sıra her iki senaryo birlikte ele alındığında yöntemler ile elde edilen tek AİK eğrisi de şekil 4.58'de görülmektedir.



Şekil 4.58 Tüm senaryolar için en iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen genel AİK eğrisi

Şekil 4.56-4.57 ile verilen AİK eğrilerine ait EAA sonuçları çizelge 4.10'da özetlenmektedir. Şekil 4.58'deki AİK sonuçları da yine aynı çizelgede son satırda yer almaktadır. Her bir koşulda en iyi başarıyı veren yöntem kırmızı ile gösterilmektedir.

Çizelge 4.10 En iyi sonucu veren SA'lar ve ÖY ile elde edilen EAA sonuçları

Senaryo #	Girdi	SA ₁	SA ₂	ÖY
1	0,6585	0,9997	0,9986	0,9996
2	0,5411	0,8510	0,9940	0,9924
Genel	0,5099	0,9103	0,9749	0,9944

Beklendiği üzere SA'lar arasında, SA₁'in senaryo 1, SA₂'nin ise senaryo 2 için en iyi ptSGO sonucunu verdiği çizelge 4.9'dan görülmektedir. Şekil 4.55'teki iyileştirme görüntülerinde de buna paralel sonuçlar gözlemlenebilmektedir. Görüntülerde SA₁, senaryo 1'de oldukça başarılı iken senaryo 2'de hedef üzerinde sadece küçük bir bölgeyi iyileştirebilmektedir ve hedefin büyük bir bölümünün ise kaybına neden olmaktadır. SA₂ ise senaryo 2'de başarılı iken, senaryo 1'de hedefin yanı sıra hedefin etrafında oldukça büyük bir alanı da iyileştirmektedir. Bu çıktılarla, SA'ların sadece özel olarak ayarlandığı senaryolar için iyileştirmede başarılı olduğu, diğer koşullarda iyileştirme başarımlarının düşebileceği sonucuna varılabilir. Öte yandan her iki senaryo için de ÖY ile elde edilen iyileştirme sonuçlarının hem hedefin sınırlarına uyduğu hem de en iyi sonucu veren SA'ya yakın olduğu görülmektedir. Şekil 4.56-4.58 arasındaki AİK eğrileri ve çizelge 4.10'daki EAA sonuçları incelendiğinde, yöntemler hakkında iyileştirme kabiliyetleri ile aynı doğrultuda yorumlar tespit için de yapılabilir. Yani, SA'nın başarımı aynı parametreler ile sadece belirli koşullarda yüksek, diğer koşullarda düşük olmaktadır. Diğer taraftan ÖY'nin başarımının ise daha genelleştirilebilir olduğu değerlendirilmektedir.

4.6 Veri Kümelerinde Olmayan Senaryolarda Karşılaştırma Sonuçları ve Tartışma

Veri kümeleri içerisinde seçilen 40 senaryo üzerinde yöntemler ile elde edilen sonuçlar bu bölümde bundan önceki başlıklarda verilmektedir. Bu başlık altında ise soğutmasız uzun dalga kızılötesi (Long Wave Infrared) görüntüleyici ile alınan veriler üzerinde, ÖY ve dayanak algoritmaların başarımları iyileştirme ve tespit açısından kıyaslanmaktadır. Alınan veriler gerçek saha görüntüleridir ve etkin olarak çalışan farklı boyutlarda ve tipte araçları içermektedir. Böylece gerçek dünyaya ait veri kümelerinde yer alan görüntülerde oldukça yüksek iyileştirme ve tespit başarımı sergileyen ÖY'nin yine gerçek bir ortamda rasgele koşullar içeren araç senaryolarında başarımının diğer yöntemler ile kıyaslanması amaçlanmaktadır. Yöntemlerde temel senaryolarda kullanılan değerler ile parametreler ayarlanmıştır (parametre değerleri için bkz. Bölüm 4.1).

4.6.1 İyileştirme sonuçları ve tartışma

Gerçek bir sahada alınan 15 senaryo üzerinde, yöntemlerde kullanılan parametreleri değiştirmeden, ulaşılan iyileştirme sonuçları bu bölümde incelenmektedir. Bölüm 4.1’de olduğu gibi burada da nesnel ve öznel iyileştirme sonuçları yer almaktadır. Nesnel değerlendirmeler *ptSGO* ve *ptSGO kazanç* sonuçları, öznel değerlendirmeler ise doğrudan iyileştirme görüntüleri üzerinden yapılabilmektedir.

Çizelge 4.11’de senaryolarda hesaplanan ve dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen PtSGO değerleri yer almaktadır. Çizelge 4.12’de ise kazanç değerleri gösterilmektedir. Bir senaryoda birden fazla hedef varsa çizelgede o senaryo için ortalama değer verilmektedir. Çizelgelerdeki ortalama satırı da her bir yöntem ile her bir hedef için elde edilen sonuçların toplanıp tüm hedef sayısına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Her bir senaryo için en iyi sonucu veren yönteme ait değer, çizelgelerde kırmızı ile renklendirilmiştir.

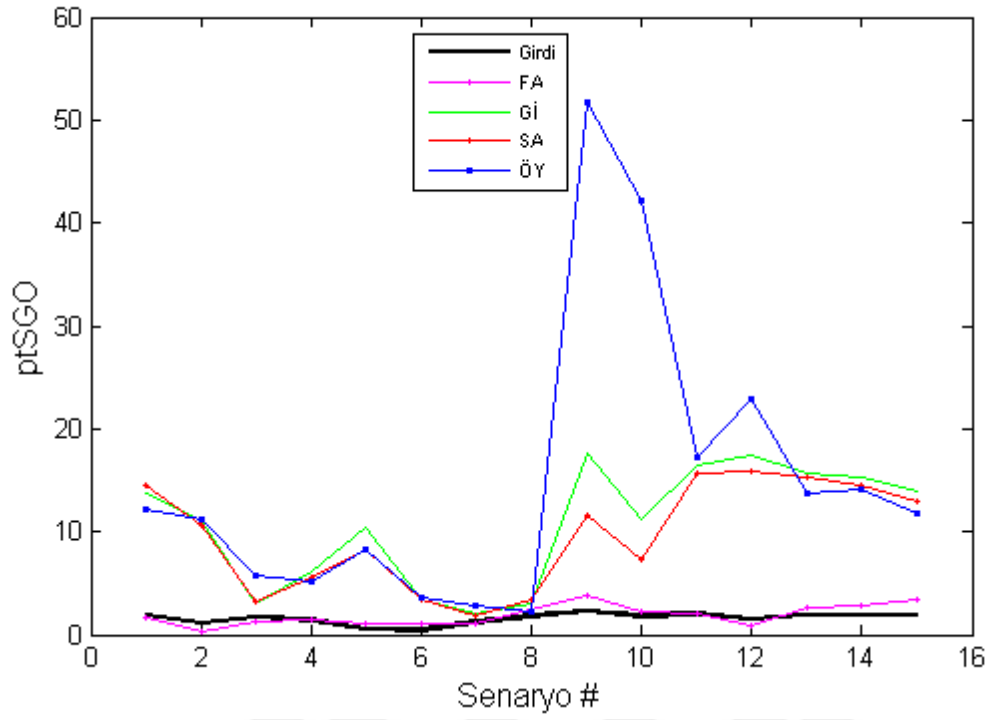
Çizelge 4.11 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda yöntemler ile elde edilen ptSGO sonuçları

Senaryo #	Girdi	FA	Gİ	SA	ÖY
1	1,89	1,73	13,81	14,56	12,10
2	1,08	0,24	11,08	10,59	11,19
3	1,73	1,17	2,98	3,16	5,67
4	1,44	1,47	6,08	5,62	5,17
5	0,50	0,99	10,33	8,22	8,23
6	0,47	1,00	3,38	3,40	3,59
7	1,25	1,16	2,05	1,93	2,80
8	1,76	2,53	3,00	3,32	2,22
9	2,28	3,81	17,70	11,58	51,78
10	1,78	2,27	11,13	7,27	42,20
11	2,04	2,08	16,42	15,77	17,18
12	1,50	0,85	17,40	15,93	22,93
13	1,85	2,65	15,70	15,36	13,72
14	1,92	2,88	15,25	14,57	14,04
15	1,94	3,46	13,85	12,95	11,74
Ortalama	1,49	1,83	10,22	9,23	14,26

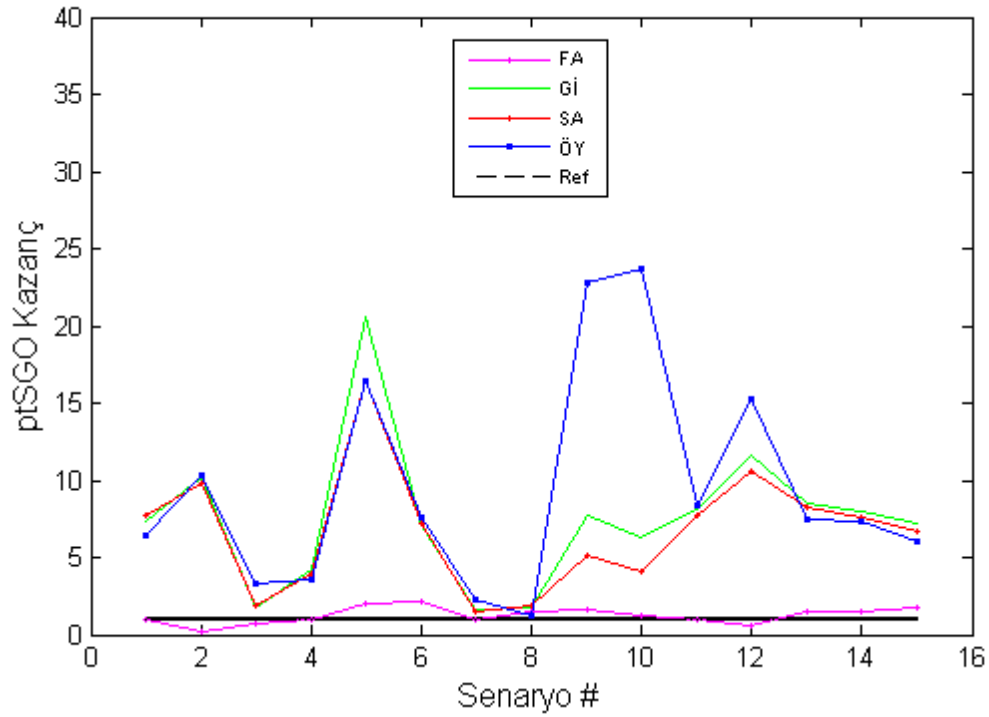
Çizelge 4.12 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda yöntemler ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları

Senaryo #	FA	Gİ	SA	ÖY
1	0,92	7,32	7,72	6,41
2	0,23	10,23	9,78	10,34
3	0,68	1,73	1,83	3,28
4	1,02	4,22	3,90	3,58
5	1,98	20,64	16,43	16,46
6	2,10	7,11	7,15	7,55
7	0,92	1,64	1,54	2,23
8	1,44	1,71	1,89	1,27
9	1,68	7,78	5,09	22,76
10	1,27	6,24	4,07	23,65
11	1,02	8,06	7,74	8,43
12	0,57	11,57	10,59	15,25
13	1,43	8,48	8,30	7,41
14	1,50	7,96	7,61	7,33
15	1,79	7,16	6,69	6,06
Ortalama	1,23	6,84	6,18	9,54

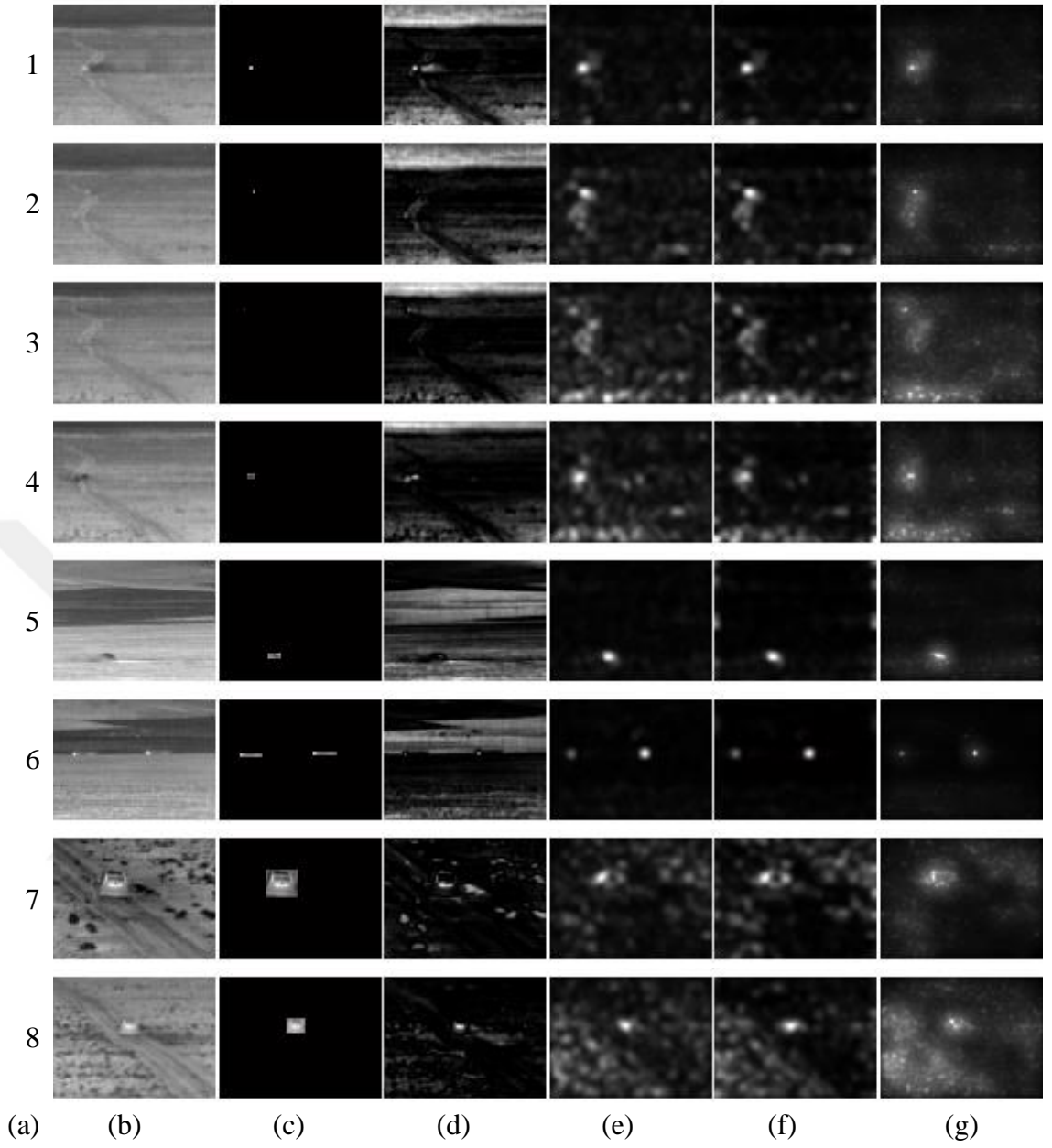
Çizelge 4.11-12’de verilen değerler ile elde edilen grafikler sırasıyla şekil 4.59-4.60’taki grafiklerde gösterilmektedir. Şekil 4.61’de ise iyileştirme görüntüleri yer almaktadır. Şekil 4.61.a’da senaryo numaraları, şekil 4.61.b’de senaryolar, şekil 4.61.c’de senaryolarda yer alan hedefleri belirtmek için hazırlanan maskelenmiş görüntü, şekil 4.61.d-4.61.g’de ise sırasıyla FA, Gİ, SA ve önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.



Şekil 4.59 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO sonuçları

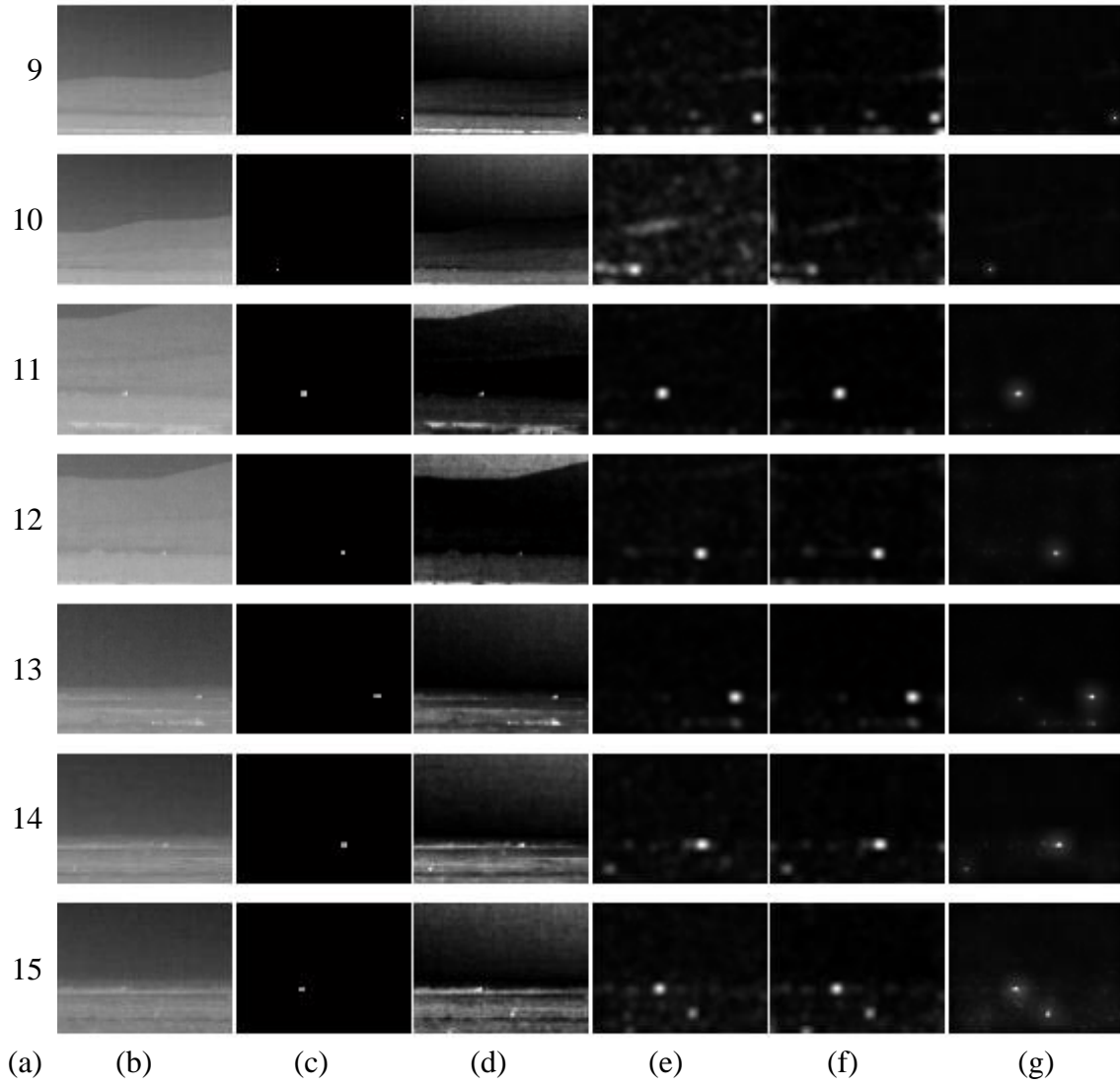


Şekil 4.60 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen ptSGO kazanç sonuçları



Şekil 4.61 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.



Şekil 4.61 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntüleri (devamı)

a. Senaryo numarası, b. girdi görüntüsü, c. maskelenmiş hedef ve d. frekans ayarlı, e. görüntü işareti, f. spektral artıklık ve g. önerilen yöntem ile elde edilen iyileştirme görüntüleri.

Daha önce şekil 4.3'te de olduğu gibi burada şekil 4.61'de da referans olması açısından kazancın bir olduğu durum için referans çizgisi de çizdirilmektedir. Bu çizginin altında kalınması durumunda kazanç yerine kayıp olmakta ve ilgili yöntemin genel geçerlik açısından uygun olmadığı sonucu çıkartılabilir.

Bazı senaryoları açıklamak gerekirse, şekil 4.61.a ile verilen senaryoların ilk dördünde benzer bir arka planda farklı uzaklıklarda ve tipte hedefler bulunmaktadır. Böylece

özellikle arka plandaki karmaşıklık ve hedef mesafesi değişikliğinin etkileri bu senaryolar ile görülebilir. 6. senaryoda dorsesi ile birlikte arka arkaya iki tane kamyon görünmektedir. Kamyonlar çalıştığı için motor bölümleri sıcak, dorseleri ise arka planla hemen hemen aynı parlaklıktadır. 9. ve 10. senaryolarda aynı hedef görüntüde farklı konumlarda yer almaktadır. 9. ve 10. senaryolara benzer bir durum 11. ve 12. senaryo için de geçerlidir fakat hedef farklı boyuttur.

Yukarıdaki nesnel değerlendirme, yani iki çizelge ve grafikler ile verilen ptSGO ve ptSGO kazanç sonuçları incelendiğinde; beklendiği üzere (bkz. Bölüm 4.1) FA'nın hedefleri iyileştirmede yetersiz olduğu, hatta bir çok senaryoda şekil 4.60'ta verilen referans kazanç çizgisinin altında kaldığı görülmektedir. Gİ ve SA ile hemen hemen tüm senaryolarda sayısal olarak tatmin edici sonuçlara ulaşıldığı söylenebilir fakat öznel sonuçlar incelendiğinde bu yöntemlerin bazı senaryolarda hedefi ortaya çıkarmada zorlandığı ve hedef boyutunu tahmin etmede zayıf kaldığı açıktır. Öte yandan ÖY'nin ise hedefin hem konumunu hem de boyutunu önplana çıkarmada diğer yöntemlere oranla daha mahir olduğu belirtilebilir. Özellikle 9 ile 15. senaryolar arasında diğer yöntemlere kıyasla hedef boyutunu daha iyi tahmin ettiği net bir şekilde görülmektedir. Aynı hedefin farklı konumlarda yer aldığı 9.-10. ve 11.-12. senaryo çiftlerinde ÖY ile elde edilen sonuçlara bakıldığında, hedefin görüntünün neresinde yer aldığına bakılmaksızın iyileştirme sağlanabildiği belirtilebilir.

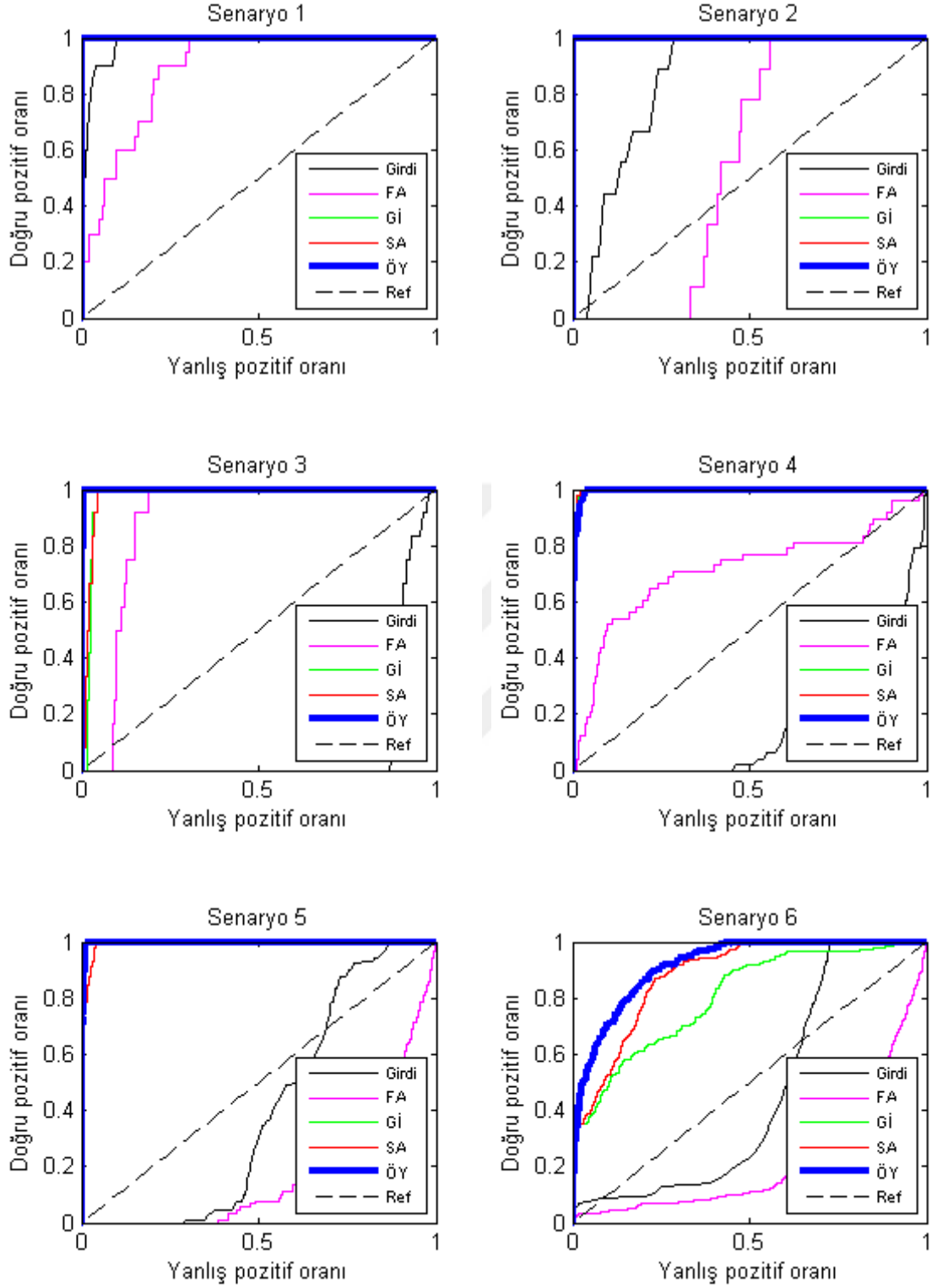
Sadece faz spektrumu kullanılması durumunda kapalı konturlara sahip kenarlara vurgu yapılmaktadır. Yumuşatma filtrelerinin kullanılmasıyla beraber ise piksellerin komşuluklarının vurgulanma durumları da birlikte değerlendirilmektedir. Arka planın benzer olduğu ilk dört senaryoda ÖY ile elde edilen iyileştirme görüntülerine bakıldığında, 1. ve 2. senaryoda hedef üzerine daha çok vurgu yapılırken 3. ve 4. senaryoda ise hedefin haricinde görüntünün sol alt kısımlarında öne çıkartılan bölgeler olduğu görülmektedir. Girdi görüntülerine detaylı bakıldığında ise o bölgelerde kapalı konturlar oluşturan nesnelere olduğu farkedilmektedir ve faz spektrumunun özelliği gereği ÖY'de bu bölgeler de hedef ile birlikte iyileştirilmektedir. ÖY'de kullanılan yumuşatma filtresinin yapısı sayesinde, bir piksel vurgulanma açısından komşulukları ile

birlikte değerlendirilirken komşulukların mesafeleri kademeli olarak ele alınmaktadır. Bu sayede hedef boyutu daha doğru tahmin edilebilmektedir.

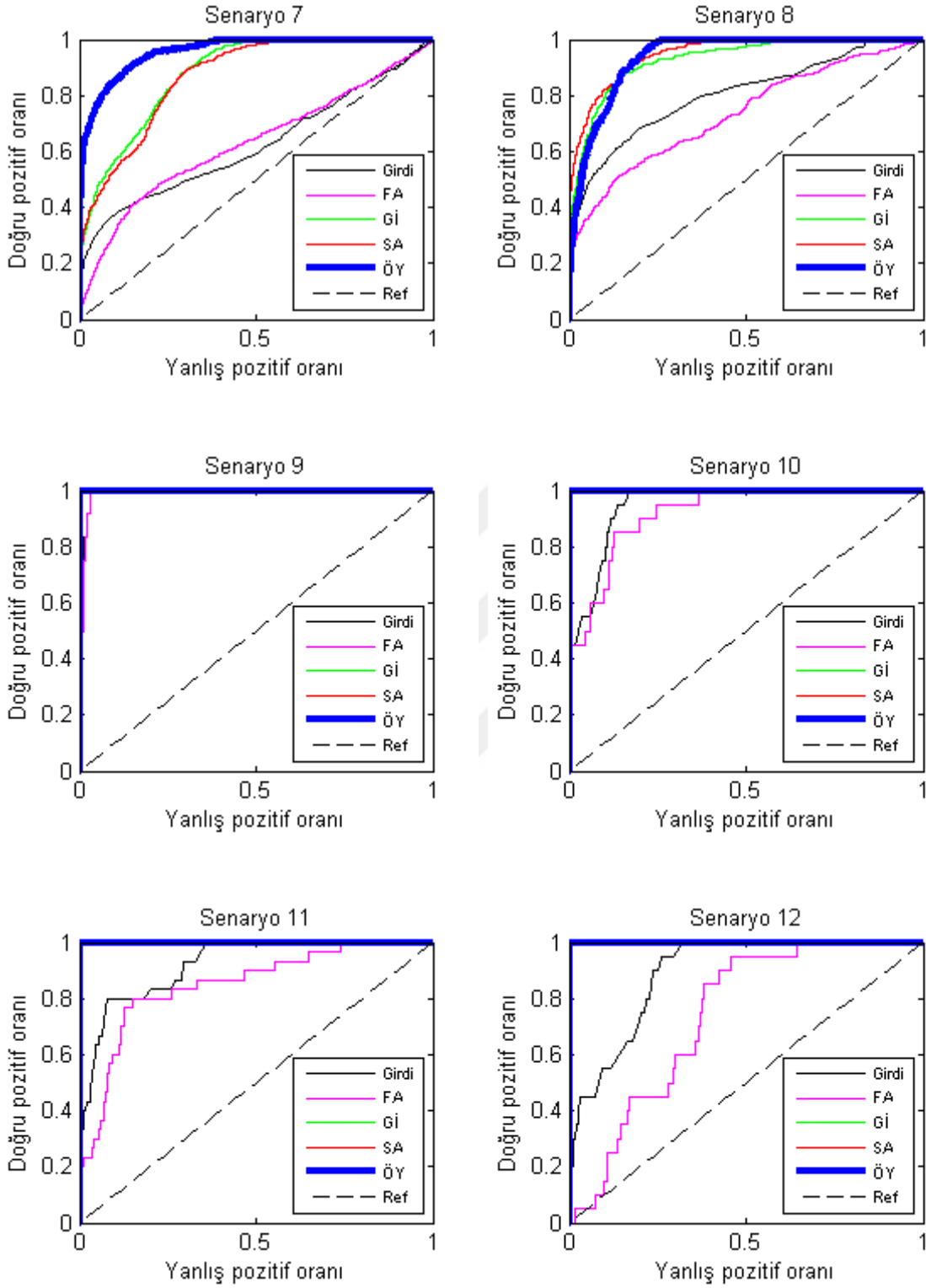
4.6.2 Tespit sonuçları ve tartışma

Bölüm 4.6.1’de verilen iyileştirme görüntüleri kullanılarak elde edilen tespit sonuçları ise bu bölümde paylaşılmaktadır. Bölüm 4.2’de olduğu gibi AİK eğrisi ve EAA üzerinden sonuçlar karşılaştırılmaktadır.

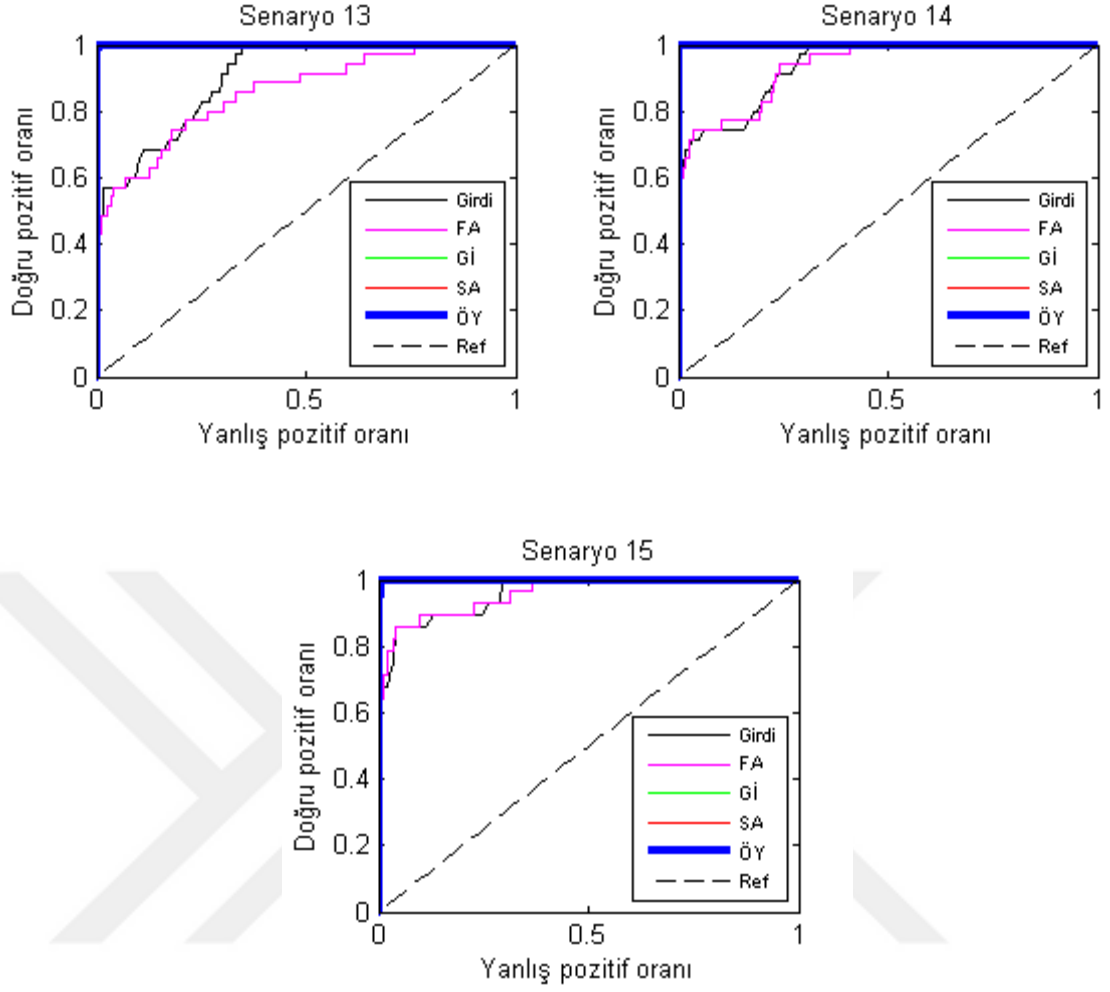
Bölüm 4.6.1’de verilen her bir senaryoda, parametreler aynı kalmak koşuluyla, dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri şekil 4.62’de verilmektedir.



Şekil 4.62 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri

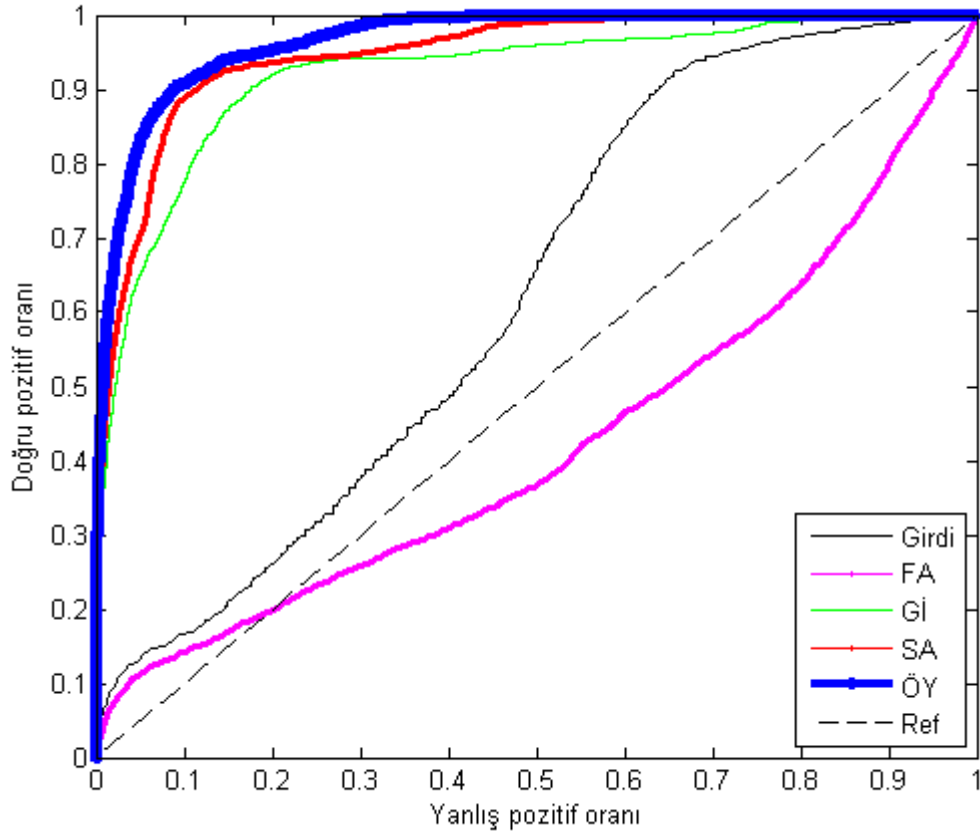


Şekil 4.62 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)



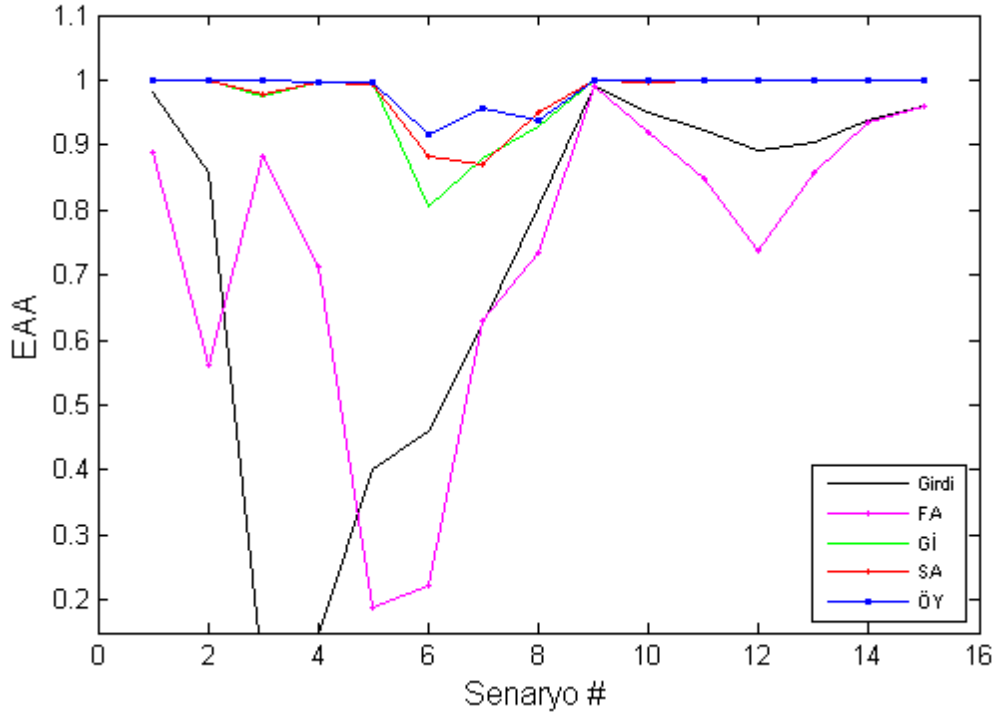
Şekil 4.62 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen AİK eğrileri (devamı)

Yukarıda her bir senaryo için verilen sonuçların yanı sıra tüm senaryolar için dayanak yöntemler ve ÖY ile elde edilen tek AİK eğrisi de şekil 4.63'te görülmektedir.



Şekil 4.63 Veri kümelerinde olmayan senaryoların tümü için dayanak yöntemler ve ÖY ile elde edilen genel AİK eğrisi

Dayanak algoritmalara ve ÖY'ye ait EAA sonuçlarının çizdirilmesi ile elde edilen grafik şekil 4.64'te gösterilmektedir.



Şekil 4.64 Veri kümelerinde olmayan senaryolarda dayanak algoritmalar ve ÖY ile elde edilen EAA sonuçları

Genel AİK eğrisi incelendiğinde girdi senaryolarına hiç bir iyileştirme uygulanmaması durumunda elde edilen AİK eğrisinin, bölüm 4.2'deki senaryolara ait AİK eğrisinin aksine, referans çizgisinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle hedef-arka plan ayırt edilebilirliği anlamında, burada kullanılan senaryoların bölüm 4.2'deki senaryolardan daha kolay olduğu söylenebilir. Buradaki senaryolarda tek düze ve görüntüde fazla alan kaplayan hedef yer almadığı için, beklendiği üzere, FA'nın başarımı oldukça yetersizdir. Bölüm 4.2'de olduğu gibi burada da SA yöntemi Gİ yönteminden daha başarılıdır. Tüm senaryolar birlikte değerlendirildiğinde (bkz. şekil 4.63-4.64) ayırt edilebilirlik açısından ÖY diğer yöntemlerden daha iyi sonuç vermektedir. Başarımların diğer senaryolara kıyasla daha düşük olduğu 6., 7. senaryolarda ÖY, diğer yöntemlerden çok daha iyi başarımlar sergilemekte ve 8. senaryoda ise diğer yöntemler ile başabaş ayırtedebilme kabiliyeti sunmaktadır. Ayrıca 3. senaryoda da diğer yöntemlerden daha iyi sonuç vermektedir. 3., 6., 7. ve 8. senaryolara ait bu sonuçlar hem şekil 4.62'deki AİK eğrilerinden, hem de şekil 4.61'deki öznel değerlendirme için verilen iyileştirme görüntülerinde gözlemlenebilir.

5. SONUÇ

Otomatik nesne/hedef tespiti ve takibi algoritmaları; video veri tabanları için video indeksleme, arama kurtarma, insan-bilgisayar etkileşimi, trafik izleme ve araç konum belirleme gibi birçok sivil uygulamanın yanı sıra otomatik gözetleme, uzaktan algılama ve hassas güdümlü füze gibi askeri uygulamalarda da kullanılmaktadır. Sivil ve askeri alanlarda nesne tespiti, ilgilenilen nesnenin konumunun belirlenmesi amacıyla kullanılması sebebiyle nesne takip sistemleri için büyük önem teşkil etmektedir. Özellikle nesnenin olası hareketlerine karşı, takip sistemi tarafından tedbir alınabilmesi için ihtiyaç duyulan zamanın sağlanması amacıyla nesnenin olabildiğince erken, bir başka deyişle uzak mesafelerden, tespit edilebilmesi oldukça kritiktir. Algılayıcı olarak kızılötesi kamera kullanılan sistemlerde görüntü üzerinde, ilgilenilen nesne ile algılayıcı arasındaki mesafe arttıkça, nesnenin kapladığı alan ve atmosferik sönüm nedeniyle nesneden elde edilen ışımaya azalmaktadır. Bu durumda nesnenin kızılötesi görüntü üzerinde gözlemlenebilirliği azalmaktadır. Mesafenin fazla olmasının yanı sıra arka planın karmaşık olması durumunda da kullanılacak nesnenin tespit olasılığı azaldığı ya da yanlış alarm oranı arttığı için nesnenin başarımlı yüksek olacak şekilde otomatik tespiti zorlaşmaktadır. Bu zorlu koşullara ek olarak görüntüleyicinin bağlı olduğu platformun hareketli olması durumunda, tespit için ardışık çerçeveleri kullanmadan evvel çerçevelerin hizalanması gerekmektedir. Fakat çoğu zaman hizalama işleminin sistem güvenilirliğine olumsuz etkisi olmaktadır. Bu sebeple hareketli platformlarda nesnenin tespitinin, zamansal etki ya da nesne hareketi kullanılmaksızın, sadece bir çerçeve üzerinden gerçekleştirilmesinin önemi artmaktadır.

Bir örnek ile problemin zorluğu ve önemi açıklanacak olursa; görüntüleyicinin genellikle hareketli bir platform üzerinde yer aldığı füze sistemlerinde, özellikle terminal safha güdümde, hedefin tespit edilerek konumunun belirlenmesi ve takip edilmesi sebebiyle füze ile hedefin angajmanında takip sistemleri büyük önem teşkil etmektedir. Bazı durumda hedefin karmaşık arka plan içerisindeyken, bazı durumda ise hedefin olası tehditlerine karşı savunma sistemi tarafından tedbir alınabilmesi için ihtiyaç duyulan zamanın sağlanması amacıyla hedefin daha uzak mesafelerden tespit edilebilmesi beklenmektedir. Bu sebeple modern yüksek teknolojiye sahip

mühimmatlarda takip sistemi kapsamında, düşük SGO'na sahip hedeflerin tespit edilebilmesi anahtar bir görev almaktadır. Bu tez çalışmasında, yukarıda bahsedilen ihtiyaçlar ışığında, düşük SGO'da otomatik hedef tespiti üzerine çalışılmıştır.

Çalışmada;

1. Çok düşük SGO'ya sahip hedeflerin bulunduğu senaryolarda dahi otomatik hedef tespiti için yüksek başarımlı sağlayabilen bir yöntem önerilmiş,
2. Otomatik hedef tespiti yönteminin geliştirilmesi sırasında, hedef-arka plan ayırt edilebilirliğinin güvenilir bir şekilde nesnel olarak tanımlanabilmesinin kıymeti fark edilmiş ve bu doğrultuda mevcut tanımların eksikliklerini giderebilmek amacıyla yeni bir nesnel ölçüt tanımı sunulmuş,
3. Ayrıca bir problemin çözümü için genelleştirilebilir sistematik bir yaklaşım kullanılmıştır.

İlk maddede belirtilen otomatik hedef tespiti yönteminin;

- Sadece tek çerçeve kullanarak,
- Parametre değişimine ya da ön bilgiye ihtiyaç duymaksızın,
- Öğreticisiz,
- Hedefin karmaşık bir arka planda yer alması ve/veya görüntüleyicinin algıladığı hedef sinyalinin zayıf olması durumunda,
- Farklı görüntü çözünürlükleri, farklı hedef boyutları gibi birçok çeşitli koşul altında,
- Senaryolarda birden fazla hedef ve hedefler arasında en az bir boy mesafe olması durumunda,

yüksek başarımlı oranında hedef sinyali/sinyallerini iyileştirebilecek kabiliyette olduğu, gerçek ve sentetik görüntüler üzerinde deneysel çalışmalar ile ortaya konmuştur. İyileştirme sonrasında basit bir eşik değerlendirme ile hedefin/hedeflerin tespit edilmesine yöntem olarak sağlamaktadır. Ayrıca yöntemin, uygulanabilirliği yüksek, benzetimi kolay, karmaşıklığı az ve gerçek zaman uygulamalarında kullanılabilir olduğu değerlendirilmektedir. Diğer taraftan hedef-görüntü çözünürlüğü oranının çok yüksek

olduğu (bir ekseninde $\sim 1/5$ 'ten fazla), yani hedefin görüntüde çok fazla yer kapladığı durumlarda, yöntemin başarımı azalmaya başlamaktadır.

Çalışmalar dahilinde, bir senaryodaki hedefin tespit edilebilirliğinin sayısal olarak tanımlanabilmesi üzerine de durulmuş ve mevcut olan tanımların eksiklerini gidermek amacıyla yeni bir tanım sunulmuştur. İkinci madde ile de verilen bu nesnel ölçüt ise, diğer senaryoları da iyi niteleyebilmesinin yanı sıra, özellikle sıcak ve soğuk bölgelere sahip çift durumlu hedeflerin olduğu senaryoları geleneksel tanımlara oranla daha iyi tanımlamaktadır. Sunulan tanımın başarımı sentetik ve gerçek görüntüler üzerinde ortaya konmuştur.

Üçüncü madde ile belirtilen sistematik yaklaşım farklı algoritmalara da uygulanarak hedef-görüntü çözünürlüğü oranının çok yüksek olduğu koşullar için de ileriki çalışmalarda doğrudan çözüm aranabilir ya da melez yöntemler önerilebilir. Örneğin bu melez yöntemlerde, sahne öncelikli olarak analiz edilir ve sonrasında kullanılacak algoritmaya ya da parametre grubuna karar verilebilir. Böylece her sahne için farklı çözüm yöntemleri uygulanarak melez algoritmanın başarımının artırılması amaçlanabilir. Kızılötesi görüntülerin haricinde, önerilen otomatik hedef tespiti yöntemi görünür bölge görüntülerine de uygulanabilir. Ayrıca buradaki sistematik yaklaşımın hedef tespiti dışındaki problemler için de uygulanabilir olduğu değerlendirilmektedir. Bunlara ek olarak, iyileştirilmiş görüntüler üzerinde hedef sınırlarının daha hassas bölümlenebilmesi için gelecekte çalışmalar yapılmasının faydalı olabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Achanta, R., Hemami, S., Estrada F. and Susstrunk, S. 2009. «Frequency tuned salient region detection.» *Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*. Miami Beach, 1597–1604.
- Achanta, R. and Susstrunk, S. 2010. «Saliency detection using maximum symmetric.» *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Image Processing*. Hong Kong, 2653–2656.
- Acito, N., Corsini, G., Diani, M and Pennucci, G. 2005. «Experimental performance analysis of clutter removal techniques in IR images.» *IEEE International Conference on Image Processing*. IEEE, III - 561-4.
- Aiger, D. and Talbot, H. 2010. «The Phase Only Transform for unsupervised surface defect detection.» *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Anonymous «The Army Missile Command FLIR Sequences.» AMCOM.
- Anonymous 2003. «DARPA VIVID data collection #1.» December.
- Anonymous 2008. «SENSIAC ATR Algorithm Development Image Database.» SENSIAC.
- Bai, X. and Zhou, F. 2011. «Hit-or-miss transform based infrared dim small target enhancement.» *Optics & Laser Technology* 43: 1084-1090.
- Bai, X., Zhou, F. and Xue, B. 2012. «Infrared dim small target enhancement using toggle contrast operator.» *Elsevier Infrared Physics & Technology* 55: 177–182.
- Bai, X., Zhou, F. and Jin, T. 2010. «Enhancement of dim small target through modified top-hat transformation under the condition of heavy clutter.» *Signal Processing*: 1643-1654.
- Bai, X., Zhou, F., Yongchun, X. and Jin, T. 2008. «Modified Top-hat transformation Based on Contour Structuring Element to Detect Infrared Small Target.» *Industrial Electronics and Applications*. Singapore.
- Bai, X. and Zhou, F. 2010a. «Analysis of new top-hat transformation and the application for infrared dim small target detection.» *Pattern Recognition*: 2145-2156.
- Bai, X. and Zhou, F. 2010b. «Infrared small target enhancement and detection based on modified top-hat transformations.» *Computers and Electrical Engineering* (Elsevier): 1193-1201.
- Barniv, Y. 1990. «Dynamic programming algorithm for detecting dim moving targets.» Böl. Chapter 4, *Multitarget-Multisensor Tracking: Advanced Applications*, düzenleyen: Yaakov Bar-Shalom. Artech House.

- Beecroft, G. D., Duffy, G. L. and Moran, J. W. 2003. «The Executive Guide to Improvement and Change.» (ASQ Quality Press,): 17-19.
- Bertozzi, M., Broggi, A., Fascioli, A., Graf, T. and Meinecke, M. M.. 2004. «Pedestrian detection for driver assistance using multiresolution infrared vision.» *IEEE Transactions on Vehicular Technology* (IEEE) 53, no. 6: 1666-1678.
- Bilgen, M. 1999. «Target detectability in acoustic elastography.» *IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control*: 1128-1133.
- Boers, Y. and Driessen, J. N. 2001. «Particle filter based detection for tracking.» Arlington, VA, USA: Proceedings of the American Control Conference. 4393-4397.
- Boers, Y., Ehlers, F., Koch, W., Luginbuhl, T., Lawrence, D. S. and Streit, R. L. 2008. «Track before Detect Algorithms.» *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Şubat.
- Chen, Z., Wang, G., Liu, J. and Liu, C. 2007. «Small Target Detection Algorithm Based on Average Absolute Difference Maximum and Background Forecast.» *International Journal of Infrared and Millimeter Waves* 28, no. 197.
- Choi, W.C., Heo, A., Lee, J.H. and Park, D.J. 2011. «Design of multiple demeaning filters for small target detection in infrared imageries.» *Proc. SPIE Infrared Technology and Applications XXXVII*.
- Clark, L. G. and Velten, V. J. 1991. «Image characterization for automatic target recognition algorithm evaluations.» *Optical Engineering* 30, February: 147-153.
- Dang, R., Zhang, J., Zhang, Y. and Yang, R. 2011. «Infrared Target Detection Based on Image Entropy.» *IEEE AIMSEC*.
- Davey, S. J., Rutten, M. G., and Cheung, B. 2008. «A Comparison of Detection Performance for Several Track-Before-Detect Algorithms.» *11. International Conference on Information Fusion*. Cologne: IEEE, 1-8.
- Davis, J. and Keck, M. 2005. «A two-stage approach to person detection in thermal imagery.» *Workshop on Applications of Computer Vision*. IEEE OTCBVS WS Series Bench,
- Deng, H., Sun, X., Liu, M., Ye, C. and Zhou, X. 2016. «IR small-target detection using multiscale gray difference weighted image entropy.» *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* (IEEE), Şubat: 60-72.
- Deshpande, S. D., Er, M. H., Ronda, V. and Chan, P. 1999. «MaxMean and Max-Median filter for detection of small-targets.» Denver, Colorado,: Proc. Of SPIE, Signal and Data Processing of small targets, 74-83.

- Diao, W. H. and Mao, X. 2011. «Metrics for performance evaluation of pre-processing algorithms in infrared small target images.» *Progress In Electromagnetics Research* 115: 35-53.
- Diao, W.H., Mao, X., Zheng, H. C., Xue, Y. L. and Gui, V. 2012. «Image sequence measures for automatic target tracking.» *Progress In Electromagnetics Research*, 447-472.
- Edmondson, R., Rodgers, M., Banish, M., Johnson, M. and Ranganath, H. 2008. «Single-Frame Image Processing Techniques for Low-SNR Infrared Imagery.» *SPIE Infrared Technology and Applications XXXIV*.
- Einhauser, W. and König, P. 2003. «Does luminance-contrast contribute to a saliency map for overt visual attention.» *European Journal of Neuroscience* 17: 1089-1097.
- Elazary, L. and Itti, L. 2009. «Interesting Objects Are Visually Salient.» *J. Vision* 8, no. 3: 1-15.
- Fan, X. Y., Pan, B. C., Liang, J. and Huang, Y. H. 2012. «A new preprocessing algorithm for detection of a small dim target in an IR image sequence.» *Proceedings of the 2012 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*. Xian: IEEE.
- Farajzadeh, M. and Mahmoodi, A. 2012. «Detection of Small Target Based on Morphological Filters.» *IEEE ICEE*.
- Florins, D. and Manzanera, A. 2012. «Detection of floating mines in IR sequences by multiscale geometrical filtering.» *Detection and Sensing of Mines, Explosive Objects, and Obscured Targets XVII*. Baltimore: SPIE.
- Gao, C., Zhang, T. and Li, Q. 2012. «Small infrared target detection using sparse ring representation.» *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, March: 21-30.
- Gao, C., Meng, D., Yang, Y., Wang, Y., Zhou, X. and Hauptmann, A. G. 2013. «Infrared patch-image model for small target detection in a single image.» *IEEE Transactions on Image Processing* 22 (December): 4996-5009.
- Goszczyńska, H. 2011. *Object Tracking*. InTech.
- Guo, C., Ma, Q. and Zhang, L. 2008. «Spatio-temporal Saliency Detection Using Phase Spectrum of Quaternion Fourier Transform.» *IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Han, J., Ma, Y., Huang, J., Mei, X. and Ma, J. 2016. «An Infrared Small Target Detecting Algorithm Based on Human Visual System.» *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters (IEEE)*, Mart: 452-456.

- Harel, J., Koch, C. and Perona, P. 2007. «Graph-Based Visual Saliency.» *Proc. Advances in Neural Information Processing Systems*. 681-688.
- Hilliard, C. I. 2000. «Selection of a clutter rejection algorithm for real-time target detection from an airborne platform.» *Signal and Data Processing of Small Targets*.
- Horner, J. L. and Gianino, P. D. 1984. «Phase-only matched filtering.» *Applied optics* 23, no. 6: 812-816.
- Hou, X., Harel, J. and Koch, C. 2012. «Image Signature: Highlighting Sparse Salient Regions.» *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 34 (January): 194-201.
- Hou, X. and Zhang, L. 2007. «Saliency Detection: A Spectral Residual Approach.» *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Itti, L., Koch, C. and Niebur, E. 1998. «A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis.» *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 20: 1254–1259.
- Kim, S. and Lee, J. 2012. «Scale invariant small target detection by optimizing signal-to-clutter ratio in heterogeneous background for infrared search and track.» *Pattern Recognition*, 393-406.
- Kim, S. and Lee, J. 2014. «Small infrared target detection by region-adaptive clutter rejection for sea-based infrared search and track.» *Sensors*, 13210 - 13242.
- Koch, C. and Ullman, S. 1985. «Shifts in Selective Visual Attention: Towards the Underlying Neural Circuitry.» *Human Neurobiology* 4, no. 4: 219-227.
- Lai, J. S., Ford, J. J., O'Shea, P. J., Walker, R. A. and Bosse, M. 2008a. «A Study of Morphological Pre-Processing Approaches for Track-Before-Detect Dim Target Detection.» *2008 Australasian Conference on Robotics & Automation*. Canberra.
- Lai, J. S., Ford, J. J., O'Shea, P. J. and Walker, R. A. 2008b. «Hidden Markov Model Filter Banks for Dim Target Detection from Image Sequences.» *Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*. Canberra, ACT: IEEE, 312-319.
- Lee, H. S., Kim, S., Lee, J. H., Choi, W. C., Park, D. J., Noh, C. K. and Kang, N. 2009. «Development of a demeaning filter for small object detection in infrared images.» in *Proc. SPIE*. I-13.
- Leonov, S. 2001. «Nonparametric method for clutter removal.» *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* 37, no. 3: 832–848.
- Li, L. and Tang, Y. Y. 2006. «Wavelet-Hough transform with applications in edge and target detections.» *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing (IJWMIP)* 4, no. 3: 567-587.

- Li, W. 2009. «Saliency-based automatic target detection in forward looking infrared Images.» *Proc. IEEE Conf. Image Process.* IEEE, 957–960.
- Liu, R., Lu, Y., Chenglong, G. and Liu, Y. 2012. «Infrared point target detection with improved template matching.» *Infrared Physics & Technology* (Elsevier).
- Luo, X. and Wu, X. 2009. «A Novel Fusion Detection Algorithm for Infrared Small Targets.» *IEEE third international symposium on intelligent information technology application.* 427- 430.
- Manke, R. and Jalal, A. S. 2015. «Poisson-distribution-based approach for salient region detection.» *ELECTRONICS LETTERS* 51 (January): 37-38.
- Moon, S., An, S. T., Kim, S. H. and Choi, H. L. 2012. «A Track Before Detect Approach for Strap-Down Image IR Seekers in Dual-Mode-Guided Interceptors.» *Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology.*
- Oppenheim, A. V. and Lim, J. S. 1981. «The importance of phase in signals.» *Proceedings of the IEEE.* 529-541.
- Qi, S., Ma, J. Tao, C., Yang, C. and Jinwean, T. 2013. «A Robust Directional Saliency-Based Method for Infrared Small-Target Detection Under Various Complex Backgrounds.» *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 10 (May): 495-499.
- Ratches, J. A., Lawson, W. R., Ober, L. P., Bergemann, R. J., Cassidy, T. W. and Swenson, J. M. 1973. *NVL static performance model for thermal viewing systems.* U.S. Electronics Command Rep. ECOM 7043.
- Ratches, J. A., Vollmerhausen, R. H. and Driggers, R. G. 2001. «Target Acquisition Performance Modeling of Infrared Imaging Systems: Past, Present, and Future.» *IEEE SENSORS JOURNAL* 1 (June): 31-40.
- Reinagel, P. and Zador, A. M. «Natural scene statistics at the centre of gaze.» *Network*, 1999: 1-10.
- Reynolds, J. H. and Desimone, R. 2003. «Interacting Roles of Attention and Visual Saliency in V4.» *Neuron* 37 (March): 853-863.
- Rosin, P.L. 2009. «A simple method for detecting salient regions.» *Pattern Recognition* 42: 2362-2371.
- Rozovskii, B. and Petrov, A. 1999. «Optimal nonlinear filtering for track-before-detect in IR image sequences.» *SPIE Proceedings: Signal and Data Processing of Small Targets.*, Denver, CO.
- Rutten, M. G., Ristic, B. and Gordon, N. J. 2005a. «A comparison of particle filters for recursive track-before-detect.» Philadelphia, PA, USA,; Fusion 2005: Proceedings of the 8th International Conference on Information Fusion, A6–2.

- Rutten, M. G., Gordon, N. J. and Maskell, S. 2005b. «Recursive track-before-detect with target amplitude fluctuations.» *IEE Proceedings on Radar, Sonar and Navigation*, 345–352.
- Salmond, D. J. and Birch, H. 2001. «A particle filter for track-before-detect.» 3755-3760. Arlington, VA, USA,: Proceedings of the American Control Conference.
- Soni, T., Zeidler, J. R. and Ku, W. H. 1993. «Performance evaluation of 2—D adaptive prediction filters for detection of small objects in image data.» *IEEE Transactions on Image Processing (IEEE)* 2 (July): 327-340.
- Srivastava, H. B., Kumar, V., Verma, H.K., and Sundaram, S.S. 2009. «Image Pre-processing Algorithms for Detection of Small/Point Airborne Targets.» *Defence Science Journal*, March: 166-174.
- Stone, L. D., Barlow, C. A. and Corwin, T. L. 1999. *Bayesian Multiple Target Tracking*. Artech House.
- Sun, J., Zhang, Y., Jiang, L., and Wang, Y. 2008. «Small and Dim Target Detection Based on Motion Integration in Visual Attention Mode.» *IEEE ICSP*.
- Sun, Y. Q., Tian, J. W. and Liu, J. 2005a. «Background suppression based-on wavelet transformation to detect infrared target.» *Proc IEEE Machine Learning and Cybernetics Conf*. 4611 - 4615.
- Sun, S. G., Kwak, D.M., Jang, W.B. and Kim, D.J. 2005b. «Small target detection using center-surround difference with locally adaptive threshold.» *International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*.
- Tewary, S., Akula, A., Ghosh, R., Kumar, S. and Sardana, H. K. 2014. «Hybrid multi-resolution detection of moving targets in infrared imagery.» *Infrared Physics and Technology* (Elsevier), Kasım: 173-183.
- Toet, A. 2011. «Computational versus Psychophysical Bottom-Up Image Saliency- A Comparative Evaluation Study.» *IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence* 33, no. 11.
- Vikram, T. N., Tscherepanow, M. and Wrede, B. 2012. «A saliency based on sampling an image into random rectangular region of interest.» *Pattern Recognition* 45: 3114–3124.
- Wang, K., Liu, Y. and Sun, X. 2009. «Small Moving Infrared Target Detection Algorithm under Low SNR Background.» *IEEE International Conference on Information Assurance and Security*.
- Wang, X., Lv, G. and Xu, L. 2012. «Infrared dim target detection based on visual attention.» *Infrared Physics & Technology* 55: 513–521.
- Wang, Y. L., Dai, J. M., Sun, X. G. ve Wang, Q. 2006. «An efficient method of small targets detection in low SNR.» *Journal of Physics (IOP)* 48: 427–430.

- Warren, R. C. 2002. *A Bayesian Track-before-Detect Algorithm for IR Point Target Detection*. DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory.
- Welvaert, M. and Rosseel, Y. 2013. «On the Definition of Signal-To-Noise Ratio and Contrast-To-Noise Ratio for fMRI Data.» *PLoS ONE* 8, no. 11 (November).
- Wu, B., Ji, H. B. and Guo, H. 2007. «Moving dim target detection of infrared image based on improved power-law detector.» *International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*. Beijing, Chine: IEEE, 1085-1089.
- Xiong, Y., Peng, J.X., Ding, M. and Xue, D.J. 1997. «An Extended Track-Before-Detect Algorithm for Infrared Target Detection.» *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1087-1092.
- Yang, C., Ma, J., Zhang, M., Zheng, S. and Tian, X. 2014. «Multiscale facet model for infrared small target detection.» *Infrared Physics & Technology* (Elsevier) 67 (Kasım): 202-209.
- Yang, L., Yang, J. and Yang, K. 2004. «Adaptive detection for infrared small target under sea-sky complex background.» *Electronics Letters* (IET), August: 1083-1085.
- Yu, Y., Wang, Y. and Zhang, L. 2009. «Pulse Discrete Cosine Transform for Saliency-based Visual Attention.» *IEEE 8th International Conference on Development and Learning*.
- Zeng, M., Li, J. and Peng, Z. 2006. «The design of top-hat morphological filter and application to infrared target detection.» *Infrared Physics & Technology* 48 (Elsevier), 67-76.
- Zhang, B., Zhang, T., Cao, Z. and Zhang, K. 2007. «Fast new small-target detection algorithm based on a modified partial differential equation in infrared clutter.» *Optical Engineering*, October.
- Zhang, G., Yang, C. and Zhang, Y. 2013. «A Track-before-detect Method Based on Particle Filters for Target Detection.» *Journal of Computational Information Systems* 9: 18: 7281-7289.
- Zhao, J., Feng, H., Xu, Z., Li, Q. and Peng, H. 2013. «Real-time automatic small target detection using saliency extraction and morphological theory.» *Optics & Laser Technology* 47: 268–277.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seyit TUNÇ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 26/11/1984

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ankara Gazi Anadolu Lisesi (2002)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü (2006)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı (Eylül 2007 – Temmuz 2010)

Çalıştığı Kurumlar

Kuartet Otomasyon Ltd. Şti (2007-2009)

ROKETSAN A.Ş. (2010-Halen)

Yayımlar (SCI ve diğer)

Tunç, S., Iğın, H. A. 2013. "Motion Estimation and Compensation using Video Object Tracking", Przegład Elektrotechniczny, R.89 NR 2b/2013, pp. 223-227, February.

Ulusal Kongre Sunum

Yardımcı, O., Tunç, S., Ulusoy Parnas, İ. 2015. "Small target detection by morphological operations", IEEE 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Malatya, Turkey, doi:10.1109/SIU.2015.7129865.

Sünnetçioğlu, Ö. F., Tunç, S., Oğur, U. 2007. "Model Unmanned Vehicle", IEEE 15th Signal Processing and Communications Applications (SIU), Eskişehir, Turkey. doi: 10.1109/SIU.2007.4298703.

Uluslararası Kongre Sunum

Yardımcı O., Tunç S., Ulusoy Parnas, İ. 2015. "Performance and time requirement analysis of top-hat transform based small target detection algorithms ", Proc.

SPIE 9476, Automatic Target Recognition XXV, 94760M (May 28);
doi:10.1117/12.2176325; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2176325>

Tunç, S, Ilgin, H. A. 2011. 'Motion Estimation and Compensation for Video Objects',
In Conference Proceedings: The 11th International Conference KTTO 2011,
June, Szczyrk, Poland. ISBN 978-960-474-245-5.

