



Tekstil Kalite Kontrol Sistemi

PDF Rapor Yorumlama için Teknik Veri Sayfası

Tekstil Mühendisliği Çözümleri

Belge Sürümü 1.1.0

Contents

1	Belgeye Genel Bakış	6
1.1	Rapor Yapısı	6
1.2	Durum Renk Kodları	6
1.3	Görsellere Genel Bakış	6
2	Kapak Sayfası Öğeleri	7
2.1	Rapor Meta Verileri	7
2.2	Yönetici Özeti Tablosu	7
3	Renk Uzayı Dönüşümleri	7
3.1	RGB'den XYZ'ye Dönüşüm (sRGB'den CIE XYZ'ye)	7
3.2	XYZ'den Lab*'a Dönüşüm	8
3.3	RGB'den CMYK'ye Dönüşüm	8
4	Renk Farkı Formülleri (ΔE)	8
4.1	CIE76 (ΔE_{76})	8
4.2	CIE94 (ΔE_{94})	9
4.3	CIEDE2000 (ΔE_{00})	9
4.4	CMC (ΔE_{CMC})	9
4.5	ΔE Yorumlama Kılavuzu	10
5	Renk Ölçümleri Tablosu	10
5.1	Renk Ölçümleri Bölümü Nasıl Okunur	10
5.2	RGB Renk Değerleri Tablosu	10
5.3	Lab* Renk Uzayı Değerleri Tablosu	10
5.4	Renk Farkı Metrikleri Tablosu	10

6 Renk Kalite Endeksleri	11
6.1 Tekdüzelik Endeksi (Uniformity Index)	11
6.2 Metamerizm Endeksi (Metamerism Index)	11
6.3 Beyazlık Endeksi (Whiteness Index) (CIE, ISO 11475)	11
6.4 Sarılık Endeksi (Yellowness Index) (ASTM E313)	11
7 Puanlama Sistemi	12
7.1 Renk Skoru	12
7.2 Desen Skoru	12
7.3 Genel Skor	12
7.4 Karar Mantığı	12
8 GÖRSEL 1: Spektral Analiz (Vekil)	12
8.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	12
8.2 Nasıl Hesaplanır	13
8.3 Bu Görsel Nasıl Okunur	13
8.4 Yorumlama Kılavuzu	13
8.5 Sınırlamalar	13
9 GÖRSEL 2: Görsel Fark Analizi	13
9.1 Bölüm A: ΔE_{2000} Isı Haritası	14
9.2 Bölüm B: Mutlak Fark (Gri Tonlamalı)	14
9.3 Bölüm C: Kusur Maskesi (Otsu Eşikleme)	14
9.4 Yorumlama Tablosu	15
10 GÖRSEL 3: Lab* Görselleştirmeleri	15
10.1 Bölüm A: a^*-b^* Dağılım Grafiği	15
10.2 Bölüm B: $L^*a^*b^*$ Bileşen Çubuk Grafiği	16
10.3 Yorumlama Örnekleri	16
11 GÖRSEL 4: Histogramlar (RGB)	17
11.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	17
11.2 RGB Histogramları Nasıl Okunur	17
11.3 Yorumlama Kılavuzu	17
11.4 Yaygın Desenler	17
12 GÖRSEL 5: Fourier Alan Analizi	18
12.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	18
12.2 Nasıl Hesaplanır	18
12.3 Bu Görsel Nasıl Okunur	18
12.4 Yorumlama Kılavuzu	19
12.5 FFT'den Anahtar Metrikler	19
13 GÖRSEL 6: Gabor Filtre Bankası (Montaj)	19
13.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	19
13.2 Gabor Filtreleri Nasıl Çalışır	19
13.3 Bu Görsel Nasıl Okunur	20
13.4 Yorumlama Kılavuzu	20

14 GÖRSEL 7: Gabor Enerji Dağılımı	20
14.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	20
14.2 Bu Grafik Nasıl Okunur	21
14.3 Yorumlama Kılavuzu	21
14.4 Anahtar Metrikler	21
15 GÖRSEL 8: GLCM Doku Özellikleri	21
15.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	21
15.2 GLCM Özellikleri Açıklaması	22
15.3 Bu Grafik Nasıl Okunur	22
15.4 Yorumlama Kılavuzu	22
15.5 Z-Skoru Yorumlama	22
16 GÖRSEL 9: Yerel İkili Desenler (LBP)	23
16.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	23
16.2 LBP Nasıl Çalışır	23
16.3 LBP Haritası Nasıl Okunur	23
16.4 Histogram Nasıl Okunur	23
16.5 Yorumlama Kılavuzu	24
16.6 Mesafe Metrikleri	24
17 GÖRSEL 10: Dalgacık Ayrıştırması (Wavelet Decomposition)	24
17.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	24
17.2 Dalgacık Bantları Açıklaması	24
17.3 Bu Grafikleri Nasıl Okumak	25
17.4 Yorumlama Rehberi	25
17.5 Enerji Oranı	25
18 GÖRSEL 11: Çizgi Açısı Dağılımı	25
18.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	25
18.2 Nasıl Hesaplanır	26
18.3 Bu Grafiği Nasıl Okumak	26
18.4 Yorumlama Rehberi	26
18.5 İlgili Metrikler	26
19 GÖRSEL 12: Kusur Tespiti & Belirginlik Haritası	26
19.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	27
19.2 Belirginlik Haritası Hesaplaması	27
19.3 Her Kısmı Nasıl Okumak	27
19.4 Yorumlama Rehberi	27
19.5 Kusur Kataloğu	27
20 GÖRSEL 13: Desen Tespit Haritaları	28
20.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	28
20.2 Tespit Yöntemi	28
20.3 Bu Görseli Nasıl Okumak	28
20.4 Yorumlama Rehberi	28
21 GÖRSEL 14: Desen Sayısı Karşılaştırması	29
21.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	29
21.2 Bu Grafiği Nasıl Okumak	29
21.3 Durum Belirleme	29

22 GÖRSEL 15: Leke Tespit Sonuçları (Blob Detection)	30
22.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	30
22.2 Tespit Parametreleri	30
22.3 Bu Görseli Nasıl Okumak	30
22.4 Sağlanan Metrikler	30
23 GÖRSEL 16: Anahtar Nokta Eşleştirme Analizi (Keypoint Matching)	31
23.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	31
23.2 Tespit Yöntemleri	31
23.3 Bu Görseli Nasıl Okumak	31
23.4 Sağlanan Metrikler	32
23.5 Yorumlama Rehberi	32
24 GÖRSEL 17: Oto-korelasyon Analizi	32
24.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	32
24.2 Nasıl Hesaplanır	32
24.3 Bu Görseli Nasıl Okumak	33
24.4 Yorumlama Rehberi	33
24.5 Sağlanan Metrikler	33
25 GÖRSEL 18: Mekansal Dağılım Analizi	33
25.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	33
25.2 Nasıl Hesaplanır	34
25.3 Bu Isı Haritalarını Nasıl Okumak	34
25.4 Yorumlama Rehberi	34
25.5 Sağlanan Metrikler	34
26 GÖRSEL 19: Desen Bütünlüğü Değerlendirmesi	35
26.1 Bu Görsel Neyi Gösterir	35
26.2 Bütünlük Bileşenleri	35
26.3 Bu Grafiği Nasıl Okumak	35
26.4 Yorumlama Rehberi	36
26.5 Durum Eşik Değerleri	36
27 GÖRSEL 20: Desen Boyutu Karşılaştırması	36
27.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?	36
27.2 Bu Grafik Nasıl Okunur?	36
27.3 Yorumlama Kılavuzu	37
27.4 Temel İstatistikler	37
28 GÖRSEL 21: Eksik/Fazla Desen Kataloğu	37
28.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?	37
28.2 Algılama Yöntemi	38
28.3 Bu Görsel Nasıl Okunur?	38
28.4 Yorumlama Kılavuzu	38
28.5 Şiddet Sınıflandırması	38
29 GÖRSEL 22: Metamerizm Analizi	39
29.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?	39
29.2 Metamerizm Nedir?	39
29.3 Test Edilen Aydınlatıcılar	39
29.4 Bu Grafik Nasıl Okunur?	39
29.5 Yorumlama Kılavuzu	40

29.6 Temel Çıktı	40
30 Ek: Formüller Hızlı Referans	40
31 Görsel Özet Tablosu	40

1 Belgeye Genel Bakış

Bu veri sayfası, Tekstil Kalite Kontrol Sistemi tarafından oluşturulan **Renk Analizi Raporu** PDF'sinin yorumlanması için eksiksiz teknik referans sağlar.

1.1 Rapor Yapısı

PDF raporu aşağıdaki sırayla düzenlenmiştir:

1. **Kapak Sayfası** - Logo, şirket bilgileri, rapor meta verileri, yönetici özeti
2. **Analiz Ayarları** (isteğe bağlı) - Kullanılan tüm parametreler
3. **Renk Birimi** - Renk ölçümleri ve farkları
4. **Desen Birimi** - Yapısal desen analizi
5. **Gelişmiş Doku Analizi** - FFT, Gabor, GLCM, LBP, Wavelet
6. **Desen Tekrarı Birimi** - Desen sayısı ve bütünlüğü
7. **Spektrofotometre Simülasyonu** - Profesyonel renk metrikleri
8. **Sonuç & Karar** - Nihai öneri

1.2 Durum Renk Kodları

Durum	Renk	Anlamı
BAŞARILI (PASS)	Yeşil	Kabul edilebilir tolerans içinde
KOŞULLU (CONDITIONAL)	Turuncu	Sınırlara yakın, izleme gerektirir
BAŞARISIZ (FAIL)	Kırmızı	Tolerans dışında, işlem gerektirir

1.3 Görsellere Genel Bakış

Rapor 22 görselleştirme görseli içerir. Her biri bu belgede ayrıntılı olarak açıklanmıştır:

Görsel #	Adı	Bölüm
1	Spektral Analiz (Vekil)	Renk Birimi
2	Görsel Fark Analizi	Renk Birimi
3	Lab* Görselleştirmeleri	Renk Birimi
4	Histogramlar (RGB)	Desen Birimi
5	Fourier Alan Analizi	Gelişmiş Doku
6	Gabor Filtre Bankası (Montaj)	Gelişmiş Doku
7	Gabor Enerji Dağılımı	Gelişmiş Doku
8	GLCM Doku Özellikleri	Gelişmiş Doku
9	Yerel İkili Desenler (LBP)	Gelişmiş Doku
10	Wavelet Ayrıştırması	Gelişmiş Doku
11	Çizgi Açısı Dağılımı	Gelişmiş Doku
12	Kusur Tespiti & Öne Çıkarma	Gelişmiş Doku
13	Desen Tespit Haritaları	Desen Tekrarı
14	Desen Sayısı Karşılaştırması	Desen Tekrarı
15	Blob Tespit Sonuçları	Desen Tekrarı
16	Anahtar Nokta Eşleştirme Analizi	Desen Tekrarı

Görsel #	Adı	Bölüm
17	Oto-korelasyon Analizi	Desen Tekrarı
18	Mekansal Dağılım Analizi	Desen Tekrarı
19	Desen Bütünlüğü Değerlendirmesi	Desen Tekrarı
20	Desen Boyutu Karşılaştırması	Desen Tekrarı
21	Eksik/Fazla Desenler Kataloğu	Desen Tekrarı
22	Metamerizm Analizi	Spektrofotometre

2 Kapak Sayfası Öğeleri

2.1 Rapor Meta Verileri

Alan	Açıklama
Rapor Tarihi	Analizin yapıldığı zaman damgası (yapılandırılabilir saat dilimi)
Operatör	Analizi çalıştıran kişinin adı
Analiz ID'si	Benzersiz tanımlayıcı: SPEC_YYYYMMDD_HHMMSS
Yazılım Sürümü	Analiz sisteminin mevcut sürümü

2.2 Yönetici Özeti Tablosu

Yönetici özeti, hızlı BAŞARILI/BAŞARISIZ durumu sağlar:

Metrik	Nasıl Okunur
Renk Skoru	100 üzerinden skor. Yüksek daha iyidir. ≥ 70 tipik olarak BAŞARILI.
Desen Skoru (SSIM)	Yapısal benzerlik %. Yüksek daha iyidir. ≥ 90 tipik olarak BAŞARILI.
ΔE_{2000} (Ortalama)	Renk farkı. Düşük daha iyidir. < 2.0 tipik olarak BAŞARILI.
Genel Skor	Renk ve Desen skorlarının ortalaması.

3 Renk Uzayı Dönüşümleri

3.1 RGB'den XYZ'ye Dönüşüm (sRGB'den CIE XYZ'ye)

Adım 1: sRGB değerlerini doğrusallaştırın

Her kanal için $C \in \{R, G, B\}$:

$$C_{linear} = \begin{cases} \frac{C_{sRGB}/255}{12.92} & \text{eğer } C_{sRGB}/255 \leq 0.04045 \\ \left(\frac{C_{sRGB}/255 + 0.055}{1.055} \right)^{2.4} & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (1)$$

Adım 2: Dönüşüm matrisini uygulayın (D65 aydınlatıcısı)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = 100 \times \begin{bmatrix} 0.4124564 & 0.3575761 & 0.1804375 \\ 0.2126729 & 0.7151522 & 0.0721750 \\ 0.0193339 & 0.1191920 & 0.9503041 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{linear} \\ G_{linear} \\ B_{linear} \end{bmatrix} \quad (2)$$



3.2 XYZ'den Lab*'a Dönüşüm

Adım 1: Oranları hesaplayın

$$X_r = \frac{X}{X_n}, \quad Y_r = \frac{Y}{Y_n}, \quad Z_r = \frac{Z}{Z_n} \quad (3)$$

Burada (X_n, Y_n, Z_n) referans beyaz noktasıdır. D65 için: (95.047, 100.000, 108.883)

Adım 2: f fonksiyonunu uygulayın

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{eğer } t > \delta^3 \\ \frac{t}{3\delta^2} + \frac{4}{29} & \text{aksi halde} \end{cases} \quad \text{burada } \delta = \frac{6}{29} \quad (4)$$

Adım 3: Lab* değerlerini hesaplayın

$$L^* = 116 \cdot f(Y_r) - 16 \quad (5)$$

$$a^* = 500 \cdot (f(X_r) - f(Y_r)) \quad (6)$$

$$b^* = 200 \cdot (f(Y_r) - f(Z_r)) \quad (7)$$

Yorumlama:

- L^* : Açıklık (0 = siyah, 100 = beyaz)
- a^* : Yeşil-Kırmızı eksen (negatif = yeşil, pozitif = kırmızı)
- b^* : Mavi-Sarı eksen (negatif = mavi, pozitif = sarı)

3.3 RGB'den CMYK'ye Dönüşüm

$$K = 1 - \max(R', G', B') \quad \text{burada } R' = R/255, \quad G' = G/255, \quad B' = B/255 \quad (8)$$

$$C = \frac{1 - R' - K}{1 - K}, \quad M = \frac{1 - G' - K}{1 - K}, \quad Y = \frac{1 - B' - K}{1 - K} \quad (9)$$

Değerler raporda yüzde olarak gösterilmek üzere 100 ile çarpılır.

4 Renk Farkı Formülleri (ΔE)

4.1 CIE76 (ΔE_{76})

Lab* uzayında en basit Öklid mesafesi:

$$\Delta E_{76} = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (10)$$

Ne zaman kullanılır: Hızlı değerlendirme, geçmiş veri karşılaştırması.

4.2 CIE94 (ΔE_{94})

Ağırlık faktörleriyle geliştirilmiş formül:

$$\Delta E_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H \cdot S_H}\right)^2} \quad (11)$$

Burada:

$$S_L = 1 \quad (12)$$

$$S_C = 1 + K_1 \cdot C_1^* \quad (K_1 = 0.045) \quad (13)$$

$$S_H = 1 + K_2 \cdot C_1^* \quad (K_2 = 0.015) \quad (14)$$

Kroma (Chroma): $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$

Ton farkı (Hue difference): $\Delta H_{ab}^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} - \Delta C^{*2}}$

4.3 CIEDE2000 (ΔE_{00})

En doğru ve önerilen formül:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}} \quad (15)$$

Temel düzeltmeler:

- G faktörü: Nötr renklerde a^{*} 'ı ayarlar
- T faktörü: Tona bağlı algıyı hesaba katar
- R_T : Mavi bölge için rotasyon terimi

Değiştirilmiş a' :

$$a' = (1 + G) \cdot a^* \quad \text{burada } G = 0.5 \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}} \right) \quad (16)$$

4.4 CMC (ΔE_{CMC})

1:c oranıyla Renk Ölçüm Komitesi formülü (tipik olarak 2:1 veya 1:1):

$$\Delta E_{CMC} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{l \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{c \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{S_H}\right)^2} \quad (17)$$

Burada:

$$S_L = \begin{cases} 0.511 & \text{eğer } L^* < 16 \\ \frac{0.040975 \cdot L^*}{1 + 0.01765 \cdot L^*} & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (18)$$

$$S_C = \frac{0.0638 \cdot C_1^*}{1 + 0.0131 \cdot C_1^*} + 0.638 \quad (19)$$

4.5 ΔE Yorumlama Kılavuzu

ΔE Değeri	Yorumlama
< 1.0	İnsan gözü tarafından algılanamaz
$1.0 - 2.0$	Yakından gözlem ile algılanabilir
$2.0 - 3.5$	Bir bakışta algılanabilir
$3.5 - 5.0$	Açık fark edilebilir fark
> 5.0	Renkler benzerden çok farklı görünür

Sistemdeki varsayılan eşikler:

- BAŞARILI: $\Delta E < 2.0$
- KOŞULLU: $2.0 \leq \Delta E \leq 3.5$
- BAŞARISIZ: $\Delta E > 3.5$

5 Renk Ölçümleri Tablosu

5.1 Renk Ölçümleri Bölümü Nasıl Okunur

Sistem, görüntü genelinde ızgara deseninde 5 nokta örnekler:

$$\text{Izgara pozisyonları: } (y, x) = (0.2h + 0.15ih, 0.2w + 0.15iw) \quad i \in \{0, 1, 2, 3, 4\} \quad (20)$$

5.2 RGB Renk Değerleri Tablosu

Sütun	Açıklama
Bölge (Region)	Örnek nokta numarası (1-5)
Pozisyon (Position)	(x, y) piksel koordinatları
Ref R/G/B	Referans görüntü RGB değerleri (0-255)
Test R/G/B	Örnek görüntü RGB değerleri (0-255)

Okuma ipucu: Ref ve Test sütunlarını karşılaştırm. Büyük farklar o noktada renk sapması gösterir.

5.3 Lab* Renk Uzayı Değerleri Tablosu

Sütun	Açıklama
Ref/Test L^*	Açıklık (0-100). Yüksek = daha açık.
Ref/Test a^*	Yeşil-Kırmızı eksen. Negatif = yeşil, Pozitif = kırmızı.
Ref/Test b^*	Mavi-Sarı eksen. Negatif = mavi, Pozitif = sarı.

5.4 Renk Farkı Metrikleri Tablosu

Her örnek noktasında ΔE 'yi gösterir:

Sütun	Açıklama
ΔE_{76}	CIE76 renk farkı (en basit)
ΔE_{94}	CIE94 renk farkı (geliştirilmiş)
ΔE_{2000}	CIEDE2000 renk farkı (en doğru)
Durum (Status)	ΔE_{2000} 'e göre BAŞARILI/KOŞULLU/BAŞARISIZ

6 Renk Kalite Endeksleri

6.1 Tekdüzelik Endeksi (Uniformity Index)

Rengin örnek genelinde ne kadar tutarlı olduğunu ölçer:

$$\text{Tekdüzelik Endeksi} = \max(0, 100 - \sigma_{\Delta E} \times k) \quad (21)$$

Burada:

- $\sigma_{\Delta E}$ = Pikseller arasında ΔE değerlerinin standart sapması
- k = Tekdüzelik çarpanı (varsayılan: 10)

Yorumlama:

- ≥ 85 : Mükemmel tekdüzelik (BAŞARILI)
- $70 - 85$: Kabul edilebilir (KOŞULLU)
- < 70 : Zayıf tekdüzelik (BAŞARISIZ)

6.2 Metamerizm Endeksi (Metamerism Index)

Farklı aydınlatıcılar altında renk tutarlılığını ölçer (D65, TL84, A):

$$\text{Metamerizm Endeksi} = 10 \times \sigma(\Delta E_{D65}, \Delta E_{TL84}, \Delta E_A) \quad (22)$$

Yorumlama:

- < 2.0 : Düşük metamerizm (BAŞARILI)
- $2.0 - 5.0$: Orta düzey metamerizm (KOŞULLU)
- > 5.0 : Yüksek metamerizm riski (BAŞARISIZ)

6.3 Beyazlık Endeksi (Whiteness Index) (CIE, ISO 11475)

Beyaz/beyaza yakın örnekler için:

$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \quad (23)$$

Burada (x, y) kromatiklik koordinatları ve $(x_n, y_n) = (0.3138, 0.3310)$ D65/10° için.

Ton (Tint):

$$T = 900(x_n - x) - 650(y_n - y) \quad (24)$$

6.4 Sarılık Endeksi (Yellowness Index) (ASTM E313)

$$YI = 100 \times \frac{C_x \cdot X - C_z \cdot Z}{Y} \quad (25)$$

Burada $C_x = 1.3013$ ve $C_z = 1.1498$ D65/10° için.

7 Puanlama Sistemi

7.1 Renk Skoru

$$\text{Renk Skoru} = \max(0, 100 - \Delta E_{76} \times k_c) \quad (26)$$

Burada:

- ΔE_{76} = Ortalama CIE76 renk farkı
- k_c = Renk skoru çarpanı (varsayılan: 20)

7.2 Desen Skoru

$$\text{Desen Skoru} = \text{SSIM} \times 100 \quad (27)$$

Burada SSIM, Yapısal Benzerlik Endeksi'dir (Bölüm ??'e bakınız).

7.3 Genel Skor

$$\text{Genel Skor} = \frac{\text{Renk Skoru} + \text{Desen Skoru}}{2} \quad (28)$$

7.4 Karar Mantığı

Karar	Kriterler
KABUL ET	Renk Skoru ≥ 70 VE Desen Skoru ≥ 90 VE Desen Tekrarı TAMAM
KOŞULLU KABUL REDDET	Genel Skor ≥ 70 VEYA Desen Tekrarı = KOŞULLU Aksi halde

8 GÖRSEL 1: Spektral Analiz (Vekil)

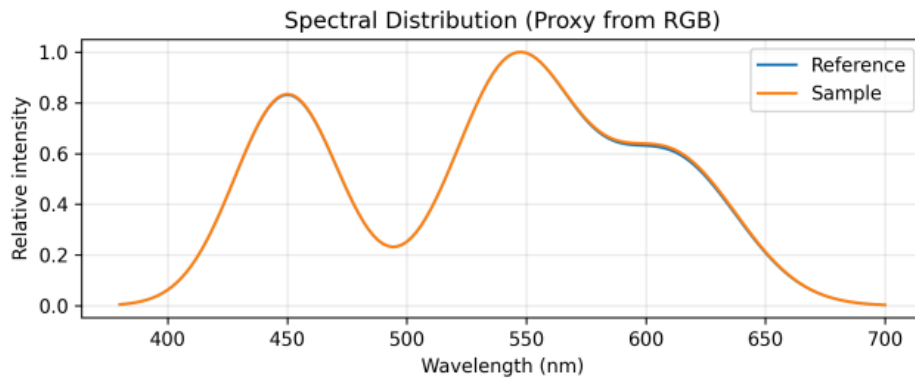


Figure 1: Spektral Analiz (RGB'den Vekil)

8.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Bu grafik, RGB değerlerinden yaklaşık spektral yansıma eğrilerini gösterir. RGB görüntüler gerçek spektral veri içermediğinden, sistem birincil dalga boylarında merkezlenmiş Gauss fonksiyonlarını kullanarak bir vekil oluşturur.

8.2 Nasıl Hesaplanır

Vekil eğri üç Gauss fonksiyonundan oluşturulur:

$$\text{Kırmızı temeli: } G_R(\lambda) = e^{-0.5((\lambda-610)/28)^2} \quad (29)$$

$$\text{Yeşil temeli: } G_G(\lambda) = e^{-0.5((\lambda-545)/25)^2} \quad (30)$$

$$\text{Mavi temeli: } G_B(\lambda) = e^{-0.5((\lambda-450)/22)^2} \quad (31)$$

Birleştirilmiş eğri:

$$S(\lambda) = \frac{R \cdot G_R(\lambda) + G \cdot G_G(\lambda) + B \cdot G_B(\lambda)}{\max} \quad (32)$$

8.3 Bu Görsel Nasıl Okunur

- **X eksen:** Nanometre cinsinden dalga boyu (380-700nm görünür spektrum)
- **Y eksen:** Göreceli yoğunluk (0-1 normalize edilmiş)
- **Yeşil çizgi:** Referans örnek spektral vekili
- **Kırmızı/Turuncu çizgi:** Test örneği spektral vekili

8.4 Yorumlama Kılavuzu

Gözlemlenen Desen	Yorumlama
Çizgiler yakından örtüşüyor	Renkler spektrum genelinde iyi eşleşiyor
Tepe sola/sağa kaymış	Ton farkı (renk kayması)
Tepe yüksekliği farkı	Doygunluk/yoğunluk farkı
Farklı tepe genişlikleri	Bir örnek daha saf/dar renge sahip
Birden fazla tepe hizasız	Karmaşık renk uyumsuzluğu
Mavi bölge (400-500nm) farkı	Mavi/mor ton varyasyonu
Yeşil bölge (500-570nm) farkı	Yeşil ton varyasyonu
Kırmızı bölge (600-700nm) farkı	Kırmızı/turuncu ton varyasyonu

8.5 Sınırlamalar

Bu sadece bir **yaklaşımdır**. Gerçek spektral analiz için CSV formatında spektrofotometre verisi kullanın. RGB kameralar, bir spektrofotometrenin sağladığı tam spektral bilgiyi yakalayamaz.

9 GÖRSEL 2: Görsel Fark Analizi

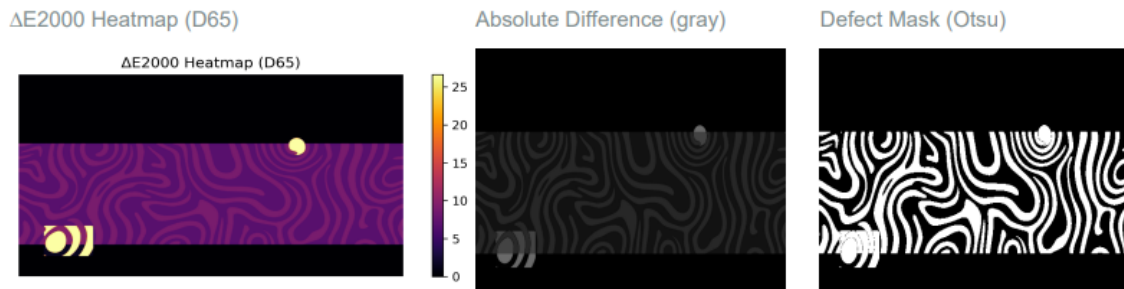


Figure 2: Görsel Fark Analizi (3 birleştirilmiş görsel)

Bu görsel birlikte birleştirilmiş üç görselleştirme içerir:

9.1 Bölüm A: ΔE_{2000} Isı Haritası

Neyi gösterir: CIEDE2000 formülünü kullanarak piksel piksel renk farkı haritası.

Renk skalası (Inferno renk haritası):

- **Siyah/Koyu mor:** Düşük ΔE (< 1) - Mükemmel eşleşme
- **Kırmızı/Turuncu:** Orta ΔE (1-3) - Algılanabilir fark
- **Sarı/Beyaz:** Yüksek ΔE (> 3) - Önemli fark

Nasıl okunur:

- **Sıcak noktaları** (parlak alanlar) arayın - bunlar renk sorunlarını gösterir
- Tekdüze koyu renk = tutarlı renk eşleşmesi
- Parlak alan desenleri sistematik sorunları gösterebilir
- Kenar yapay kusurları normaldir ve göz ardı edilebilir

9.2 Bölüm B: Mutlak Fark (Gri Tonlamalı)

Neyi gösterir: Gri tonlamalıda basit piksel piksel mutlak fark.

$$D(x, y) = |I_{ref}(x, y) - I_{rnek}(x, y)| \quad (33)$$

Nasıl okunur:

- **Siyah pikseller:** Fark yok (mükemmel eşleşme)
- **Gri pikseller:** Biraz fark var
- **Beyaz pikseller:** Maksimum fark

9.3 Bölüm C: Kusur Maskesi (Otsu Eşikleme)

Neyi gösterir: Otomatik eşikleme kullanarak potansiyel kusurları vurgulayan ikili maske.

Nasıl okunur:

- **Siyah alanlar:** Normal (eşik içinde)
- **Beyaz alanlar:** Potansiyel kusurlar veya önemli farklar

Kusur Yoğunluğu hesaplaması:

$$\text{Kusur Yoğunluğu} = \frac{\text{Beyaz pikseller}}{\text{Toplam pikseller}} \times 10000 \quad (34)$$

9.4 Yorumlama Tablosu

Gözlemlenen Desen	Olası Sebep / İşlem
Tekdüze hafif fark	Normal süreç varyasyonu - izleyin
Merkezdeki sıcak noktalar	Düzensiz boyama - banyo sirkülasyonunu kontrol edin
Kenarlardaki sıcak noktalar	Kenar etkileri - analizden hariç tutmak gerekebilir
Çizgiler veya hatlar	Baskı kafası sorunları veya kumaş gerginlik problemleri
Rastgele dağınık noktalar	Kontaminasyon veya lif düzensizliği
Büyük parlak bölgeler	Büyük renk uyumsuzluğu - reddedin ve araştırın

10 GÖRSEL 3: Lab* Görselleştirmeleri

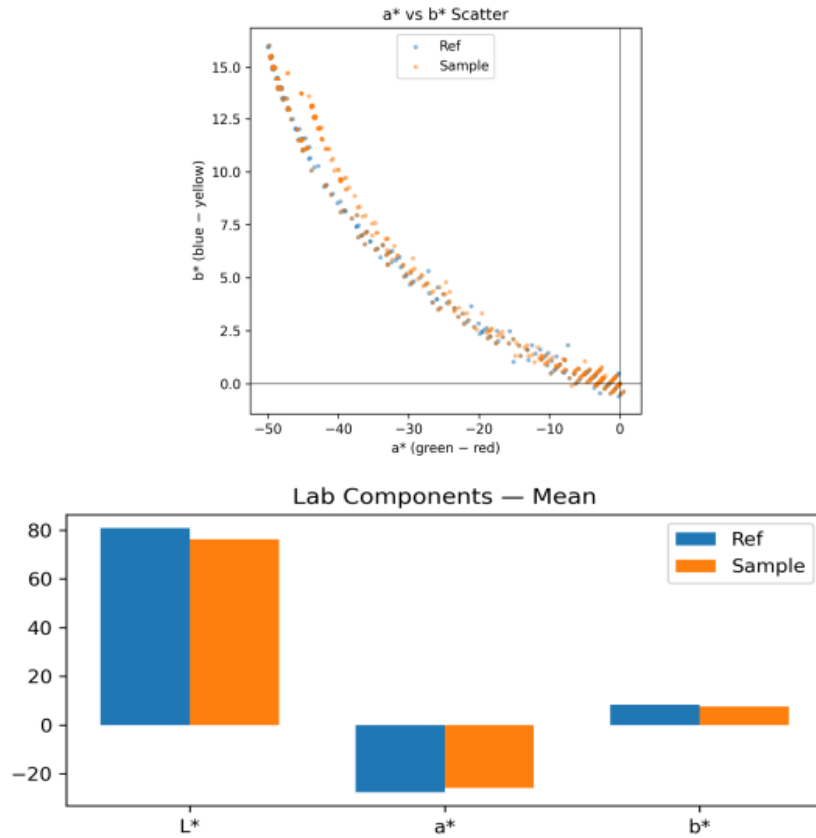


Figure 3: Lab* Görselleştirmeleri (2 birleştirilmiş görsel)

Bu görsel iki Lab* renk uzayı görselleştirmesi içerir:

10.1 Bölüm A: a*-b* Dağılım Grafiği

Neyi gösterir: Kromatik düzlemde (a^* - b^*) renklerin dağılımı.

Eksen anlamları:

- **Yatay (a^*):** Yeşil (-) ile Kırmızı (+) arası

- **Dikey (b^*):** Mavi (–) ile Sarı (+) arası
- **Orijin (0,0):** Nötr gri (renk yok)

Nokta renkleri:

- **Yeşil noktalar:** Referans örnek pikselleri
- **Kırmızı noktalar:** Test örneği pikselleri

Nasıl okunur:

- **Örtüşen bulutlar:** İyi renk eşleşmesi
- **Ayrılmış bulutlar:** Renk kayması (ton farkı)
- **Bulut şekli farkı:** Farklı renk dağılımı/doygunluğu
- **Orijinden uzaklık:** Kroma (renk yoğunluğu)

10.2 Bölüm B: $L^*a^*b^*$ Bileşen Çubuk Grafiği

Neyi gösterir: Referans - Örnek için her Lab^* bileşeninin ortalama değerleri.

Çubuklar:

- **Sol çubuk (her çift):** Referans
- **Sağ çubuk (her çift):** Örnek

Nasıl okunur:

- Her bileşen için çubuk yüksekliklerini karşılaştırın
- L^* farkı: Örnek daha açık/koyu
- a^* farkı: Örnek daha kırmızı/yeşil
- b^* farkı: Örnek daha sarı/mavi

10.3 Yorumlama Örnekleri

Gözlem	Anlam
Örnek L^* daha yüksek	Örnek referanstan daha açık
Örnek a^* daha pozitif	Örnek daha kırmızı/daha az yeşil
Örnek b^* daha negatif	Örnek daha mavi/daha az sarı
Her iki bulut da orijine yakın	Nötr/gri renkler
Büyük bulut yayılımı	Örnekte yüksek renk varyasyonu

11 GÖRSEL 4: Histogramlar (RGB)

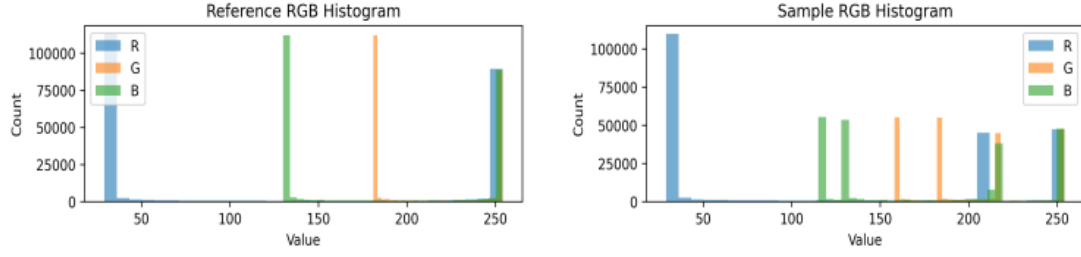


Figure 4: RGB Histogramları (2 birleştirilmiş görsel: Referans ve Örnek)

11.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Her renk kanalında piksel değerlerinin dağılımını gösteren yan yana RGB histogramları.

11.2 RGB Histogramları Nasıl Okunur

Her histogram için:

- **X eksen:** Piksel değeri (0-255)
- **Y eksen:** Sayı (o değere sahip piksel sayısı)
- **Kırmızı çizgi:** Kırmızı kanal dağılımı
- **Yeşil çizgi:** Yeşil kanal dağılımı
- **Mavi çizgi:** Mavi kanal dağılımı

11.3 Yorumlama Kılavuzu

Desen	Yorumlama
Her ikisinde de benzer şekiller	İyi renk üretimi
Tepe pozisyonu kayması	Renk eğilimi/kalıbı
Daha dar dağılım	Daha tekdüze renk
Daha geniş dağılım	Daha fazla renk varyasyonu
0 veya 255'te kırılma	Yetersiz/aşırı pozlama veya doygunluk
Çoklu tepeler	Çok renkli örnek veya desen
Referans-Örnek karşılaştırması:	
Aynı tepe pozisyonları	Eşleşen renkler
Örnek tepeleri sağa kaymış	Örnek daha parlak
Örnek tepeleri sola kaymış	Örnek daha koyu
Kanal oranı değişimi	Ton kayması

11.4 Yaygın Desenler

- **Tüm kanallar hizalı:** Nötr/gri örnek
- **Kırmızı baskın:** Sıcak tonlar

- **Mavi baskın:** Soğuk tonlar
- **Keskin tek tepe:** Tekdüze düz renk
- **Geniş dağılım:** Karmaşık/çeşitli renkler

12 GÖRSEL 5: Fourier Alan Analizi

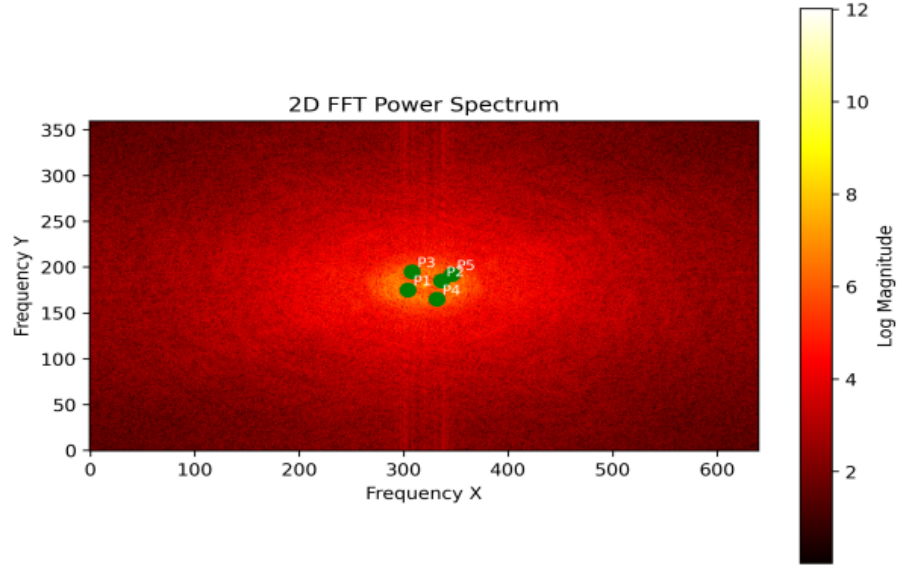


Figure 5: 2D FFT Güç Spektrumu

12.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

2D Hızlı Fourier Dönüşümü güç spektrumu, kumaş dokusundaki periyodik yapıları ve yönlü desenleri ortaya çıkarır.

12.2 Nasıl Hesaplanır

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot e^{-i2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (35)$$

Güç spektrumu (görünürlük için logaritmik ölçek):

$$P(u, v) = \log(|F(u, v)| + 1) \quad (36)$$

12.3 Bu Görsel Nasıl Okunur

- **Merkez:** DC bileşeni (ortalama parlaklık) - maskelenmiş
- **Merkezden uzaklık:** Frekans (uzak = daha ince detay)
- **Merkezden açı:** Desenin yönü
- **Parlak noktalar:** Baskın frekanslar (periyodik desenler)
- **Yeşil işaretçiler (P1, P2, vb.):** Tespit edilen tepeler

12.4 Yorumlama Kılavuzu

Gözlemlenen Desen	Yorumlama
Sadece merkezi parlak nokta	Periyodik desen yok (rastgele doku)
Simetrik parlak noktalar	Düzenli tekrarlayan desen
Yatay çizgideki noktalar	Kumaşta dikey çizgiler
Dikey çizgideki noktalar	Kumaşta yatay çizgiler
45° açılardaki noktalar	Diagonal desen (dimi dokuma)
Halka deseni	Belirli frekanstaki desen
Yıldız/haç deseni	Izgara veya satranç tahtası deseni
Dağınık parlama	Rastgele doku, baskın periyot yok

12.5 FFT'den Anahtar Metrikler

Metrik	Anlam
Temel Periyot	Piksel cinsinden tekrar mesafesi: $\frac{\min(H,W)}{r_{tepe}}$
Baskın Yönelim	Desenin ana yönü (derece)
Anizotropi Oranı	Desenin ne kadar yönlü olduğu (yüksek = daha yönlü)

13 GÖRSEL 6: Gabor Filtre Bankası (Montaj)

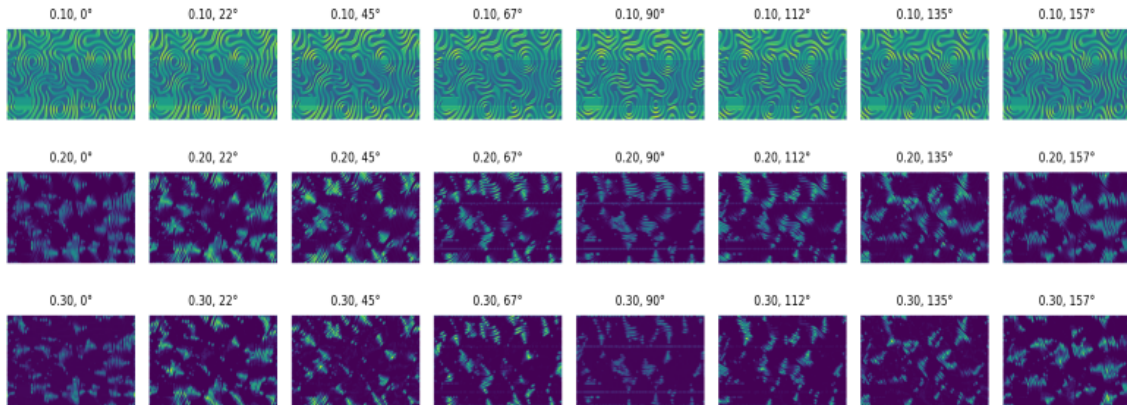


Figure 6: Gabor Filtre Bankası Yanıtları (24 küçük görsel)

13.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Farklı frekanslarda ve yönlerde Gabor filtrelerinden doku yanıtlarının montajı.

13.2 Gabor Filtreleri Nasıl Çalışır

Gabor filtresi:

$$g(x, y; \lambda, \theta, \sigma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(\frac{2\pi x'}{\lambda}\right) \quad (37)$$

Burada:

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (38)$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (39)$$

13.3 Bu Görsel Nasıl Okunur

Izgara organizasyonu:

- **Satırlar:** Farklı frekanslar (ince ile kaba arası)
- **Sütunlar:** Farklı yönelimler (0° ile 157.5° arası)
- **Her hücre:** Filtre yanıtı (enerji haritası)

Hücre parlaklığı:

- **Parlak alanlar:** Güçlü yanıt (desen filtreyle eşleşiyor)
- **Koyu alanlar:** Zayıf yanıt (eşleşen desen yok)

13.4 Yorumlama Kılavuzu

Gözlemlenen Desen	Yorumlama
Bir hücre çok daha parlak	O frekans/yönelimde baskın doku
Tüm satır parlak	Belirli frekanstaki desen
Tüm sütun parlak	Belirli yönelimdeki desen
Tüm hücreler benzer	İzotropik (yönsüz) doku
Diagonal parlak desen	Açılı dokuma yapısı
Satranç tahtası parlaklığı	Karmaşık çok ölçekli desen

14 GÖRSEL 7: Gabor Enerji Dağılımı

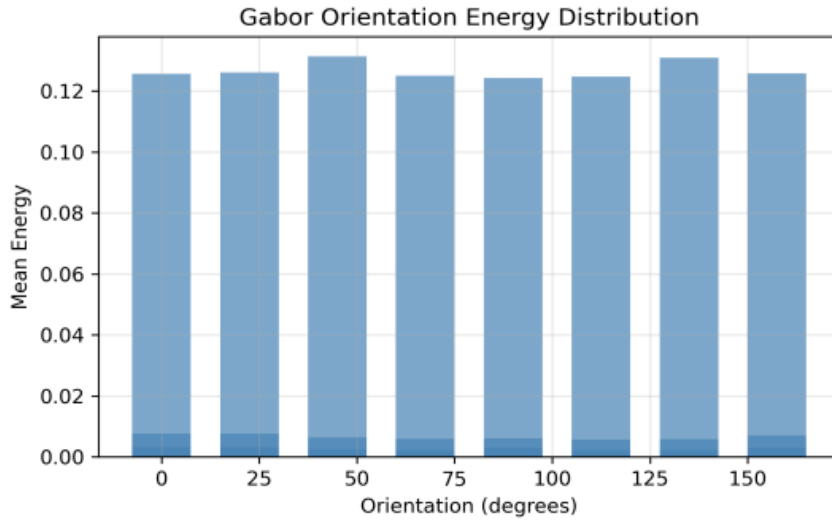


Figure 7: Gabor Yönelim Enerji Dağılımı

14.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Tüm frekanslar genelinde her yönelim açısındaki ortalama enerji yanıtını gösteren çubuk grafiği.

14.2 Bu Grafik Nasıl Okunur

- **X eksen:** Yönelim açısı (derece, 0° ile 180° arası)
- **Y eksen:** Ortalama enerji yanıtı
- **Daha uzun çubuklar:** O yönelimde daha güçlü desen

14.3 Yorumlama Kılavuzu

Gözlemlenen Desen	Yorumlama
Tek baskın tepe	Güçlü yönlü desen (örn. çizgiler)
90° arayla iki tepe	İzgara veya çapraz tarama deseni
Düz dağılım	İzotropik doku (tercih edilen yön yok)
0°'de tepe	Dikey desen baskın
90°'de tepe	Yatay desen baskın
45°/135°'de tepe	Diyagonal desen (dimi dokuma)

14.4 Anahtar Metrikler

- **Baskın Yönelim:** En yüksek enerjiye sahip açı
- **Tutarlılık:** $\frac{\max(\text{enerji})}{\text{ort}(\text{enerji})}$ - yüksek daha yönlü demektir

15 GÖRSEL 8: GLCM Doku Özellikleri

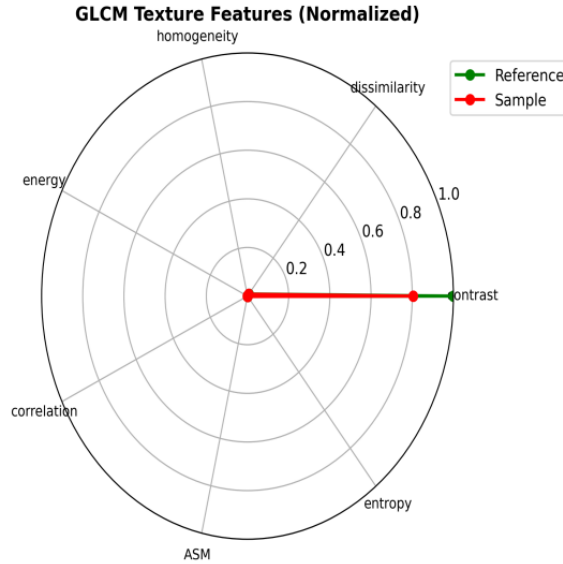


Figure 8: GLCM Doku Özellikleri (Radar Grafiği)

15.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Referans ve Örnek arasında GLCM doku özelliklerini karşılaştıran radar (örümcek ağı) grafiği.

15.2 GLCM Özellikleri Açıklaması

Özellik	Neyi Ölçer
Kontrast (Contrast)	Yerel varyasyon miktarı. Yüksek = yüksek doku kontrastı.
Benzemezlik (Dissimilarity)	Komşu pikseller arası fark.
Homojenlik (Homogeneity)	Diyagonale yakınlık. Yüksek = tekdüze doku.
Enerji (Energy/ASM)	Tekdüzelik/düzenlilik. Yüksek = düzenli desen.
Korelasyon (Correlation)	Gri seviyelerin doğrusal bağımlılığı.
Entropi (Entropy)	Rastgelelik/karmaşıklık. Yüksek = karmaşık doku.

15.3 Bu Grafik Nasıl Okunur

- **Yeşil çokgen:** Referans örnek
- **Kırmızı çokgen:** Test örneği
- **Her eksen:** Bir GLCM özelliği (0-1 normalize edilmiş)
- **Merkezden uzaklık:** Özellik değeri

15.4 Yorumlama Kılavuzu

Gözlem	Yorumlama
Şekiller örtüşüyor	Benzer doku özellikleri
Yeşil kontrasta göre daha büyük	Referans daha fazla doku kontrastına sahip
Kırmızı homojenlikte daha büyük	Örnek daha tekdüze
Kırmızı entropide daha büyük	Örnek daha karmaşık/rastgele
Farklı şekiller	Temel olarak farklı dokular

15.5 Z-Skoru Yorumlama

Tablo ayrıca her özellik için z-skorları gösterir:

$$z = \frac{\text{Örnek değeri} - \text{Referans değeri}}{\text{tipik std}} \quad (40)$$

- $|z| < 2$: Benzer dokular
- $2 \leq |z| < 3$: Orta düzey fark
- $|z| \geq 3$: Önemli fark

16 GÖRSEL 9: Yerel İkili Desenler (LBP)

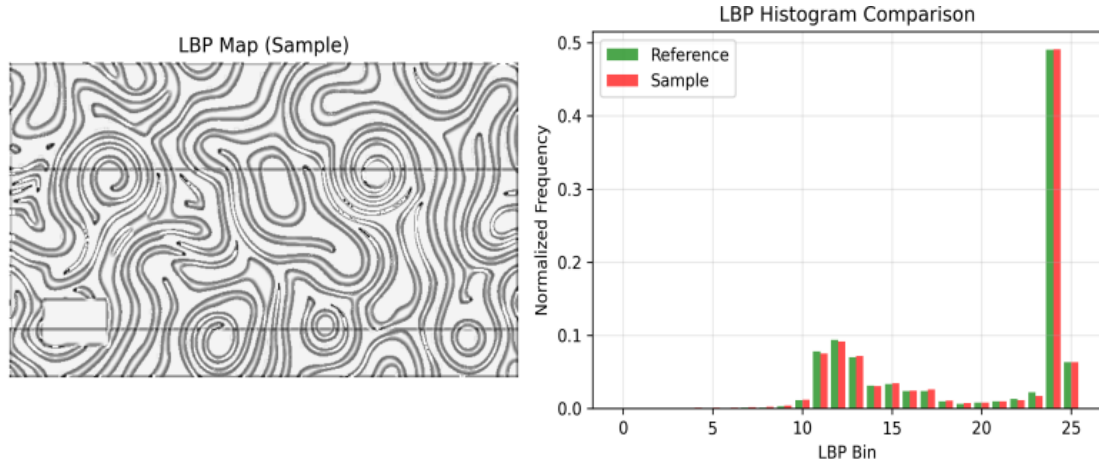


Figure 9: LBP Haritası ve Histogram Karşılaştırması (2 birleştirilmiş görsel)

16.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Bölüm A: Örnek görüntünün LBP doku haritası

Bölüm B: Referans ve Örnek arasında LBP desenlerinin histogram karşılaştırması

16.2 LBP Nasıl Çalışır

Her piksel için, R yarıçapında P komşu ile karşılaştırın:

$$\text{LBP}_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) \cdot 2^p \quad (41)$$

Burada $x \geq 0$ ise $s(x) = 1$, aksi halde 0.

Varsayılan parametreler: $P = 24$ komşu, $R = 3$ piksel yarıçapı.

16.3 LBP Haritası Nasıl Okunur

- Farklı gri seviyeler = farklı yerel doku desenleri
- Tekdüze alanlar = tutarlı doku
- Değişken alanlar = karmaşık doku
- Kenarlar belirli LBP değerleri olarak görünür

16.4 Histogram Nasıl Okunur

- **X eksen:** LBP bölmesi (desen tipi)
- **Y eksen:** Normalize edilmiş frekans
- **Yeşil çubuklar:** Referans
- **Kırmızı çubuklar:** Örnek

16.5 Yorumlama Kılavuzu

Gözlem	Yorumlama
Histogramlar örtüşüyor	Çok benzer dokular
Farklı tepe pozisyonları	Farklı baskın desenler
Daha geniş histogram	Daha fazla doku çeşitliliği
Dar histogram	Daha tekdüze doku

16.6 Mesafe Metrikleri

- **Ki-kare mesafesi:** $\chi^2 = \frac{1}{2} \sum_i \frac{(h_1(i) - h_2(i))^2}{h_1(i) + h_2(i)}$
- **Bhattacharyya mesafesi:** $D_B = -\ln \sum_i \sqrt{h_1(i) \cdot h_2(i)}$

Düşük değerler = daha benzer dokular.

17 GÖRSEL 10: Dalgacık Ayrıştırması (Wavelet Decomposition)

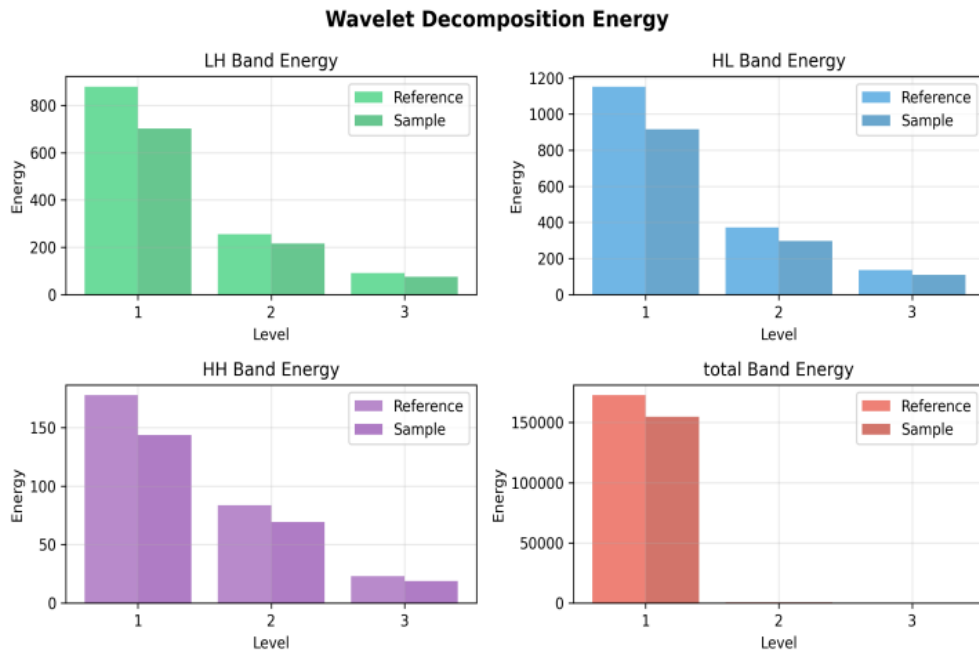


Figure 10: Dalgacık Enerjisi Karşılaştırması (4 birleştirilmiş grafik)

17.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Farklı dalgacık ayrıştırma seviyelerinde ve frekans bantlarında enerji dağılımı.

17.2 Dalgacık Bantları Açıklaması

Bant	Ne Yakalar
LL	Düşük frekans (yaklaşıkla) - genel yapı
LH	Yatay detaylar (dikey kenarlar)
HL	Dikey detaylar (yatay kenarlar)
HH	Çapraz detaylar

17.3 Bu Grafikleri Nasıl Okumak

- **X-ekseni:** Ayırıştırma seviyesi (1 = en ince, 3 = en kaba)
- **Y-ekseni:** Enerji değeri
- **Renkli çubuklar:** Referans (açık) - Numune (koyu)

17.4 Yorumlama Rehberi

Gözlem	Yorumlama
Benzer çubuk yükseklikleri	O ölçekte eşleşen doku
Numune LH daha yüksek	Numunede daha fazla yatay detay
Numune HL daha yüksek	Numunede daha fazla dikey detay
Numune HH daha yüksek	Numunede daha fazla çapraz doku
Seviye 1'de daha yüksek	İnce detay farkı
Seviye 3'te daha yüksek	Kaba yapı farkı

17.5 Enerji Oranı

Her bant için:

$$\text{Oran} = \frac{E_{\text{numune}}}{E_{\text{referans}}} \quad (42)$$

- Oran ≈ 1.0 : Benzer doku enerjisi
- Oran > 1.0 : Numunede o ölçekte daha fazla doku
- Oran < 1.0 : Numunede o ölçekte daha az doku

18 GÖRSEL 11: Çizgi Açısı Dağılımı

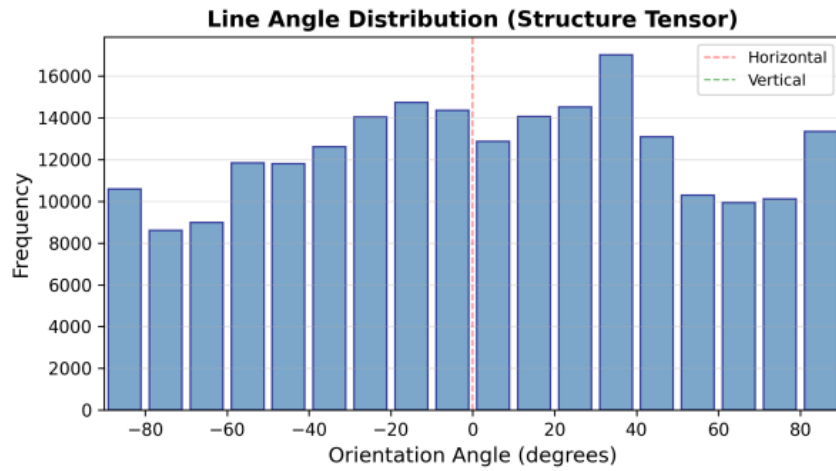


Figure 11: Çizgi Açısı Dağılımı (Yapı Tensörü - Structure Tensor)

18.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Yapı tensöründen hesaplanan yerel yönelim açılarının histogramı.

18.2 Nasıl Hesaplanır

Yapı tensörü:

$$J = \begin{bmatrix} \langle I_x^2 \rangle & \langle I_x I_y \rangle \\ \langle I_x I_y \rangle & \langle I_y^2 \rangle \end{bmatrix} \quad (43)$$

Yönelim:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2\langle I_x I_y \rangle}{\langle I_x^2 \rangle - \langle I_y^2 \rangle} \right) \quad (44)$$

18.3 Bu Grafiği Nasıl Okumak

- **X-ekseni:** Yönelim açısı (-90° ile $+90^\circ$ arası)
- **Y-ekseni:** Frekans (o açıdaki piksel sayısı)
- **Referans çizgileri:** 0° (yatay) ve $\pm 90^\circ$ (dikey)

18.4 Yorumlama Rehberi

Desen	Yorumlama
0° 'de tepe	Baskın yatay yapılar
$\pm 90^\circ$ 'de tepe	Baskın dikey yapılar
45° veya -45° 'de tepe	Çapraz desen (dimi örgü - twill weave)
Düz dağılım	İzotropik doku (tercih edilen yön yok)
Çoklu tepe	Çoklu yönelimler (karışık örgü)
Keskin tek tepe	Güçlü yönlü doku

18.5 İlgili Metrikler

- **Ortalama Tutarlılık (Mean Coherency):** Yönelimin ne kadar iyi tanımlı olduğu (0-1)
- **HOG Kenar Yoğunluğu (HOG Edge Density):** Genel kenar yapısı miktarı

19 GÖRSEL 12: Kusur Tespiti & Belirginlik Haritası

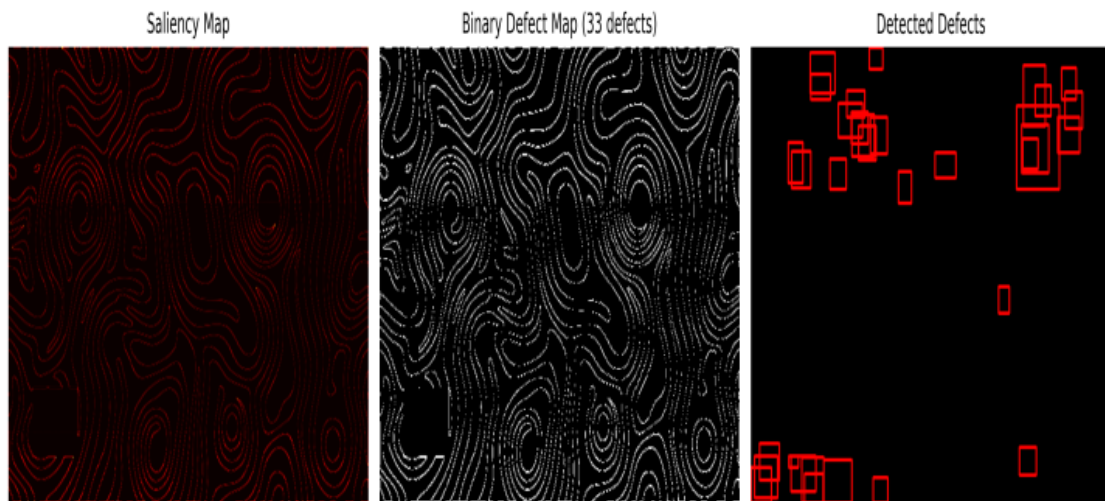


Figure 12: Kusur Tespiti (3 birleştirilmiş görsel)

19.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Kusur tespiti için üç görselleştirme:

- **Kısım A:** Belirginlik Haritası (Saliency Map - ısı haritası)
- **Kısım B:** İkili Kusur Haritası (Binary Defect Map)
- **Kısım C:** Tespit Edilen Kusurlar Bindirmesi

19.2 Belirginlik Haritası Hesaplaması

Spektral kalıntı yöntemi kullanılarak:

$$R(f) = \log |F(f)| - G * \log |F(f)| \quad (45)$$

$$\text{Belirginlik} = \left| \text{IFFT2D} \left(e^{R(f) + i\Phi(f)} \right) \right|^2 \quad (46)$$

19.3 Her Kısım Nasıl Okumak

Kısım A - Belirginlik Haritası:

- **Koyu alanlar:** Normal/beklenen bölgeler
- **Parlak/sıcak alanlar:** Anormal bölgeler (potansiyel kusurlar)
- "Sıcak" renk haritası kullanır (siyah → kırmızı → sarı → beyaz)

Kısım B - İkili Kusur Haritası:

- **Siyah:** Normal alanlar
- **Beyaz:** Potansiyel kusur alanları (Otsu eşliğinin üstünde)

Kısım C - Tespit Edilen Kusurlar:

- Her tespit edilen kusurun etrafında kırmızı dikdörtgenler
- Bireysel kusurlar için sınırlayıcı kutular gösterir

19.4 Yorumlama Rehberi

Gözlem	Yorumlama
Parlak nokta yok	Temiz numune, kusur yok
Dağınık küçük noktalar	Küçük kusurlar veya gürültü
Büyük parlak bölge	Önemli kusur alanı
Doğrusal parlak desen	Çizik veya kazıma
Periyodik parlak noktalar	Desen kusuru (eksik elemanlar)
Sadece kenarlarda parlaklık	Hizalama artefaktı olabilir

19.5 Kusur Kataloğu

Rapor şunları içeren bir tablo içerir:

- ID numarası
- Tip (Anomali)
- Piksel cinsinden alan
- Sınırlayıcı kutu koordinatları (x0, y0, x1, y1)

20 GÖRSEL 13: Desen Tespit Haritaları

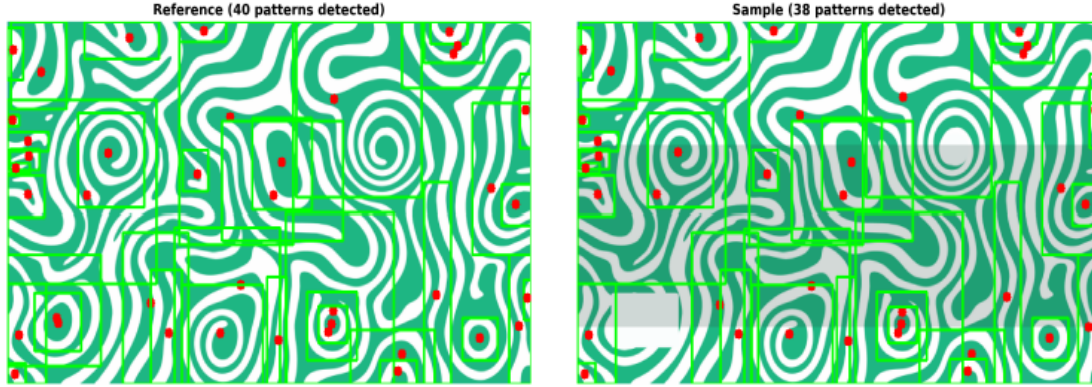


Figure 13: Desen Sayısı Analizi (Referans ve Numune tespit haritaları)

20.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Hem Referans hem de Numune görsellerinde tespit edilen tekrarlayan desenlerin yan yana görselleştirilmesi.

20.2 Tespit Yöntemi

Bağlı bileşenler analizi kullanılarak:

1. Gri tonlamaya dönüştür
2. Otsu eşikleme uygula
3. Bağlı bölgeleri etiketle
4. Alana göre filtrele ($A_{min} \leq A \leq A_{max}$)

20.3 Bu Görseli Nasıl Okumak

- **Yeşil dikdörtgenler:** Tespit edilen desenlerin sınırlayıcı kutuları
- **Kırmızı noktalar:** Desenlerin merkezleri
- **Üstteki sayı:** Tespit edilen toplam desen sayısı

20.4 Yorumlama Rehberi

Gözlem	Yorumlama
Her ikisinde de aynı sayı	Desen tekrarı tutarlı
Numunede daha az	Eksik desenler (baskı kaybı)
Numunede daha fazla	Ekstra desenler (kirlenme, çift basım)
Farklı konumlar	Desen hizalama sorunu
Farklı boyutlar	Desen ölçeği değişimi
Kümelenmiş vs dağınık	Dağılım tekdüzeliği farkı

21 GÖRSEL 14: Desen Sayısı Karşılaştırması

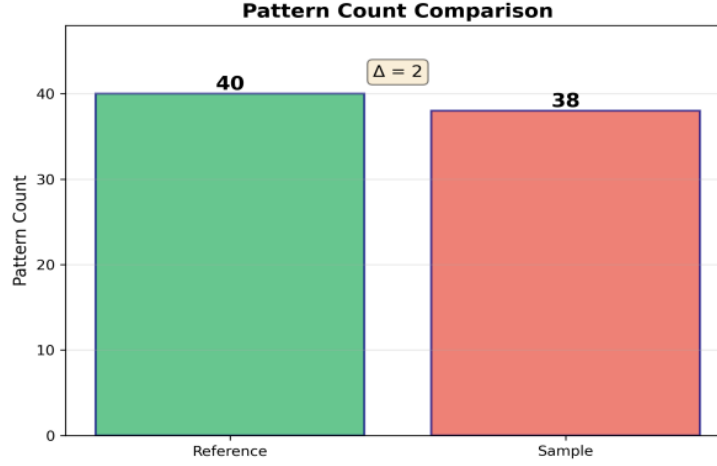


Figure 14: Desen Sayısı Karşılaştırma Çubuk Grafiği

21.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Referans ve Numunedeki tespit edilen desen sayılarını doğrudan karşılaştıran çubuk grafik.

21.2 Bu Grafiği Nasıl Okumak

- **Yeşil çubuk:** Referans desen sayısı
- **Kırmızı çubuk:** Numune desen sayısı
- **Çubukların üzerindeki sayı:** Tam sayı
- **Δ değeri:** Mutlak fark

21.3 Durum Belirleme

$$\text{Sayı Farkı} = |\text{Ref Sayısı} - \text{Numune Sayısı}| \quad (47)$$

Durum	Kriter
GEÇER (PASS)	Fark \leq tolerans (varsayılan: 5)
KOŞULLU (CONDITIONAL)	Fark $\leq 2 \times$ tolerans
BAŞARISIZ (FAIL)	Fark $> 2 \times$ tolerans

22 GÖRSEL 15: Leke Tespit Sonuçları (Blob Detection)

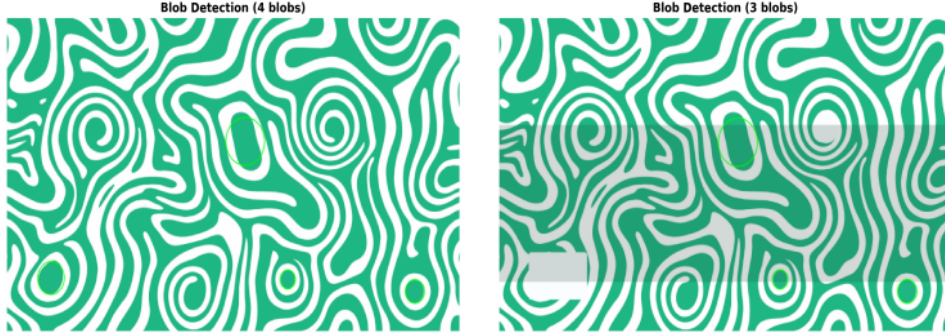


Figure 15: Leke Tespit Sonuçları

22.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

SimpleBlobDetector kullanılarak tespit edilen desenler, dairesel veya leke benzeri özellikleri bulur.

22.2 Tespit Parametreleri

- **Alana Göre Filtrele:** A_{min} ile A_{max} arası
- **Daireselliğe Göre Filtrele:** ≥ 0.5 (ne kadar yuvarlak)
- **Konveksliğe Göre Filtrele:** ≥ 0.8 (ne kadar konveks)

22.3 Bu Görseli Nasıl Okumak

- **Yeşil daireler:** Tespit edilen lekeler
- **Daire boyutu:** Leke boyutuyla orantılı
- **Gösterilen sayı:** Toplam leke sayısı

22.4 Sağlanan Metrikler

Metrik	Anlamı
Leke Sayısı (Blob Count)	Tespit edilen leke sayısı
Ortalama Alan (Mean Area)	Ortalama leke boyutu (px ²)
Alan CV% (Area CV%)	Boyut değişimi ($100 \times \sigma/\mu$)
Ortalama Boyut (Mean Size)	Ortalama çap

23 GÖRSEL 16: Anahtar Nokta Eşleştirme Analizi (Keypoint Matching)

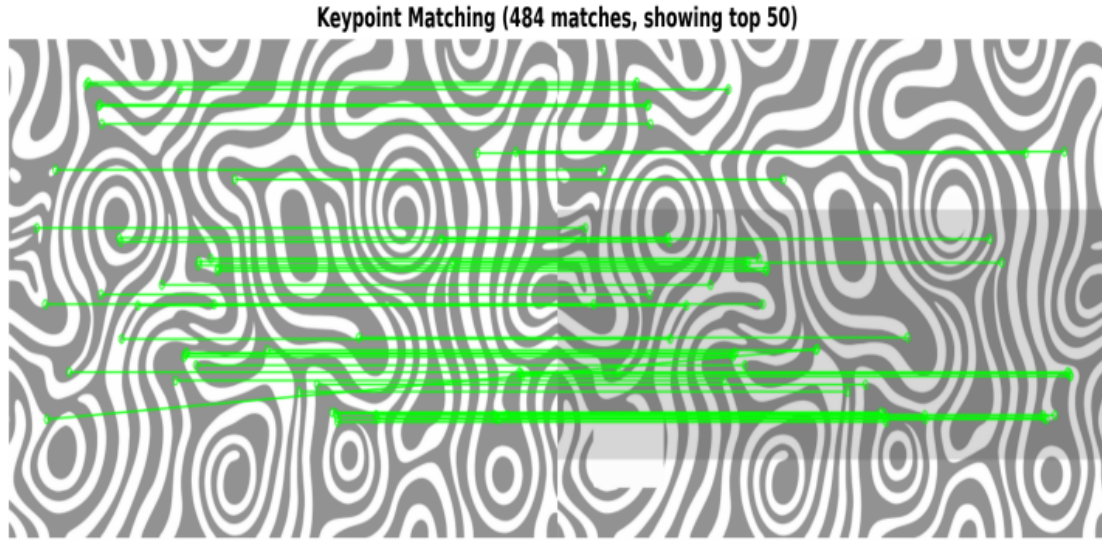


Figure 16: Referans ve Numune Arasında Anahtar Nokta Eşleştirmesi

23.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Referans ve Numune görselleri arasında eşleştirilmiş anahtar noktaların (ayrıt edici özelliklerin) görselleştirilmesi.

23.2 Tespit Yöntemleri

Sistem şunları destekler:

- **ORB:** Oriented FAST and Rotated BRIEF (varsayılan, patent-free)
- **SIFT:** Scale-Invariant Feature Transform
- **AKAZE:** Accelerated-KAZE

23.3 Bu Görseli Nasıl Okumak

- **Sol görsel:** Anahtar noktalarla Referans
- **Sağ görsel:** Anahtar noktalarla Numune
- **Yeşil çizgiler:** Eşleşen anahtar nokta çiftleri
- **Kırmızı noktalar:** Anahtar noktalar

23.4 Sağlanan Metrikler

Metrik	Anlamı
Anahtar Noktalar (Referans)	Referansta bulunan özellikler
Anahtar Noktalar (Numune)	Numunede bulunan özellikler
İyi Eşleşmeler (Good Matches)	Lowe'nin oran testini geçen çiftler
Eşleşme Oranı (Match Ratio)	İyi eşleşmeler / Referans anahtar noktaları
Eşleşme Skoru (Matching Score)	İyi eşleşmeler / $\max(\text{ref}, \text{numune}) \times 100$
İçdeğerler - RANSAC (Inliers)	Dönüşümle tutarlı eşleşmeler

23.5 Yorumlama Rehberi

Gözlem	Yorumlama
Çok sayıda yeşil çizgi	İyi desen uyumu
Az yeşil çizgi	Zayıf eşleşme (farklı desenler)
Çoğunlukla paralel çizgiler	Desenler doğru hizalanmış
Kesişen çizgiler	Hizasızlık veya farklı ölçek
Yüksek içdeğer sayısı	Tutarlı geometrik dönüşüm

24 GÖRSEL 17: Oto-korelasyon Analizi

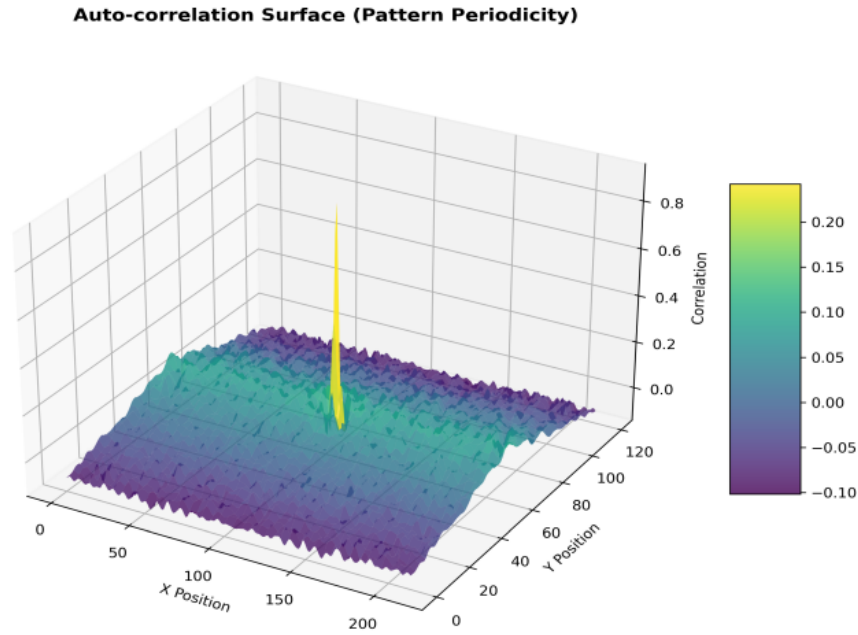


Figure 17: Oto-korelasyon Yüzeyi (3D Grafik)

24.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

2D oto-korelasyon fonksiyonunun 3D yüzey grafiği, desen periyodikliğini ortaya çıkarır.

24.2 Nasıl Hesaplanır

$$R(u, v) = \text{IFFT2D}(|F(x, y)|^2) \quad (48)$$

Burada F , gri tonlamalı görselin Fourier dönüşümüdür.

24.3 Bu Görseli Nasıl Okumak

- **Merkez tepe:** Her zaman en yüksek (gecikme 0'da öz-korelasyon)
- **İkincil tepeler:** Periyodikliği gösterir
- **Tepe aralığı:** Desen tekrar mesafesi
- **Tepe yüksekliği:** Periyodiklik gücü

24.4 Yorumlama Rehberi

Desen	Yorumlama
Sadece merkez tepe	Periyodik desen yok
Düzenli tepe ızgarası	Düzenli tekrarlayan desen
Bir eksen boyunca tepeler	Çizgili desen
Açılı tepeler	Çapraz periyodiklik
Düzensiz tepeler	Yarı-periyodik veya gürültülü desen
Keskin tepeler	İyi tanımlı desen
Geniş tepeler	Daha az hassas periyodiklik

24.5 Sağlanan Metrikler

Metrik	Anlamı
Periyodiklik Skoru	Ortalama tepe değeri $\times 100$ (daha yüksek = daha periyodik)
Desen Aralığı	İkincil tepelere ortalama mesafe (piksel)
Düzenlilik Skoru	$100 - \min(100, \sigma_{aral\tilde{B}k} / \mu_{aral\tilde{B}k} \times 100)$

25 GÖRSEL 18: Mekansal Dağılım Analizi

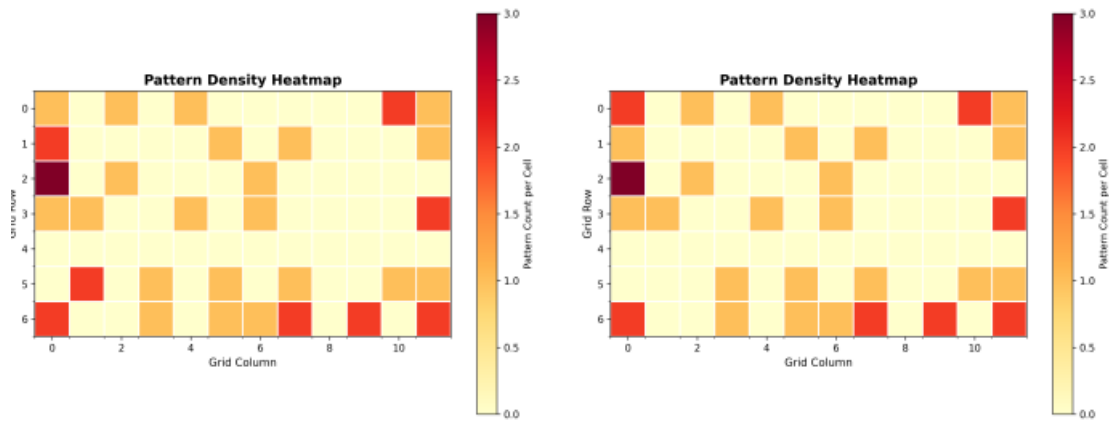


Figure 18: Desen Yoğunluğu Isı Haritaları (Referans ve Numune)

25.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Görsel alanı boyunca desen yoğunluğunu gösteren ızgara tabanlı ısı haritaları.

25.2 Nasıl Hesaplanır

1. Görseli ızgara hücrelerine böl (varsayılan: 50×50 px)
2. Her hücredeki desenleri say
3. Yoğunluk ısı haritası oluştur

25.3 Bu Isı Haritalarını Nasıl Okumak

- **Renk skalası:** Sarı-Turuncu-Kırmızı (düşükten yükseğe yoğunluk)
- **Izgara çizgileri:** Hücre sınırları
- **Hücrelerdeki sayılar:** Hücre başına desen sayısı (görünürse)

25.4 Yorumlama Rehberi

Desen	Yorumlama
Tekdüze renk	Eşit desen dağılımı
Lekeli görünüm	Eşit olmayan dağılım
Numune genel olarak daha koyu	Numunede daha az desen
Farklı sıcak noktalar	Desen kayması/hizasızlık
Kenar etkileri	Kırpma sorunlarını gösterebilir

25.5 Sağlanan Metrikler

Metrik	Anlamı
Izgara Boyutu	Satır × Sütun
Ortalama Yoğunluk	Hücre başına ortalama desen
Yoğunluk Std Sapma	Yoğunluktaki değişim
CV%	Değişim katsayısı
Tekdüzelik Skoru	$\max(0, 100 - \text{CV}\%)$

26 GÖRSEL 19: Desen Bütünlüğü Değerlendirmesi

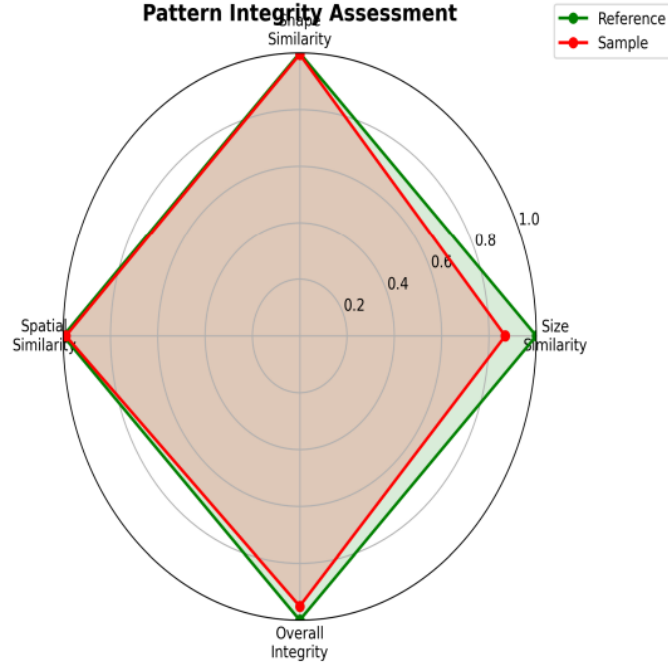


Figure 19: Desen Bütünlüğü Radar Grafiği

26.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Referans ve Numune arasında desen bütünlüğünün çeşitli yönlerini karşılaştıran radar grafiği.

26.2 Bütünlük Bileşenleri

Bileşen	Neyi Ölçer
Boyut Benzerliği	Desen boyutlarının ne kadar benzer olduğu
Şekil Benzerliği	Desen şekillerinin ne kadar benzer olduğu (sağlamlık - solidity)
Mekansal Benzerlik	Desen aralıklarının ne kadar benzer olduğu
Genel Bütünlük	Üçünün ortalaması

26.3 Bu Grafiği Nasıl Okumak

- **Yeşil çokgen:** Referans (her zaman mükemmel = 100%)
- **Kırmızı çokgen:** Numune karşılaştırması
- **Her eksen:** Bir bütünlük bileşeni (0-100%)
- **Merkezden mesafe:** Skor değeri

26.4 Yorumlama Rehberi

Gözlem	Yorumlama
Kırmızı yeşille eşleşir	Mükemmel desen üretimi
Kırmızı genel olarak küçük	Genel desen bozulması
Kırmızı Boyutta küçük	Desen boyutu değişimi
Kırmızı Şekilde küçük	Desen bozulması
Kırmızı Mekansalda küçük	Desen aralığı sorunları

26.5 Durum Eşik Değerleri

Her bir bileşen için:

- $\geq 85\%$: PASS (Geçti)
- 70 – 85%: CONDITIONAL (Koşullu)
- $< 70\%$: FAIL (Başarısız)

27 GÖRSEL 20: Desen Boyutu Karşılaştırması

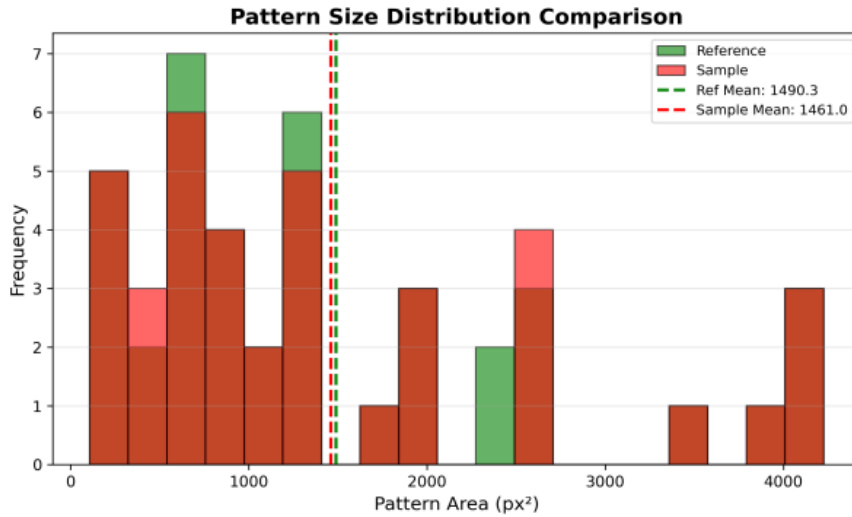


Figure 20: Desen Boyutu Dağılım Histogramı

27.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?

Referans ve Numune arasındaki desen boyutlarının (alanlarının) dağılımını karşılaştıran üst üste bindirilmiş histogramlar.

27.2 Bu Grafik Nasıl Okunur?

- **X-ekseni:** Desen alanı (piksel kare, px²)
- **Y-ekseni:** Frekans (adet)
- **Yeşil çubuk/çizgi:** Referans dağılımı
- **Kırmızı çubuk/çizgi:** Numune dağılımı
- **Kesikli dikey çizgiler:** Ortalama değerler

27.3 Yorumlama Kılavuzu

Gözlem	Yorum
Histogramlar örtüşüyor	Benzer desen boyutları
Numune sağa kaymış	Numunedeki desenler daha büyük
Numune sola kaymış	Numunedeki desenler daha küçük
Numune daha geniş yayılım	Boyut çeşitliliği fazla
Numune daha dar	Boyutlar daha uniform
Birden fazla tepe	Farklı desen tipleri mevcut

27.4 Temel İstatistikler

Raporda aşağıdaki istatistikler yer alır:

- Ortalama alan (Referans vs Numune)
- Standart sapma
- CV% (değişim katsayısı – coefficient of variation)

28 GÖRSEL 21: Eksik/Fazla Desen Kataloğu



Figure 21: Eksik ve Fazla Desenlerin Üst Üste Gösterimi

28.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?

Numune görüntüsü üzerinde görsel bindirme ile:

- **Kırmızı daireler:** Eksik desenler (beklenen ancak bulunmayan)
- **Mavi daireler:** Fazla desenler (beklenmeyen ancak tespit edilen)

28.2 Algılama Yöntemi

KD-tree (k-boyutlu ağaç) tabanlı mekânsal eşleştirme kullanılır:

1. Referans desen merkezlerinden mekânsal ağaç oluşturulur
2. Her numune deseni için en yakın referans deseni bulunur
3. Mesafe toleransı aşarsa: fazla desen olarak işaretlenir
4. Yakınında numune bulunmayan referans desenler: eksik olarak işaretlenir

28.3 Bu Görsel Nasıl Okunur?

- **Kırmızı daireler:** Desenin eksik olduğu bölgeler
- **Mavi daireler:** Beklenmeyen fazla desenler
- **Lejant:** Her iki tipin adet bilgisi

28.4 Yorumlama Kılavuzu

Desen Durumu	Olası Sebep
Dağınık eksikler	Rastgele baskı kaybı
Kümelenmiş eksikler	Tıkalı baskı kafası veya elek
Satır hâlinde eksikler	Besleme veya hat sıkışması
Dağınık fazla desenler	Kontaminasyon
Kümelenmiş fazla desenler	Çift baskı veya hayalet baskı
Sadece kenarlarda sorun	Hizalama veya maskeleme hatası

28.5 Şiddet Sınıflandırması

Her eksik/fazla desen için:

- **Yüksek:** Medyan desen boyutundan büyük
- **Orta:** Medyan desen boyutundan küçük

29 GÖRSEL 22: Metamerizm Analizi

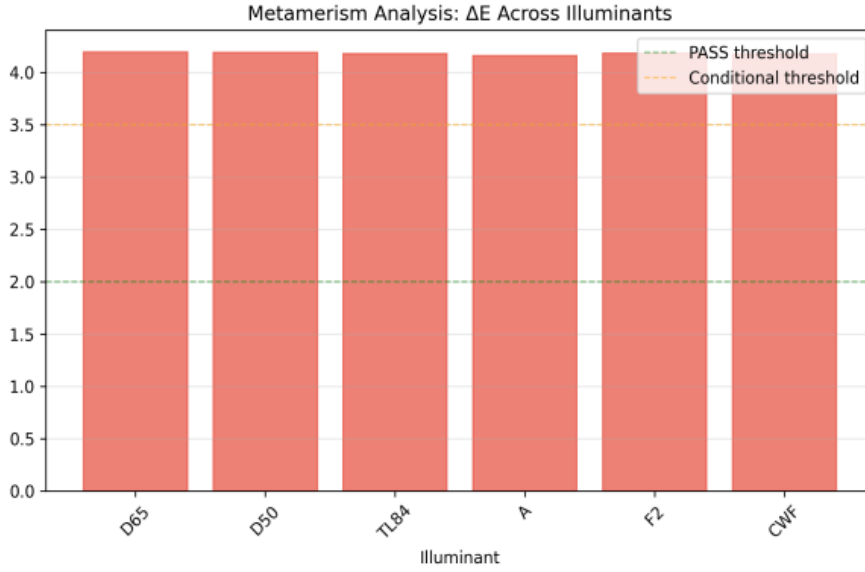


Figure 22: Metamerizm Analizi: Aydınlatıcılara Göre ΔE

29.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?

Farklı aydınlatıcılar altında hesaplanan ΔE_{2000} değerlerini gösteren çubuk grafik; metamerizm riskini değerlendirmek için kullanılır.

29.2 Metamerizm Nedir?

Metamerizm, iki rengin bir ışık altında aynı görünürken başka bir ışık altında farklı görünmesi durumudur. Özellikle şu alanlar için kritiktir:

- Perakende ortamları (gün ışığı – mağaza ışığı)
- Kalite kontrol (laboratuvar – üretim sahası)
- Müşteri beklentileri (ev – mağaza görünümü)

29.3 Test Edilen Aydınlatıcılar

Aydınlatıcı	Temsil Ettiği Ortam
D65	Standart gün ışığı (6500K)
D50	Ufuk gün ışığı (5000K)
TL84	Mağaza/ofis floresan (3800K)
A	Akkor/tungsten (2856K)
F2	Soğuk beyaz floresan
CWF	Soğuk beyaz floresan (alternatif)

29.4 Bu Grafik Nasıl Okunur?

- **X-ekseni:** Aydınlatıcı türü
- **Y-ekseni:** ΔE_{2000} değeri

- **Çubuk renkleri:**
 - Yeşil: $\Delta E < 2.0$ (PASS)
 - Turuncu: $2.0 \leq \Delta E < 3.5$ (CONDITIONAL)
 - Kırmızı: $\Delta E \geq 3.5$ (FAIL)
- **Kesikli çizgiler:** Eşik değer göstergeleri

29.5 Yorumlama Kılavuzu

Gözlem	Yorum
Tüm çubuklar yeşil	Düşük metamerizm riski
Bir çubuk yüksek	O ışık altında potansiyel sorun
TL84/A çok yüksek	Mağaza/ev görünümü farklı olabilir
Artan trend	Sistemik spektral uyumsuzluk
Tüm çubuklar yüksek	Temel renk uyumsuzluğu

29.6 Temel Çıktı

En kötü durum metamerizmi: En yüksek ΔE değerine sahip aydınlatıcı raporlanır; bu, en kritik görüntüleme koşuludur.

30 Ek: Formüller Hızlı Referans

$$\text{Renk Skoru} = \max(0, 100 - \bar{\Delta E}_{76} \times 20) \quad (49)$$

$$\text{Desen Skoru} = \text{SSIM} \times 100 \quad (50)$$

$$\text{Genel Skor} = \frac{\text{Renk Skoru} + \text{Desen Skoru}}{2} \quad (51)$$

$$\text{Uniformluk İndeksi} = \max(0, 100 - \sigma_{\Delta E} \times 10) \quad (52)$$

$$\text{Metamerizm İndeksi} = 10 \times \sigma(\Delta E_{D65}, \Delta E_{TL84}, \Delta E_A) \quad (53)$$

$$\text{Kenar Tanımı} = \min(100, \text{Var}(\nabla^2 I)/50) \quad (54)$$

$$\text{Bütünlük Skoru} = \frac{\text{Boyut Benzerliği} + \text{Şekil Benzerliği} + \text{Mekânsal Benzerlik}}{3} \quad (55)$$

31 Görsel Özet Tablosu

#	Görsel Adı	Kontrol Temel Nokta	Edilecek	İyi Görünür	Sonuç	Nasıl
1	Spektral Vekil (Spectral Proxy)	Çizgi hizalanması		Eğrilerin üst üste binmesi		
2	Görsel Fark (Visual Difference)	Isı haritasında noktalar	sıcak	Üniform koyu renk		
3	Lab* Görselleştirme (Lab* Viz)	Bulut örtüşmesi		Yeşil/kırmızı bulutların örtüşmesi		
4	RGB Histogramları (RGB Histograms)	Tepe hizalanması		Benzer tepe konumları		
5	FFT Spektrumu (FFT Spectrum)	Tepe deseni		Simetrik tepeler		

#	Görsel Adı	Kontrol Temel Nokta	Edilecek	İyi Görünür	Sonuç	Nasıl
6	Gabor Montajı (Gabor Montage)	Parlak hücreler		Her iki görüntüde aynı hücrelerin parlak olması		
7	Gabor Enerjisi (Gabor Energy)	Tepe yönelimi		Aynı baskın açı		
8	GLCM Radar	Şekil uyumu		Çokgenlerin örtüşmesi		
9	LBP (Yerel İkili Desenler)	Histogram örtüşmesi		Çubukların hizalanması		
10	Dalgacık (Wavelet)	Çubuk yükseklikleri		Benzer yükseklikler		
11	Çizgi Açısı (Line Angle)	Tepe konumu		Aynı baskın açı		
12	Hata Haritası (Defect Map)	Parlak noktalar		Büyük oranda koyu alanlar		
13	Desen Tespiti (Pattern Detection)	Sayı uyumu		Benzer adetler		
14	Desen Sayısı (Pattern Count)	Çubuk yükseklikleri		Eşit veya çok yakın		
15	Blob Tespiti (Blob Detection)	Daire sayısı		Benzer adetler		
16	Anahtar Nokta Eşleştirme (Keypoint Match)	Yeşil çizgiler		Çok sayıda bağlanan çizgi		
17	Otokorelasyon (Autocorrelation)	Tepe deseni		Benzer tepe yapısı		
18	Mekânsal Dağılım (Spatial Dist)	Renk deseni		Üniform renk dağılımı		
19	Bütünlük (Integrity)	Çokgen boyutu		Kırmızının yeşile uy- ması		
20	Desen Boyutu (Pattern Size)	Histogram örtüşmesi		Dağılımların örtüşmesi		
21	Eksik/Fazla (Missing/Extra)	Daire sayısı		Daire olmaması (ek- sik/fazla yok)		
22	Metamerizm (Metamerism)	Çubuk renkleri		Tüm çubukların yeşil ol- ması		