



# Tekstil Kalite Kontrol Sistemi

PDF Rapor Yorumlama için Teknik Veri Sayfası

Tekstil Mühendisliği Çözümleri

Belge Sürümü 1.1.0

## Contents

<b>1 Belgeye Genel Bakış</b>	<b>6</b>
1.1 Rapor Yapısı . . . . .	6
1.2 Durum Renk Kodları . . . . .	6
1.3 Görsellere Genel Bakış . . . . .	6
<b>2 Kapak Sayfası Öğeleri</b>	<b>7</b>
2.1 Rapor Meta Verileri . . . . .	7
2.2 Yönetici Özeti Tablosu . . . . .	7
<b>3 Renk Uzayı Dönüşümleri</b>	<b>7</b>
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
<b>4 Renk Farkı Formülleri (<math>\Delta E</math>)</b>	<b>8</b>
4.1 CIE76 ( $\Delta E_{76}$ ) . . . . .	8
4.2 CIE94 ( $\Delta E_{94}$ ) . . . . .	9
4.3 CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) . . . . .	9
4.4 CMC ( $\Delta E_{CMC}$ ) . . . . .	9
4.5 $\Delta E$ Yorumlama Kılavuzu . . . . .	10
<b>5 Renk Ölçümleri Tablosu</b>	<b>10</b>
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

<b>6 Renk Kalite Endeksleri</b>	<b>11</b>
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
<b>7 Puanlama Sistemi</b>	<b>12</b>
7.1 Renk Skoru . . . . .	12
7.2 Desen Skoru . . . . .	12
7.3 Genel Skor . . . . .	12
7.4 Karar Mantığı . . . . .	12
<b>8 GÖRSEL 1: Spektral Analiz (Vekil)</b>	<b>12</b>
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
<b>9 GÖRSEL 2: Görsel Fark Analizi</b>	<b>13</b>
9.1 Bölüm A: $\Delta E_{2000}$ 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
<b>10 GÖRSEL 3: Lab* Görselleştirmeleri</b>	<b>15</b>
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
<b>11 GÖRSEL 4: Histogramlar (RGB)</b>	<b>17</b>
11.1 Bu Görsel Neyi Gösterir . . . . .	17
11.2 RGB Histogramları Nasıl Okunur . . . . .	17
11.3 Yorumlama Kılavuzu . . . . .	17
11.4 Yaygın Desenler . . . . .	17
<b>12 GÖRSEL 5: Fourier Alan Analizi</b>	<b>18</b>
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
<b>13 GÖRSEL 6: Gabor Filtre Bankası (Montaj)</b>	<b>19</b>
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

<b>14 GÖRSEL 7: Gabor Enerji Dağılımı</b>	<b>20</b>
14.1 Bu Görsel Neyi Gösterir . . . . .	20
14.2 Bu Grafik Nasıl Okunur . . . . .	21
14.3 Yorumlama Kılavuzu . . . . .	21
14.4 Anahtar Metrikler . . . . .	21
<b>15 GÖRSEL 8: GLCM Doku Özellikleri</b>	<b>21</b>
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
<b>16 GÖRSEL 9: Yerel İkili Desenler (LBP)</b>	<b>23</b>
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
<b>17 GÖRSEL 10: Dalgacık Ayrıştırması (Wavelet Decomposition)</b>	<b>24</b>
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
<b>18 GÖRSEL 11: Çizgi Açısı Dağılımı</b>	<b>25</b>
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
<b>19 GÖRSEL 12: Kusur Tespit &amp; Belirginlik Haritası</b>	<b>26</b>
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
<b>20 GÖRSEL 13: Desen Tespit Haritaları</b>	<b>28</b>
20.1 Bu Görsel Neyi Gösterir . . . . .	28
20.2 Tespit Yöntemi . . . . .	28
20.3 Bu Görseli Nasıl Okumak . . . . .	28
20.4 Yorumlama Rehberi . . . . .	28
<b>21 GÖRSEL 14: Desen Sayısı Karşılaştırması</b>	<b>29</b>
21.1 Bu Görsel Neyi Gösterir . . . . .	29
21.2 Bu Grafiği Nasıl Okumak . . . . .	29
21.3 Durum Belirleme . . . . .	29

<b>22 GÖRSEL 15: Leke Tespit Sonuçları (Blob Detection)</b>	<b>30</b>
22.1 Bu Görsel Neyi Gösterir . . . . .	30
22.2 Tespit Parametreleri . . . . .	30
22.3 Bu Görseli Nasıl Okumak . . . . .	30
22.4 Sağlanan Metrikler . . . . .	30
<b>23 GÖRSEL 16: Anahtar Nokta Eşleştirme Analizi (Keypoint Matching)</b>	<b>31</b>
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
<b>24 GÖRSEL 17: Oto-korelasyon Analizi</b>	<b>32</b>
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
<b>25 GÖRSEL 18: Mekansal Dağılım Analizi</b>	<b>33</b>
25.1 Bu Görsel Neyi Gösterir . . . . .	33
25.2 Nasıl Hesaplanır . . . . .	34
25.3 Bu İsi Haritalarını Nasıl Okumak . . . . .	34
25.4 Yorumlama Rehberi . . . . .	34
25.5 Sağlanan Metrikler . . . . .	34
<b>26 GÖRSEL 19: Desen Bütünlüğü Değerlendirmesi</b>	<b>35</b>
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
<b>27 GÖRSEL 20: Desen Boyutu Karşılaştırması</b>	<b>36</b>
27.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor? . . . . .	36
27.2 Bu Grafik Nasıl Okunur? . . . . .	36
27.3 Yorumlama Kılavuzu . . . . .	37
27.4 Temel İstatistikler . . . . .	37
<b>28 GÖRSEL 21: Eksik/Fazla Desen Kataloğu</b>	<b>37</b>
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
<b>29 GÖRSEL 22: Metamerizm Analizi</b>	<b>39</b>
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
<b>30 Ek: Formüller Hızlı Referans</b>	<b>40</b>
<b>31 Görsel Özeti Tablosu</b>	<b>40</b>

## 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	Smırlara 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 Açı Dağılımı	Gelişmiş Doku
12	Kusur Tespit & 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 (yapılabilir saat dilimi)
Operatör	Analizi çalıştırınan 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. $\geq 70$ tipik olarak BAŞARILI.
Desen Skoru (SSIM)	Yapısal benzerlik %. Yüksek daha iyidir. $\geq 90$ tipik olarak BAŞARILI.
$\Delta E_{2000}$ (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 ( $0 = \text{siyah}$ ,  $100 = \text{beyaz}$ )
- $a^*$ : Yeşil-Kırmızı ekseni (negatif = yeşil, pozitif = kırmızı)
- $b^*$ : Mavi-Sarı ekseni (negatif = mavi, pozitif = sarı)

### 3.3 RGB'den CMYK'ye Dönüşüm

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

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

Değerler raporda yüzde olarak gösterilmek üzere 100 ile çarpılır.

## 4 Renk Farkı Formülleri ( $\Delta E$ )

### 4.1 CIE76 ( $\Delta E_{76}$ )

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 ( $\Delta E_{94}$ )

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 ( $\Delta E_{00}$ )

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

Degisitirilmiş  $a'$ :

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

## 4.4 CMC ( $\Delta E_{CMC}$ )

l: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 $\Delta E$ Yorumlama Kılavuzu

$\Delta E$ 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 karşılaştırın. 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 ekseni. Negatif = yeşil, Pozitif = kırmızı.
Ref/Test $b^*$	Mavi-Sarı ekseni. Negatif = mavi, Pozitif = sarı.

### 5.4 Renk Farkı Metrikleri Tablosu

Her örnek noktasında  $\Delta E$ 'yi gösterir:

Sütun	Açıklama
$\Delta E_{76}$	CIE76 renk farkı (en basit)
$\Delta E_{94}$	CIE94 renk farkı (geliştirilmiş)
$\Delta E_{2000}$	CIEDE2000 renk farkı (en doğru)
Durum (Status)	$\Delta E_{2000}$ 'e göre BAŞARILI/KOŞULLU/BASARISIZ



## 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  $\Delta E$  değerlerinin standart sapması
- $k$  = Tekdüzelik çarpanı (varsayılan: 10)

**Yorumlama:**

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

### 6.2 Metamerizm Endeksi (Metamerism Index)

Farklı aydınlatıcılar altında renk tutarlığını 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

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

Burada:

- $\bar{\Delta E}_{76}$  = 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 $\geq 70$ VE Desen Skoru $\geq 90$ VE Desen Tekrarı TAMAM
KOŞULLU KABUL REDDET	Genel Skor $\geq 70$ VEYA Desen Tekrarı = KOŞULLU Aksi halde

## 8 GÖRSEL 1: Spektral Analiz (Vekil)

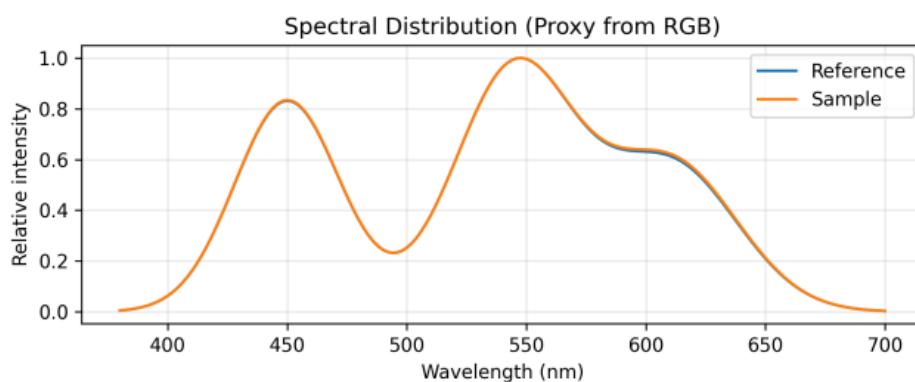


Figure 1: Spektral Analiz (RGB'den Vekil)

### 8.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Bu grafik, RGB değerlerinden yaklaşık spektral yansımaya eğrilerini gösterir. RGB görüntüler gerçek spektral veri içermediğinden, sistem birincil dalga boyalarında 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 ekseni:** Nanometre cinsinden dalga boyu (380-700nm görünür spektrum)
- Y ekseni:** 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 farklı	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 **yaklaşımındır**. Gerçek spektral analiz için CSV formatında spektrofotometre verisi kullanın. RGB kameralar, bir spektrofotometrenin sağladığı tam spektral bilgiyi yakalayamaz.

## 9 GÖRSEL 2: Görsel Fark Analizi

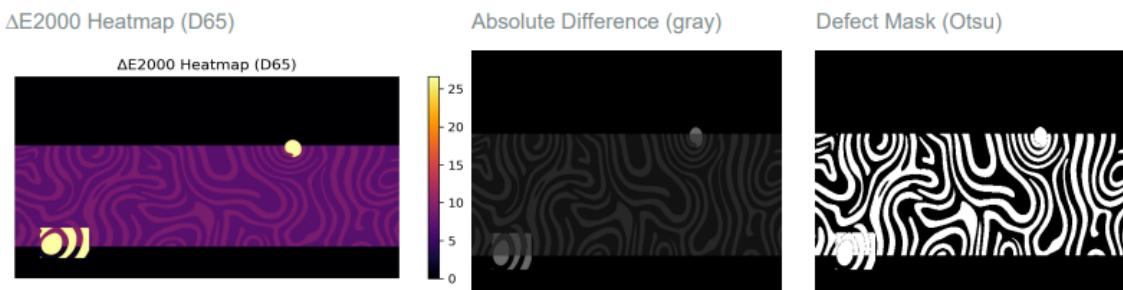


Figure 2: Görsel Fark Analizi (3 birleştirilmiş görsel)

Bu görsel birlikte birleştirilmiş üç görselleştirme içerir:

### 9.1 Bölüm A: $\Delta E_{2000}$ Isı Haritası

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

**Renk skalası (Inferno renk haritası):**

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

**Nasıl okunur:**

- **Sıcak noktaları** (parlak alanlar) arayın - bunlar renk sorunlarını gösterir
- Tekdize 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 dağıtık noktalar	Kontaminasyon veya lif düzensizliği
Büyük parlak bölgeler	Büyük renk uyumsuzluğu - reddedin ve araştırın

## 10 GÖRSEL 3: Lab\* Görselleştirmeleri

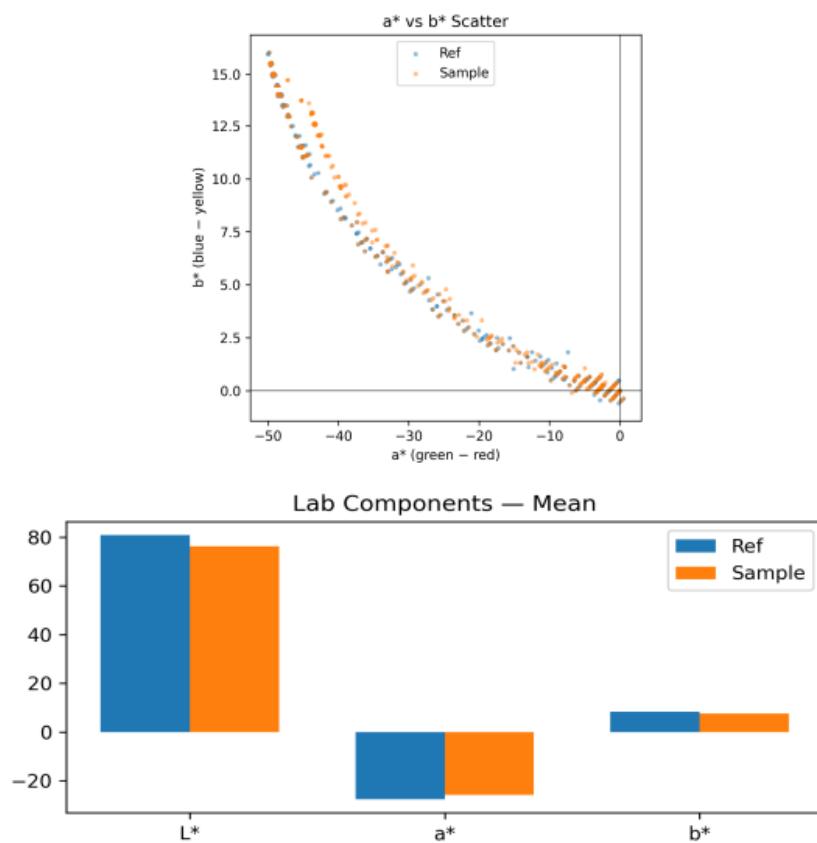


Figure 3: Lab\* Görselleştirmeleri (2 birleştirilmiş görsel)

Bu görsel iki Lab\* renk uzayı görselleştirmesi içerir:

### 10.1 Bölüm A: a\*-b\* Dağılım Grafiği

**Neyi gösterir:** Kromatik düzlemede ( $a^*$  -  $b^*$ ) 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:**

- **Örtüsen 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)

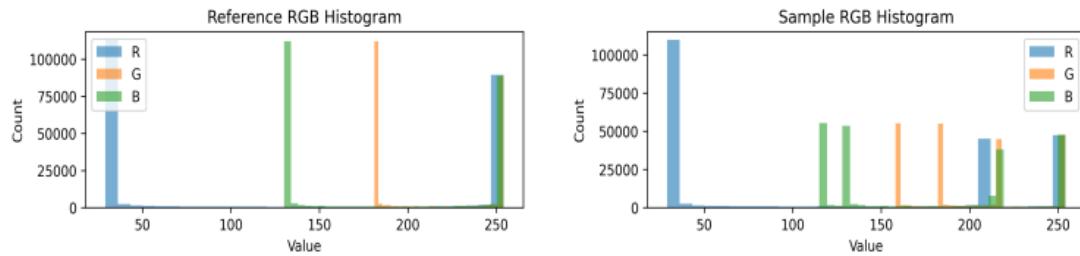


Figure 4: RGB Histogramları (2 birleştirilmiş görsel: Referans ve Örnek)

### 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 ekseni:** Piksel değeri (0-255)
- **Y ekseni:** 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/kalibi
Daha dar dağılım	Daha teddüze renk
Daha geniş dağılım	Daha fazla renk varyasyonu
0 veya 255'te kırpmalar	Yetersiz/aşırı pozlama veya doygunluk
Çoklu tepler	Çok renkli örnek veya desen
<b>Referans-Örnek karşılaştırması:</b>	
Aynı tepe pozisyonları	Eşleşen renkler
Örnek tepleri sağa kaymış	Örnek daha parlak
Örnek tepleri 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

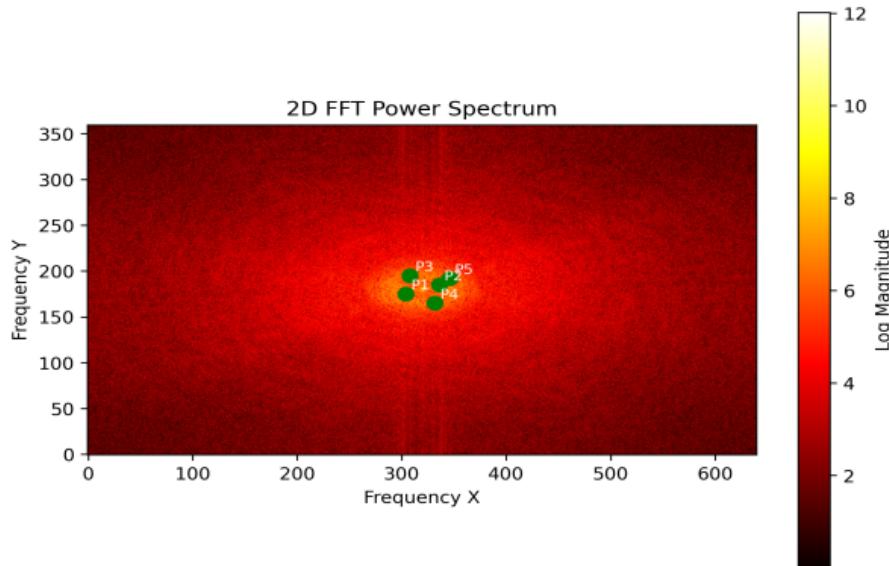


Figure 5: 2D FFT Güç Spektrumu

### 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 (görünürülük 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	Diyagonal desen (diki 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	Piksəl 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)

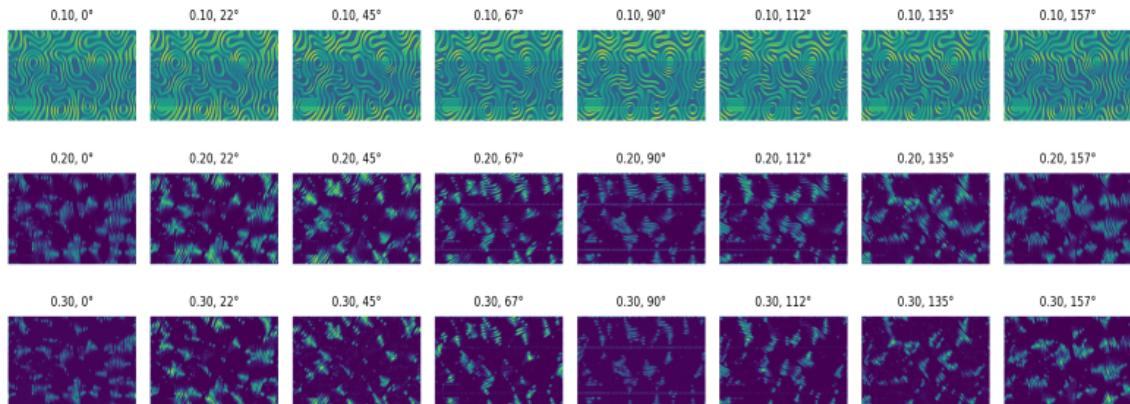


Figure 6: Gabor Filtre Bankası Yanıtları (24 küçük görsel)

### 13.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Farklı frekanslarda ve yönlerde Gabor filtrelerinden doku yanıtlarının montajı.

### 13.2 Gabor Filtreleri Nasıl Çalışır

Gaborfiltresi:

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

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 ( $0^\circ$  ile  $157.5^\circ$  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
Diyagonal parlak desen	Açılı dokuma yapısı
Satranç tahtası parlaklığı	Karmaşık çok ölçekli desen

## 14 GÖRSEL 7: Gabor Enerji Dağılımı

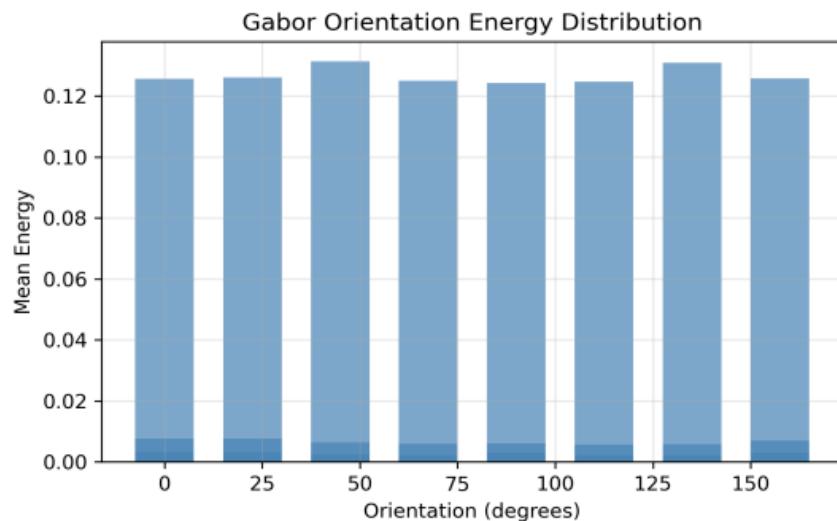


Figure 7: Gabor Yönelim Enerji Dağılımı

### 14.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

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

## 14.2 Bu Grafik Nasıl Okunur

- **X ekseni:** Yönelim açısı (derece,  $0^\circ$  ile  $180^\circ$  arası)
- **Y ekseni:** 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)
$90^\circ$ arayla iki tepe	Izgara veya çapraz tarama deseni
Düz dağılım	İzotropik doku (tercih edilen yön yok)
$0^\circ$ de tepe	Dikey desen baskın
$90^\circ$ de tepe	Yatay desen baskın
$45^\circ/135^\circ$ 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

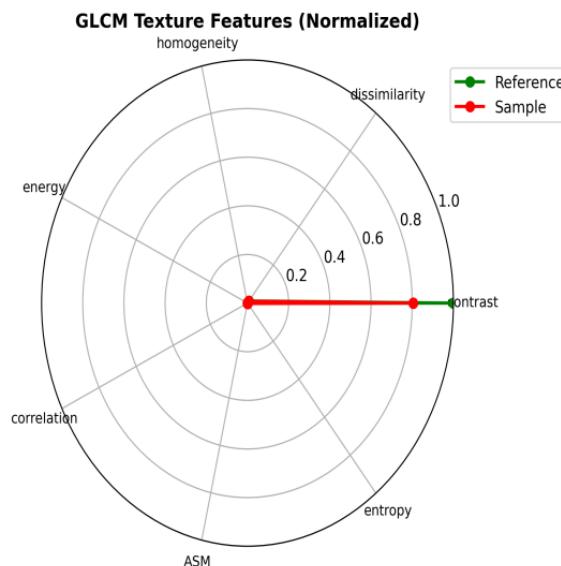


Figure 8: GLCM Doku Özellikleri (Radar Grafiği)

## 15.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

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

## 15.2 GLCM Özellikleri Açıklaması

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

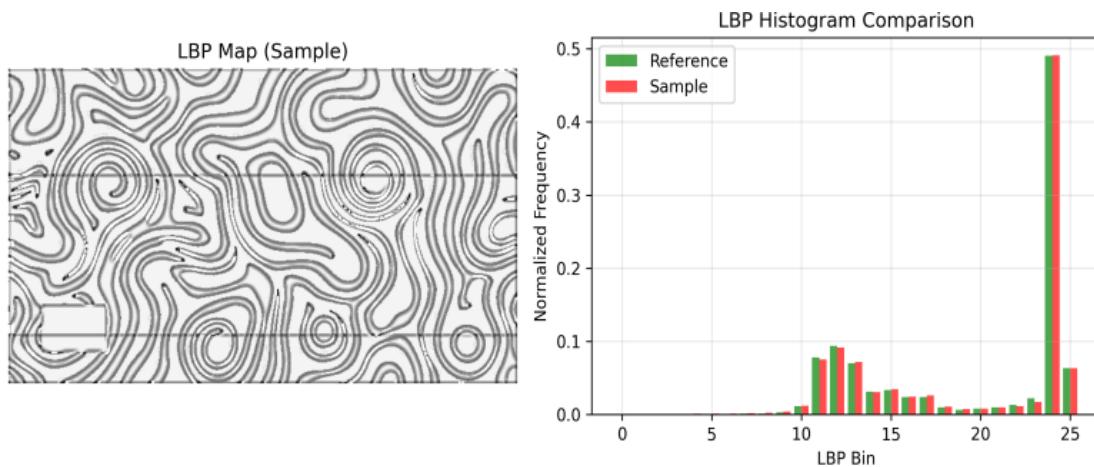


Figure 9: LBP Haritası ve Histogram Karşılaştırması (2 birleştirilmiş görsel)

### 16.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

**Bölüm A:** Örnek görüntüünün 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  $s(x) \geq 0$  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 ekseni:** LBP bölmesi (desen tipi)
- **Y ekseni:** Normalize edilmiş frekans
- **Yeşil çubuklar:** Referans
- **Kırmızı çubuklar:** Örnek

## 16.5 Yorumlama Kılavuzu

Gözlem	Yorumlama
Histogramlar örtüsüyor	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)

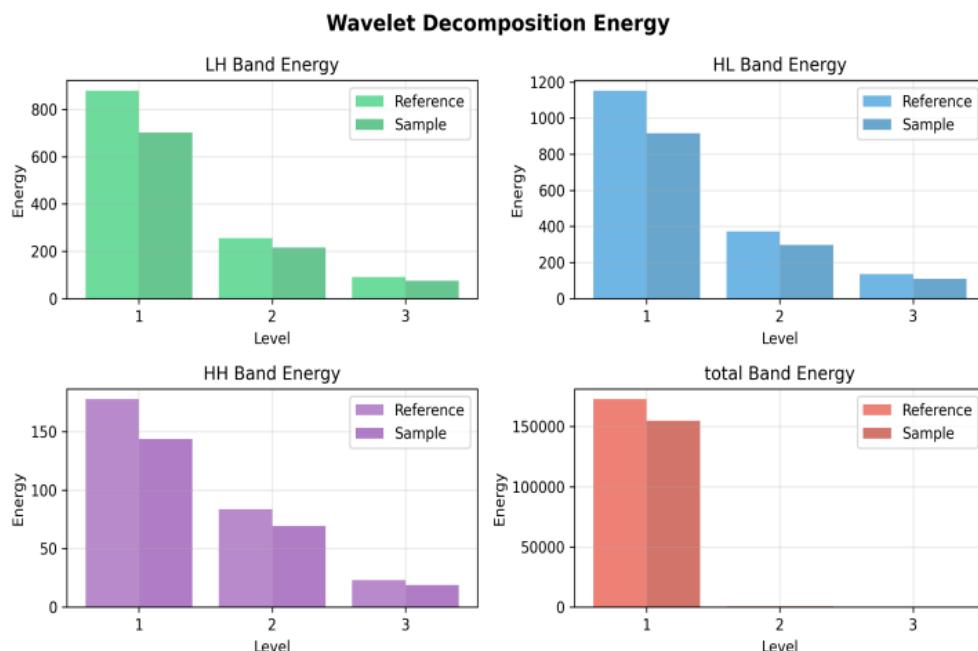


Figure 10: Dalgacık Enerjisi Karşılaştırması (4 birleştirilmiş grafik)

### 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 (yaklaşıklama) - 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  $\approx 1.0$ : 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

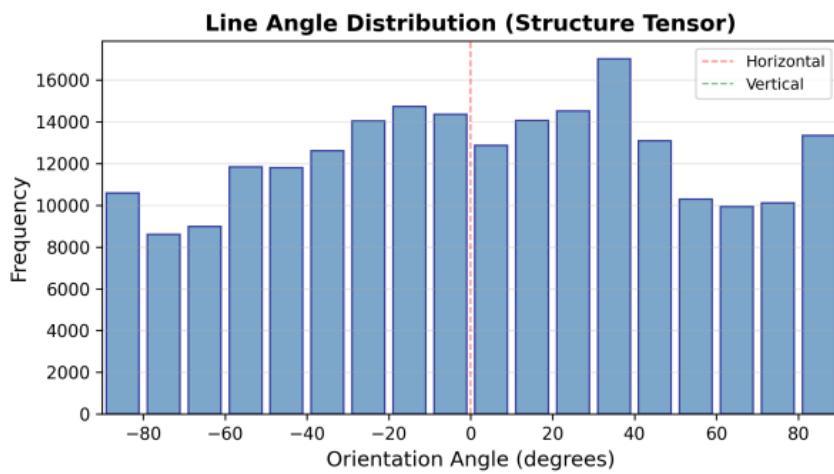


Figure 11: Çizgi Açısı Dağılımı (Yapı Tensörü - Structure Tensor)

### 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° arası)
- Y-ekseni:** Frekans (o açıdaki piksel sayısı)
- Referans çizgileri:** 0° (yatay) ve ±90° (dikey)

## 18.4 Yorumlama Rehberi

Desen	Yorumlama
0°'de tepe	Baskın yatay yapılar
±90°'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 (karmaşık 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

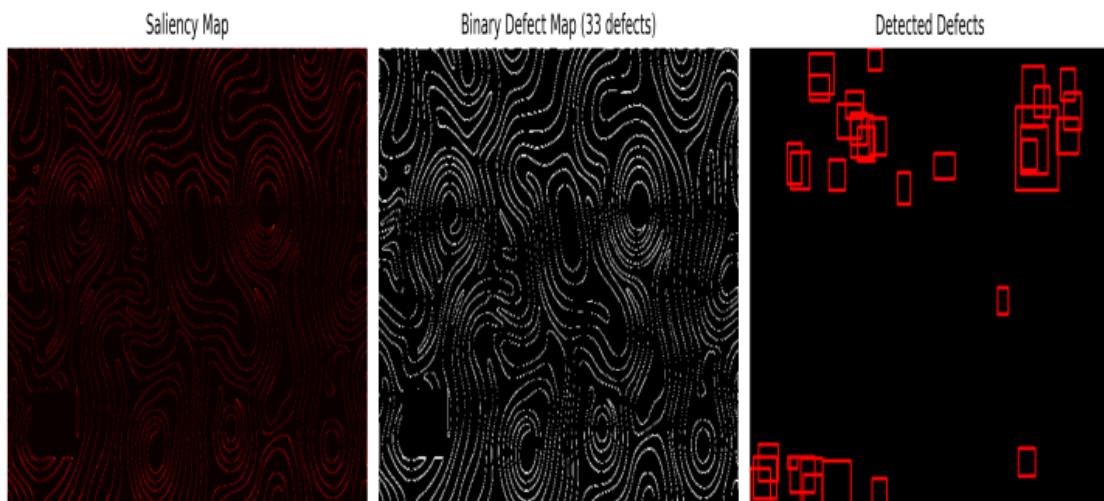


Figure 12: Kusur Tespiti (3 birleştirilmiş görsel)

## 19.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Kusur tespiti için üç görselleştirme:

- **Kısim A:** Belirginlik Haritası (Saliency Map - ısı haritası)
- **Kısim B:** İkili Kusur Haritası (Binary Defect Map)
- **Kısim 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 Kısmı Nasıl Okumak

### Kısim A - Belirginlik Haritası:

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

### Kısim B - İkili Kusur Haritası:

- **Siyah:** Normal alanlar
- **Beyaz:** Potansiyel kusur alanları (Otsu eşüğünün üzerinde)

### Kısim 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	Hızalama artefaktı olabilir

## 19.5 Kusur Kataloğu

Rapor sunları içeren bir tablo içerir:

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



## 20 GÖRSEL 13: Desen Tespit Haritaları

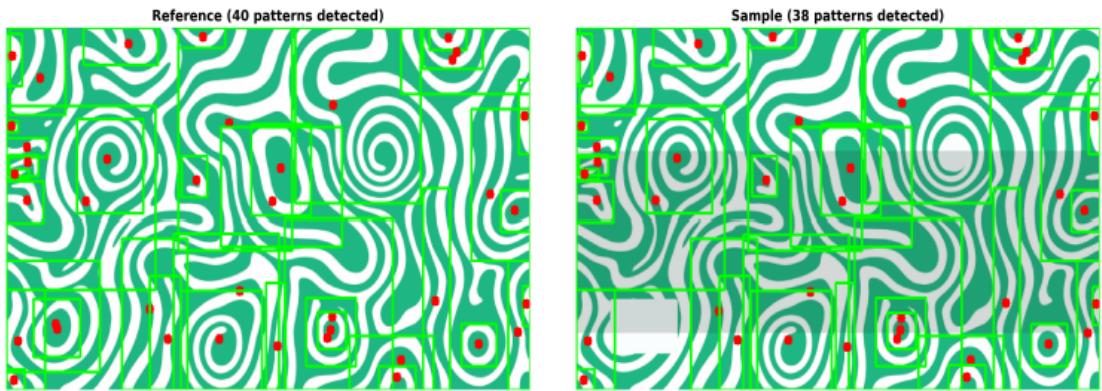


Figure 13: Desen Sayısı Analizi (Referans ve Numune tespit haritaları)

### 20.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

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

### 20.2 Tespit Yöntemi

Bağılı bileşenler analizi kullanılarak:

1. Gri tonlamaya dönüştür
2. Otsu eşikleme uygula
3. Bağılı 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 ölçüği değişimi
Kümelenmiş vs dağılmış	Dağılım tekdüzeligi farkı

## 21 GÖRSEL 14: Desen Sayısı Karşılaştırması

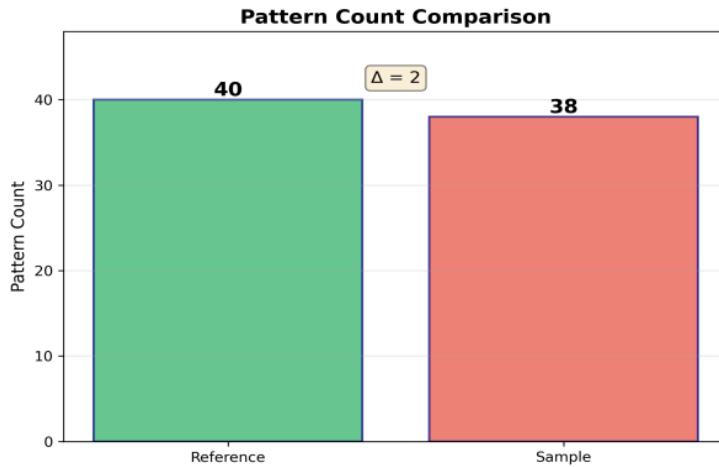


Figure 14: Desen Sayısı Karşılaştırma Çubuk Grafiği

### 21.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

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

### 21.2 Bu Grafiği Nasıl Okumak

- **Yeşil çubuk:** Referans desen sayısı
- **Kırmızı çubuk:** Numune desen sayısı
- **Çubukların üzerindeki sayı:** Tam sayı
- **$\Delta$  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)
KOSULLU (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:**  $\geq 0.5$  (ne kadar yuvarlak)
- Konvekslige Göre Filtrele:**  $\geq 0.8$  (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)

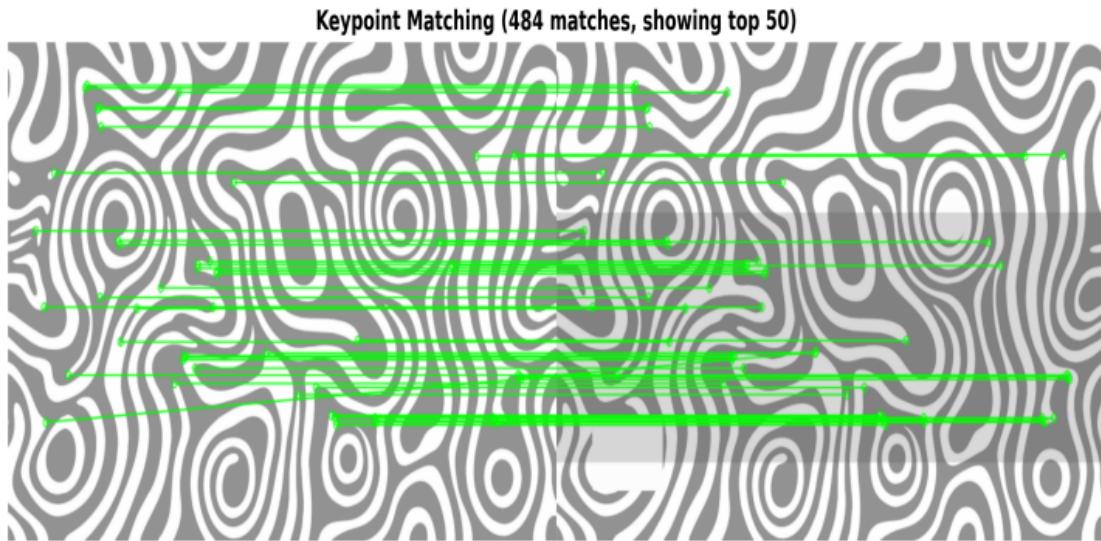


Figure 16: Referans ve Numune Arasında Anahtar Nokta Eşlestirmesi

### 23.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Referans ve Numune görselleri arasında eşleştirilmiş anahtar noktaların (ayırt 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 Görüntüyü 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 / $\text{max}(\text{ref}, \text{numune}) \times 100$
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	Hızasızlık veya farklı ölçek
Yüksek içdeğer sayısı	Tutarlı geometrik dönüşüm

## 24 GÖRSEL 17: Oto-korelasyon Analizi

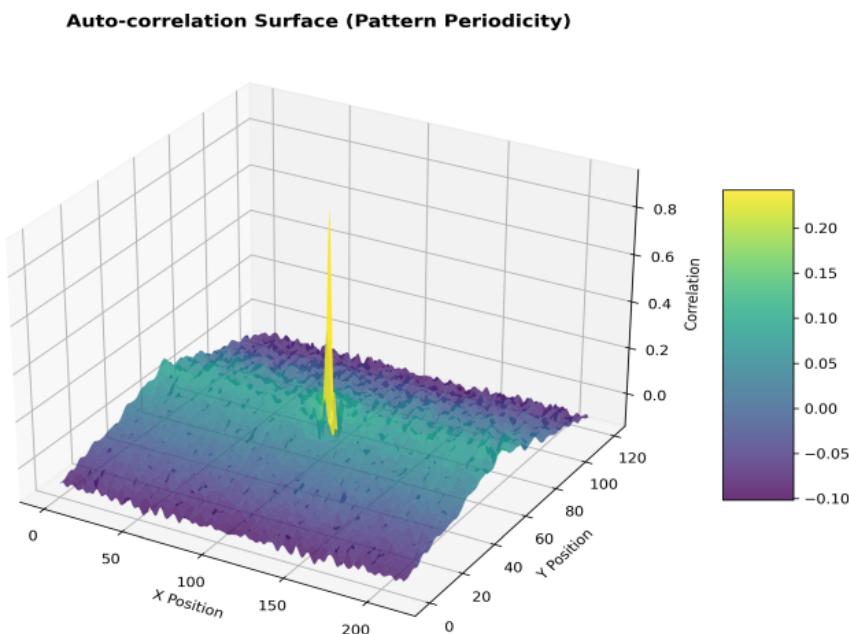


Figure 17: Oto-korelasyon Yüzeyi (3D Grafik)

### 24.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

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

### 24.2 Nasıl Hesaplanır

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

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 izgarası	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	$100 - \min(100, \sigma_{aral\beta k} / \mu_{aral\beta k} \times 100)$

## 25 GÖRSEL 18: Mekansal Dağılım Analizi

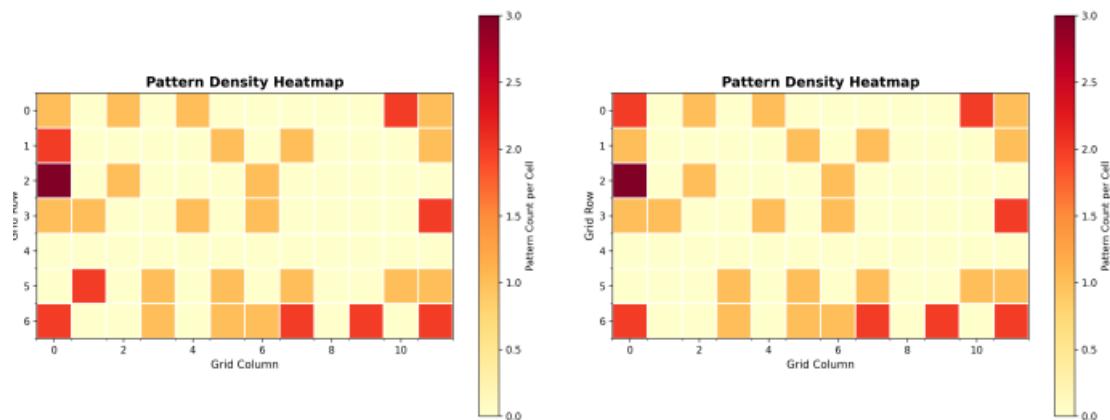


Figure 18: Desen Yoğunluğu İşi Haritaları (Referans ve Numune)

### 25.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Görsel alanı boyunca desen yoğunluğunu gösteren izgara tabanlı ısı haritaları.

## 25.2 Nasıl Hesaplanır

1. Görseli izgara hücrelerine böl (varsayılan:  $50 \times 50$  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	Kırılma sorunlarını gösterebilir

## 25.5 Sağlanan Metrikler

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

## 26 GÖRSEL 19: Desen Bütünlüğü Değerlendirmesi

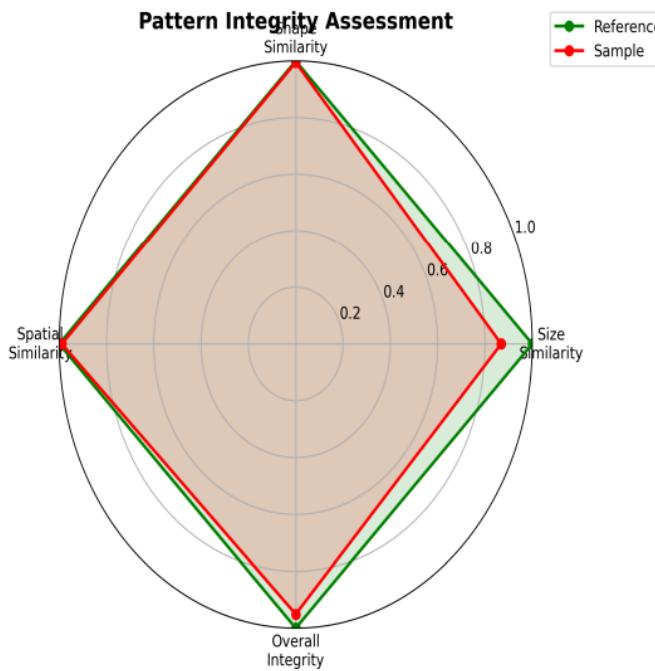


Figure 19: Desen Bütünlüğü Radar Grafiği

### 26.1 Bu Görsel Neyi Gösterir

Referans ve Numune arasında desen bütünlüğünün çeşitli yönlerini karşılaştırılan 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

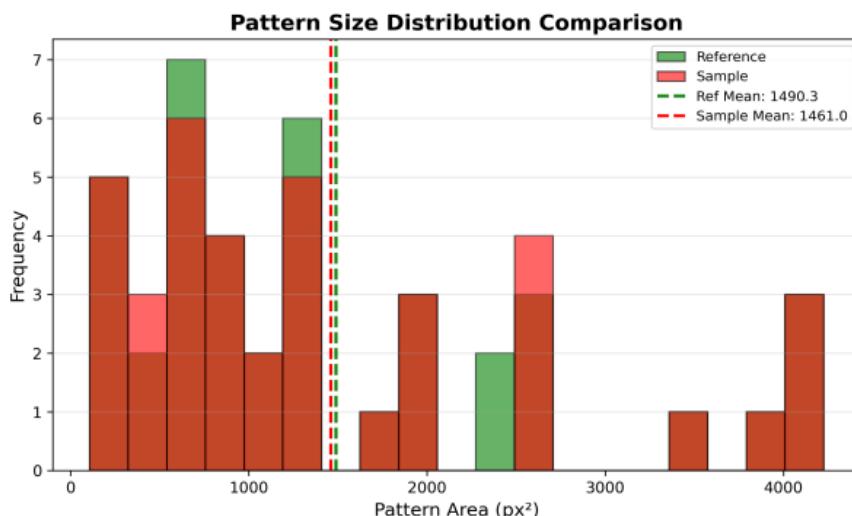


Figure 20: Desen Boyutu Dağılım Histogramı

### 27.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?

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

### 27.2 Bu Grafik Nasıl Okunur?

- **X-ekseni:** Desen alanı (pixsel kare, px<sup>2</sup>)
- **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 örtüsüyor	Benzer desen boyutları
Numune sağa kaymış	Numunedeki desenler daha büyük
Numune sola kaymış	Numunedeki desenler daha küçük
Numune daha geniş yayılmış	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	Tıklalı baskı kafası veya elek
Satr hâlinde eksikler	Besleme veya hat sıkışması
Dağınık fazla desenler	Kontaminasyon
Kümelenmiş fazla desenler	Çift baskı veya hayalet baskı
Sadece kenarlarda sorun	Hızalama 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

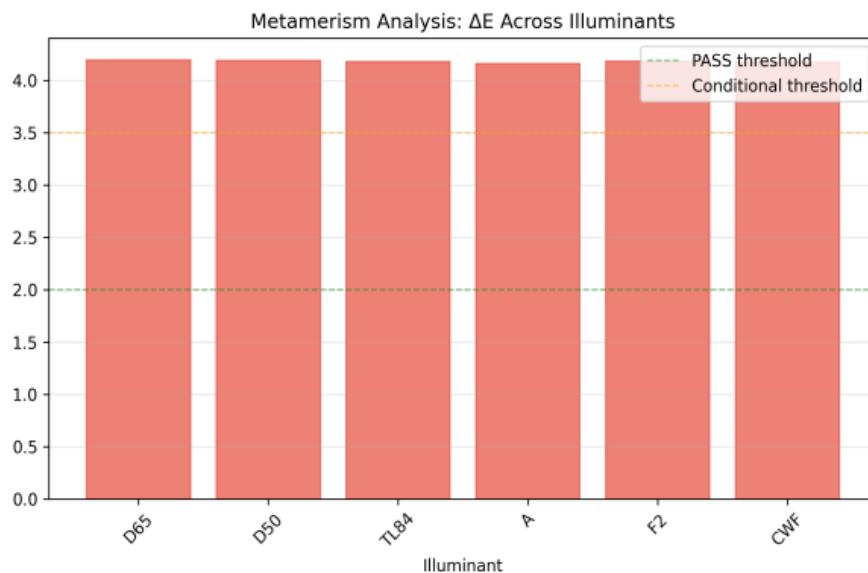


Figure 22: Metamerizm Analizi: Aydınlatıcılara Göre  $\Delta E$

### 29.1 Bu Görsel Ne Gösteriyor?

Farklı aydınlatıcılar altında hesaplanan  $\Delta E_{2000}$  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 bekentileri (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:**  $\Delta E_{2000}$  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	Düyük metamerizm riski
Bir çubuk yüksek	O ışık altında potansiyel sorun
TL84/A çok yüksek	Mağaza/ev görünümü farklı olabilir
Artan trend	Sistematik spektral uyumsuzluk
Tüm çubuklar yüksek	Temel renk uyumsuzluğu

## 29.6 Temel Çıktı

**En kötü durum metamerizmi:** En yüksek  $\Delta E$  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 Özeti Tablosu

#	Görsel Adı	Kontrol Temel Nokta	Edilecek	İyi Sonuç Görünür	Nasıl
1	Spektral Vekil (Spectral Proxy)	Cizgi hizalanması		Eğrilerin üst üste binişesi	
2	Görsel Fark (Visual Difference)	İşı haritasında sıcak noktalar		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	Sonuç	Nasıl Görünür
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 örtüsmesi
9	LBP (Yerel İkili Desenler)	Histogram örtüsmesi				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 uyması
20	Desen Boyutu (Pattern Size)	Histogram örtüsmesi				Dağılımların örtüsmesi
21	Eksik/Fazla (Missing/Extra)	Daire sayısı				Daire olmaması (eksik/fazla yok)
22	Metamerizm (Metamerism)	Çubuk renkleri				Tüm çubukların yeşil olması