

Sayısal Görüntü İşleme

Doğal Görüntülerde Renk Normalizasyonu ve Gürültü Giderme Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi

Samed Alp Arslan

220205012

Yazılım Mühendisliği

4. Sınıf

Özet

Bu çalışmada, BSDS500 doğal görüntü veri kümesi üzerinde üç farklı renk normalizasyonu yaklaşımı (Reinhard, Gray-World, Histogram Eşleştirme) ve üç denoise yöntemi (Gaussian Blur, Median, Non-Local Means) karşılaştırılmıştır. Deney düzeneğinde görüntülere Gauss ve tuz-biber (salt&pepper) gürültüsü eklenmiş, ardından çeşitli kombinasyonlar denenmiştir. Performans PSNR, SSIM ve RMSE metrikleriyle değerlendirilmiştir. Özetle, Gray-World veya normalizasyon uygulanmaması (“none”) ile Non-Local Means/Gaussian filtrelerinin birleşimi SSIM açısından daha yüksek değerler vermiş; Reinhard ve histogram eşleştirme doğal görüntülerde yapısal benzerliği düşürebilmiştir. Bulgular, renk-istatistiklerini agresifçe değiştiren normalizasyonların, orijinal görüntüye göre kıyaslandığında metrikleri olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

1. Giriş

Renk sapmaları ve gürültü, görüntü işleme zincirinde algısal kaliteyi ve sonraki adımları (segmentasyon, sınıflama vb.) doğrudan etkiler. Bu rapor, yaygın renk normalizasyonu ve gürültü giderme yöntemlerini bir arada değerlendirerek hangi kombinasyonların doğal görüntülerde daha tutarlı sonuç verdiğini incelemektedir. Histopatoloji alanındaki “boya (stain) normalizasyonu” gibi alan-özgü yöntemler ilham vericidir; ancak bu çalışma, alan-bağımsız doğal sahneler üzerinde deneysel bir kıyaslama sunar.

2. İlgili Çalışmalar (kısa)

Renk transferi/normalizasyonu için Reinhard yaklaşımı (Lab uzayında ortalama–standart sapma eşleştirme) ve Gray-World beyaz dengeleme yöntemi literatürde sık kullanılır. Histogram eşleştirme, küresel histogramın bir referansa benzetilmesine dayanır. Denoising tarafında Gaussian (düşük geçiren), Median (impuls gürültüye dayanıklı) ve Non-Local Means (patch-benzerliği) temel yaklaşımlar arasında sayılır. (Not: H&E leke normalizasyonu gibi yöntemler, doğal görüntülere doğrudan uygulanmak üzere tasarlanmamıştır.)

3. Veri Kümesi

BSDS500 veri kümesinin train ve test klasörlerinden maksimum 50’şer görsel kullanılmıştır. Görseller doğal sahnelerden oluşur; çözünürlükler değişkendir. Değerlendirme, tüm görsellerin ortalaması üzerinden raporlanmıştır.

4. Yöntem

4.1. Ön-işleme ve Gürültü

- Gauss gürültüsü: $\sigma=0.05$ (yoğunluk $\sim 5\%$).
- Tuz-biber gürültüsü: oran ≈ 2 (salt:pepper ≈ 0.5).

4.2. Renk Normalizasyonu

- **Reinhard:** Kaynak görüntü Lab uzayına alınır; kanal bazında ort/ss, referansla eşitlenir.
- **Gray-World:** Kanal ortalamaları eşit varsayılır; global ölçekleme ile beyaz dengeleme yapılır.
- **Histogram Eşleştirme:** Her kanal, seçilen referans görüntünün histogramına uydurulur.
- Not: “none” seçeneği, renk normalizasyonu uygulanmadığı durumu ifade eder.

4.3. Denoise

Gaussian Blur: (ksize=5, $\sigma=1.0$) – Gauss gürültüsüne karşı etkili, ayrıntıyı yumuşatır.

Median: (ksize=3) – Tuz-biber gürültüsünde daha dayanıklı.

Non-Local Means (NLM): OpenCV **fastNlMeansDenoisingColored**; dokusal bölgeleri daha iyi korur.

4.4. Değerlendirme Metrikleri

PSNR: Aşağıdaki tanım kullanılmıştır:

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left(\frac{L^2}{\text{MSE}} \right), \quad L = 255.$$

SSIM: Aydınlık, kontrast ve yapısal bileşenleri birleştirir (0–1 arası, 1 en iyi).

RMSE: Aşağıdaki tanım kullanılmıştır:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}}.$$

Karşılaştırma, orijinal görüntü referans alınarak yapılmıştır.

5. Deney Düzenek'i

Her görsel için şu akış denenmiştir:

- (i) Renk normalizasyonu → gürültü ekle → denoise
- (ii) (Kontrol) Sadece gürültü ekle → denoise

Her kombinasyon için PSNR/SSIM/RMSE hesaplandı; sonuçlar CSV'ye yazıldı.

Görsel örnekler, rasgele %2 oranla kaydedildi.

6. Bulgular

Şekil 1, bir örnek görüntü setini göstermektedir: orijinal, gürültülü, renk-normalize ve denoise edilmiş görüntü. Şekil 2, tüm veri üzerinde ortalama SSIM değerlerini özetlemektedir.

Genel gözlemler:

SSIM açısından en yüksek grup çoğunlukla Gray-World ve/veya none (renk norm uygulanmamış) seçenekleriyle elde edilmiştir.

Reinhard ve histogram eşleştirme, referansa göre global renk istatistiklerini kaydirdığı için SSIM'i düşürebilir (özellikle orijinali referans aldığımız kıyaslamada).

Denoise tarafında Non-Local Means, detayları koruyup gürültüyü azaltmada dengeli sonuçlar verirken; Median tuz-biber gürültüsünde, Gaussian ise Gauss gürültüsünde öne çıkmıştır.

Tablo 1 (T2_metrics_mean.csv), her renk_norm × noise × denoise kombinasyonunun PSNR/SSIM/RMSE ortalamalarını içerir. Rapor içinde tabloyu doğrudan içe aktar. Metin içinde, en iyi 1–2 kombinasyonu (SSIM yüksek, RMSE düşük olanlar) kısa cümleyle vurgula.

**

Şekil 1: Örnek görüntü seti (sırasıyla): orijinal, gürültülü, renk-normalize, denoise (gray_world + nlmeans).



**



**

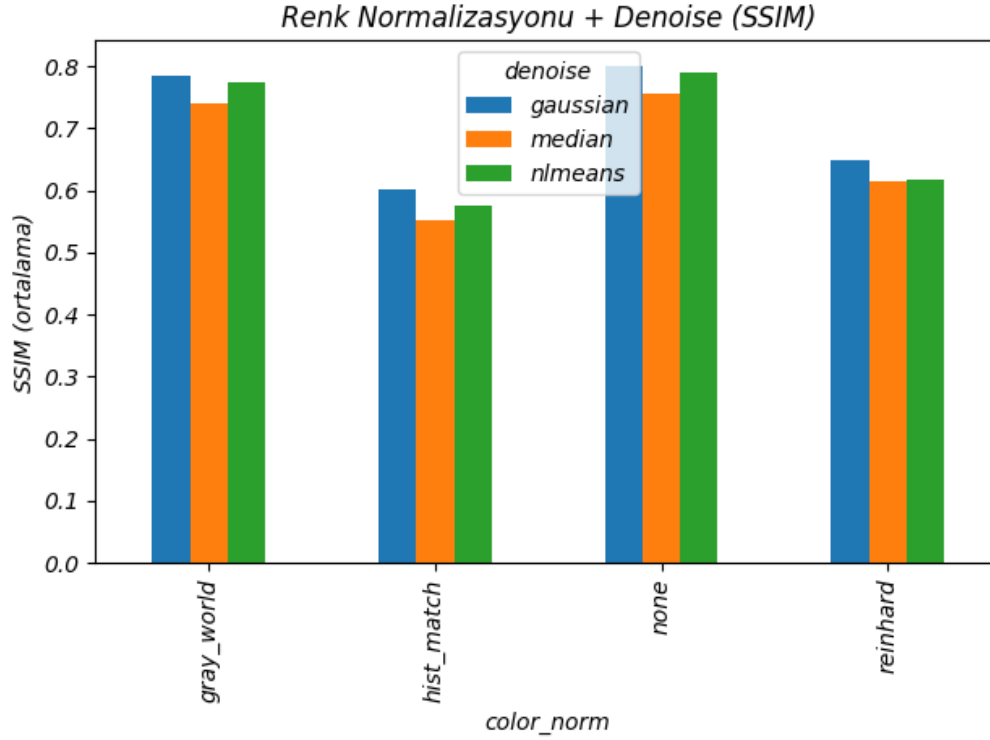


**



**

Şekil 2 (summary_ssim.png)



★★

Tablo 1: metrics_mean.csv (Not: Tablo'nun devamı zip'te yer almaktadır.)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	split	color_norm	noise	denoise	psnr	ssim	rmse	mse
2	test	gray_world	gaussian	gaussian	22.74625767856679	0.7825816799403478	20.154213935137882	471.30580859795816
3	test	gray_world	gaussian	median	22.672965376678732	0.7396314989007803	20.300660336855167	478.16869735299645
4	test	gray_world	gaussian	nlmeans	23.671771531352306	0.778495024862653	18.35101693518091	403.83055584700446
5	test	gray_world	gaussian	none	22.269761268060734	0.6387797262355845	20.778687901846308	488.2264124368797
6	test	gray_world	none	gaussian	23.009362584292948	0.8366048352868376	19.74761799889131	458.43958951043066
7	test	gray_world	none	median	23.34744739745954	0.8505239061978912	19.243724900051905	443.33954797356665
8	test	gray_world	none	nlmeans	23.959446809037683	0.784874707195709	17.86497299743486	385.9045968614193
9	test	gray_world	none	none	26.105219830923843	0.976258912333629	15.490007015767821	332.02715276023685
10	test	gray_world	saltpepper	gaussian	21.879023018565835	0.6667554326368139	21.75465363393805	529.6225881956723
11	test	gray_world	saltpepper	median	23.22170887164202	0.845272670912646	19.463811135671566	451.255340962818
12	test	gray_world	saltpepper	nlmeans	18.448537692272545	0.49909235209943653	30.872177744198375	979.6454095504563
13	test	gray_world	saltpepper	none	17.903839693355216	0.49005523062505824	32.8425781272312	1107.0023527049696
14	test	hist_match	gaussian	gaussian	11.538174022994994	0.5523331834774629	71.85230636713541	5576.093824867283
15	test	hist_match	gaussian	median	11.350619981777372	0.5028982197176537	73.32984429638711	5806.076580419384
16	test	hist_match	gaussian	nlmeans	11.43554394107008	0.5046302993140055	72.54330782501873	5681.364832740721
17	test	hist_match	gaussian	none	11.261637246975894	0.4224437502089316	73.29446969960215	5773.543271524581
18	test	hist_match	none	gaussian	11.531815172761686	0.5875696180394004	72.143127327626	5623.765767276982
19	test	hist_match	none	median	11.346793690405582	0.5678597961323526	74.00109378589372	5921.047089159612
20	test	hist_match	none	nlmeans	11.396331144634336	0.5064140221087837	72.86506796855558	5731.484808431724
21	test	hist_match	none	none	inf	0.6434302231352439	72.31119419928727	5674.397864176181
22	test	hist_match	saltpepper	gaussian	11.553561284919958	0.47343545265126763	71.16073009652138	5458.992892748967
23	test	hist_match	saltpepper	median	11.335312570677456	0.5646120114736257	74.01783902696617	5921.948034490277
24	test	hist_match	saltpepper	nlmeans	10.797906746008234	0.3160056761939053	75.96644191453339	6100.597182833444
25	test	hist_match	saltpepper	none	10.690788191602108	0.33111925814960147	76.86000350689392	6239.401048697871
26	test	none	gaussian	gaussian	27.23385749572729	0.7960159452178065	11.724725650575726	151.62017353082774
27	test	none	gaussian	median	27.035857783790707	0.7537966192917129	11.85347478481509	152.61370271781487
28	test	none	gaussian	nlmeans	28.701194367398852	0.7872907524380272	9.554021299004352	94.7299232086148
29	test	none	gaussian	none	26.14418589780965	0.6544232796167171	12.57099403308258	158.05785316589055
30	test	none	none	gaussian	27.99418071994342	0.851269817436402	10.973313907219852	136.44233444083912
31	test	none	none	median	28.87674417292934	0.8671051379731415	10.061192477740546	117.43288242951795
32	test	none	none	nlmeans	29.21744469561889	0.7919852953657249	9.045559646583584	85.80419647541143
33	test	none	none	none	inf	1.0	0.0	0.0
34	test	none	saltpepper	gaussian	25.29095211447455	0.6780364496377218	14.245197064967279	213.64502656502657
35	test	none	saltpepper	median	28.555384158357974	0.861899828962439	10.410485221501908	125.224134558714
36	test	none	saltpepper	nlmeans	19.939041960724968	0.5105458005258605	25.725195980183717	664.1208620842266
37	test	none	saltpepper	none	19.18651379727244	0.5017714961294707	28.022459299333697	786.3122871829414
38	test	reinhard	gaussian	gaussian	12.319535706067716	0.6458067496391915	65.71701245629858	4686.65279827635
39	test	reinhard	gaussian	median	12.282535470436988	0.6138120011727971	65.87270931280305	4705.262638627125
40	test	reinhard	gaussian	nlmeans	12.346230587237708	0.5928927426074451	65.37430885602704	4639.669296658269
41	test	reinhard	gaussian	none	12.184457840414513	0.5359312767441774	65.96141579705589	4700.230533610534
42	test	reinhard	none	gaussian	12.278774154189334	0.6874315089923053	66.23252028742036	4761.118566935016

7. Tartışma

Neden bazı normalizasyonlar düştü? Doğal sahnelerde, orijinale göre kıyas yaptığımız için renk dağılımını kuvvetle değiştiren yöntemler (Reinhard/histogram) yapısal benzerlik ölçümünü (SSIM) aşağı çekebilir.

Gürültü türüne göre filtre seçimi: Tuz-biber için medyan filtresi beklenen şekilde iyi performans verir; Gauss gürültüsünde Gaussian/NLM daha uygundur.

Uygulama bağlamı: Eğer amaç, bir sonraki görev (ör. kenar tespiti) için daha tutarlı renk istatistikleri ise, Gray-World gibi yumuşak normalizasyonlar pratik bir kompromistir.

8. Sonuç

Bu rapor, doğal görüntüler üzerinde renk normalizasyonu ve denoise kombinasyonlarını sistematik biçimde karşılaştırmıştır. Gray-World ve/veya none + NLM/Gaussian ikilileri genellikle daha yüksek SSIM sağlamıştır. Gelecekte, veri-bağımlı (öğrenen) denoise yöntemleri ve yerel-adaptif renk düzeltmeleri eklenebilir; ayrıca, değerlendirme sadece orijinale göre değil, belirli görevlerin (segmentasyon/sınıflama) çıktısı üzerinden de yapılabilir.

Kaynakça

-Reinhard, E. et al. “Color Transfer between Images.”

-Bu çalışmada kullanılan kütüphaneler: OpenCV, scikit-image, NumPy (sürüm bilgileri proje dizinindeki requirements.txt’de).

-Doğal görüntülerde denoise ve renk düzeltme üzerine seçtiğin 2–3 makale/ders notu.

Ekler

Ek-1: metrics.csv (ham sonuçlar) (Not: tablo’nun devamı ekte yer almaktadır.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	split	image	color_norm	noise	denoise	psnr	ssim	rmse	mse
2	train	100075	none	none	none	inf	1.0	0.0	0.0
3	train	100075	none	none	gaussian	30.80661859792437	0.8486623157885324	7.348678548211615	54.00307640494557
4	train	100075	none	none	median	31.216700977376828	0.8620498056776644	7.009792002112819	49.13718391288485
5	train	100075	none	none	nlmeans	28.05414499851089	0.6787116060145393	10.088647095161312	101.78080021070676
6	train	100075	none	gaussian	none	26.01752220160965	0.6536201463920586	12.754518567290235	162.67774388335135
7	train	100075	none	gaussian	gaussian	29.81443399126649	0.802134798164421	8.237937275507708	67.86361055519934
8	train	100075	none	gaussian	median	28.923088302635843	0.7555449541953635	9.128212996594042	83.3242725111884
9	train	100075	none	gaussian	nlmeans	28.404587516861397	0.711077456006692	9.68971056215516	93.89049077834125
10	train	100075	none	saltpepper	none	19.429559978878647	0.47257192655837965	27.23091167383074	741.5225505879712
11	train	100075	none	saltpepper	gaussian	27.243423319707777	0.6879538891775571	11.075644675939275	122.669904987662
12	train	100075	none	saltpepper	median	30.937336361315285	0.8558946302755586	7.238913087075747	52.40186268223651
13	train	100075	none	saltpepper	nlmeans	20.588854422989392	0.4689553158111246	23.828541416006544	567.7993860143392
14	train	100075	reinhard	none	none	51.265669178237864	0.9978084778942523	0.697038427903885	0.4858625699747195
15	train	100075	reinhard	none	gaussian	30.809955773690714	0.8486730484269743	7.3458556800332016	53.96159567187605
16	train	100075	reinhard	none	median	31.20260978701042	0.8613011819203439	7.021173274936835	49.29687415668724
17	train	100075	reinhard	none	nlmeans	28.061648083616074	0.6788848096480082	10.079936036617829	101.60511050230676
18	train	100075	reinhard	gaussian	none	26.018029071637827	0.6544597049774564	12.753774291824207	162.65875868679606
19	train	100075	reinhard	gaussian	gaussian	29.8231387871446	0.8029248740626956	8.229685542570463	67.72772412959328
20	train	100075	reinhard	gaussian	median	28.90545432248934	0.755719854300132	9.14676380029725	83.6632880184282
21	train	100075	reinhard	gaussian	nlmeans	28.428626503357272	0.7124575906244995	9.662930485545637	93.37222556848725
22	train	100075	reinhard	saltpepper	none	19.354770184856076	0.4660016670303657	27.466395616289947	754.4028881505517
23	train	100075	reinhard	saltpepper	gaussian	27.194068923835864	0.6862666784005463	11.138757118997717	124.07191015602231
24	train	100075	reinhard	saltpepper	median	30.942399612569588	0.855748711528415	7.234694549136812	52.34080521930989
25	train	100075	reinhard	saltpepper	nlmeans	20.525172763626234	0.46542564933852604	24.00388526591904	576.1865078594051
26	train	100075	gray_world	none	none	30.14478203007828	0.9942728497567646	7.930509303245641	62.89297780886566
27	train	100075	gray_world	none	gaussian	27.51876166658695	0.8452476752025883	10.730058682089078	115.1341593210752
28	train	100075	gray_world	none	median	27.669509423481884	0.8580239069276804	10.5454401024315	111.20630695397051
29	train	100075	gray_world	none	nlmeans	26.11826310393873	0.6714607039117423	12.607443345658265	158.94762771398285
30	train	100075	gray_world	gaussian	none	24.581623087023395	0.6499981564572149	15.047315468067206	226.42170279553457
31	train	100075	gray_world	gaussian	gaussian	26.996966413889982	0.7982960886527649	11.39441045420713	129.83258959894474
32	train	100075	gray_world	gaussian	median	26.481748329393767	0.7513772950000547	12.090736709035665	146.1859141672226
33	train	100075	gray_world	gaussian	nlmeans	26.219365622069937	0.703279068580864	12.46154526467598	155.29011038356833
34	train	100075	gray_world	saltpepper	none	19.016064922445956	0.46198071471784957	28.55860135952745	815.5937116124032
35	train	100075	gray_world	saltpepper	gaussian	25.58130699404627	0.6857071776179101	13.411422080850643	179.8662422307282
36	train	100075	gray_world	saltpepper	median	27.557414332188273	0.8526512851622498	10.68241544284058	114.11399969343894
37	train	100075	gray_world	saltpepper	nlmeans	19.897687960041644	0.45138351271497584	25.80214327280243	665.7505974702236
38	train	100075	hist_match	none	none	inf	1.0	0.0	0.0
39	train	100075	hist_match	none	gaussian	30.80661859792437	0.8486623157885324	7.348678548211615	54.00307640494557
40	train	100075	hist_match	none	median	31.216700977376828	0.8620498056776644	7.009792002112819	49.13718391288485
41	train	100075	hist_match	none	nlmeans	28.05414499851089	0.6787116060145393	10.088647095161312	101.78080021070676
42	train	100075	hist_match	gaussian	none	26.017903818401024	0.6542117440056157	12.753958206552111	162.66344993447797