

MAĞARA İÇERİSİNDE ÇEKİLEN DÜŞÜK IŞIKLI FOTOĞRAFLARIN  
İYİLEŞTİRİLMESİNDE RETİNEKS YÖNTEMİNİN KULLANILMASI  
USING THE RETINEX METHOD FOR IMPROVING LOW LIGHT PHOTOS TAKEN  
INSIDE CAVES

**Assist. Prof. Dr. Bilgin YAZLIK**

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar  
Mühendisliği Bölümü Merkez/Nevşehir  
ORCID NO:0000-0002-8172-3192

### Özet

Mağaralar çoğunlukla doğal yapıları gereği ya tamamen karanlık ya da çok az doğal ışık alabilen kapalı alanlardır. Mağaracılar, mağara içerisinde çok zor koşullarda ve dar alanlarda çalışmak zorunda kalmaktadırlar. Bu durumun bir sonucu olarak yapılan çalışmaların belgelenmesi sırasında çekilen fotoğraflar büyük oranda düşük ışıklı fotoğraflar olmaktadır. Mağaracılar çalışma sonrasında çektikleri fotoğrafları Photoshop ve ACDSee benzeri programlar yardımı ile ışık koşulları açısından iyileştirmektedirler. Ancak bu programlar ışık koşullarını iyileştirme konusunda uzmanlaşmış yazılımlar değildir ve kullanıcı deneyimine bağlı olarak çok farklı sonuçlar üretebilmektedirler. Retineks algoritması ilk defa 1971 yılında önerilmiş ve bugün hala özellikle düşük ışıklı görselleri iyileştirmede kullanılan en başarılı algoritmalarından birisidir. Retineks algoritmasının mağara içinde çekilmiş düşük ışıklı görsellerdeki başarımı bazı çalışmalarda kısmen ele alınmış olsa da bu konuyu başlı başına ele alan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada mağara içinde çekilmiş düşük ışıklı fotoğraflara Retineks uygulanmıştır ve ışık iyileştirme açısından başarılı sonuçlar ele edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Retineks, mağara, düşük ışık, görüntü iyileştirme.

### Abstract

Caves are mostly closed spaces that, due to their natural structure, can either be completely dark or receive very little natural light. Scientists have to work under very difficult conditions and in narrow spaces inside the cave. As a result of this situation, the photographs taken during the documentation of the studies are largely low-light photographs. Scientists enhance the photographs they take after work in terms of light conditions with the help of programs such as Photoshop and ACDSee. However, these programs are not specialized in enhancing light conditions and can produce very different results depending on the user experience. The Retinex algorithm was first proposed in 1971 and is still one of the most successful algorithms used today, especially in enhancing low-light images. Although the performance of the Retinex algorithm in low-light images taken inside caves has been partially addressed in some studies, there is no study that addresses this issue in itself. In this study, Retinex was applied to low-light photographs taken inside the cave and successful results in terms of light enhancement were achieved.

**Keywords:** Retinex, cave, low-light, image enhancement.

### GİRİŞ

Mağaranın farklı bakış açıları ile farklı tanımları söz konusudur. Bu çalışmada mağarayı, bir insanın içerisinde araştırma yapmasına izin verecek büyüklükte olan, insan tarafından yapılmış ya da doğal yollarla oluşmuş, dünyanın içine açılan alanlar olarak tanımlamaktayız[1]. Mağaralar, tektonik hareketler, erozyon, kaya çözünmesi, lav akışı ve buzul erimesi gibi doğal nedenlerle oluşabilmekte iken[1], dünyada özellikle Kapadokya bölgesinde yoğun olarak

rastlanıldığı üzere insan eliyle de oluşturulabilmektedir. Mağaralar nasıl oluşursa oluşsunlar, dünyanın içerisine doğru açıldıkları için kapalı alanlardır ve büyük çoğunlukla tamamen doğal ışıktan yoksun ortamlardır.

Mağara içerisinde çalışan araştırmacılar, çalışmalarını belgelemek ya da zorlu çalışma koşullarından dolayı anlık olarak gözden kaçabilecek detayları sonradan incelemek amacıyla fotoğrafı bir araç olarak kullanmaktadırlar. Mağaralar, tabiatları gereği çoğunlukla dar ve karanlık ortamlardır. Bu yapılarından dolayı mağara içerisinde fotoğraf çekimi yapmak güçtür. Bu güçlüklerden dolayı mağara içerisinde çekilen fotoğraflar düşük ışıklı ve çoğunlukla yüksek gürültülü olabilmektedir. Yetersiz ışık alan mağara gibi ortamlarda elde edilen görüntülerde, kontrast zayıflığı, düşük parlaklık, düşük renk kalitesi, detaylarda kayıp söz konusu olmaktadır.

Düşük ışıklı görsellerin iyileştirilmesinde akla ilk gelen yöntem görseldeki ışık miktarının artırılmasıdır. Ancak artırılan ışık miktarı ile görseldeki kontrast iyice düşmekte, renkler bozulmakta ve görüntüde istenilen netice elde edilememektedir. Artan ışığı dengelemek için kontrast da artırılabilir, fakat bu durumda görüntüde elde edilen iyileşmeye karşılık gürültü miktarında artış söz konusu olmaktadır[2].

Halihazırda ticari olarak piyasada bulunan çok sayıda görüntü düzenleme uygulaması mevcuttur. Ancak bunlar içerisinde Adobe firmasına ait olan Photoshop ile ACD Systems firmasına ait olan Photo Studio uygulamaları teknik kabiliyetler açısından öne çıkmaktadırlar. Bu uygulamalar düşük ışıklı görsellerin iyileştirilmesinde kullanılabilirler[3]. Ancak hem Photoshop hem de Photo Studio uygulamaları görüntü iyileştirme için çok detaylı alt parametrelere sahiptirler, bu özellikleri nedeni ile özellikle düşük ışıklı görüntü iyileştirmede başarılı sonuç üretilmesi büyük oranda kullanıcı bağımlıdır. Deneyimli kullanıcılar alt parametreleri deneyimlerine dayanarak daha doğru ayarlayarak daha iyi sonuçlar elde edebilmektedirler. Ne yazık ki bu uygulamalar için genel geçer başarılı bir teknik görüntü iyileştirme şablonu bulunmamaktadır.

Düşük ışıklı görüntülerin iyileştirilmesinde yukarıda bahsi geçen yöntemlere ilave olarak Retineks tabanlı algoritmalara dayalı farklı yöntemler de kullanılmaktadır[4]. Literatürde düşük ışıklı görselleri iyileştirmek için Retineks algoritmasını kullanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır, ancak mağara içi görselleri başlı başına konu edinen bir çalışma görülmemekle birlikte düşük ışıklı mağara içi görselleri kısmi olarak konu edinen çalışmalar bulunmaktadır[5] [6]. Bu çalışmada mağara içerisinde çekilmiş düşük ışıklı fotoğrafların iyileştirilmesi için Retineks tabanlı yaklaşım kullanılmaktadır.

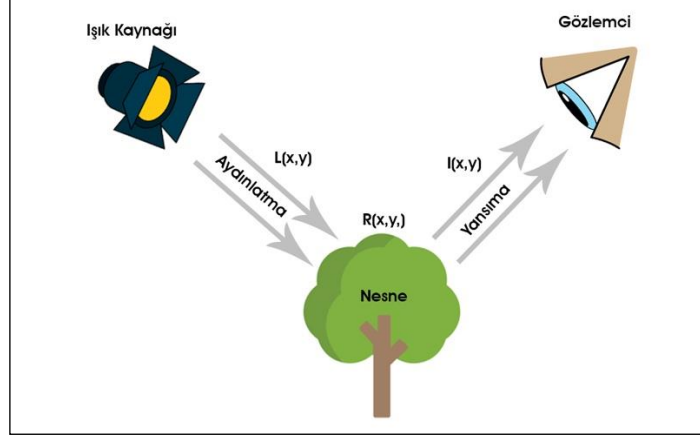
## RETINEKS

Retineks teorisi görüntüyü yansıtma ve aydınlatma bileşenlerine ayırmak için geliştirilmiş ve bugün hala çok yaygın olarak kullanılan önemli bir görüntü iyileştirme algoritmasıdır. Retineks kelimesinin iki kelimedenden oluşturulduğu görülmektedir, bunlar retina ve korteks kelimeleridir.

Retineks teorisi ilk defa Land ve McCann tarafından 1971 yılında geliştirilmiştir[7]. Retineks teorisi, insanın bir nesneyi ya da sahneyi nasıl gördüğünü modellemeye çalışmaktadır. Teoriye göre insan gözü, sahnenin tamamında bir bütün olarak mutlak bir ışık yansımaları görmekten ziyade bölgesel olarak değişen bir ışık yansımalarını görmektedir. Orijinal retineks algoritmasında, tüm piksellerin baştan sona ışıklandırma değerleri hesap edilmektedir[8]. Nihai olarak, Retineks teorisine göre insan bakış açısıyla ele alındığında, bir  $I(x,y)$  görüntüsü, aydınlatma bileşeni olan  $L(x,y)$  ve yansıtma bileşeni olan  $R(x,y)$  bileşenlerine ayrılabilir[8].

$$I(x, y) = R(x, y)L(x, y) \quad (1)$$

Eşitlik 1’de yer alan  $L(x,y)$  ifadesi aydınlanma değeri iken,  $R(x,y)$  değeri görselde bulunan nesnenin ya da nesnelerin karakteristik özelliklerine bağlı olarak oluşan yansıma değeridir[9]. Şekil 1’de retineks teorisinin prensip olarak nasıl çalıştığını temsil eden bir gösterim yer almaktadır. Retineks MATLAB ortamında da gerçekleştirilebilmektedir[10].



Şekil 1. Retineks Teorisinin Prensip Gösterimi

### TEK ÖLÇEKLİ RETİNEKS (SSR)

Tek ölçekli retineks; çıkış değerinin, merkezde bulunan giriş değeri ile çevresindeki komşuluklarının ortalaması arasındaki farkı ile hesaplanan merkez/komşuluk fonksiyonlar sınıfının bir üyesidir[8]. Tek Ölçekli Retineks matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$R_i(x, y) = \log(I_i(x, y)) - \log(I_i(x, y) * F(x, y)) \quad (2)$$

Yukarıda yer alan 2 numaralı eşitlikte bulunan  $I_i$  ifadesi giriş görselinin  $i$ 'nci kanalını,  $R_i$  ifadesi ise Retineks çıkış görselinin  $i$ 'nci kanalını,  $F$  ise normalize çevresel fonksiyonu, "\*" operatörü ise konvolüsyonu ifade etmektedir. Yukarıda yer alan matematiksel ifade her bir renk kanalı için ayrı ayrı gerçekleştirilir. Normalize çevresel fonksiyon olarak çeşitli fonksiyonlar kullanılabilir. Ancak sıklıkla Gauss fonksiyonu tercih edilmektedir [8], [9].

### ÇOK ÖLÇEKLİ RETİNEKS (MSR)

Retineks metodunda çevresel fonksiyon olan  $F(x,y)$ 'nin doğru ölçek ile gerçekleştirilmesi hayati öneme sahiptir, ancak doğru ölçeği net olarak bulmanın basit bir yöntemi bulunmamaktadır. Bundan dolayı tek ölçekli retineks farklı ölçek değerleri için defalarca tekrarlanarak toplanmakta ve bu yöntem çok ölçekli retineks denilmektedir[11]. Çok ölçekli retineks matematiksel olarak şu şekilde gösterilmektedir:

$$R_{MSR_i} = \sum_1^n w_n(\log(I_i(x, y)) - \log(I_i(x, y) * F_n(x, y))) \quad (3)$$

3 nolu eşitlikte yer alan  $n$  terimi ölçeklerin sayısını,  $w_n$  ise ölçeklerin ağırlığını ifade etmektedir. Çok Ölçekli Retineks algoritması, ışık iyileştirmenin yanı sıra renk iyileştirme için de kullanılmaktadır[12].

## ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada Kayseri ili Koramaz Vadisi sınırları içerisinde yer alan isimsiz kaya oyma bir mağara içerisinden (Şekil 2) ve Kapadokya bölgesi sınırları içerisinde yer alan Ürgüp ilçesine bağlı Karain köyünde bulunan bir mağara içerisinden (Şekil 3) çekilmiş iki fotoğraf üzerinde çalışma yapılmıştır. Fotoğraflar Canon EOS500 D dijital fotoğraf makinesi ve Sigma 18-50 mm lens kullanılarak çekilmiştir. Fotoğraflar dikkatle incelendiğinde yetersiz ışık koşullarında renkli olarak çekildikleri görülmektedir. Fotoğraflara MATLAB ortamında Retineks metodu uygulanarak düşük ışık iyileştirme açısından başarımlı analizi yapılmıştır.

Fotoğrafların Çözünürlükleri	4032x3024 piksel
Kullanılan Retineks Çevresel Fonksiyonu	Gauss Fonksiyonu
Gauss Fonksiyonu İçin Seçilen Ölçek Değerleri	$\sigma=15$ $\sigma=80$ $\sigma=250$
Kullanılan Retineks Yöntemi	Tek Ölçekli Retineks (SSR) Çok Ölçekli Retineks (MSR)

Çalışmada kullanılan Retineks yönteminde fonksiyon olarak eşitlik 4'te gösterilen Gauss fonksiyonu kullanılmıştır.

$$F_n(x, y) = C_n e^{\left[\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma_n^2}\right]} \quad (4)$$

Bu ifadede  $\sigma$ , filtrenin standart sapma değeridir ve Retineks ölçeğini ifade eder. C terimi de normalizasyon faktörüdür ve eşitlik 5'teki gibi ifade edilmektedir.

$$\int F(x, y) dx dy = 1 \quad (5)$$

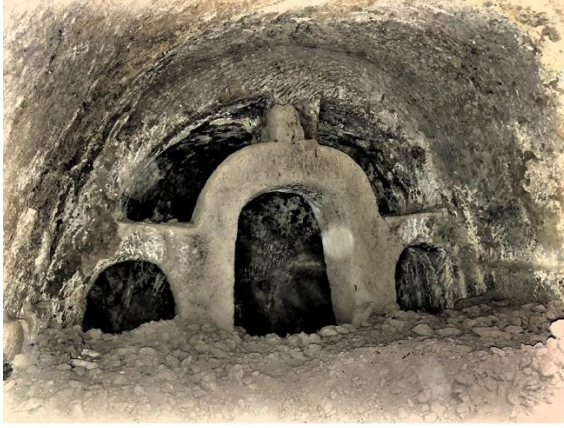
Şekil 2 ve Şekil 3'te çalışma kapsamında ele alınan mağara içi düşük ışıklı fotoğraflar, Retineks uygulaması öncesi ve sonrası şeklinde gösterilmektedir. Fotoğraflar incelendiğinde Retineks uygulamasının mağara içerisinden çekilmiş düşük ışıklı fotoğrafların ışık açısından iyileştirilmesi konusunda oldukça başarılı olduğu açıkça görülebilmektedir. Seçilen  $\sigma$  değeri sonucu doğrudan etkilemektedir, en iyi görsel sonuç SSR yönteminde  $\sigma=80$  değeri için elde edilmiştir, bununla birlikte MSR uygulanmış görsel renk açısından da daha başarılı bir sonuç üretmiştir.



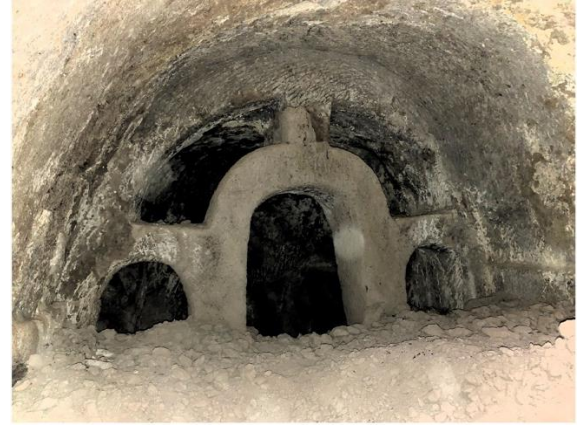
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 2. (a) Orijinal fotoğraf (b)  $\sigma=15$  ölçeği ile tek ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf (c)  $\sigma=80$  ölçeği ile tek ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf (d)  $\sigma=250$  ölçeği ile tek ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf (e) Çok ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 3. (a) Orijinal fotoğraf (b)  $\sigma=15$  ölçeği ile tek ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf (c)  $\sigma=80$  ölçeği ile tek ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf (d)  $\sigma=250$  ölçeği ile tek ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf (e) Çok ölçekli retineks uygulanmış fotoğraf

**SONUÇ**

Mağaralar doğal yapıları gereği çoğunlukla doğal ışık almayan, karanlık ve çok dar alanlardır. Bu alanlarda çalışmak zorunda olan araştırmacılar, araştırmalarını belgelemek için fotoğraf çektiklerinde elde ettikleri fotoğraflar düşük ışıklı görseller olmaktadır. Bu çalışmada mağara içerisinde çekilmiş düşük ışıklı görsellerin iyileştirilmesi için Retineks uygulaması yapılmıştır. Çalışmamızda üç farklı ( $\sigma=15$ ,  $\sigma=80$ ,  $\sigma=250$ ) değer için tek ölçekli Retineks ve Çok Ölçekli Retineks algoritmaları iki ayrı düşük ışıklı mağara içi fotoğrafa uygulanmıştır. MatLab ortamında gerçekleştirilen uygulamanın neticeleri incelendiğinde Retineks algoritması; tek ölçekli uygulamada  $\sigma=80$  değeri için en iyi sonucu üretmiştir. Çok ölçekli Retineks uygulamasında ise ışık iyileştirmenin yanı sıra renk iyileştirmesi de gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, düşük ışıklı mağara içi görsellerin ışık açısından iyileştirilmesi konusunda Retineks yönteminin başarılı olduğu tespit edilmiştir.

**KAYNAKLAR**

- [1] W. B. White ve D. C. Culver, "Chapter 29 - Cave, Definition of", içinde *Encyclopedia of Caves (Third Edition)*, W. B. White, D. C. Culver, ve T. Pipan, Ed., Academic Press, 2019, ss. 255-259. doi: 10.1016/B978-0-12-814124-3.00028-5.
- [2] J. C. R. Neal F. Brent, *The Image Processing Handbook*, 7. bs. Boca Raton: CRC Press, 2017. doi: 10.1201/b18983.
- [3] Y. Zhang, X. Guo, J. Ma, W. Liu, ve J. Zhang, "Beyond Brightening Low-light Images", *Int J Comput Vis*, c. 129, sy 4, ss. 1013-1037, Nis. 2021, doi: 10.1007/s11263-020-01407-x.
- [4] J. Wang, H. Wang, Y. Sun, ve J. Yang, "Improved Retinex-Theory-Based Low-Light Image Enhancement Algorithm", *Applied Sciences*, c. 13, sy 14, Art. sy 14, Oca. 2023, doi: 10.3390/app13148148.
- [5] T. Ma, C. Fu, J. Yang, J. Zhang, ve C. Shang, "RF-Net: Unsupervised Low-Light Image Enhancement Based on Retinex and Exposure Fusion", *CMC*, c. 77, sy 1, ss. 1103-1122, 2023, doi: 10.32604/cmc.2023.042416.
- [6] H. Fu, W. Zheng, X. Meng, X. Wang, C. Wang, ve H. Ma, "You Do Not Need Additional Priors or Regularizers in Retinex-Based Low-Light Image Enhancement", program adı: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2023, ss. 18125-18134. Erişim: 22 Ocak 2024. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/html/Fu\\_You\\_Do\\_Not\\_Need\\_Additional\\_Priors\\_or\\_Regularizers\\_in\\_Retinex-Based\\_CVPR\\_2023\\_paper.html](https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/html/Fu_You_Do_Not_Need_Additional_Priors_or_Regularizers_in_Retinex-Based_CVPR_2023_paper.html)
- [7] E. H. Land ve J. J. McCann, "Lightness and Retinex Theory", *J. Opt. Soc. Am., JOS A*, c. 61, sy 1, ss. 1-11, Oca. 1971, doi: 10.1364/JOSA.61.000001.
- [8] A. B. Petro, C. Sbert, ve J.-M. Morel, "Multiscale Retinex", *Image Processing On Line*, ss. 71-88, Nis. 2014, doi: 10.5201/ipol.2014.107.
- [9] F. Katircioğlu, "Düşük-Işıklı Renkli Görüntülerin İyileştirilmesinde Kullanılan Retineks Algoritmalarının Karşılaştırmalı Analizi", *BJESR*, c. 3, sy 2, Art. sy 2, Eki. 2021, doi: 10.46387/bjesr.955356.
- [10] B. Funt, F. Ciurea, ve J. McCann, "Retinex in Matlab", *Journal of Electronic Imaging - J ELECTRON IMAGING*, c. 13, ss. 48-57, Oca. 2004, doi: 10.1117/1.1636761.
- [11] D. J. Jobson, Z. Rahman, ve G. A. Woodell, "A multiscale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes", *IEEE Transactions on Image Processing*, c. 6, sy 7, ss. 965-976, Tem. 1997, doi: 10.1109/83.597272.

[12] Z. Rahman, D. J. Jobson, ve G. A. Woodell, “Multi-scale retinex for color image enhancement”, içinde *Proceedings of 3rd IEEE International Conference on Image Processing*, Eyl. 1996, ss. 1003-1006 c.3. doi: 10.1109/ICIP.1996.560995.