

YER GÖZLEM UYDULARI İÇİN GENEL GÖRÜNTÜ KALİTESİ DENKLEMİ

Kamil B. Alıcı¹ ve Özgür Selimoğlu²

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Optik Sistemler Grubu, Ankara

ÖZET

Bu makalede Ulusal Görüntü Yorumlama Oranlama Ölçeği (National Imagery Interpretability Rating Scale, NIIRS) için teorik arka plan ve hesaplama sonuçlarını jenerik bir uydu olan GENSAT için sunuyoruz. NIIRS değerleri Genel Görüntü Kalitesi Denklemi (General Image Quality Equation, GIQE) versiyon 4.0 ve versiyon 3.0 kullanılarak GENSAT Uydu Elektro-Optik kamera parametreleri için hesaplandı. 60 cm çözünürlüklü bir PAN sensörü için GIQE 4.0 denklemi kullanılarak 4.55 NIIRS sonucu elde edildi. Bu kamerayla çekilen görüntülerde yerdeki tren yolu izleri tespit edilebilir.

GİRİŞ

Ulusal Görüntü Yorumlama Derecelendirme Ölçeği (National Imagery Interpretability Rating Scale, NIIRS) genel geçer olarak kullanılan bir görüntü kalitesi ölçeğidir [1]. NIIRS görünür, ısı, radar ve çok tayflı görüntüleme için geliştirilmiştir ve ölçek değerleri 0'dan 9'a değişiklik gösterir. Yer örnekleme mesafesinin (ground sampling distance, GSD) NIIRS ölçeğinde oluşturduğu 2 birimlik bir değişiklik, NIIRS değerinde yaklaşık 1 birimlik bir değişikliğe neden olur. Verilen NIIRS değerleri aşağıda belirtilen NIIRS kriterleri ilişkilendirilebilir. NIIRS değeri 0 için görüntü yorumlanamaz durumdadır. Ana kara kullanım alanları (şehir, tarım, orman, su) birbirinden NIIRS değeri 1 olduğu durumda ayırt edilebilir. Yol görüntüleri, NIIRS değeri 2 olduğu durumda ayırt edilebilir, NIIRS değeri 3 olduğunda birbirinden ayrı evler tespit edilebilir, NIIRS değeri 4 olduğunda tren yolu izleri tespit edilebilir, NIIRS değeri 5 olduğunda birbirinden ayrı tren vagonları ayırt edilebilir, NIIRS değeri 6 olduğunda sedan arabalar ile steysin vagon arabalar birbirinden ayırt edilebilir, NIIRS değeri 7 iken birbirinden ayrı tren yolu raylarının tahtaları belirlenebilir, NIIRS değeri 8 iken araba camı silecekleri ayırt edilebilir, NIIRS değeri 9 iken büyük tren yolu çivileri tespit edilebilir. Genel görüntü kalitesi denklemi (general image quality equation, GIQE) çeşitli ölçümlenebilir değerleri NIIRS ölçeğiyle ilişkilendirmek için kullanılır [2].

TEORİ

Görünür ve kızıl ötesi (visible and near infrared, VNIR) bantları için GIQE 4.0 olarak NIIRS değerleri şu şekilde verilmiştir [2]:

$$NIIRS = 10.251 - a \log_{10} GSD_{GM} + b \log_{10} RER_{GM} - 0.656 H_{GM} - 3.44 G/SNR \quad (1)$$

Burada eğer $RER_{GM} > 0.9$ ise $a = 3.32$ ve $b = 1.559$ 'dur, eğer $RER_{GM} < 0.9$ ise $a = 3.16$ and $b = 2.817$ 'dur. GSD_{GM} iki eksendeki inch biriminde tanımlanmış GSD'lerin geometric ortalamasıdır (geometric mean). RER_{GM} görece kenar yanıtının (relative edge response) geometric ortalamasıdır,

¹ Başuzman Araştırmacı, Optik Sistemler Grubu, E-posta: kamil.alici@tubitak.gov.tr

² Başuzman Araştırmacı, Optik Sistemler Grubu, E-posta: ozgur.selimoğlu@tubitak.gov.tr

H_{GM} kenar keskinleştirmesi (edge sharpening) ile oluşan aşırı yüksekliğin (height overshoot) geometrik ortalamasıdır, G kenar keskinleştirmesi kaynaklı gürültü kazanç (noise gain) değeridir, SNR sinyal gürültü oranıdır (signal to noise ratio). GIQE denklemindeki her bir terim birbirinden bağımsız olarak analiz edilmelidir.

GSD Terimi

Nadir bakış için GSD terimi, piksel periyodu, d_{CCH} , etkin odak uzaklığı, f , ve uydu yüksekliği, h kullanılarak hesaplanır [2]:

$$GSD_x = d_{CCH}h/f \quad (2)$$

GSD'nin geometrik ortalaması şu şekilde hesaplanır [2]:

$$GSD_{GM} = \sqrt{GSD_x GSD_y} \quad (3)$$

Bu hesaplardan NIIRS ölçeğinde baskın etkisi olan GSD terimini elde edebiliriz.

RER Terimi

Görece kenar yanıtı (relative edge response, RER) terimlerini hesaplamak için kenar yayılım fonksiyonunun (edge spread function, ESF) eğimine bakılır. Tipik RER değerleri 0.2 ile 1.3 arasında değişim gösterir. ESF'nin Fourier dönüşümü kipleme aktarım fonksiyonudur (Modulation Transfer Function, MTF). RER takip eden şu formül ile bulunur [3]:

$$RER_x = E_x\left(\frac{1}{2}\right) - E_x\left(-\frac{1}{2}\right) \quad (4)$$

$$E_x(p) = \frac{1}{2} + \int_0^\infty H_{system}(f_x, 0) \frac{\sin(2\pi f_x p)}{\pi f_x} df_x \quad (5)$$

Burada H_{system} sistemin aktarım fonksiyonu (system transfer function), ve f_x de x-yönündeki uzamsal frekanstır (spatial frequency). Y-yönündeki kenar yanıtı (edge response) benzer şekilde bulunur.

H Terimi

H terimi aşırı kenar yüksekliği (edge overshoot) olarak adlandırılır ve kenar keskinleştirmesini (edge sharpening) hesaba katar. Düzgeli (normalized) kenar merkezinden x-ekseninin 1.25 piksel ötede bulunması durumundaki kenar yüksekliği hesaplanarak bulunur [3].

G Terimi

Gürültü kazancı (noise gain) G terimi, keskinleştirici kernelden (sharpening kernel) kaynaklanan gürültü artımını hesaba katar. Aynı zamanda MTF dengeleme süzgeci (compensation filter) olarak bilinen keskinleştirici kernel ($h(i, j)$) kullanılarak G terimi şu şekilde hesaplanır [3]:

$$G = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} [h(i, j)]^2} \quad (6)$$

SNR

NIIRS ölçeği için SNR hesabı %7'lik ve %15'lik yansıtıcı olması durumunda sinyaldeki değişimin birbiçimli (uniform) bir hedef durumundaki sinyalin standart sapmasına bölünmesi ile bulunur [2]. GIQE denkleminin bir versiyonu daha vardır: GIQE 3.0 [4]. Burada hesap aşağıdaki denklem kullanılarak bulunur:

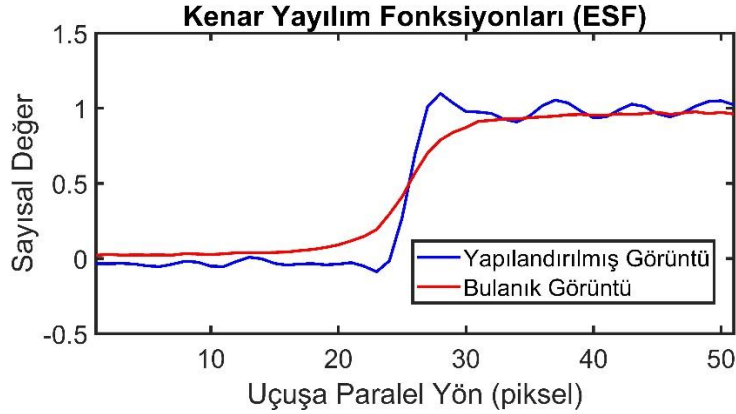
$$NIIRS = 11.81 - 3.32 \log_{10} GSD_{GM} + 3.32 \log_{10} RER_{GM} - 1.48 H_{GM} - G/SNR \quad (7)$$

Buradaki girdi parametrelerinin aralıkları literatürde verilmiştir [1], [4].

ANALİZ SONUÇLARI

GIQE hesaplarının 600 km uydu yüksekliği için versiyon 4.0 ve versiyon 3.0 için hesaplanmış sonuçları aşağıdaki Tablo l'de verilmiştir. Burada GENSAT uydusundaki pankromatik (PAN) sensörler için hesaplar verilmiştir. Sistem Optik Aktarım Fonksiyonun (OTF) etkisiyle bulanıklaşmış görüntüden ve Wiener Filtresi kullanılarak iyileştirilmiş görüntüden alınan kenar yayılım fonksiyonları

(ESF) Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’deki değerler kullanılarak RER ve H değerleri bulunmuştur. G değeri ise Wiener Filtresi kernel değerinden faydalanarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Bulanık ve Wiener Filtre ile yapılandırılmış görüntüler için kenar yayılım fonksiyon değerleri

Tablo I: 600 km irtifa için GIQE 4.0 ve GIQE 3.0 denklem parametreleri ve NIIRS değerleri

	PAN	
	GIQE 4.0	GIQE 3.0
GSD_{GM} (cm)	60	60
GSD_{GM} (inch)	23.6	23.6
RER_{GM}	0.597	0.597
H_{GM}	1.098	1.098
G	3.312	3.312
SNR	80	80
NIIRS	4.55	4.84

SONUÇ

Bu çalışmada GENSAT Uydusu için GIQE 4.0 ve GIQE 3.0 denklemlerini kullanarak elde ettiğimiz NIIRS değerlerini sunduk. NIIRS değeri PAN sensör için GIQE 4.0 kullanılarak 4.55 olarak bulundu.

YAZAR KATKILARI

KBA metni hazırladı, KBA ve ÖS hesapları yapıp Tablo değerlerini elde etti.

Kaynaklar

- [Leachtenauer, J. C., 1996] “National imagery interpretability rating scales: overview and product description,” in *Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meetings*.
- [Schott, J. R., 2007] “Remote sensing: the image chain approach,” *Oxford University Press on Demand*.
- [Fiete, R. D. 2010] “Modeling the Imaging Chain of Digital Cameras”.
- [Cota, S. A., Florio, C. J., Duvall D. J., and Leon, M. A., 2009] “The use of the general image quality equation in the design and evaluation of imaging systems,” in *Remote Sensing System Engineering II*, vol. 7458, p. 74580H.