

EO VE SAR UYDULARI İÇİN KARŞILAŞTIRMALI GÖRÜNTÜ KALİTESİ ANALİZİ

Kamil B. ALICI¹

*Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK),
Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü,
Uzaktan Algılama Grubu, Türkiye*

ÖZET

Yer gözlem uydularının görüntü kalitelerinin değerlendirilmesinde 0 ile 9 arasında değerler alabilen Ulusal Görüntü Yorumlama Ölçeği (NIIRS) kullanılmaktadır. Bu makalede Ankarasat isimli elektro-optik (EO) ve Ankarasat-SAR isimli SAR uydusu için yaptığımız görüntü kalitesi çalışmalarının sonuçlarını sunuyoruz. Aynı yörüngede seyreden bu iki uydu için genel görüntü kalitesi denklemleri kullanarak, sırasıyla 4.3 ve 5.6 NIIRS değeri öngörülerini elde ettik. EO yer gözlem uydusu için yapılan simülasyonlarda standartlardan faydalanarak oluşturduğumuz sentetik taban gerçek görüntüsünü (SGT) kullandık ve görüntü zinciri simülasyonlarından elde edilen görüntünün NIIRS kriterleri ile uyumluluğu gösterdik.

Anahtar Kelimeler: *Yer gözlem uydusu (EOS), elektro-optik (EO), sentetik açıklıklı radar (SAR), optik açıklık, optik aktarım fonksiyonu (OTF), Fourier optiği ve sinyal işleme, görüntü kalitesi, görüntü zinciri simülasyonu (ICS), sentetik görüntü, NIIRS ölçeği, genel görüntü kalitesi denklemi (GIQE), Ankarasat.*

GİRİŞ

Bu makalede EO ve SAR uyduları için başarımlar parametreleri (ör: GSD, MTF, SNR) ve genel görüntü kalitesi denklemi (GIQE) kullanılarak elde edilen GIQE değerini (Ulusal Görüntü Yorumlama Ölçeği, NIIRS değerinin öngörüsünü) sunuyoruz. Uzun yıllardır görüntü analistleri tarafından gerçekleştirilen analizler sonucunda, uzaktan algılama görüntülerine NIIRS ölçek değeri atanmaktadır. Uzaktan algılama sistemlerinin (ör: optik, RF) başarımlar parametrelerinden, NIIRS değerinin elde edilmesi konusunda yapılan çalışmaların ilk sonuçları yaklaşık 20 yıl önce açıklanmıştır [Leachtenauer 1996]. Analist sonuçları ve temel başarımlar parametrelerini içeren 300-400 görüntü kullanılarak yapılan bu istatistiksel çalışmalar sonucunda, genel görüntü kalitesi denklemi (GIQE) ortaya atılmıştır [Leachtenauer 1996]. GIQE değeri (GIQEV), görüntü kalitesini belirlemede kritik önem taşımaktadır. GIQE değeri hesabında, yer örnekleme mesafesi (GSD), görece kenar yanıtı (RER), kenar keskinleştirme faktörü (H), gürültü kazancı (G) ve sinyal gürültü oranı (SNR) parametreleri kullanılır [Alici ve Selimoglu 2018]. Tanımsal olarak GIQE değeri elde edilirken görüntü geriçatımı uygulandığı varsayılır. Bu nedenle G, H ve kısmen geriçatım yöntemine bağlı RER parametrelerinin bilinmesi gerekir.

SAR uyduları için GIQE formülasyonu çok yakın zamanda ortaya atılmıştır [Nolan, Goley ve ark. 2012]. Henüz olgunlaşmakta olan bu alanda, açık literatürde yeterli sayıda kaynak bulunmamaktadır. SAR tasarımında uydu hareketinden faydalanarak kırım ile sınırlı çözünürlük düşürülmektedir. Burada etkin açıklık boyutu uydu hareketi sayesinde yapay olarak artırılmaktadır. SAR uydularının GIQE hesabında temel başarımlar parametreleri arasında, anten açıklığı, SNR ve spektral bant aralığı (BW) bulunur.

¹ Doç. Dr., Başuzman Araştırmacı, Uzaktan Algılama Grubu, E-posta: kamil.alici@tubitak.gov.tr

ANKARASAT YER GÖZLEM UYDUSU

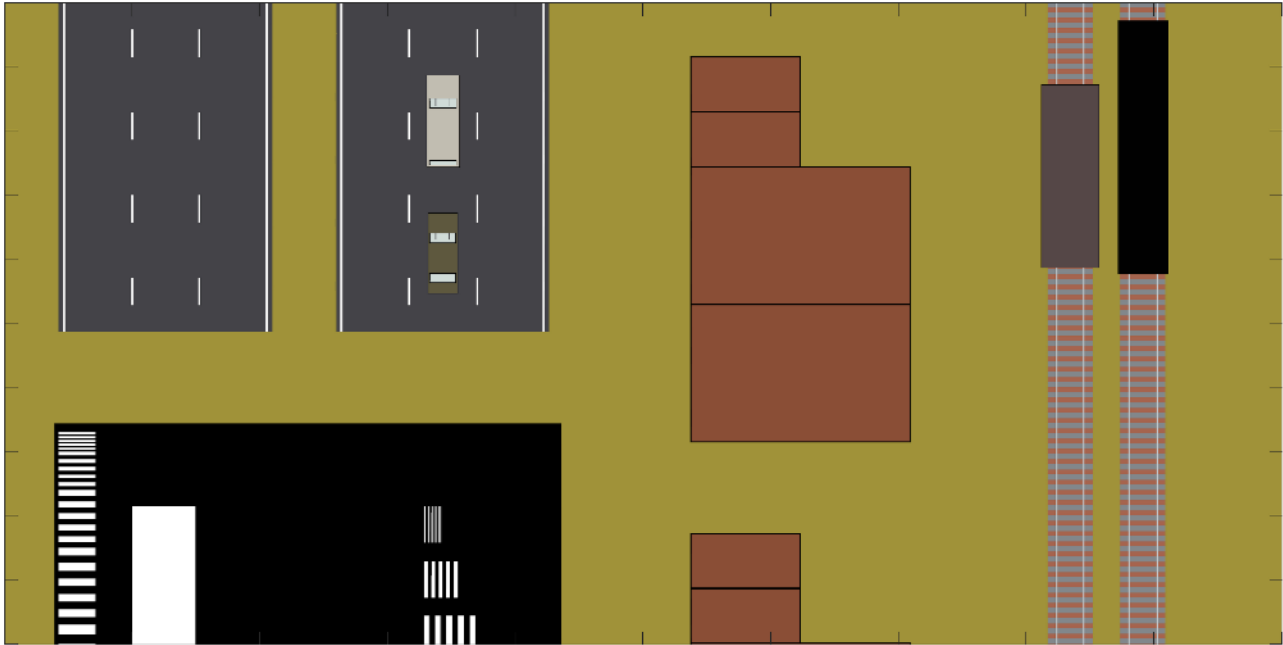
Yer gözlem uydularının görüntü kalitelerinin öngörülmesi için yapılan çalışmalarda, uydu yörüngesi ile ilgili temel parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Bu makalede oluşturduğumuz Ankarasat uydusunun yörüngesi, herhangi bir eğikliği bulunmayan kutupsal (Polar) alçak yörünge (LEO) yörünge olarak belirlenmiştir. Uydunun her gün tam olarak Ankara'nın üzerinden geçmesi hedeflendiğinden, yörünge periodu 96 dakika olarak belirlenmiştir. Bu parametrenin belirlenmesinde, LEO ve çeşitli yer gözlem uydusu tasarım kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu doğrultudaki ilgili temel parametreler Tablo 1'de listelenmiştir. Tam kapsamlı görüntü zinciri simülasyonunda kullanılan diğer parametreler daha önce çalıştığımız jenerik uydu (GENSAT) parametreleri ile aynıdır [Alici, Oktem ve ark. 2019].

Tablo 1: Ankarasat Uydusu Temel Tasarım ve Başarım Parametreleri

Tasarım Parametreleri			
Yörünge Parametreleri			
Yörünge Periodu	İrtifa	Uydunun Yörüngeki Hızı	Uydunun Yersel Hızı
96 dak	567 km	7576 m/s	6957 m/s
Optik Parametreler			
Etkin odak uzaklığı		Açıklık çapı	
6.8 m		70 cm	
Sensör Parametreleri			
Piksel boyutu		Satır zamanı	
6 μm		72 μs	
Başarım Parametreleri			
GSD	MTF _{ALT} @ NF	SNR @ 32 TDI	GIQEV*
0.5m	%5.6	123	4.3

*Bu çalışmada görüntü geriçatımı uygulanmamış ve ilgili metrik değerlerinin (G, H) 1 olduğu varsayılmıştır.

YÖNTEM: SENTETİK TABAN GERÇEK GÖRÜNTÜSÜ

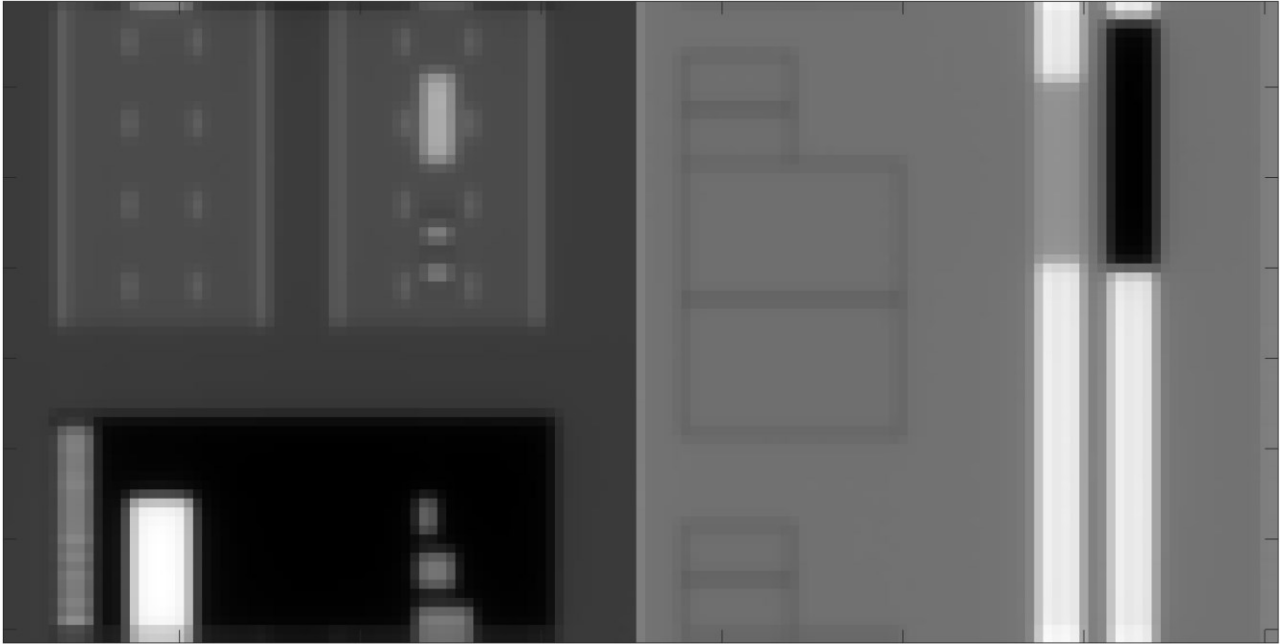


Şekil 1: ABD Standartları Gözönüne Alınarak Hazırlanmış Sentetik Taban Gerçek Görüntüsü (Kısmi Versiyon). Görüntüde NIIRS Ölçeğinde 2-8 Seviyelerini Kapsayan Örnekler Bulunmaktadır. ABD Standartlarının Tercih Edilme Nedeni, İlgili Standartların Bilgilerine Erişim Kolaylığıdır. NIIRS Ölçeğindeki 1 ve 9 Seviyeleri, Bilgisayar Kapasitesi Sınırlamaları Nedeniyle Kapsanamamıştır. Görüntüdeki Cisimlerin Boyutları, Renkleri ve Yansıtıcılık Değerleri Belirlenirken Mevcut Malzeme Kütüphanelerinden ve Sanal Ansiklopedilerden Faydalanılmıştır. Sentetik Görüntüde Sol Alt Bölümde MTF ve CTF Analizlerine Olanak Sağlayan Desenler Bulunmaktadır. y-ekseni Uçuş Yönünde (ALT) 35m, x-ekseni Uçuşa Dik Yönde (ACT) 70m'lik Bir Fiziksel Boyutu Göstermektedir.

Uydu sistemi tasarımı ve ilgili görüntü zinciri simülasyonlarının test ve örneklenmesinde sentetik taban gerçek görüntülerin kullanımı doğruluk ve kesinlik açısından kontrol imkanı sağlamaktadır. Kontrollü sentetik görüntü üretimi için yirmi yıllık bir sürede geliştirilmiş olan DIRSIG yazılımının kullanımı, ITAR ve benzeri ABD tabanlı çeşitli sınırlamalara tabidir ["DIRSIG"]. Bu yazılımın ABD dışındaki kurumlara kapalı tutulması nedeniyle, literatürde mevcut malzeme kütüphanelerini ve sanal ansiklopedi bilgileri kullanılarak, çeşitli bilgisayar kodları gelişmek suretiyle, Şekil 1'de gösterilen sentetik görüntüyü oluşturduk. 70m x 35m'lik bir alanı kapsayan bu görüntü 3.5 cm piksel boyutuna sahiptir ve simülasyonlarda taban gerçek olarak kullanılmıştır. Sentetik olması nedeniyle %100 MTF değerine ve sonsuz SNR değerine sahiptir ve görüntü zinciri simülasyonları için ideal taban gerçek görüntüsünü teşkil etmektedir. Aynı zamanda içeriğinde bulunan cisimler NIIRS 2-8 seviyelerini örneklemektedir. NIIRS ölçeğindeki 1 ve 9 seviyeleri bilgisayar kapasitesi sınırlamaları nedeniyle kapsanamamıştır.

UYGULAMA: FAYDALI YÜK I - EO KAMERA

Ankarasat uydusunda yer görüntüleri elde etmek için Tablo 1'de temel başarımlar parametreleri listelenmiş olan bir optik sistem kullanılmıştır. Burada 450-850 nm arası tayfı kapsayan siyah beyaz (PAN) sensör bulunmaktadır. Yeterli SNR elde edebilmek için 32 adımlık zamanda bekletme ve ekleme (TDI) yöntemi uygulanmıştır. Ankarasat uydusunun burada listelenenler dışında kalan diğer detay parametreleri jenerik uydu GENSAT parametreleri ile aynı tutulmuştur [Alici, Oktem ve ark. 2019]. Gerçekleştirilen görüntü zinciri simülasyonları sonucunda öngörülen uydu görüntüleri, başarımlar parametreleri ve GIQE değerleri elde edilmiştir. GIQE değeri elde edilirken geriçatım uygulanmamış, G ve H değerleri 1 sayılmış ve RER ise ham MTF grafiklerinden çıkarılmıştır. Simülasyon sonuçları Tablo 1'de ve Şekil 2'de gösterilmektedir. Ankarasat için yer örnekleme mesafesi 0.5 m, uçuş yönündeki (ALT) ve Nyquist frekansındaki (NF) (83.3 mm⁻¹) MTF değeri 5.6% ve SNR değeri 123'dir. Ankarasat'ın NIIRS değeri öngörüsü (GIQEV=4.3) ile uyumlu olarak, simülasyon görüntüsünden araba sileceklerinin, tren yolu tahtalarının, sedan ve steysin araba farklarının ayırt edilemediği söylenilebilir. Diğer taraftan, tren vagon tipleri, boş ve dolu raylar, müstakil evler ve ana yollar yorumlanabilmektedir.



Şekil 2: Sentetik Taban Gerçek (SGT) Görüntünün Kullanıldığı Görüntü Zinciri Simülasyonu (ICS) Sonucu. y-ekseni (ALT) 35m, x-ekseni (ACT) İse 70m'lik Bir Fiziksel Boyutu Göstermektedir.

UYGULAMA: FAYDALI YÜK II - SAR

Literatürde hem görünür frekanslarda [Alici, Büyük ve ark. 2017] hem de X-bant frekanslarında [Chan ve Koo 2008] sentetik açıklık etkileri çalışılmıştır. Fakat genel görüntü kalitesi denklemi ve görüntü zinciri simülasyonu konularında henüz yeterli kapsamda kaynak bulunmamaktadır. SAR uyduları için GIQE denklemi çeşitli istatistiksel çalışmalar sonrası aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur[Nolan, Goley ve ark. 2012]:

$$GIQE_{SAR} = a + b \left[-\log_{10} \left(\frac{c}{2BW \cos(\phi)} \right) - \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4 \sin(\frac{\Delta\theta}{2})} \right) + \log_{10}(\log_{10}([1 + SNR])) \right] \quad (1)$$

Burada, $a = 5.94$, $b = -1.78$, $c = 3.09$, BW , taysal bant genişliğini, ϕ , ana alçalma açısını, λ , dalga boyunu, $\Delta\theta$, sentetik açıklığın açısal genişliğini ve SNR , sinyal gürültü oranını göstermektedir.

Ankarasat-SAR isimli, SAR faydalı yüküne sahip, yukarıdaki Tablo 1’de belirtilen yörüngede konumlu bir uydu için, temel tasarım ve başarımlar parametreleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu parametrelere haiz Ankarasat-SAR uydusu ile NIIRS ölçeğinde 5.6 atanacak görüntüler elde edilebilir.

Tablo 2: Ankarasat-SAR Uydusu Tasarım ve Başarımlar Parametreleri

Tasarım Parametreleri				
Anten Fiziksel Açıklığı	Merkez Operasyon Frekansı	Radar Bant Genişliği	Sentetik Açıklığın Açısal Genişliği	Ana Alçalma Açısı
2 m	10 GHz	0.3 GHz	60°	45°
Başarımlar Parametreleri				
SNR			GIQEV	
40 dB			5.6	

SONUÇLAR

Bu çalışmada aynı yörüngede seyreden EO ve SAR faydalı yüklerine haiz iki farklı uydu için görüntü kalitesi çalışması gerçekleştirilmiştir. EO yer gözlem uydusu için yapılan simülasyonlar sonucunda elde edilen görüntü sunulmuş ve NIIRS kriterleri ile uyumluluğu gösterilmiştir. Diğer taraftan SAR uydusu için yeni geliştirilmekte olan genel görüntü kalitesi denklemleri anlatılmış ve aynı yörüngede seyreden bir uydu için GIQE değeri 5.6 olan görüntüler elde edilebileceği öngörülmüştür.

ALINDI

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığı, İMECE Altyapı Geliştirme Projesi tarafından desteklenmektedir. Bu makalede sunulmuş olan araştırma çalışması sadece yazarların görüşlerini aktarmaktadır, hiçbir şekilde TÜBİTAK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Türkiye Cumhuriyeti Devleti’nin ilke, prensip ve politikalarını yansıtmamaktadır. (İlgili yazar: Kamil B. ALICI)

Kaynaklar

- Alici, K. B., H. Büyük, ve ark., 2017. *Periodic aperture imaging*. Optical Engineering Cilt. 56(5): s. 050502
- Alici, K. B., F. S. Oktem, ve ark., 2019. *Image Chain Simulation for Earth Observation Satellites*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing Cilt. 12(10): s. 4014-4023.
- Alici, K. B. ve O. Selimoglu, 2018. *Yer Gözlem Uyduları için Genel Görüntü Kalitesi Denklemi*. VII. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, UHUK`2018. Samsun.
- Chan, Y. K. ve V. C. Koo (2008). *An introduction to synthetic aperture radar (SAR)*. Progress In Electromagnetics Research 2: 27-60.
- "DIRSIG" [Online]. Available: from <http://www.dirsig.org>.
- Leachtenauer, J. C., 1996. *National imagery interpretability rating scales: overview and product description*. Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Meetings.
- Nolan, A. R., G. S. Goley, ve ark., 2012. *Performance estimation of SAR using NIIRS techniques*, International Society for Optics and Photonics.