

ERS-2 Raw Datası için Dönüşüme Dayalı Sıkıştırma

N. Gökhan. KASAPÖĞLU¹, İbrahim. PAPİLA, Bingül YAZGAN, Sedef KENT
İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi,
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, 80626, Maslak, İstanbul
Tel: 0212 285 68 13, Fax: 0212 285 35 65
¹ e-mail: gokhan@ehb.itu.edu.tr

Özet: Uydu platformundaki Yapay Açıklıklı Radar (YAR) sensörü ile elde edilen verilerin gerçek zamanda yer istasyonlarına iletilmesi band genişliği ve aşağı link data hızından kaynaklanan sınırlamalar nedeniyle ancak sıkıştırma teknikleriyle mümkündür. En iyi bilinen konumsal uzay sıkıştırma tekniği, Blok Adaptif Kuantalamaya (BAQ) dayanır.[1,3] İşlenmemiş YAR verileri için dönüşüm domeninde sıkıştırma, dönüşüm domeni katsayılarının dinamik aralığının azaltılması ile sağlanabilir. Bu çalışmada ERS-2 Raw datasının sıkıştırılması için dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü ile frekans özellikleri aynı olan bileşenler ayrılarak herbir frekans bölgesinde istatistiksel özellikler gözönüne alınarak BAQ uygulanmıştır. Çalışma sonucu başarımlı analiz PRİ (Precision Image) ürününde, BAQ, DCT-BAQ[1,7] yöntemleri de gözönüne alınarak karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

1. Giriş

Uydu platformlarında bulunan Yapay Açıklıklı Radarlar, yer yüzeyinin görüntüleyen uzaktan algılama sistemleridir. Yer yüzeyinin görüntülenmesi sonucu elde edilen verilerin iletilmesi için gerekli link hızı (Sıkıştırılmış ERS-2 Raw datası için aşağı link data hızı 104 Mbit/sn dir.) band genişliği sınırlaması yüzünden başarısız olabilir. Bu yüzden ham YAR verilerinin sıkıştırılması gerekir. YAR sensörü tarafından aydınlatılan alandan yansıyan işaret alınır, alınan analog işaret ara frekans bölgesine indirilir ve temel bandda eş fazlı I ve 90 derece faz farklı Q bileşenleri elde edilir. İşlenmemiş YAR verisi Nyquist frekansında genellikle 3 bit ile 8 bit arası kodsözcükleri ile kodlanarak sayısallaştırılır. ERS-2 Raw datası I ve Q bileşenleri 5 bitle kodlanmıştır. YAR sensörü ile YAR verilerinin işlendiği yer istasyonları arasındaki aşağı link gerçek zamanda veri iletimini sağlamalıdır.[2,3]

2. Yapay Açıklıklı Radar Datası Özellikleri

Yapay açıklıklı radar verisini belirleyen, yüzeyin saçıcılığı ve yüzeydeki saçıcı yoğunluğu, sadece istatistiksel parametrelerle açıklanabilir. Bundan dolayı saçılan alan (İşlenmemiş yapay açıklıklı radar işareti) bir rasgele süreçtir. Eğer ayırıcılık hücresinde N tane saçıcının olduğunu ve baskın bir hedefin olmadığını kabul edersek, toplam saçılan işaret

$$I + jQ = \sum_{i=1}^N S_i \exp(j\phi_i) = \sum_{i=1}^N I_i \cos\phi_i + j \sum_{i=1}^N Q_i \sin\phi_i \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada $I_i \exp(j\phi_i)$ i. saçıcının katkısıdır. I ve Q ise sırasıyla toplam işaretin reel ve imajiner bölümüdür. Eğer saçıcı sayısı ,N , büyükse merkezi limit teoremi uygulanabilir ve bu durumda I ve Q normal dağılımlıdır. Buna bağlı olarak I ve Q' ye ilişkin olasılık dağılım fonksiyonları sıfır ortalamalı ve varyansı σ^2 olmak üzere

$$p(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{I^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$
$$p(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{Q^2}{2\sigma^2}\right)$$

şeklinde belirtilebilir.[4]

$$p(\phi) = \int_0^{\infty} dS p(S, \phi) = \frac{1}{2\pi} \quad (3)$$

$$p(S) = \int_0^{2\pi} d\phi p(S, \phi) = \frac{S}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{S^2}{2\sigma^2}\right), V \geq 0 \quad (4)$$

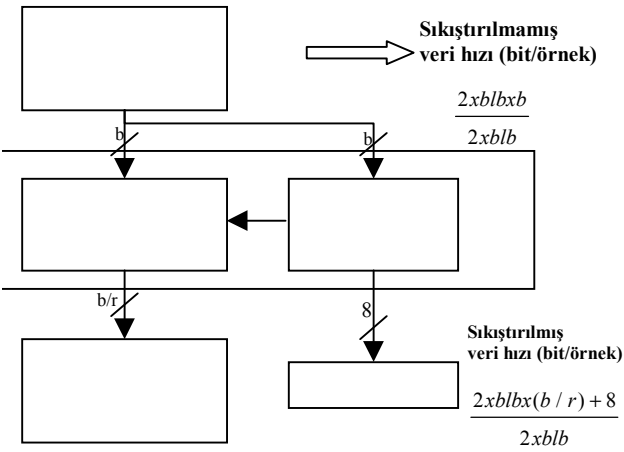
(3) ve (4) ifadelerinde görüldüğü üzere işaretin genliği, S , $(0, \infty)$ aralığında Rayleigh dağılımlı ve fazı, ϕ , ise $(0, 2\pi)$ arasında uniform dağılımlıdır.[4] YAR datasının istatistiksel özelliklerinden yararlanacak olan sıkıştırma algoritması için Saçılan işaretin reel (I) ve imajiner (Q) bileşenlerinin ayrı ayrı kodlanması uygun olacaktır.

3. Yapay Açıklıklı Radar Data Sıkıştırma Yöntemleri

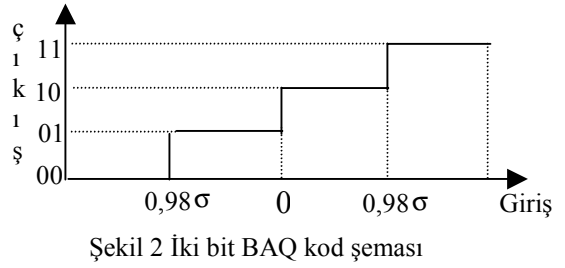
Ham YAR datası için önerilen sıkıştırma yöntemleri optik sensörlerden elde edilen görüntülerin sıkıştırılmasında kullanılan yöntemlerden farklılık gösterir. Reel (I), ve imajiner (Q) bileşenlerinden oluşan kompleks YAR datası optik sensörlerden elde edilen datalardan farklı olarak keskin değişimlere sahiptir. Bu yüzden dönüşüm uzayında kullanılacak kodlama yapısı sadece düşük frekanslı bileşenleri dikkate alarak tasarlanamaz. Diğer önemli bir noktada Ham YAR datasının entropi değeridir. Bu değer bir pikseli kodlamak için kullanılacak minimum uzunluklu kod sözcük uzunluğunu gösterir. Ham YAR datasının entropi değerinin oldukça yüksek olması yalnızca kayıplı sıkıştırma yöntemlerinin uygulanmasına olanak verir.[5]

3.1 Konumsal Uzayda Sıkıştırma

Blok Adaptif Kuantalama (BAQ), sensörün bulunduğu platformda, sıkıştırma işleminin gerçek zamanda yapılmasına olanak sağlar. Saçıcılardan yansıyan işaretin I ve Q bileşenlerinin istatistiksel özelliklerinden yararlanır. I ve Q bileşenleri Gauss dağılımlı, sıfır ortalamalı ve bilinmeyen varyanslıdır[1,4]. Algoritmanın adaptif olması, gelen data bloğunun uygun alt bloklara ayrılması ve her ayrılan blok için varyans bilgisinin hesaplanarak kuantalamada kullanılacak eşik bilgisinin varyansa bağlı bulunmasıyla sağlanır. İşlenmemiş veri bloğunu oluşturan alt bloklar, Gauss Dağılımını sağlayacak kadar büyük, blok içindeki enerjinin sabit olmasını garanti edecek kadar küçük boyutta seçilmelidirler. Şekil 1' de BAQ için kullanılan algoritmanın blok diagramı gösterilmiştir.[1,3] BAQ algoritmasında kullanılan Lloyd-Max kuantalayıcı, kuantalanacak işaretin olasılık yoğunluk fonksiyonunun bilinmesi durumunda eşğin kuantalama hatalarını minimize edecek şekilde seçilmesini sağlar. Şekil 2' de Lloyd-Max kuantalayıcıya ait 2-bitlik kodlama karakteristiği gösterilmiştir.



Şekil 1 BAQ blok diagramı



Şekil 2 İki bit BAQ kod şeması

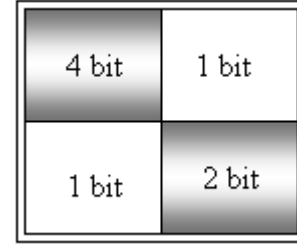
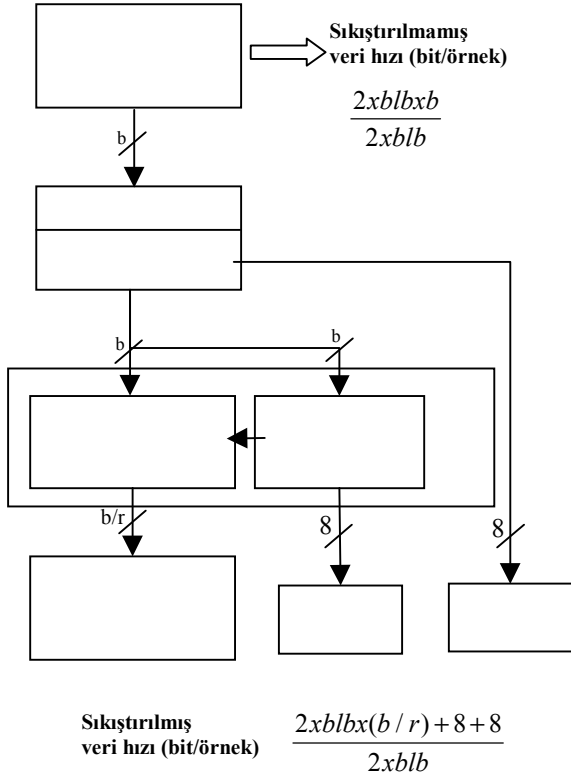
3.2. Dönüşüm Uzayında Sıkıştırma

Dönüşüm domeninde sıkıştırma, zaman domeninde çok sayıda olan birbiriyle ilişkili verilerin daha az sayıda birbiriyle ilişkisiz dönüşüm katsayılarıyla ifade edilmesiyle sağlanır. İşlenmemiş YAR verisi dönüşüm domeninde Gauss dağılımına uygun ise Blok Adaptif Kuantalama dönüşüm domeninde de uygulanabilir. Bu şart oldukça geniş blok boyutları için sağlanır. İşlenmemiş YAR verisi hem azimuth hem de menzil doğrultusunda frekans modülasyonu içerir. Frekans modülasyonu enerjinin dönüşüm domeninde az bir bölgeye yoğunlaşması sonucunu doğurur. Bunun sonucu olarak ham YAR verisinin dönüşüm domenindeki dinamik aralığı artar. Dinamik aralığın artması sıkıştırma performansını olumsuz etkiler Burada BAQ ile kodlanan veri bloklarının

boyutu, bls_1 , daha önceki bölümde anlatıldığı gibi Gauss dağılımını sağlayacak ölçüde büyük, veri bloğu içindeki enerji seviyesinin sabit tutulabilmesi amacıyla da yeterince küçük seçilmelidir. BAQ sonrası veri blokları biriktirilerek bls_2 boyutunda $bls_2 \gg bls_1$ şartını sağlayan bir veri bloğu oluşturulur. Dönüşüm bu biriktirilmiş veri bloğuna uygulanır. Dönüşüm sonrası kodlama işlemi yine BAQ kodlayıcı ile yapılır.[1]

3.2.1 DCT-BAQ Algoritması

BAQ uygulanabilmesi için Ayrık Kosinüs Dönüşümü (DCT) sonrası veri bloğunun Gauss dağılımlı olması gerekir. Dönüşüm katsayıları incelendiğinde, DC bileşenin diğer katsayılara göre oldukça büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle veri bloğunun standart sapması oldukça küçülmekte ve DC bileşene göre küçük olan katsayılar dönüşüm sonrası aynı BAQ kuantalama seviyesinde kalmakta ve bu durum kuantalayıcı seviyelerinin hepsinin kullanılabilmesini engellemektedir. Eğer dönüşüm sonrası elde edilen veri bloğunda DC bileşen ayrılır ve DC bileşenin yerine sıfır eklenirse elde edilen yeni data bloğunun BAQ ile daha verimli kodlandığı görülmüştür. Burada DC bileşen çıkarıldığında oluşan yeni data bloğunun Gauss dağılımına yaklaştığı görülür. Varyansla birlikte DC bileşenin de 8 bitle kodlanarak gönderilebileceği düşünülürse bu durum sıkıştırma performansını az da olsa olumsuz etkiler fakat daha büyük data blokları için sıkıştırma oranındaki olumsuz etkisi azalır. Şekil 4' de ham YAR datasının dönüşüm domeninde sıkıştırılmasına ait algoritma görülmektedir.



Şekil 4 WT-BAQ için kod şeması

Şekil 3 İşlenmemiş YAR verilerinin dönüşüm domeninde sıkıştırılması

3.2.2 WT-BAQ Algoritması

Dalgacık dönüşümü yüksek frekanslar için zamanda daha iyi konumlanma ve düşük frekanslar için ise daha geniş bir pencereleme imkanı sağlar. Ayrık dalgacık dönüşümü WT $\{x(n)\}$ e uygulanırsa;

$$WT\{x(n)\} = \{c_k, d_k\} \quad (5)$$

$$c_k = (Hx)_k = \sum_n h(n-2k)x(n) \quad (6)$$

$$d_k = (Gx)_k = \sum_n g(n-2k)x(n) \quad (7)$$

Yüksek geçiren $g(n)$ ve alçak geçiren $h(n)$ filtre çiftleriyle ham YAR reel (I) ve imajiner (Q) bileşenleri alt bandlara ayrılır. YAR ham datası diğer optik datalardan farklı olarak yüksek frekanslı bileşenlerinde de kayda değer yüksek katsayılı dönüşüm katsayıları vardır. Bu yüzden dalgacık dönüşümü sonucunda alt bandlara ayrılan YAR ham datasının her bir frekans bileşenine sahip olduğu enerji nisbetinde kod sözcük uzunluğu atanır. Şekil 4 de WT-BAQ algoritması için kod şeması görülmektedir. Kod şemasının Şekil 4' de olduğu gibi seçilmesi BAQ, DCT-BAQ ve WT-BAQ yöntemlerinin aynı sıkıştırma oranı için başarımın karşılaştırılmasına olanak verir.

4. İşlenmemiş YAR Datası Sıkıştırma Teknikleri Performans Analizi.

$x(k,l)$ ile ham orijinal YAR verileri, σ_x^2 ile ham orijinal YAR işaret gücü, $\hat{x}(k,l)$ ile sıkıştırılıp açılmış ham YAR verisi, $\sigma_{\hat{x}}^2$ ile ise sıkıştırılıp açılmış YAR işaret gücü gösterilmiştir. Karşılaştırmalarda burada belirtilen bileşenler dikkate alınmıştır. Sıkıştırma tekniklerinin başarımlarının analizi, işaret gürültü oranı, sıkıştırma oranı olmak üzere iki kriterle ortaya konmuştur. Normalize ortalama karesel hata;

$$NMSE = \frac{\frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N (x(k,l) - \hat{x}(k,l))^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N x(k,l)^2} \quad (8)$$

olarak bulunur. İşaret gürültü oranı, SNR

$$SNR(dB) = 10 \log_{10} \frac{\sigma_x^2}{MSE} \quad (9)$$

şeklinde dir. (12)' de σ_x^2 orijinal işaret gücü

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N x(k,l)^2 \quad (10)$$

olarak belirtilir.[1,3]. Bu çalışmada tanıtılan ham YAR verilerinin sıkıştırılmasına yönelik kullanılan örnek “ A New Processing Algorithm for ERS-2 SAR Raw Data “başlıklı EO-CAT1-1092 ESA projesinden sağlanan Temmuz 2000, İstanbul ERS-2 SAR RAW datasıdır. Tablo 2’de ERS-2 Raw datası sıkıştırma performansları görülmektedir. Sıkıştırma performansı olarak WT-BAQ’ nun daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Tablo 1 ERS-2 Raw datası sıkıştırma performansları

	BAQ	DCT-BAQ	WT-BAQ (Daub 8)	WT-BAQ (Haar)
SNR (dB)	10,9	17,9	19,7	16,4

Kaynaklar

- [1] Benz, U., Strodl, K. ve Moreira, A., “A Compression of Several Algorithms for SAR Raw Data Compression”, *IEEE Trans On Geoscience and Remote Sensing*, Cilt 33, No 5, Eylül 1995.
- [2] Curlander, J. and McDonough, R., *Synthetic Aperture Radar Systems and Signal Processing*, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [3] Kwok, R. and Johnston, W., “Block Adaptive Quantization of Magellan SAR Data”, *IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing*. Vol. 27 No 4 Temmuz 1989
- [4] Franceschetti, G ve Lanari, P., 1999 *Synthetic Aperture Radar Processing*, CRS Press Washington, ABD.
- [5] Wijmans, W ve Armbruster, P., *Data Compression Techniques for Space Applications DASIA' 96 Roma*, İtalya, 1996.
- [6] Kasapoğlu N.G., Y. Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri. Enstitüsü., 2000

[7] Kasapoğlu N.G., Yazgan B., "İşlenmemiş Yapay Açıklıklı Radar Verilerinin Sıkıştırılması", İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Dergisi, Cilt.1, Sayı. 2, s.227-236, 2001.