

Kızılötesi Bantta Deniz Ortamı Arkaplan Işımlarının Hesaplanması

Esra Erdem, Feza Arıkan*, Cemil Berin Erol, Meral Başak Türkeç

TÜBİTAK UEKAE İLTAREN

Kavaklıdere, Ankara

*Hacettepe Üniversitesi

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Beytepe, Ankara

esraerd@gmail.com, arikan@hacettepe.edu.tr, cemil.erol@gmail.com, basakturk@yahoo.com

Özet: Pasif kızılötesi sistemlerin başarımı, hedef ışıması ile arkaplan ışımasının ayırt edilebilmesi ile orantılıdır. Arkaplan ortamı deniz olduğunda ise deniz yüzeyinden yansıyan ışımların belirlenmesi büyük önem kazanmaktadır. Yapılan bu çalışma ile, deniz yüzeyi modeline, rüzgar hızına, gözlemcinin dünya üzerindeki konumuna, bakış eğim ve bakış yönelim açılarına, kaynağın (güneş veya ay) geliş açısına, deniz suyu tuzluluk durumuna ve hava koşullarına göre kızılötesi bantta deniz yüzeyinden yansıyıp gözlemciye ulaşan ışıma bileşenleri ile toplamını hesaplayan bir yazılım hazırlanmıştır. Analiz sonuçları kullanılarak deniz yüzeyinin kızılötesi banttaki davranışları incelenebilmektedir. Çalışma kapsamında hazırlanan yazılımın çıktıları deniz yüzeyi ışımlarını hesaplayan SEARAD yazılımıyla örtüşmektedir.

1. Giriş

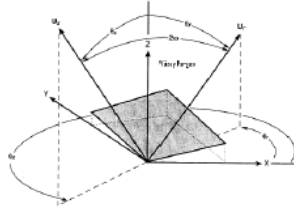
Kızılötesi pasif izleme sistemlerinin başarımı hedefin yaptığı ışımanın arkaplan ışımasından ayırt edilebilmesiyle orantılıdır [1]. Arkaplan deniz olduğunda deniz yüzeyinden yansıyan ışımlar önem kazanmaktadır. Rüzgarın etkisiyle deniz yüzeyini kaplayan küçük dalgacıklar düz küçük yüzey parçalarının birleşimi olarak düşünülebilir. Küçük yüzey parçaları, eğimlerine bağlı olarak gelen ışımları çeşitli oranlarda ve yönlerde yansıtır. Bu nedenle yüzeyden yansıyan ışımların hesaplanmasında, yüzey parçacıklarının rüzgar hızına göre davranış modellerinin çıkartılması önemlidir. Bu konuda yapılan üç temel çalışma Cox ve Munk (1954) [2], Mermelstein (1994) [1] ve Shaw ve Churnside (1997) [3] modelleridir. Üç modelde de rüzgar hızına bağlı olarak yüzey parçacıklarının eğimleri Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak ifade edilmiştir.

Deniz yüzeyinden gözlemciye gelen toplam ışımayı oluşturan dört temel bileşen bulunmaktadır. Bunlar, yol ışıması, yansıyan gökyüzü ışıması, yansıyan kaynak (güneş veya ay) ışıması ve termal siyah cisim ışımasıdır. Yapılan çalışmada deniz yüzeyine gelen atmosfer ışımları, yol ışıması ve atmosfer iletim katsayısı MODTRAN yazılımı kullanılarak elde edilmektedir. Zeisse tarafından yapılan çalışmada ise deniz yüzeyinden yansıyan ışımlar MODTRAN yazılımına çeşitli eklemeler yapılarak oluşturulan SEARAD yazılımı ile hesaplanmaktadır [4].

Bu çalışmanın amacı, deniz yüzeyi modeline, rüzgar hızına, gözlemcinin dünya üzerindeki konumuna, bakış eğim ve bakış yönelim açılarına, kaynağın (güneş veya ay) geliş açısına, deniz suyu tuzluluk durumuna ve hava koşullarına göre kızılötesi bantta deniz yüzeyinden yansıyıp gözlemciye ulaşan toplam ışımayı hesaplamaktır. Hazırlanan yazılım, önceki çalışmalardan farklı olarak, literatürde bulunan deniz yüzeyi modellerini ve değişik tuzluluk oranına sahip olan su ortamlarını içermektedir. Atmosfer modeli, kaynağın tipi ve kaynak ile ilgili gereken parametreler otomatik olarak belirlenmektedir. Böylece kızılötesi pasif izleme sistemlerinin hedef ışıması ile deniz arkaplanı ışımasını ayırt etmesi amaçlı çalışmalara katkıda bulunmaktadır.

2. Yüzey Parçacığı Geometrisi

Deniz yüzeyindeki, her birine 'yüzey parçası' denilen küçük parçaların birleşimidir. Gözlemcinin aydınlatıldığı bölgedeki her bir yüzey parçasından gelen ışımların toplamı gözlemcinin göreceği toplam ışımayı vermektedir. Bir yüzey parçası için koordinat sistemi Şekil 1 de gösterilmektedir [4].



Şekil 1: Yüzey Parçacığı Geometrisi

Şekil 1’de U_x gözlemcinin konumunu, U_y kaynağın konumunu gösteren birim vektörlerdir. ϕ , gözlemcinin yanca açısını, ϕ_s kaynağın yanca açısını, θ , gözlemcinin yükselti açısını, θ_s kaynağın yükselti açısını göstermektedir. 2ω açısı U_x ile U_y vektörlerinin arasındaki açıdır. X eksenî rüzgar yönünü, Y eksenî rüzgara dik yönü, Z eksenî ise X ile Y ye dik olan yönü belirtmektedir. Rüzgar yönündeki yüzey parçasının eğimi, ζ_x , yüzey parçasının X-Z düzlemiyle kesişimindeki doğrunun eğimidir. Rüzgara dik yöndeki yüzey parçasının eğimi ise, ζ_y , yüzey parçasının Y-Z düzlemiyle kesişimindeki doğrunun eğimidir. $\vec{U}_n(a_n, b_n, c_n)$ Şekil 1’deki yüzey parçasının yüzey normal vektörünü ifade ederken yüzey parçası eğimleri, $\zeta_x = -a_n / c_n$, $\zeta_y = -b_n / c_n$ olarak tanımlanmaktadır [5].

3. Deniz Yüzeyi İstatistiksel Modelleri

Yüzey parçası eğimindeki uzamsal değişimler Gauss dağılım fonksiyonu ile ifade edilebilir. Deniz yüzeyi de uzamsal olarak rasgele değişim gösteren bir ortam olduğundan eğim olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (1)’de verilen fonksiyon ile tanımlanabilir [2].

$$p(\zeta_x, \zeta_y, W) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_c} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\zeta_x^2}{\sigma_u^2} + \frac{\zeta_y^2}{\sigma_c^2} \right) \right\} \quad (1)$$

σ_u^2 ve σ_c^2 sırasıyla rüzgar yönündeki ve rüzgara dik yöndeki dalga eğim varyanslarını vermektedir [2]. σ_u^2 ve σ_c^2 rüzgar hızı W ’nın, fonksiyonudur. Rüzgar hızı ve rüzgar yönü ile yüzey parçacıklarının eğimleri arasındaki bağıntıyı tanımlayan Cox ve Munk, Mermelstein ile Shaw ve Churnside Modelleri bulunmaktadır. Deniz yüzeyine gelen ışımlar deniz yüzeyini kaplayan yüzey parçacıklarına çarparak her yönde yansır. Yansıyan ışımlardan gözlemci konumu doğrultusunda olanlar gözlemciye ulaşmaktadır. Yansıyan ışımların gözlemciye ulaşan doğrultuda olma olasılığını ifade eden olasılık yoğunluk fonksiyonu ‘etkileşim olasılık yoğunluk fonksiyonu’ olarak tanımlanmaktadır.

4. Toplam Işıma

Yol ışıması, yansıyan gökyüzü ışıması, yansıyan kaynak (güneş veya ay) ışıması ve termal siyah cisim ışıması deniz yüzeyinden gözlemciye gelen toplam ışımayı oluşturan dört temel bileşendir.

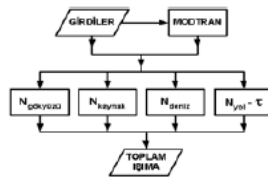
Yol ışıması, gözlemcinin deniz üzerinde gördüğü yüzey ile gözlemci arasındaki atmosfer moleküllerinin ve parçacıklarının yaptığı ışımadır. Yansıyan gökyüzü ışıması, güneş ışınlarının çeşitli cisimlere (bulutlar, dağlar gibi) çarpıp saçılmasıyla meydana gelen ışın demetinin deniz yüzeyinden yansmasıyla oluşmaktadır. Yansıyan kaynak ışıması, kaynaktan gelen ışınların deniz yüzeyine çarpıp yansmasıyla gözlemciye ulaşan ışımadır. Termal deniz ışıması ise denizin kendi sıcaklığına ve salıcılığına bağlı olarak yaydığı ışımadır.

Gözlemciye gelen toplam deniz ışıması yansıyan gökyüzü ışıması, yansıyan kaynak ışıması ve termal deniz ışımasının toplamının atmosferin iletim katsayısıyla (τ_{atm}) çarpımının yol ışımasıyla toplamıdır. Böylece toplam ışıma eşitlik (2)’de verilen denklem ile hesaplanabilmektedir.

$$N_{toplam} = N_{yol} + \tau_{atm} (N_{gökyüzü} + N_{kaynak} + N_{deniz}) \quad (2)$$

5. Yazılım

Deniz yüzeyinden gözlemciye ulaşan toplam ışımayı hesaplamak için MATLAB ortamında hazırlanan yazılımın akış şeması Şekil 2’de gösterilmektedir.



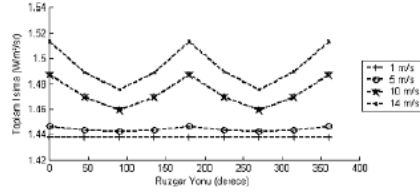
Şekil 2: Yazılımın Akış Şeması

Yazılımın girdi parametreleri, deniz yüzeyi modeli seçimi, gözlemcinin dünya üzerindeki konumu, gözlemcinin bakış açıları, rüzgar hızı, dalgaboyu aralığı, deniz suyu sıcaklığı, deniz tuzluluk oranı seçimi, atmosfer koşulları ve zaman bilgisidir. Çıktı olarak deniz yüzeyinden gözlemciye gelen yansıyan gökyüzü ışıması, yansıyan kaynak ışıması, yayılan deniz ışıması ve yol ışıması ile toplam deniz ışıması hesaplanmaktadır. Hazırlanan bu yazılım bütün deniz yüzeyi modelleri ile değişik tuzluluğa sahip ortam seçeneklerini içermekte, senaryonun geçtiği tarih ve

saat bilgisine göre atmosfer modelini, kaynak seçimini ve kaynak parametrelerini otomatik olarak hesaplamaktadır. Ayrıca kullanıcıya kolaylık sağlayan bir arayüze sahiptir.

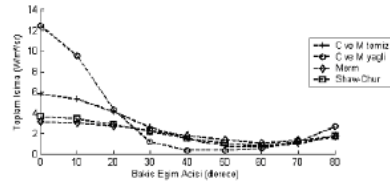
6. Tartışma

Güneş tepede, gözlemci bakış yönelim açısı 0° , bakış eğim açısı 45° iken, rüzgar yönü 0° den 360° ye değişirken, 1 m/s, 5 m/s, 10 m/s ve 14 m/s rüzgar hızları için 3-5 μm bandında toplam ısıma grafiği Şekil 3'de verilmektedir. Rüzgar yönü gözlemcinin bakış yönüne paralel olduğunda en fazla ısıma, dik olduğunda ise en az ısıma görülmektedir.



Şekil 3: 1 m/s, 5 m/s, 10 m/s, 14 m/s Rüzgar Hızları için Toplam Işıma Rüzgar Yönü Grafiği

Güneş tepede, gözlemci bakış yönelim açısı 0° , rüzgar yönü 0° , rüzgar hızı 10 m/s iken bakış yönelim açısı 0° den 80° ye değişirken, 1-3 μm bandında toplam ısıma grafiği Şekil 4'de verilmektedir. Güneşin geliş açısı da dik olduğundan gözlemci bakış eğim açısı arttıkça toplam ısıma azalmaktadır. Bakış eğim açısı yaklaşık 60° ye geldiğinde ise yolun uzaması ve yol ısımasının artması nedeniyle toplam ısımada bir miktar artış gözlenmektedir. Cox ve Munk yağlı yüzey modeli daha yüksek sonuç verirken, Mermelstein ve Shaw-Churnside modellerinin birbirlerine çok yakın sonuçlar verdiği gözlenmektedir.



Şekil 4: Deniz Yüzeyi Modellerine ve Bakış Eğim Açısına Göre Toplam Işıma Grafiği

Yazılımın çıktıları aynı şartlar altında ve aynı senaryolarla çalıştırılan SEARAD yazılımının çıktılarıyla uyumlu sonuçlar vermektedir.

7. Sonuçlar

Bu çalışmada, kızılötesi bantta, deniz yüzeyinde yansıyor gözlemciye ulaşan toplam ışımayı ve bileşenlerini hesaplayan, kullanıcıya kolaylıklar sağlayan bir arayüzü olan yazılım hazırlanmıştır. Kızılötesi bantta deniz yüzeyinden yansıyan ışımaları hesaplayan SEARAD yazılımından farklı olarak, tüm deniz yüzeyi istatistiksel modellerini ve değişik tuzluluğa sahip ortam seçeneklerini içermektedir; girdi parametrelerine bağlı olarak uygun deniz yüzeyi istatistiksel modelini öneren ve uyarılarla kullanıcıyı yönlendiren bir arayüzü vardır. Bağımsız bir yazılımdır, MODTRAN çıktıları kullanmaktadır, SEARAD gibi MODTRAN'ın içine eklenmiş bir kod değildir. Böylece başka atmosfer ışıması hesaplayan yazılımlara ya da eski versiyon MODTRAN'ı kullanan SEARAD'a alternatif olarak istenilen MODTRAN versiyonuna adapte edilebilir durumdadır. Yazılımın çıktıları incelendiğinde, bakış eğim açısının artmasıyla gözlemciye gelen toplam ışmanın azaldığı belirlenmiştir. Deniz yüzeyi istatistiksel modellerinin değerlendirilmesi sonucunda Cox ve Munk modelinin ortalama olarak daha yüksek, Shaw ve Churnside modelinin ise ortalama olarak daha düşük toplam ısıma değeri verdiği belirlenmiştir. Gelecek çalışmalarda, yazılıma kızılötesi bantta deniz yüzeyinden yansıyan ışımaların kutuplaşması konusunda eklemeler yapılması ve ayrıca programın çalışma süresini kısaltmak amaçlı geliştirmeler planlanmaktadır.

8. Kaynaklar

- [1] Mermelstein, M. D., Shettle, E. P., Takken E. H. and Priest, R. G., "Infrared radiance and solar glint at the ocean-sky horizon", Appl. Opt., 33(25): 6022-6034, 1994
- [2] Cox, C. ve Munk, W., "Measurement of the roughness of the sea surface from photographs of the sun's glitter", J. Opt. Soc. Am., 44(11):838-850, 1954.
- [3] Shaw, J. A. ve Churnside, J. H., "Scanning-laser glint measurements of sea-surface slope statistics", Appl. Opt., 36(18):4202-4213, 1997.
- [4] Zeisse, C. R., McGrath, C. P., Littfin, K. M., Hughes, H. G., "Infrared radiance of the wind-ruffled sea", J. Opt. Soc. Am., 16(6):1439-1452, 1999.