

## Bir Dielektrik Ortam İçerisindeki Farklı Oluşumların Homojen Olmayan Green Fonksiyonu ve Ters Zaman Göçü Yaklaşımıyla Tespiti

Eda Konakyeri Arıcı, Ali Yapar  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği  
İstanbul

[edakonakyeri@yahoo.com](mailto:edakonakyeri@yahoo.com), [yapara@itu.edu.tr](mailto:yapara@itu.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada son zamanlarda kullanılan görüntüleme yöntemlerinden olan Ters Zaman Göçü (TZG (Reverse Time Migration-RTM)) yöntemi kullanılarak belirli bir yapı içerisindeki yeri bilinmeyen oluşumların yer tespiti yapılmıştır. TZG analizi için literatürde kullanılan farklı olarak homojen olmayan ortamlara ilişkin Green fonksiyonunun sayısal olarak hesaplanmasını sağlayan momentler yöntemi tabanlı bir çözüm kullanılmıştır. Önerilen çözümün TZG yöntemindeki etkinliği incelenmiştir.

**Abstract:** In this study, the location of the unknown structures in a certain domain is detected using the Reverse Time Migration (RTM) method, which is one of the recently used imaging methods. Unlike the one in the open literature, an approach, based on the numerical calculation of the Green function for the inhomogeneous medium is used for the TZG analysis. Inhomogeneous medium Green's function is calculated by a Method of Moments based numerical approach. The effect of the proposed solution on the TZG method is examined.

### 1. Giriş

Elektromanyetik ters saçılma problemleri için bugüne kadar pek çok yöntem önerilmiş ve bu konu üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu problemlerde en önemli nokta belirlenen yapı içerisindeki anormal oluşumların yerlerinin en doğru şekilde tespit edilebilmesidir. Bu tip problemlerde özellikle homojen olmayan ortamlara ilişkin yapılan analizler oldukça karmaşık bir hal almakta ve en etkili sonuç için bu ortamlara ilişkin Green fonksiyonunun en doğru şekilde hesaplanması gerekmektedir. Homojen olmayan Green fonksiyonu kullanılarak analizi yapılan farklı ters problem yaklaşımları mevcuttur [1].

Bu çalışmada son zamanlarda literatürde örneklerini gördüğümüz ve ters saçılma problemlerine basit bir yaklaşım sunan Ters Zaman Göçü (TZG) yöntemi [2, 3], homojen olmayan ortamlara ilişkin Green fonksiyonunun sayısal olarak hesaplanmasını sağlayan momentler yöntemi tabanlı bir çözüm [4] kullanılarak analiz edilmiştir. Belirlenen yapılar içerisindeki anormal oluşumların yerleri belirtilen yöntemler ile tespit edilmiştir. Önerilen yöntemle elde edilen görüntüleme sonuçları klasik Green fonksiyonu ile elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır.

### 2. Ters Zaman Göçü Yöntemi ile Homojen Olmayan Yapılar İçindeki Oluşumların Görüntülenmesi

Bu çalışmada kullanılan yöntemde iki boyutlu, homojen olmayan, dielektrik sabiti  $\epsilon(x)$  ve manyetik geçirgenlik sabiti  $\mu_0$  olan bir yapı ele alınmış ve TZG yöntemi ile analiz edilmiştir. TZG yönteminde temel olarak yer belirleme işlemi indikatör fonksiyonu yardımı ile yapılır. Bu yapıya ilişkin Green fonksiyonu  $G$  ile gösterilir ise indikatör fonksiyonu (1)'deki gibi yazılabilir [2].

$$I(z) = -k^2 \cdot \text{Im} \left\{ \frac{|\Gamma_r| |\Gamma_s|}{N_r N_s} \sum_{s=1}^{N_s} \sum_{r=1}^{N_r} G(z, x_s) G(z, x_r) \overline{u^s(x_r, x_s)} \right\}, \forall z \in \Omega \quad (1)$$

Burada  $s = 1, 2, \dots, N_s$  olmak üzere  $\Gamma_s$  ile belirlenmiş bir yüzeyde  $x_s$  kaynak noktaları,  $r = 1, 2, \dots, N_r$  olmak üzere  $\Gamma_r$  ile belirlenmiş bir yüzeyde  $x_r$  gözlem noktaları,  $k$  arkaplan ortamına ilişkin dalga sayısı,  $u^s(x_r, x_s)$  saçılan alanı,  $\overline{u^s(x_r, x_s)}$  ise saçılan alanın karmaşık eşleniği,  $\text{Im}\{\cdot\}$  ilgili ifadenin sanal kısmını ifade etmektedir. Yine (1) denkleminde  $G(z, x)$  cismin içerisinde bulunduğu uzayın Green Fonksiyonunu ifade etmekte olup burada  $z$  noktaları görüntülenmek istenen bölgedeki noktaları göstermektedir. Bu ifadedeki  $I(z)$  bir tür indikatör fonksiyonuna karşı düşer ve cismin bulunduğu noktalarda değerinin sıfırdan farklı (yüksek) diğer noktalarda ise sıfır (düşük) olması beklenir.

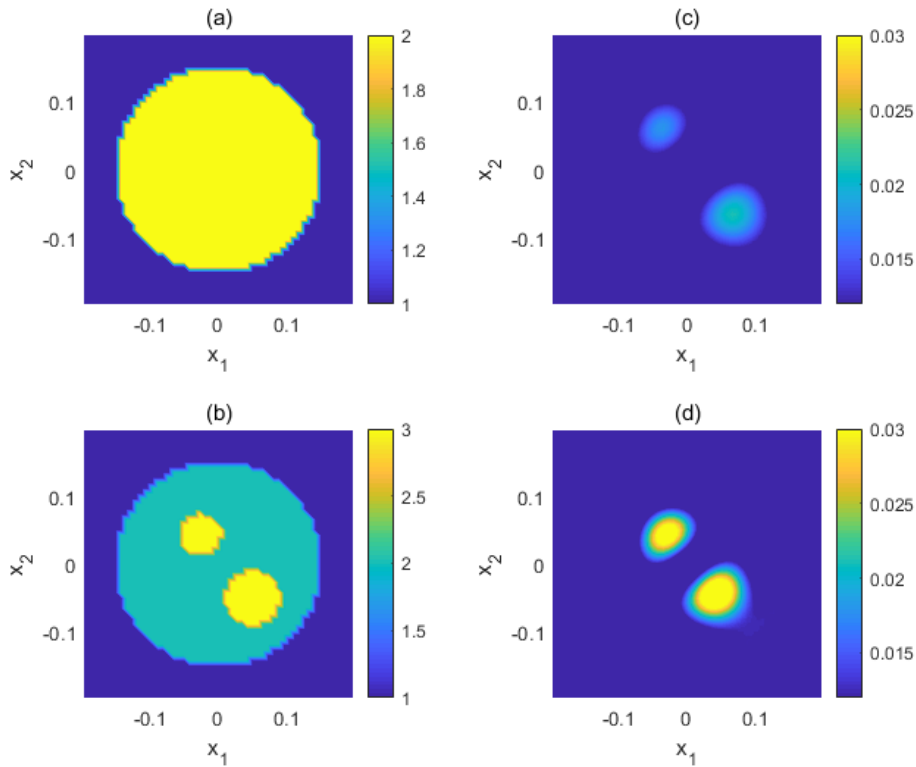
(1)'de verilen saçılan alan ifadesi  $u^s(x_r, x_s)$  ve Green fonksiyonları homojen olmayan ortamlara ilişkin Green fonksiyonunun sayısal olarak hesaplanmasını sağlayan momentler yöntemi tabanlı bir çözüm ile hesaplanmıştır [4]. Ters problem analizi yapılırken belirlenen cisimden saçılan alan ile içerisinde anormal yapılar bulunan aynı cisimden saçılan alan arasındaki fark kullanılmıştır. Bu sebeple orjinal hali (1) ile verilen indikatör fonksiyonu fark saçılan alanın kullanılması halinde aşağıdaki gibi yazılır.

$$I(z) = -k^2 \cdot \text{Im} \left\{ \frac{|\Gamma_r||\Gamma_s|}{N_r N_s} \sum_{s=1}^{N_s} \sum_{r=1}^{N_r} G(z, x_s) G(z, x_r) \overline{\delta u^s(x_r, x_s)} \right\}, \forall z \in \Omega \quad (2)$$

(2)'de verilen fark saçılan alan ifadesinden elde edilen indikatör fonksiyonu ile homojen olmayan yapılar içerisindeki anormal yapıların yer tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada gelen alan için çizgisel kaynaklar seçilmiştir.

### 3. Sayısal Sonuçlar

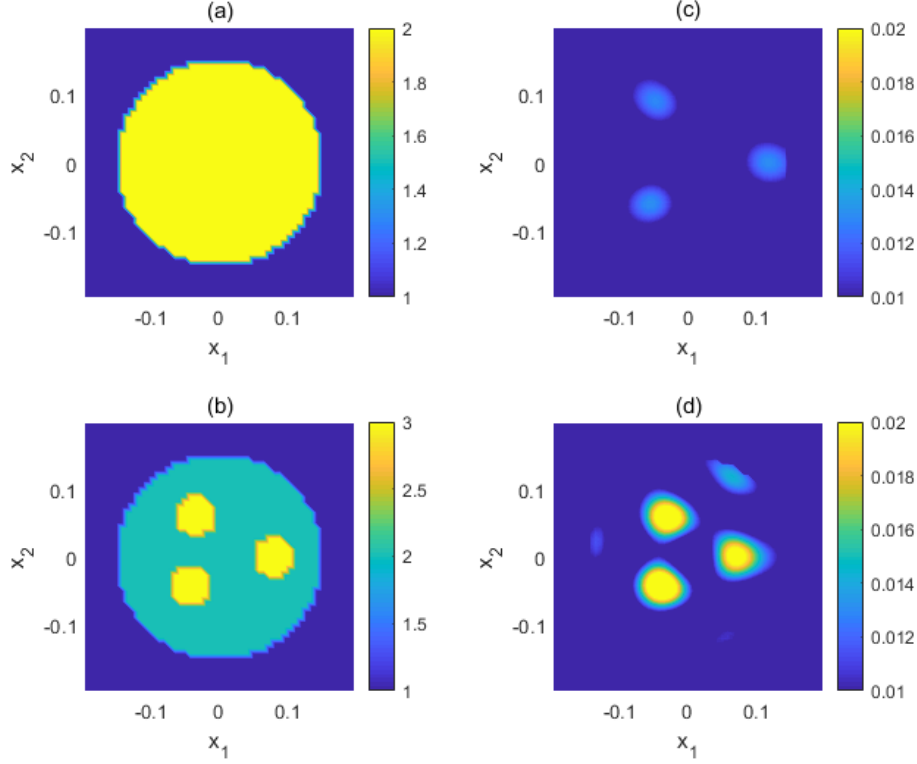
Şekil (1)'de boş uzay içerisinde bulunan 0.15m yarıçapa sahip bir daire (a) ve aynı dairenin içerisine yerleştirilmiş 0.04m ve 0.03m boyutlarında iki farklı daireden oluşan bir inhomojen yapı (b) verilmiştir. Büyük dairenin bağıl dielektrik sabiti 2, küçük dairelerin bağıl dielektrik sabiti ise 3'tür. Gözlem ve kaynak noktaları 0.5m'de konumlanmışken her ikisi de 64 adettir. 1.2 GHz çalışma frekansı için indikatör fonksiyonu hesaplanmış ve klasik Green fonksiyonu ile hesaplanan sonuç (c)'de, homojen olmayan Green fonksiyonu ile hesaplanan sonuç (d)'de verilmiştir. Görüldüğü üzere her iki durumda da saçılan alanların farkı kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda cismin içerisine yerleştirilen farklı dielektrik sabitli cisimler belirgin bir şekilde tespit edilmektedir.



**Şekil 1.** (a) Bağıl dielektrik sabiti 2 olan dairesel silindir kesiti, (b) İçerisine cisimler yerleştirilmiş dairesel silindirin kesit görünümü, (c) Klasik Green fonksiyonu kullanılarak hesaplanmış indikatör fonksiyonu, (d) Homojen olmayan Green fonksiyonu kullanılarak hesaplanmış indikatör fonksiyonu.

Şekil (2)'de aynı daire (a) ve aynı dairenin içerisine yerleştirilmiş 0.03m boyutlarında üç farklı daireden oluşan bir yapı (b) verilmiştir. Küçük dairelerin bağıl dielektrik sabiti 3'tür. Gözlem ve kaynak noktalarının yeri ve adedi ve çalışma frekansı önceki örnek ile aynıdır. Bu değerler için indikatör fonksiyonu hesaplanmış ve klasik Green fonksiyonu ile hesaplanan sonuç (c)'de, homojen olmayan Green fonksiyonu ile hesaplanan sonuç (d)'de verilmiştir. Görüldüğü üzere her iki hesaplama yöntemi için de cisim içerisine yerleştirilen cisimlerin yerleri tespit

edilebilmiştir. Ancak ilk örnekten de açıkça gözlemlenebileceği gibi parametrelerin bu değerleri için homojen olmayan Green fonksiyonu ile elde edilen görüntülerde saçıcı merkezleri daha doğru ve belirgin bir şekilde ortaya çıkarılmış ancak özellikle 3 cisimli ikinci örnekte ikinci yaklaşımda daha gürültülü bir görüntü elde edilebilmiştir.



**Şekil 2.** (a) Bağlı dielektrik sabiti 2 olan dairesel silindir kesiti, (b) İçerisine cisimler yerleştirilmiş dairesel silindirin kesit görünümü, (c) Klasik Green fonksiyonu kullanılarak hesaplanmış indikatör fonksiyonu, (d) Homojen olmayan Green fonksiyonu kullanılarak hesaplanmış indikatör fonksiyonu.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada Ters Zaman Göçü yöntemi kullanılarak iki boyutlu bir görüntüleme problemi analizi yapılmıştır. TZG yönteminde genel olarak Hankel fonksiyonundan oluşan klasik Green fonksiyonu yardımıyla analizler yapılmaktayken bu çalışmada [4]'de verilen homojen olmayan ortamlara ilişkin Green fonksiyonu ile analiz yapılmış ve homojen olmayan ortamlar için de TZG yönteminde başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. İlerleyen aşamalarda daha karmaşık yapılar için benzer yöntemle analizler yapılması hedeflenmektedir.

#### Kaynaklar

- [1]. Konakçeri Arıcı E. ve Yapar A., "An Inverse Scattering Approach Based on Inhomogeneous Medium Green's Functions for Microwave Imaging of Brain Strokes", *Advanced Electromagnetics*, cilt.8, no.2, s.53-58, Mart 2019.
- [2]. Chen J., Chen Z. ve Huang G., "Reverse Time Migration for Extended Obstacles: Acoustic Waves", *Inverse Problems*, cilt.29, 085005 (17s), 2013.
- [3]. Iu G. ve Bi X., "Reverse-Time Migration Based Optical Imaging", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, cilt.35, no.1, s.273-281, 2016.
- [4]. Konakçeri Arıcı E. ve Yapar A., "Numerical Calculation of 2-D Inhomogeneous Media Green's Function and Some Applications in Electromagnetic Scattering Problems", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, cilt.67, no.1, s.369-377, 2019.