

MARKOV RASTGELE ALANLAR YÖNTEMİ KULLANILARAK HİTİT HUWASI KUTSAL SAHASININ GÖRÜNTÜLENMESİ

Osman N. UÇAN¹, A. Muhittin ALBORA²

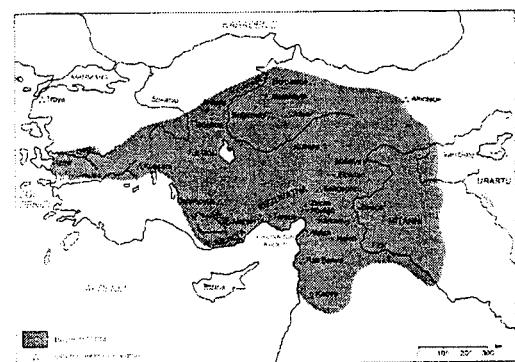
¹ İ.Ü., Müh.Fak., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Doç.Dr.

² İ.Ü., Müh.Fak., Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Doç.Dr.

Abstract: In this paper, regional and residual anomaly separation is achieved using Markov Random Field (MRF) approach. MRF needs no training and uses the benefit of neighbourhood of pixels of the input anomaly. It is an update stoachastic model. MRF has applied to Sivas city, Altinyayla-Kusaklı Hittit civilisation and satisfactory results are obtained.

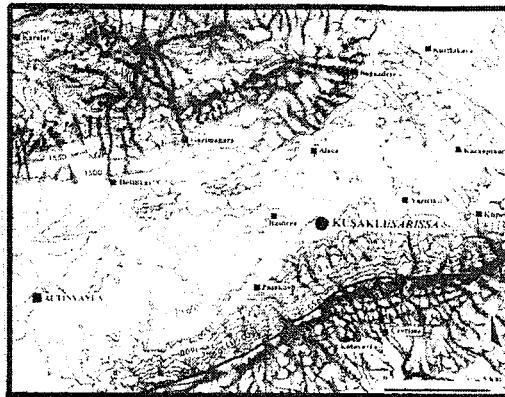
I. GİRİŞ

Bu makalede, jeoradar anomali haritasının yorumlanması için Elektronik Mühendisliğinde güncel olarak görüntü işlem teknigi olarak kullanılan Markov Rastgele Alanlar (Markov Random Field, MRF) yöntemi kullanılmıştır. Jeofizik Mühendisliğinde MRF yaklaşımı kullanarak yüzeye yakın görüntülerin (Rezidüel anomali) elde edilmesi önemli bir yaklaşımdır. Rezidüel anomali haritalarının iyi bir şekilde ayrimı bizim model çalışmalarımızdaki problemlerimizin çözümünü önemli ölçüde kolaylaştırır. Maden sahaları, Arkeolojik sahalar, Çokıntı alanları gibi yüzeye yakın anomali veren sahaların görüntülenmesinde kullanılacak filtre teknikleri oldukça önemlidir. Bu tür sahalarada yeryüzüne yakın yapıların derindeki yapılardan ayrılarak görüntülenmesi gereklidir. Ayrıca birbirine yakın kütlelerin ayrılması modellemede doğacak sıkıntiların giderilmesi açısından gereklidir. Ayrim metodları üzerinde, [1,7,10] gibi birçok araştırmacı çalışmıştır. Bu makalede MRF yaklaşımı jeoradar datalarına uygulanmıştır. Uygulama sahası Sivas-Altinyayla Kuşaklı bölgesinde bulunan Hittit uygarlığına ait Sarissa Fırtına Tanrılarının Huwası kutsal alanında alınan Global Positionierungssystem (GPS, Satalit destekli) verileridir. Markov Random Field (MRF) yönteminin en önemli özellikleri, komşuluk özelliklerinin dikkate alınması, iki boyutlu görüntünün stokastik yapısından faydalannması, ön eğitim gerektirmemesi ve veri kaybımızın çok az olması olarak özetlenebilir. MRF yaklaşımının iki boyutlu görüntülere ilk uygulamasını [2,3,5,9] gerçekleştirmiştir.



Şekil.1. İslamiyetten Önce 1340 Büyük Hittit imparatorluğunun toprak ve önemli yerleşim yerleri.

Büyük Hittit uygarlığının tarihi aydınlatacak kalıntılarının sadece Anadolu topraklarında bulunması kültürümüz açısından oldukça önem taşımaktadır. Hittit imparatorluğunun topraklarının Kızılırmagın güneyine doğru genişlemesi nedeniyle başkenti Kuşşara'dan Hattuşa'ya (Boğazköy) taşınmışdır. Hittitler güneye doğru genişleyerek Yamhad (Halep) ve Orontes (Asi) Irmağı kıyısındaki Kadeş'i de alarak (IÖ1286) Büyük Hittit İmparatorluğunu kurmuşlardır (Şekil.1). Hittit imparatorluğundan günümüze kadar gelen kalıntıları araştırılması için jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Çalışma sahası Sivas-Altinyayla bölgesi Başören köyünün hemen doğusunda yer alan Kuşaklı-Sarissa bölgesidir (Şekil.2). Anadolu'da Hittit imparatorluğuna ait çalışmalarında, [4] Külhöyük bölgesinde Hittit imparatorluk dönemini, Sivas-Kuşaklı bölgesinde [6,8] çalışmalarında bulunmuştur.



Sekil.2. Çalışma alanının bulduru haritası

II. MARKOV RANDOM FIELD (MRF)

Bu makalede, Global Positionierungssystem (GPS) elde edilen anomali haritası $N_1 \times N_2$ boyutlu $y = \{y_{ij}\}$ görüntüsü olarak alınmıştır. Bu görüntü yeraltındaki farklı yapıların etkileşiminden oluşanu varsayılmıştır. MRF uygulaması ile rezidüel yapıların ortaya çıkarılması sağlanmış ve $x = \{x_{ij}\}$ şeklinde belirlenmiştir. X rastgele değişkeni, $\mathcal{Q} = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_M\}$ olarak adlandırılan M kuanta değerinden birini almaktadır. Y anomali haritasından X rezidüel haritaya geçiş Bayes kuralına uygun olmaktadır ve geçiş olasılığı $P(X = x|Y = y)$ şöyledir.

$$P(X = x|Y = y) = \frac{P(Y = y|X = x)P(X = x)}{P(Y = y)}. \quad [1]$$

Bu formülün maksimum yapılip, logaritmik ifadesi ise,

$$\ln P(X = x|Y = y) = \ln P(X = x) + \ln P(Y = y|X = x), \quad [2]$$

şeklindedir. Ara işlemler atlanırsa,

$$\ln P(X = x) = -\ln Z - \sum_{c \in C} V_c(x). \quad [3]$$

$$\ln P(Y = y|X = x) = -\frac{N_1 N_2}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \sum_{m=1}^M \sum_{i=1, i \neq x_{ij}}^{N_1} \frac{1}{2\sigma^2} (s_{ij} - q_m)^2 \quad [4]$$

şeklindedir.

Burada $S_m = \{(i,j) \in L : X_{ij} = m\}$ olmaktadır. Z bir sabittir, q_m geçici kuanta seviyesidir (Şekil 3). $V_c(x)$ ise kliklere bağlı potensiyeldir "Derin and Elliot (1987)". q_m komşuluk ilişkisi cinsinden şöyle yazılabilir (Şekil 4, Şekil 5).

$$t = [u_1, u_2, u_3, u_4, v_1, v_2, v_3, v_4]^T \quad [5]$$

Burada t komşulukları vermektedir. Ara işlemler atlanırsa, (3) nolu denklemin sağ tarafı şöyledir.

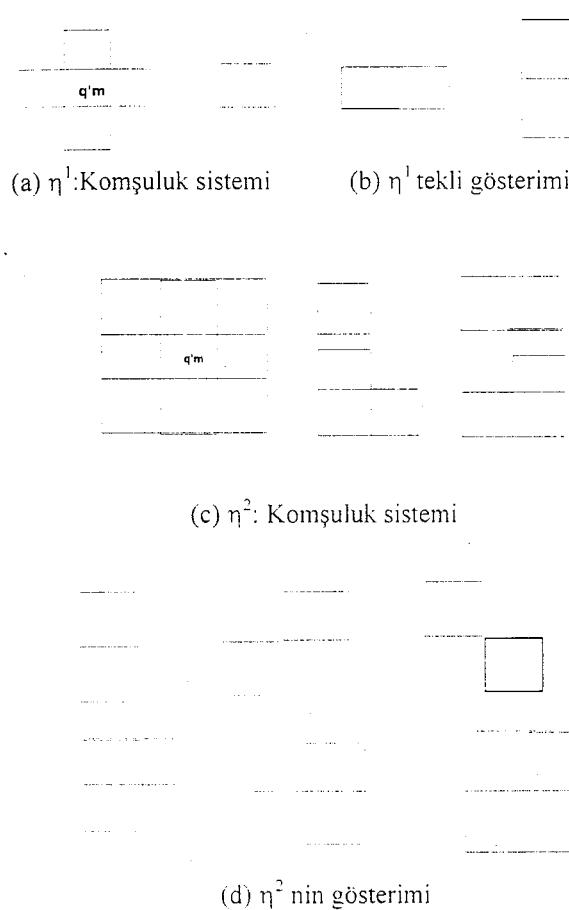
$$V(q_m, t^i, \theta) \equiv \sum_{c: q_m \in C} V_C(x) \quad [6]$$

burada θ parametre vektördür ve aşağıda tanımlanmıştır.

$$\theta = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \xi_1]^T, \quad [7]$$

			6			
5	4	3	4	5		
4	2	1	2	4		
6	3	1	q_m	1	3	6
4	2	1	2	4		
5	4	3	4	5		
			6			

Şekil.3. η^m nün düzenli bir şekilde komşuluk ilişkisini gösteren sistem



Sekil.4. Komşuluk sisteminde η^1 , η^2 ve diğer bileşenlerin gösterimi (a),(b),(c),(d).

V ₁	U ₂	V ₂
U ₁	q _m	U ₃
V ₁	U ₄	V ₃

Sekil.5. q_m' komşuluk ilişkisi cinsinden gösterilişi.

α , β , γ ve ξ komşuluk seviyelerini göstermektedir. Burada (6) nolu denklem yeniden düzenlenirse,

$$V(q_m, t', \theta) \equiv \phi^7(q_m, t')\theta. \quad [8]$$

Buradan,

$$\begin{aligned} \phi(q_m, t') = & [J_1(q_m), J_2(q_m), \dots, J_M(q_m), (I(q_m, u_1) + \\ & I(q_m, u_3)), (I(q_m, u_2) + I(q_m, u_4)), (I(q_m, v_2) + \\ & I(q_m, v_4)), (I(q_m, v_1) + I(q_m, v_3)), (I(q_m, u_2, v_2) + \\ & I(q_m, u_4, u_3) + I(q_m, u_1 v_1)), \\ & ((I(q_m, u_4, v_3) + I(q_m, u_2, u_5) + I(q_m, u_1, v_1)) (I(q_m, u_2, v_1) + \\ & I(q_m, u_4) + I(q_m, u_5, v_3)) (I(q_m, u_1, u_2) + I(q_m, u_4, v_4) + \\ & I(q_m, u_5, v_2)) (I(q_m, u_1, u_2) + I(q_m, u_1, v_1, u_2) + I(q_m, u_2, v_2, u_5) + \\ & I(q_m, u_3, v_3, u_4) + I(q_m, u_4, v_4, v_1))] \end{aligned} \quad [9]$$

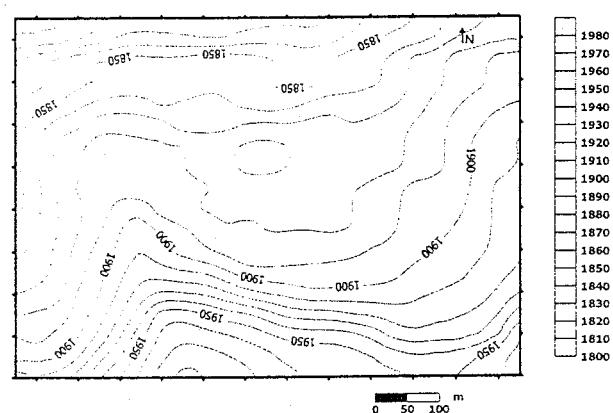
yazılabilir mektedir. Burada I ve J indikatör fonksiyonlardır “Üçan vd (2000)”. Böylece (2) nolu denklem optimize edilmişdir ve MRF yaklaşımı ile rezidüel harita çıkarılması için gerekli matematiksel sonuçlar elde edilmiştir.



Sekil.6. Sivas-Altinyayla Kuşaklı bölgesinde bulunan Hittit uygarlığına ait Fırtına Tanrıtı Huwasi kutsal alanı

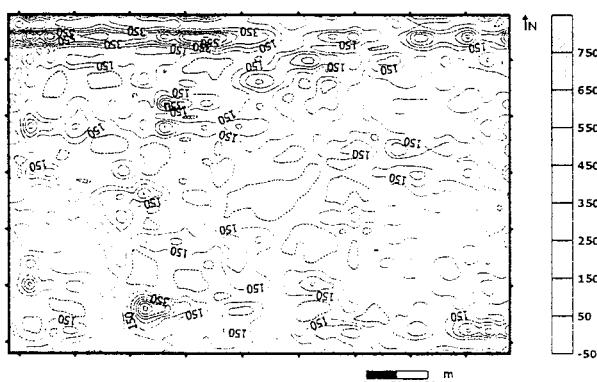
III. HUWASI KUTSAL ALANINA MRF YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

MRF yönteminin en önemli özelliği, regional veya rezidüel etkilerin bulunmasında her bir noktanın tek tek komşuluk ilişkilerini hesaba katmasıdır. Ayrıca kuantum sayısını artırarak rezidüel etkileri



Sekil.7. Sekil.6' da verilen GPS ölçümleri sonucunda elde edilen Huwasi kutsal alanının anomali haritası.

görüntülememiz kuantum sayısını azaltarakta reyjonal etkileri görüntülememiz mümkünür. Bu çalışmada kuantum sayısını 8 olarak aldı. MRF yöntemini kullanarak yüzeye yakın olan etkilerin görüntülenmesi sağlandı. Huwasi kutsal tapınağında GPS ölçümleri yapılmıştır. Kullandığımız radar aleti SIR-10 GSSI (USA) marka olup satelit desteklidir. 500 MHz Anteni profil aralıkları 0.5 metre ve saniyede yaklaşık 50 sinyal verebilme özelliğine sahiptir. Bu bölgede yapılan joradar haritası Şekil.7' de verilmiştir.



Şekil. 8. Şekil. 7'de verilen Huwasi kutsal alanının MRF çıktıtı.

IV. SONUÇ

Elektronik Mühendisliğinde görüntü işlem tekniği olarak kullanılan MRF yöntemi Jeofizik Mühendisliği bilim dalına ayırmayı olarak uygulanmış ve başarılı neticeler elde edilmiştir. Şehrin güney kısmında Sarisa hava tanrısunun kutsal alanı sanılan bölgede (Şekil 6), jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Hittit göletinin kuzey kenarında su akıntı hendekleri araştırılmıştır. MRF çıktıları incelendiğinde, haritanın kuzey-batı kısmında 150 konturu ile başlayıp 600 konturuna doğru yükselen uzunlamasına kapanım yapan anomaliler görüntülenmiştir. Burada anomali yaratıcı yerlerin taştan örülü kanalların oluşturduğu saptanmıştır. Bu taş levhalar kanalın iki tarafına diklemesine yerleştirilmiş şekildedirler. Ayrıca göletin çevresinde çok sayıda Hittit ve daha geç devirlere ait yapı kalıntıları saptanmıştır. Göletin kıyısı diğer Hittit barajlarında da görüldüğü gibi dösemeye kaplanmıştır. Göletin batı kısmında ise teraslanmış bir alan üzerinde çanak-çömlek verilerine göre Hittit Büyük imparatorluk dönemine ait olduğu düşünülen kütlesel bir yapı saptanmıştır. Bu yapının etkisini, MRF yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen haritanın batı kısmında görülmektedir. Burada 100 konturu ile başlayan yükselim 250 konturuna kadar çıkmaktadır (Şekil.8).

(**Katkı Belirtme:** Bu çalışmada bizlerden desteklerini esirgemeyen Kiel Üniversitesi çalışanlarına teşekkür ederiz. Ayrıca bize çalışma sahasındaki misafirperverliğinden dolayı şayın Prof.Dr. Andreas

MÜLLER-KARPE'ye değerli eşine ve çalışma gurubuna teşekkür ederiz. Bu Proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Proje No: YDABÇAG-100Y021.)

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] ALBORA, A.M.; ÖZMEN, A.; UÇAN, O.N., "Extraction of Mine Deposit Areas in Sivas-Divrigi Region Using Cellular Neural Network Approach", 25-29 April 2000 European Geophysical Society XXV General Assembly Nice, France, 2000.
- [2] Derin, H.; Elliot, A.H., "Modelling and Segmentation of Noisy and Textured Images Using Gibbs Random Field", *IEEE PAMI*, 9, 1997, ss.39-55.
- [3] Dobes, R.C.; Jain, A., "Random Field Models in Image Analysis", *Journal of Applied Statistics*, 16, 1997, ss.131-162.
- [4] Ercan, A.; Temizsöz, İ., "10x10 Metrelık Birim Kazı Peteğinde, Jeofiziğin Arkeolojik kazıya Klavuzluğu: Hittit İmparatorluğu Dönemi, Külhöyük, Ankara", *Jeofizik*, Cilt: 12, Sayı: 1-2, 1998.
- [5] Geman, S.; Geman, D., "Stochastic Relaxation, Gibbs Distributions, and the Bayesian Restoration of Images", *IEEE PAMI*, 6, 1989, ss.721-741.
- [6] Karpe, M., "Die hethitische Stadtruine Kusakli-Sarissa 1997", *alma mater philippina, Marburger Universitätsbund*, 1998, ss.21-26.
- [7] Pawłowski, R.S.; Hansen, R.O., "Gravity Anomaly Separation by Wiener Filtering", *Geophysics*, 55, 1990, ss.539-548.
- [8] Stümpel, H., "Untersuchungen in Kusakli: Geophysikalische Prospektion", *Mitteilungen der Deutschen Orient-Gesellschaft*, 130, 1998, ss.144-153.
- [9] Uçan, O.N.; Şen, B.; Albora, A.M.; Özmen, A., "New Gravity Anomaly Separation Approach: Differential Markov Random Field (DMRF)", *Electronic Geosciences*, 5: 2000, s.1. <http://link.springer.de/link/service/journals/10069/bibs/0005001/00050001.htm>
- [10] Vaclac, B.; Jan, H.; Karel, S., "Linear Filters for Solving the Direct Problem of Potential Fields", *Geophysics*, 57, 1992, ss.1348-1351.