



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2008, Volume: 3, Number: 4  
Article Number: A0106

**NATURAL AND APPLIED SCIENCES**  
**GEOPHYSICAL ENGINEERING**

❖ **APPLIED GEOPHYSICS**

Received: June 2008

Accepted: September 2008

© 2008 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Davut Aydoğan**

University of Istanbul

aydogan@istanbul.edu.tr

Istanbul-Turkiye

---

---

**HOUGH DÖNÜŞÜM YÖNTEMİ İLE GRAVİTE ANOMALİ HARİTALARINDAN  
ÇİZGİSELLİKLERİN SAPTANMASI: ORTA ANADOLU UYGULAMASI**

**ÖZET**

Bu çalışmada, gravite anomali haritalarından farkedilebilmeleri güç olan çizgisellikleri saptamak için Hough dönüşüm yöntemi kullanılmıştır. Doğrusal anomaliler bazı yeraltı özelliklerinin göstergesi olduklarından gravite ve manyetik anomalilerinin yorumunda önemlidirler. Yöntem giriş verisinin yatay türevlerine dayandırılmıştır. Sunulan yöntem ilk olarak yapay veriler üzerinde test edilmiş ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. İkinci olarak, Tuz Gölü ve çevresine ait gravite anomali haritasına uygulanmıştır. Hough dönüşümü sonuçları, birincil ve ikincil faylar olarak isimlendirilen bazı jeolojik özelliklerin gravite anomali haritalarından görsel olarak saptanmasında kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yatay Türev, Hough Dönüşümü, Gravite,  
Tuz Gölü, Çizgisellikler

**EXTRACTION OF LINEAMENTS FROM GRAVITY ANOMALY MAPS BY MEANS OF HOUGH  
TRANSFORM: APPLICATION TO CENTRAL ANATOLIA**

**ABSTRACT**

In this study, a method named as the Hough transform is used to extract lineaments, which may be difficult to recognize from the gravity anomaly map. Linear anomalies are important in the interpretation of gravity and magnetic data because they indicate some important structural features. The method is based on the two horizontal gradients of the input data. Firstly, it is tested on synthetic examples and satisfactory results are obtained. Secondly, it is tested on gravity anomaly maps of the Tuz Gölü (Salt Lake in Turkey) basin and surrounding area. Outputs of the Hough transform demonstrate that it can be used in the visual interpretation of gravity anomaly maps in order to detect some geological features such as major and minor faults.

**Keywords:** Horizontal Derivative, Hough Transform, Gravity,  
Salt Lake, Lineaments



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Jeofizik alışmalarda karşı karşıya kalınan en önemli sorun, jeolojik koşullara dayalı olarak farklı derinliklerde oluşan fay ve vb özelliklerin geometrisinin saptanabilmesi olayıdır. Gravite ve manyetik, bu tip yapıların saptanmasında kullanılan en etkin jeofizik yöntemlerdendir. Jeofizikçiler, gravite ve manyetik anomali haritalarının yorumlanması sürecinde, genelde, yeryzeyi altında bulunan fay, kontakt ve diğer tektonik özelliklerin bir gstergeci olan izgiselliklerle ilgilenirler. Bu anomali haritalarında fay türü yapıları açıklamada kullanılan temel özellikler gradiyent zonları, anomali sınırları vb. bölgelerdir. Doğrusal değişim alanları ve onların parametrik bilgileri haritaların yorumlanmasında önemli rl oynamaktadır.

Doğrusal düzgün değişim gösteren zonlar, tecrübeli yorumcular tarafından gözle kolayca fark edilebilir. Ancak, jeolojik Őartlardan ötürü bu zonlar gravite anomali haritalarında her zaman kolayca gözükmeyebilir. Bu gibi durumlarda çizgiselliklerin iyileştirilmesinde kullanılan yaklaşımlara gerek duyulmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, yönsel türev ve anomalilerin ayrıştırılması kullanılan en klasik yaklaşımlardandır. izgiselliklerin ortaya çıkartılmasında ilk etap olarak, sayısal hale dönüştürülen anomali haritası görüntüleri üzerinde, genelde, görüntü iyileştirme ve kenar saptama işlemleri uygulanır.

izgiselliklerin ortaya çıkartılması ve saptanmasında pek çok araştırmacı farklı yöntem ve yaklaşımlar geliştirmişlerdir. İki jeolojik zon ya da faylar tarafından üretilen gravite anomali haritalarının yorumlanması için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Birincil fay olarak tanımlanan büyük fayların, [1] tarafından gravite anomali haritalarındaki gradiyent zonlarından saptanabileceği gösterilmiştir. Geniş kütleler tarafından maskelenen ve ikincil faylar olarak nitelenen özelliklerin farkedilmesi oldukça zordur. Haritalardan bu tür özelliklerin ortaya çıkartılmasında kenar saptama algoritmaları kullanılmaktadır. Bu algoritmalar, yeraltı özelliklerinin saptanması için anomali haritalarının görsel yorumunda kullanılır. Kenar saptama konusunda yapılan çalışmalardan bazıları, [2, 3, 4, 5 ve 6] olarak verilebilir. Jeofizikte kullanılan en klasik yöntemler türev hesaplamalarına dayalı yaklaşımlardır. Bu konularda yapılan bazı çalışmalar, [7, 8, 9, 10 ve 11] Őeklinde gösterilebilir.

Anomali haritalarından çizgiselliklerin saptanması çalışmalarının bazılarında Radon transformundan yararlanılmıştır. [12], yapay gravite anomali haritalarındaki istenmeyen izgiselleklerin ortadan kaldırılması sırasında uzanım yöntemleri ile birlikte Radon transformunu kullanmıştır. [13], manyetik haritalardaki çizgiselliklerin ortaya çıkartılmasında Radon transformunun uygulanabilirliğini göstermiştir. [14], jeofizik haritalardaki çizgiselliklerin iyileştirilmesi için Radon transformundan yararlanmışlardır. [15], gradiyent hesaplamalarına dayalı Radon transform yöntemini kullanarak potansiyel anomali haritalarından çizgisellikleri saptamışlardır.

Analitik ve analitik olmayan eğrilerin saptanmasında Hough transformunun kullanılabileceği bazı araştırmacılar tarafından gösterilmiştir. Hough dönüşümü ile ilgili ilk çalışmalar, sadece, ikili (binary) kenar görüntüleri ile sınırlandırılmıştır. Bu alışmalar, [16 ve 17] tarafından, özellikle, doğru ve daire içeren gri seviyeli



görüntülerdeki bazı analitik eğrilerin saptanması için geliştirilmiştir. Daha sonraları, düz doğrulara ilave olarak, 2D görüntülerdeki daire ve elips gibi diğer analitik şekillerin saptanmasında da kullanılmıştır. Bu tip analitik şekillerin saptanmasında kullanılan ana prensip, düz doğruların saptanmasındaki ilkeler ile aynı olup, hough uzayındaki parametre tanımı ile görüntü uzayındaki kenar noktaları arasında yönlü bir yapılanmaya dayandırılmıştır. Hough dönüşümü, [18] tarafından geliştirilerek gelişigüzel şekilli görüntülerdeki kenarların saptanmasında kullanılmıştır. Genelleştirilmiş bu yöntemde, parametre uzayında sabit bir uzaklıktaki bir noktanın çizilmesi yerine bir hat üzerinde  $\theta$  (derece) parametresine bağlı olarak değişen mesafelerdeki noktaların çizilmesi gerçekleştirilmektedir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, yeraltında büyük kütleler tarafından maskelenen ve ikincil faylar olarak isimlendirilen bazı özelliklerin saptanmasında Hough dönüşüm yönteminden yararlanılmıştır. İlk önce, yapay veriler üretilerek bu verilere ait  $x$  ve  $y$  yönünde yatay türevler hesaplanmıştır. Daha sonra, yatay türevlerden gradiyent magnitüd haritaları oluşturulmuştur. Hough transform yönteminden yararlanılarak gradiyent magnitüd haritalarından çizgiselliklerin saptanması için bir yaklaşım sunulmuştur. Görüntü (magnitüd harita) uzayına uygulanan Hough transformu sonucu elde edilen hough uzayı parametre değerlerinden yararlanarak gravite haritalarındaki çizgiselliklerin saptanabileceği gösterilmiştir. Önerilen yöntem ilk önce sentetik veriler üzerinde denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Arazi çalışması olarak, Tuz gölü ve çeresine ait Bouguer anomali haritası seçilmiş ve yöntemle elde edilen sonuçların bölgede daha önce yapılan diğer çalışmalarla benzerlikler gösterdiği kanıtlanmıştır.

## 3. 2D HOUGH DÖNÜŞÜMÜ (2D HOUGH TRANSFORM)

Hough dönüşümü, [19] tarafından yüksek enerji partiküllerinin yollarını saptayabilmek amacı ile tasarlanmış bir yöntemdir. Daha sonraları pek çok yazar tarafından geliştirilerek farklı görüntü işleme uygulamalarında kullanılmıştır. Hough dönüşümü bir görüntüdeki şekilleri saptamada kullanılan bir yaklaşım yöntemi olup, düz doğru, çember ve elips gibi matematiksel olarak ifade edilebilen düzgün geometrik şekiller saptanabilmektedir.

Hough fonksiyonu, bir görüntüdeki sıfırdan farklı her bir noktayı (piksel) parametre uzayında bir sinusoide dönüştürür. Tersisi durumunda ise, parametre uzayında her bir nokta görüntüde bir düz doğruya karşılık gelir. Klasik dönüşüm giriş görüntüsündeki doğruları saptamaya yöneliktir. Bir doğrunun parametre uzayında tanımı [20] tarafından tanımlanmış ve,

$$H(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy \quad (1)$$

olup,  $f(x, y)$  ikili (binary) giriş görüntüsü ve  $\delta$  impuls tepki fonksiyonu olarak tanımlanır.

Burada,  $f(x, y)$  giriş görüntüsünün  $m \times n$  boyutunda olduğunu düşünecek olursak, (1) ifadesi, giriş görüntüsündeki noktaların  $x$  ve  $y$  yönünde, sırası ile,  $\Delta x$  ve  $\Delta y$  aralıklarına sahip olduğu kabul edilerek,

$$H(\rho, \theta) = \sum_m \sum_n f(m, n) \delta(\rho - m\Delta x \cos \theta - n\Delta y \sin \theta) \quad (2)$$

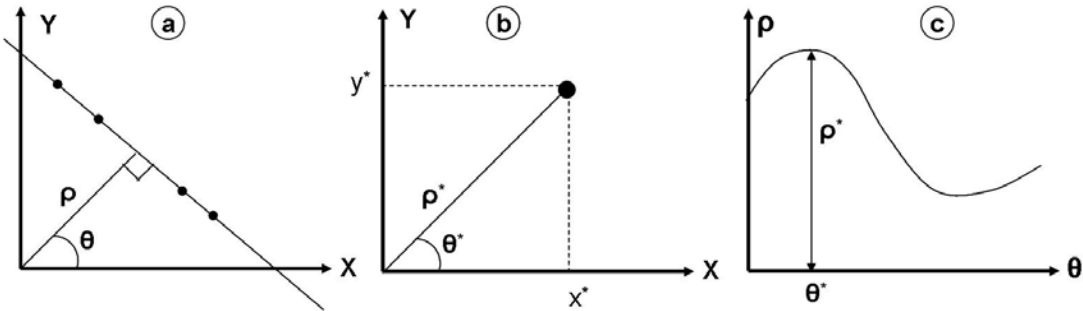
olarak verilebilir. İmpuls tepki fonksiyonu, giriş görüntüsündeki her bir noktanın,

$$\rho = m\Delta x \cos \theta + n\Delta y \sin \theta \quad (3)$$

fonksiyonu ile parametre uzayında bir sinusoide dönüştürülmesini garantiler. Yukarıda verilen bağıntıda,  $\rho \in (-D, D)$  olup Şekil 1a' da gösterildiği üzere,  $(D, D)$  giriş görüntüsünün diyagonal mesafesini simgeler), doğruya dik bir vektör boyunca orijin noktasından doğruya kadar olan mesafe olarak alınır. Burada,  $\theta \in (0, \pi)$  olup, x eksenini ile  $\rho$  vektörü arasındaki açıyı göstermektedir (Şekil 1a). Bir nokta kaynağa ait görüntü ve ilgili parametreler Şekil 1b' de gösterilmişlerdir.

Hough dönüşüm sonuçları yukarıda verilen (3) ifadesinden yararlanılarak akümülatör, Hough dönüşüm matrisi, olarak tanımlanan bir matris  $(H(\rho, \theta))$  toplanırlar. Matrisin bir boyutunu  $\rho$  (mesafe) değerleri, diğer boyutunu ise  $\theta$  (açı) değerleri oluşturur. Parametre uzayında (Hough uzayı) eğrinin maksimum olduğu nokta değerleri görüntü uzayındaki kaynak noktaya karşılık gelmektedir (Şekil 1c). Giriş görüntüsündeki aynı doğru üzerine düşen tüm noktalar Hough uzayında (parametre uzayı) tek bir noktada kesişen sinusoidler oluşturur. Bu süreç, kenarları saptanmış bir giriş görüntüsündeki tüm noktalar için tekrarlanır. Hough dönüşüm matrisinin her bir elemanı,  $(\rho, \theta)$  parametreleri ile bir doğru üzerinde ne kadar nokta olduğunu belirler. Matrisin en büyük değerli elemanı, giriş görüntüsünde hangi doğrunun en çok temsil edildiğini gösterir. Matrisin kesişim noktalarında oluşan maksimumlar giriş görüntüsündeki doğruları gösteren hakim parametre değerleridir.

Hough dönüşümünün en önemli özellikleri şu şekilde sıralanabilir: Görüntü ortamındaki bir nokta, parametre uzayında sinusoidal bir eğriye karşılık gelmektedir. Parametre uzayında bir nokta, görüntü uzayında bir doğruya karşılık gelir. Görüntü uzayında aynı bir düz doğru üzerindeki noktalar, parametre uzayında aynı noktada kesişen eğrilere karşılık gelir. Parametre uzayında aynı eğri üzerinde bulunan noktalar, görüntü uzayında aynı noktadan geçen doğrulara karşılık gelmektedir.



Şekil 1. a) Düz bir doğrunun  $\rho$  ve  $\theta$  gösterimi, b) Görüntü uzayı, c) Hough uzayı

(Figure 1. a)  $\rho$  and  $\theta$  representation of a straight line, b) Image domain, c) Hough domain)

Yöntemin uygulanışı sırasında, (3) ifadesinden elde edilen Hough dönüşüm matrisi değerlerine bağlı olarak, eşik (threshold) değeri seçimi önemli bir parametredir. Bu parametrenin seçiminde literatürde



pek çok yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi, Hough dönüşüm matrisinin maksimum ve minimum noktalarından yararlanılarak,

$$t = \min(H) + f * (\max(H) - \min(H)) \quad (4)$$

bağıntısı ile verilebilir. Hough dönüşüm matrisinin doğası gereği, ifadedeki  $f$  parametresinin gereğinden büyük seçilmesi durumunda giriş verisindeki yerel özellikler çıkış görüntüsünde gözlenememektedir. Bu çalışmada, giriş verisine göre eşik değeri seçimi yoluna gidilmiştir. Karmaşık özelliklere sahip giriş verileri için düşük eşik değeri, düzgün değişim gösteren veriler için yüksek eşik değeri seçilmiştir.

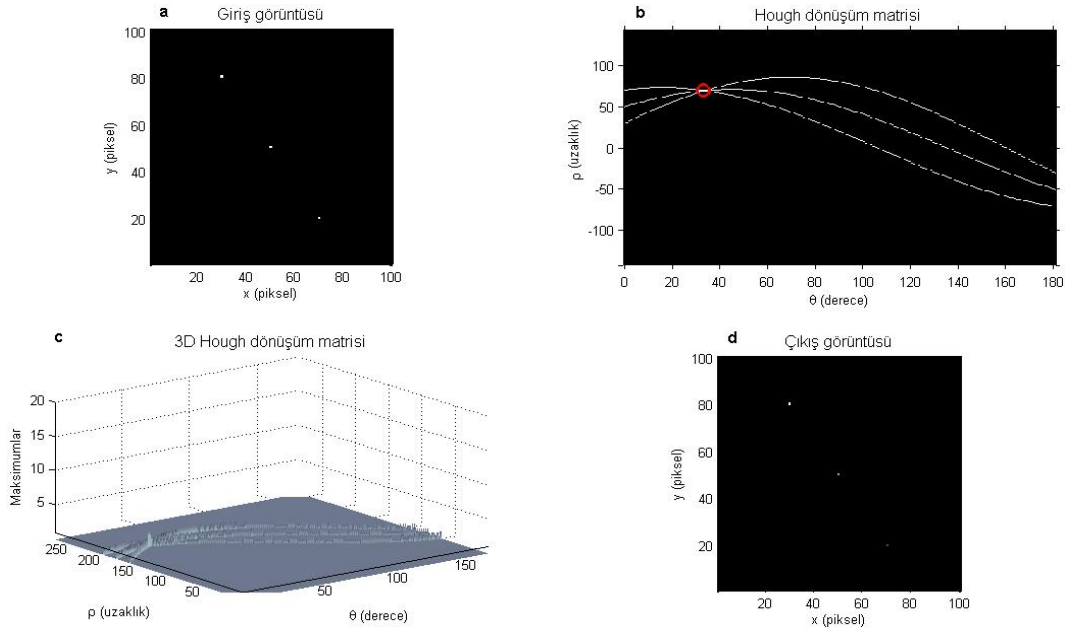
#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

Yukarıda 3. kısımda teorisi açıklanmaya çalışılan Hough dönüşümü, gravite anomali haritalarında gözle görülemeyen çizgiselliklerin ortaya çıkartılmasında kullanılmıştır. Bağıntı (1)'de verilen görüntü uzayı fonksiyonu için, anomali haritasının  $x$  ve  $y$  yönündeki yatay birinci türevleri hesaplanarak gradiyent magnitüdüleri elde edilmiştir. Hough dönüşümünün uygulanması sırasında magnitüd değeriyle değerlendirilmiştir.

##### 4.1. Kuramsal Örnekler (Synthetic Examples)

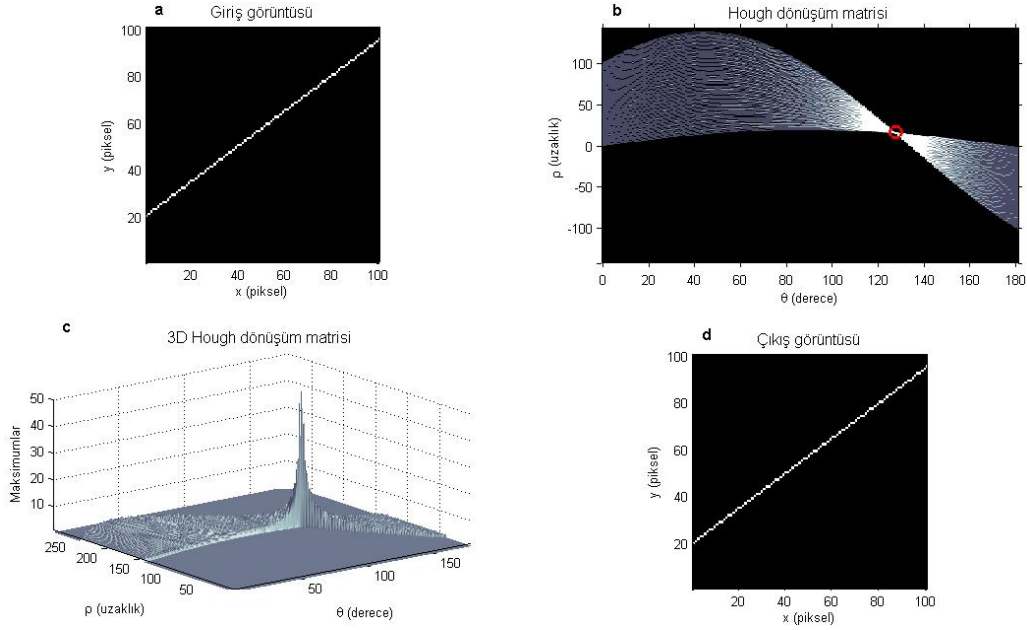
Önerilen yöntem 5 farklı kuramsal veri üzerinde test edilmiştir. Giriş görüntüsü olarak nokta, doğru, düzgün geometrik şekil ve giriş verisi üzerine gürültü eklenerek yöntemin performansı irdelenmiştir. İlk 3 örnek için yukarıda verilen (4) ifadesine uygun olarak  $f=1$  olarak seçilmiştir. Dördüncü kuramsal örnekte  $f=.85$  ve son kuramsal örnekte ise  $f=.25$  olarak alınmıştır.

İlk kuramsal örnek, (Şekil 2a), 100x100 piksel boyuntunda olup, 3 noktadan oluşmaktadır. Denklem (3) kullanılarak elde edilen Hough dönüşüm matrisi Şekil 2b'de gösterilmiştir. Görüntü uzayında herbir noktanın parametre uzayında bir sinusoide karşılık geldiği ve kesişim noktasında maksimum değere ulaştığı Şekil 2c'de görülmektedir. Parametre uzayında,  $\rho$  ve  $\theta$  parametre değeriyle bağlı olarak çıkış görüntüsü elde edilmiş ve Şekil 2d'de grafiklenmiştir.



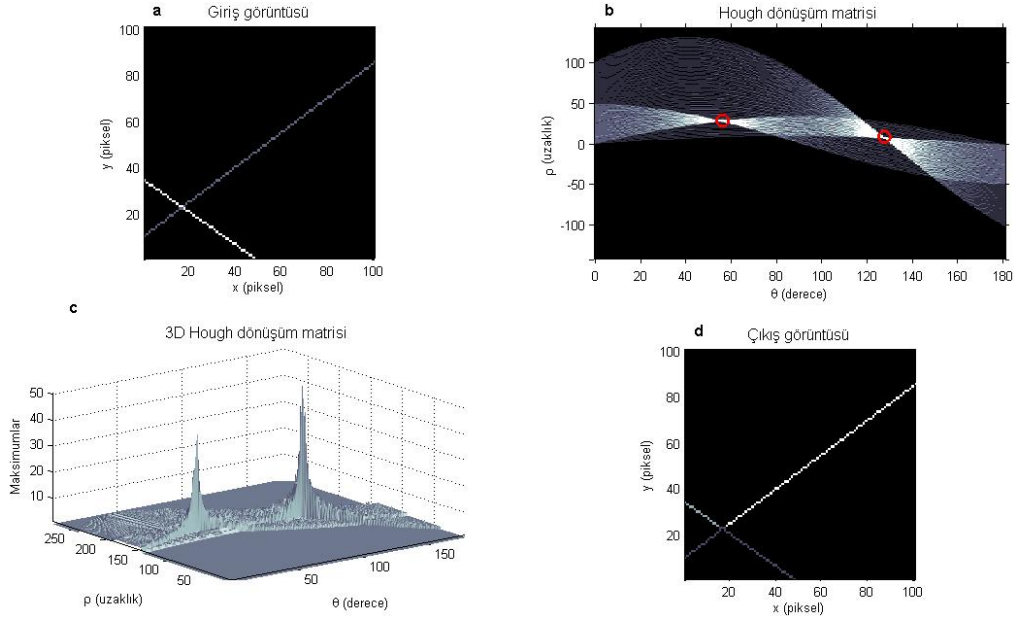
Şekil 2. a)Giriş görüntüsü, b)Hough dönüşüm matrisi,  
c)3D hough dönüşüm matrisi, d)Çıkış görüntüsü  
(Figure 2. a)Input image, b)Accumulator array,  
c)3D accumulator array, d)Output image)

İkinci kuramsal örnek Şekil 3a'da gösterilmiş olup, 100x100 piksel boyutunda ve bir doğrudan oluşturulmuştur. Hough dönüşümünün özelliğine bağlı olarak sayısal hale getirilen doğru üzerindeki noktalardan Hough uzayında oluşan sinusoidlerin kesişim noktası Şekil 3b'de gösterilmiştir. Sinusoidlerin kesişim noktasında maksimum değere ulaştığı 3D Hough dönüşüm matrisinde görülmektedir (Şekil 3c). Hough dönüşüm yönteminin uygulanması sonucunda giriş görüntüsünün aynı şekilde elde edildiği görülmektedir (Şekil 3d).



Şekil 3. a)Giriş görüntüsü, b)Hough dönüşüm matrisi,  
c)3D hough dönüşüm matrisi, d)Çıkış görüntüsü  
(Figure 3. a)Input image, b)Accumulator array,  
c)3D accumulator array, d)Output image)

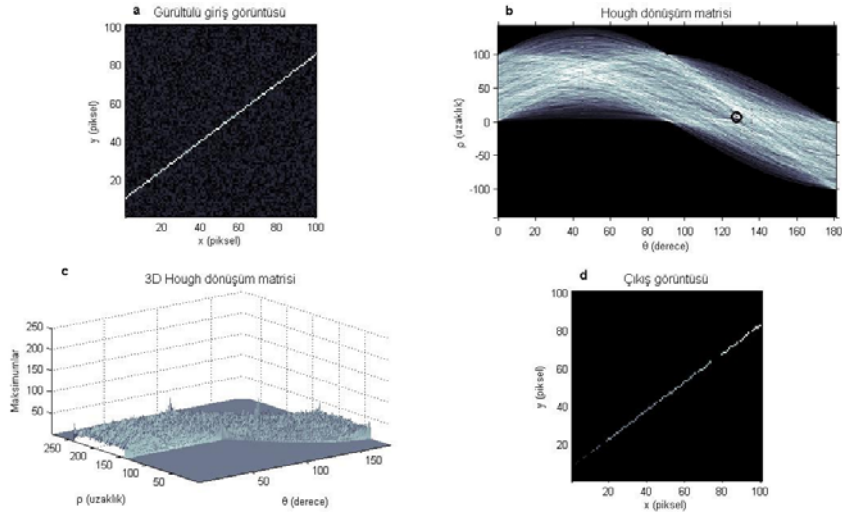
Üçüncü kuramsal örnek Şekil 4a'da gösterilmiştir. Giriş görüntüsü 100x100 piksel boyutunda ve birbirini kesen iki doğrudan oluşmaktadır. İki doğrunun Hough dönüşüm uzayında iki farklı kesişim noktasına sahip olduğu Şekil 4b ve bu kesişim noktalarında maksimum değerlerin oluştuğu Şekil 4c'de gösterilmiştir. Çıkış görüntüsü Şekil 4d'de grafiklenmiş olup giriş görüntüsünün tatmin edici bir şekilde tekrar saptandığını göstermektedir.



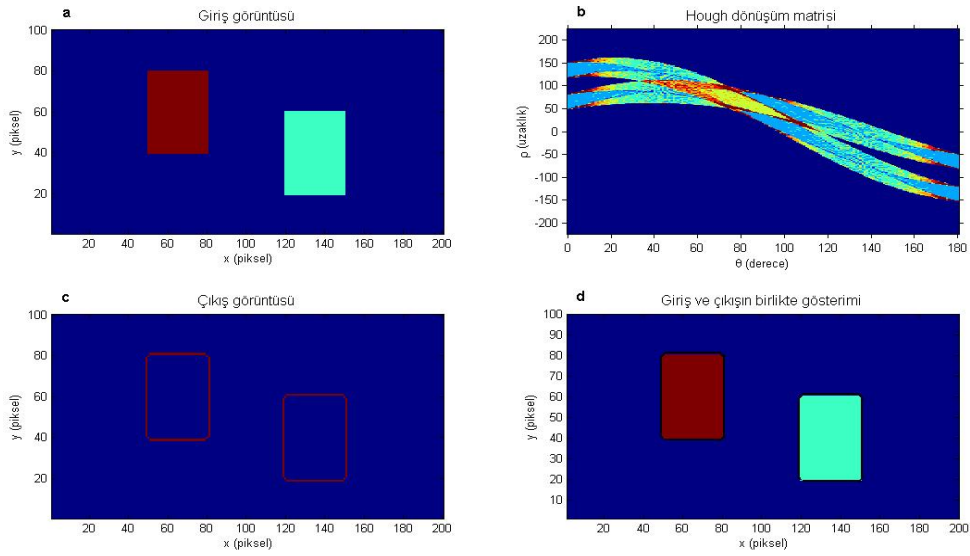
Şekil 4. a)Giriş görüntüsü, b)Hough dönüşüm matrisi,  
c)3D hough dönüşüm matrisi, d)Çıkış görüntüsü.  
(Figure 4. a)Input image, b)Accumulator array,  
c)3D accumulator array, d)Output image)

Dördüncü kuramsal örnek Şekil 5a'da gösterilmiştir. Yukarıda verilen ikinci kuramsal örnek üzerine gürültü ilave edilerek oluşturulmuş olup önerilen yöntemin gürültülü veri durumunda uygulanabilirliği incelenmiştir. Yoğun gürültü ilave edilmesi durumunda bile sözkonusu yöntemin başarılı bir şekilde uygulanabildiği görülmektedir. Hough dönüşüm matrisi Şekil 5b ve giriş verisine uygun olarak tek bir kesişim noktasına sahip olup, bu noktada maksimum değere ulaştığı Şekil 5c'de görülmektedir. Çıkış görüntüsü Şekil 5d'de verilmiştir.





Şekil 5. a)Gürültülü giriş görüntüsü, b)Hough dönüşüm matrisi, c)3D hough dönüşüm matrisi, d)Çıkış görüntüsü  
(Figure 5. a)The noise-added input image, b)Accumulator array, c)3D accumulator array, d)Output image)



Şekil 6. a)Giriş görüntüsü, b)Hough dönüşüm matrisi, c)Çıkış görüntüsü, d)Giriş ve çıkışın birlikte görüntülenmesi  
(Figure 6. a)Input image, b)Accumulator array, c)Output image, d)the Output image superimposed the input image)

Beşinci kuramsal örnek Şekil 6a'da gösterilmiş olup, 200x100 piksel boyutunda ve 2 dikdörtgen şekilden oluşan bir giriş görüntüsünü simgelemektedir. Hough dönüşüm matrisi Şekil 6b'de gösterilmiştir. Çıkış görüntüsü Şekil 6c'de verilmiş olup bu görüntü ile giriş görüntüsünün birlikte gösterimi Şekil 6d'de grafiklenmiştir. Bu grafikten de görüldüğü üzere, yöntem tatmin edici sonuçlar vermiştir.



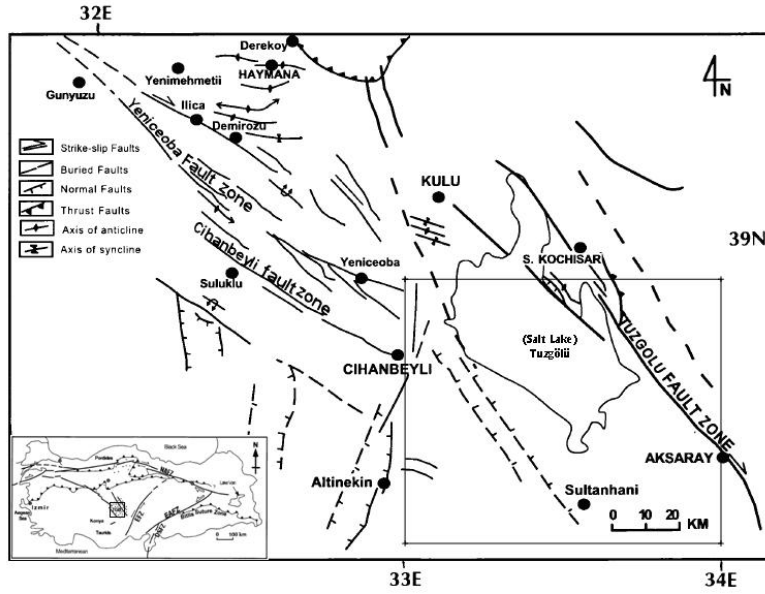
#### 4.2. Arazi Örneği (Field Example)

Önerilen yöntemin arazi verisine uygulanabilirliği, pek çok çalışmaya konu olan Orta Anadolu'daki Tuz Gölü baseni ve çevresine ait gravite anomali haritası üzerinde gösterilmiştir. Bölgede değişik amaçlı pek çok çalışma yapılmış olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir. Bölgenin jeotermal kaynak potansiyelini araştırmak üzere, [21] tarafından elektromagnetik verilerden yararlanarak çalışmalar yapılmıştır. Jeolojik yöntemleri kullanarak [22] tarafından Orta Anadolu'nun yüzeysel özellikleri incelenmiştir. Bunların dışında, [23 ve 24] havadan manyetik ve gravite verilerini kullanarak bölgeye ait derin yapı özelliklerini araştırmışlardır.

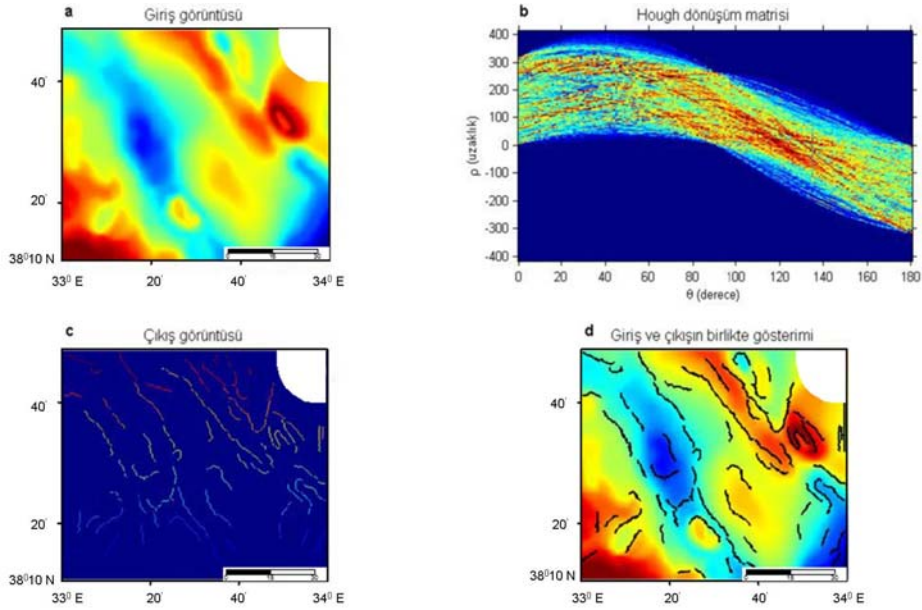
Bu çalışmada, [25] tarafından bölgeye ait hazırlanmış olan tektonik harita basitleştirilerek kullanılmıştır (Şekil 7). Araştırılan bölge Doğu'da Tuz Gölü fay zonu ve Batı'da Cihanbeyli, Yeniceoba fay zonları ile sınırlandırılmıştır. Şekil 7'de gösterildiği üzere, pekçok NW-SE uzanımlı faylar temel yapısal özellikler olarak görülmektedir. Tuz Gölü fay zonu, Tuz Gölü baseninin doğusunda en hakim temel yapısal özellik olarak kendini göstermektedir.

Şekil 8a'da gösterilen gravite anomali haritası [26] tarafından derlenmiştir. Renklendirilmiş olarak verilen bu haritada NW-SE uzanımlı yapı izleri görsel olarak izlenebilmektedir. Sözkonusu harita 1 km aralıklarla sayısal hale getirilmiş ve çalışma alanında birincil ve ikincil yapı unsurlarının saptanması için yukarıda önerilen yaklaşım kullanılmıştır. Haritanın x ve y yönünde yatay birinci türev değerleri hesaplanarak gradiyent magnitud haritası elde edilmiştir. Arazi örneği için eşik değeri  $f=0.48$  olarak alınmıştır. Yöntemin uygulanması ile Şekil 8b'de Hough dönüşüm matrisi elde edilerek, bu matrisin kullanımı sonucunda, bölgedeki temel yapısal özelliklerinin (birincil faylar) yanısıra, bu yapılar tarafından maskelenen ve gravite anomali haritasında gözle gözükmeyen diğer ikincil yapıların da saptanabildiği görülmektedir (Şekil 8c). Farklı eşik değerleri ile yöntem pek çok kez tekrarlanmıştır. Eşik değerinin yüksek seçilmesi durumunda giriş verisinde gözle görülebilen düzgün değişimli alanlardaki çizgiselliklerin bazılarının bile gözlenemediği saptanmıştır. Bu durumda, Yöreye ait hakim temel yapılar tarafından maskelenen küçük yapıların etkileri çıkış görüntülerinde görülememiştir. Gereğinden küçük seçilmesi durumunda ise, küçük yapıların etkilerinin yanında gürültü olarak ifade edilebilen etkilerin çıkış verilerinde gözlemlenmesi eşik değerinin uygun olmadığının bir göstergesi olduğu düşünülmüştür.

Görsel uyum için Hough dönüşüm sonucunda elde edilen çizgisellikler, giriş verisi olarak kullanılan gravite anomali haritası üzerinde birlikte grafiklenmişlerdir (Şekil 8d). Gravite anomali haritasında gözle kolayca görülebilen ve düzgün değişim gösteren bölgelere ait çizgiselliklerin, yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen çizgiselliklerle örtüştüğu Şekil 8d'de görülebilmektedir. Bunların yanı sıra, küçük kütleler tarafından üretilen ve anomali haritasında etkileri gözle görülmeyen birincil faylar tarafından maskelenen ve ikincil faylar olarak isimlendirilen pek çok çizgiselliklerin de saptanmış olduğu Şekil 8d'de görülmektedir.



Şekil 7. Tuz gölü baseni ve çevresine ait basitleştirilmiş tektonik harita (([25] tarafından derlenmiştir)  
(Figure 7. Simplified tectonic map of the Tuz Gölü basin and surrounding area (compiled from [25]))



Şekil 8. a) Tuz gölü baseni gravite anomali haritası ([26] tarafından derlenmiştir), b) Hough dönüşüm matrisi, c) Önerilen algoritma ile elde edilen çizgisellik haritası, d) Giriş verisi ile çizgiselliklerin birlikte gösterimi  
(Figure 8. a) Gravity anomaly map of the Tuz gölü basin (compiled from [26]), b) Accumulator array, c) Lineament map obtained by the proposed algorithm, d) The lineament map superimposed the gravity



## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu alışmada, Hough dönüşüm yöntemi, gravite anomali haritalarında büyük kütleler tarafından maskelenen ikincil fayların saptanması için kullanılmıştır. Gravite anomali haritalarında gözle kolayca görülemeyen çizgiselliklerin saptanması için giriş verinin yatay birinci türevlerinden yararlanılmıştır. Türev hesaplamalarına dayalı araştırmalar, gravite ve manyetik anomali haritalarının yorumlanmasında kullanılan pratik ve etkin yaklaşımlardandır.

Giriş verisindeki çizgisellikleri araştırma sürecinde Hough dönüşüm matrisindeki maksimumlardan yararlanılmıştır. Bu matrisi oluşturan sinusoidlerin kesişim noktalarında oluşan maksimumlar, giriş verisindeki çizgisellikler hakkında önemli bilgilere sahiptirler. Önerilen yöntem, farklı kuramsal veriler üzerinde test edildikten sonra bir arazi örneği üzerinde de uygulanmıştır. Giriş verisinin gürültü içermesi durumunda bile tatmin edici sonuçların elde edilmesi, seçilen eşik değerine bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Yöntem için eşik değerinin seçimi, çizgiselliklerin saptanmasında önemli bir parametredir. Hough dönüşüm matrisinden eşik değerinin gereğinden büyük yada küçük seçilmesi, çıkış verisinde yerel hatalara neden olduğu ve giriş verisindeki ikincil yapılara ait etkilerin gözlenemediği saptanmıştır.

Sonuçta, önerilen yaklaşımın gravite anomali haritalarına uygulanması ile yüzeye yakın ve derin jeolojik oluşumların sınırları başarılı bir şekilde saptanabilmemiştir. Yöntem, diğer jeofizik yöntemlerde olduğu gibi, geniş alanlardaki yapısal özelliklerin araştırılması ve saptanmasında kullanılabilen pratik ve uygun bir yaklaşımdır.

## TEŐEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu alışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince BYP:1849 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Zeng, H., Zhang, Q., and Liu, J., (1994). Location of secondary faults from cross-correlation of the second vertical derivative of gravity anomalies. *Geophysical Prospecting*, Volume:42, pp:841-854.
2. Blakely, R.J. and Simpson, R.W., (1986). Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. *Geophysics*, Volume:51, pp:1494-1498.
3. McGrath, P.H., (1991). Dip and depth extent of density boundaries using horizontal derivatives of upward-continued gravity data. *Geophysics*, Volume:56, pp:1533-1542.
4. Mallat, S. and Zhong, S., (1992). Characterization of signals from multiscale edges. *IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence*, Volume:14, pp:710-732.
5. Moreau, F., Gibert, D., Holschneider, M., and Saracco, G., (1997). Wavelet analysis of potential fields. *Inverse Problems*, Volume:13, pp:165-78.
6. Trompat, H., Boschetti, F., and Hornby, P., (2003). Improved downward continuation of potential field data. *Exploration Geophysics*, Volume:34, Number:4, pp:249-256.
7. Rao, D.A., Babu, H.V. and Narayan, P.V., (1981). Interpretation of magnetic anomalies due to dikes: The complex gradient method. *Geophysics*, Volume:46, pp:1572-1578.



8. Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J., and Somerton, I.W., (1990). Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*, Volume:55, pp:80-91.
9. Roest, W.R., Verhoef, J., and Pilkington, M., (1992). Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, Volume:57, pp:116-125.
10. Marcotte, D.L., Hardwick, C.D., and Nelson, J.B., (1992). Automated interpretation of horizontal magnetic gradient profile data. *Geophysics*, Volume:57, pp:288-295.
11. Fedi, M. and Florio, G., (2001). Detection of potential fields source boundaries by enhanced horizontal derivative method. *Geophysical Prospecting*, Volume:49, pp:40-58.
12. Yunxuan, Z., (1992). Application of the Radon transform to the processing of airborne geophysical data. Ph.D. thesis, Delft University of Technology.
13. Pawlowski, R.S., (1997). Use of slant stack for geologic or geophysical map lineament analysis. *Geophysics*, Volume:62, pp:1774-1778.
14. Sykes, M.P. and Das, U.C., (2000). Directional filtering for linear feature enhancement in geophysical maps. *Geophysics*, Volume: 65, pp:1734-1738.
15. Zhang, L.L., Wu, J., Hao, T., and Wang, J., (2006). Automatic lineament extraction from potential-field images using the Radon transform and gradient calculation, *Geophysics*, Volume:71, pp:131-140.
16. Kimme, C., Ballard, D.H., and Sklansky, J., (1975). Finding circles by an array of accumulators. *Commun. ACM*, Volume:18, pp:120-122.
17. Wechsler, H. and Sklansky, J., (1977). Automatic detection of ribs in chest radiographs. *Pattern Rec.*, Volume:9, pp:21-30.
18. Ballard, D.H., (1981). Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes. *Pattern Recognition*, Volume:13, pp:111-122.
19. Hough, P.V.C., (1962). Method and Means for Recognizing Complex Patterns. US Patent, 3069654.
20. Duda, R.O. and Hart, P.E., (1972). Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures. *Comm. ACM*, Volume:15, pp:11-15.
21. Ilkişik, O.M., Gürer, A., Tokgöz, T., and Kaya, C., (1997). Geoelectromagnetic and geothermic investigations in the Ihlara Valley geothermal field. *J. Vol. Geothermal Res.*, Volume:78, pp:297-308.
22. Gürer, O.F. and Aldanmaz, E., (202). Origin of the Upper Cretaceous-Tertiary sedimentary basins within the Tauride-Anatolide platform in Turkey. *Geol. Mag.*, volume:139, Number:2, pp:191-197.
23. Ateş, A., Bilim, F., and Büyüksaraç, A., (2005). Curie Point Depth Investigation of Central Anatolia, Turkey. *Pure Appl. Geophys.*, Volume:162, pp:357-371.
24. Büyüksaraç, A., Jordanova, D., Ateş, A., and Karloukovski, V., (2005). Interpretation of the Gravity and Magnetic Anomalies of the Cappadocia Region, Central Turkey. *Pure Appl. Geophys.*, Volume:162, pp:2197-2213.



25. Cimen, I., Goncuoglu, M.C., and Dirik, K., (1999). Structural evolution of the Tuzgölu Basin in Central Anatolia, Turkey. *The Journal of Geology*, Volume:107, pp:693-706.
26. Ugurtas, G., (1975). Geophysical interpretation of part of the Tuzgölu basin. *M.T.A. Bull.*, Volume:85, pp:38-45.