

# Deprem Bulutları

ve

## Kısa Dönem Deprem Tahminleri

**Zhonghao Shou**  
*Ekim 1999*

Türkçesi:

**Serdar TOKER**

***DOHAD Gönüllüsü***

*Metnin orijinali <http://quake.exit.com> sitesindedir. Metin temel alınarak Bilim ve Ütopya dergisinin 1999 Ekim sayısında (Sayı:64 Sayfa:53-57) haber yapılmıştır.*

## Tarihçe:

Antik Çin ve İtalya'da olması yakın depremlerin habercisi olan özel bulutlar hakkında çalışmalar yapılmıştır. Çin'in Ningxia eyaletinde 300 yüzyıl önce Lon-De Kontluğu Kronolojisi'nde (35.7 E, 106.1 N) (yeniden derleme 1935) "Güneşli ve ılık bir havada gökyüzü açık ve maviyken aniden uzun bir yılan gibi kıvrıla kıvrıla ilerleyen siyah bir bulut belirdi. Bulut uzun süre kaldı yani bir deprem olacak" [1] şeklinde bir kayıt yer almaktadır.

Mesajı izleyerek, belirtilen depremi buldum, 7.0 Guyuan (36.5 N, 106.3 E ) Ningxia depremi, 25 Ekim 1622.Bu deprem Batı Çin'de (< 110 E) 26 Temmuz 1561'den 13 Ekim 1709'a kadar geçen 148 yılda meydana gelen tek büyük depremdir ve dünyada başarılı bir şekilde yapılmış ilk deprem tahmini budur.

Yöntem kısa süre önce Japonya ve Çin'de yeniden canlandırıldı. 6 Mart 1978 sabahında Japonya Nara şehri'nin eski başkanı Kagida, 7 Mart'ta gerçekleşen 7.8 Kantow depremini bulutlara bakarak tahmin etti [1]. Eski başkan ayrıca depremin merkez üssünün bulutların düzleminin orta dikmesine denk geleceğini söylediye de bu sonradan yanlış çıktı. Bu başarılı tahminden sonra Çin'in ve Japonya'nın bilim çevrelerinde kısa bir dönem hareketlilik yaşansa da maalesef bulutlar ve depremler arasındaki ilişki 1985'ten sonra gündemden düştü.

Kuyruğu kuzeybatı yönünü işaret eden uzun bir çizgi şeklindeki bulutu gözlemlediğim 20 Haziran 1990 tarihinden bu yana deprem tahminciliği yapmaktayım; bu gözlemimden 18 saat sonra 370,000 insanın öldüğü veya yaralandığı 7.7 şiddetinde bir deprem İran'ı vurdu. Bu deprem 31 Mayıs 1990'dan 28 Nisan 1991'e, 333 gün boyunca benim şehrim olan Hangzhou'nun (30.3 N, 120 E)(Çin) kuzeybatısında 7 şiddetinin üzerinde gerçekleşen tek depremdi bu yüzden o gün bulutlar ve depremler arasında sıkı bir bağ olduğuna inandım ve merkez üssün Kagida'nın kuralına göre belirlenmediği ama bulutun kuyruğunun işaret ettiği yön dikkate alındığı sürece deprem bulutları yönteminin terk edilmemesi gerektiğine karar verdim. Halihazırda başarılı bir tahmin yönteminin olmaması yüzünden bu metodun geliştirilmesini kendime görev edindim.

## DeneySEL Kanıt

Bir deprem tahmininin toplumun geneline ve hükümet planlayıcılarına yararlı olabilmesi için iki özelliğe sahip olması gerekir. Birincisi, tahmin aydınlatıcı olmalıdır – bir zaman, bir yer ve bir büyüklük içermelidir. Dahası bütün bunlar spesifik olmalıdır. Örneğin, "Büyük bir deprem olacak" demek insanların hazırlık yapması için gerekli motivasyonu sağlamaya yetmez. Deprem bulutları önermesinin aydınlatıcı ve spesifik tahminler yapmaya yaradığını göstermek için resmi olarak U.S. Jeolojik Çalışmaları'nın onayladığı 39 tahminimin analizlerini yaptım.

Burada bir örnek sunmak istiyorum – 4.1 ML San Fernando Deprem Tahmini. 3 Haziran 1994'te 8-25 Haziran arası (18 günlük bir zaman aralığı) Kaliforniya San Fernando'da (5500 km<sup>2</sup> büyüklüğünde bir alan) Pasadena'nın (34.138N, 118.143 W) 10~80o kuzeybatısında ve 30~100 km uzaklıkta 4 ~ 5 şiddetinde bir deprem olacağını tahmin

etmiştim. Gerçekten bölgede (34.310 N, 118.398 W) 14 Haziran'da 4.1 şiddetinde bir deprem meydana gelmiştir. Aşağıda bir karşılaştırma bulunmaktadır:

	Tarih	Dereceler (kuzeybatı)	Mesafe(km)	Büyüklik (ML)
Tahmin	6/8~6/25	10~80 °	30~100	>4~5
Deprem	6/14	50.6 °	30.3	4.1

Güney Kaliforniya Deprem Veritabanı bu depremin tahmin edilen 5,500 km<sup>2</sup>'lik alanda 26 Mayıs 1994'ten 25 Haziran 1995'e dek (396 gün) 3.9'dan büyük gerçekleşen tek deprem olduğunu göstermektedir.

Yukarıda açıklanan San Fernando tahmini aydınlatıcı olmakla beraber zamanlama ile diğer gerekli koşulları da sağlamaktadır. Şimdi, tahminin spesifikliğini nicel olarak değerlendirmek için bir istatistiksel hesaplama yapalım. İlk olarak, veritabanından merkez üsleri ve şiddetleri tahmin alanında olan depremleri seçelim; sonra veritabanında yer alan periyodu tahminin zamanı aralığı gibi eş aralıklara bölelim. Bütün aralıkların toplamına A, herhangi bir deprem içermeyen aralıkların toplamına ise B dersek olasılık hesabı  $P = 1 - B/A$  olur; P rasgele bir tahminin tahmin limitleri altında doğru çıkması ihtimalidir.

Yöntemi zaman aralığı 18 gün, büyüklük aralığı 4~5 ML ve yer aralığı 5500 km<sup>2</sup> (10~ 80 derece kuzeybatıda ve Pasadena'dan 30~100 km uzaklıkta) olan San Fernando Deprem Tahmini için (bilgisayarda her aralık için bir filtre olacak şekilde ) kullanırsak, Güney Kaliforniya Deprem Veritabanı'na göre 1 Nisan 1981-20 Mayıs 1998 arasındaki 6097 günlük periyotta (1 Şubat-12 Temmuz 1983 arası veri eksikliğinden dolayı hariç tutulmuştur) 6063 aralıktan 5844'ü Tablo 1'de gösterildiği gibi belirli olan depremlerden yoksundur; bu durumda hesaplamamız gereken  $P = 1 - B/A = 1 - 5844/6063 = 3.6\%$  olur.

Çıplak gözle ve uydu görüntüleri ile gözlemlediğim deprem bulutlarına dayanarak US Jeolojik Çalışmaları'na toplam 39 tahminde bulundum. En kesin tahminin olasılığı  $P=2.5\%$  iken birçoğunun olasılığı % 26'dan daha azdı. Dolayısıyla rasgele tahminlerin verimi % 26'dan düşük olacakken benim 39 tahminimin 25 tanesi doğru çıkarak % 60 oranında başarı sağlanmıştır. Şanslı tahminlerin devamlı olarak bu başarı oranını sağlama olasılığı oldukça düşüktür. İnanıyorum ki bu şüphe götürmez kanıt bulutlar ve depremler arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Aşağıda bir bulutun ne şekilde bir deprem habercisi olduğunu açıklayan bir model sunacağım.

## Deprem Bulutları için Model

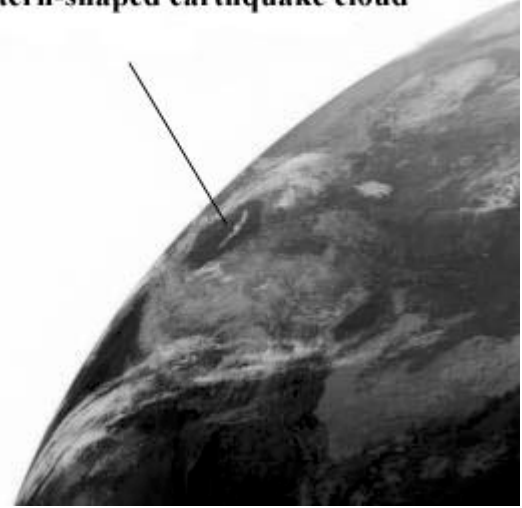
Okla gösterilen (Fig. 1) fener şekilli buluta dayanarak 4 Şubat 1998'deki Afganistan depremini  $P = 13\%$  oranıyla tahmin ettim.

Büyük bir kaya dış kuvvetlerce sıkıştırıldığında önce zayıf tarafları kırılır ve küçük depremler olur. Tablo 2'de 1 Ocak 1975 ile 31 Mayıs 1999 arasında Güney Kaliforniya'da gerçekleşen onbir büyük depremin hepsinin 10 km içinde birçok öncülerinin olduğu görülmektedir. Güçlü bir deprem büyük bir boşluk oluşturacağına göre öncü şokların kayanın kohezyonunu azaltan küçük kırıklara sebep olması muhtemeldir. Sonra yeraltı suları kırıkları doldurur, suyun genleşmesi, çekilmesi ve kimyası kohezyonu daha da azaltır.

9801010732.jpg

<ftp://weather.cs.ucl.ac.uk/Weather/gms/jpg/ir1/4km/>

### A lantern-shaped earthquake cloud



Dış kuvvetler (Bkz. Fig. 15 ve 16[4] ) komuşu kayaların birbirlerine doğru hareket etmesine neden olur ve oluşan sürtünme ısı üretir. Isının miktarı şaşırtıcı şekilde yüksek olabilir. Bilimsel analizler fay kayalarının sürtünmeyle erimesi ve yeniden kristalleşmesinin fay hattı boyunca 300 - 1500o C arası sıcaklıklara sebep olabileceğini göstermiştir [5-8]. Yüksek sıcaklıklarla ilgili çok sayıda anekdot vardır. Örneğin 1976'da Çin'de meydana gelen 7.8 Tangshan depreminde patlayan eriyik maddelerin bir kişinin yanmasına sebep olduğu belirtilmiştir [9]. Yine Çin'de 1975'te meydana gelen 7.3 şiddetindeki Haicheng depreminden önce ise oldukça sert geçen kışın ortasında donmuş bir rezarvuardaki bir kısım buzun eridiği rapor edilmiştir [10]. Meksika'da meydana gelen üç depremden önce buhar ve kaynaklarda 250~ 350o C sıcaklıkları ölçülmüştür [11].

Yüksek sıcaklıklarda yeraltı suları buharlaşır. Haas göstermiştir ki su 86 atmosfer basıncında 300 oC'de buharlaşmaktadır [12]. 300~1500o C sıcaklıklardaki suyun çok derinlerde depremden önceki sürtünmelerle kaynamış olması akla yatkındır. Gerçekten buhar olayı depremlerden önce [11] ve sonra [13] gözlemlenmiştir. Çok büyük basınçlardaki buhar yüzeye çatlaklardan ve gözeneklerden geçerek ulaşır. Bu süpersıcak buharın etkileri bir çok olayda kayıtlara geçmiştir. 28 Ekim 1983'teki 7.3'lük Borah Peak, Idaho depreminden önce " vadi tabanından saniyede tahmini 400 kübik feet miktarında fişkırın suyun yaklaşık 115 feet yüksekliğine ulaştığı " [14], ve Tangshan depreminden önce "20 m yüksekliğe ulaşan petrol fişkırması " [15] örneklerden bazılarıdır. Ayrıca Tangshan depreminden bir ay önce bazı petrol kuyularındaki basınç aniden 20~ 50 atm.'e kadar yükselmiştir.

Buharın yüksek sıcaklığı yüzeyden atmosfere karışırken gözlemlenmesini zorlaştırmaktadır, yüzey rüzgarlarıyla buhar hemen taşınır ve yükseldikçe karşılaştığı soğuk hava sayesinde yoğunlaşarak bir bulut halini alır. Bütün bu süreç yapay ipek yapımına benzer; sırayla fay, buhar, gözenekler ve soğuk hava □ bükme pompası, akışkan sıvı, jet, döner havuz

ve yapay ipek. Dolayısıyla deprem bulutlarının en sık rastlanan şekli çizgi olmaktadır ama çeşitli etkenler nedeniyle, örneğin buhar kaynaklarının dağılımı ve yüzey rüzgarları gibi, şekiller yılan, paralel çizgilere, paralel dalgalara, tüpe vb. de benzeyebilmektedir ve kesinlikle normal bulutlardan farklı oluşumlardır.

Fig. 1'deki resim dev, beyaz büyük kütleli bulut ve cüce çizgesel deprem bulutuna işaret etmektedir. UCLA'dan uzmanlık alanı bulutlar olan bir meteorolojisten durumu açıklamasını istedim ve o da cücenin bir bulut olduğunu ama hava bulutu olmadığını kabul etti.

Peki, nedir bu? Bu bir deprem bulutudur. Meteoroloji ne dev bulutun ortasında oluşan boşluğu ne de boşlukta beliren cüceyi açıklayamamaktadır. İkincisi, iyi bilindiği gibi daha koyu olan bölgelerde sıcaklık daha fazladır yani boşluk dev buluttan daha sıcaktır. Bu fenomen, boşluğun altındaki yüzey sıcaklığının dev bulutun altından fazla olması, ikisi de Asya üzerinde olduğuna göre yerde havayı ısıtan büyük bir jeotermal alan olduğuna işaret eder ve sıcak hava genişlerken hava bulutunu itmiş ve boşluğu oluşturmuş olmalıdır. 140 E'deki orjinal görüntünün 140 E'deki Y-eksenini takip ederek deprem bölgesini hesapladım.

Bu örnek objektif olarak deprem bulutlarının varlığını göstermektedir.

Bu özel bulutların deprem tahmininde kullanılmasında üç avantaj vardır. İlki, bulutun kuyruğu fay boyunca uzandığı için merkez üssünü belirlemek mümkündür. İkincisi bulutun büyüklüğü faydaki basıncı gösterir ve depremin şiddeti hakkında bilgi verir. Son olarak deprem genelde bulut ortaya çıktıktan sonraki 49 gün içinde olduğu için, depremin zamanı tahmin edilebilir. Dolayısıyla bu bulutlar "Deprem Bulutları"dırlar.

## Depremler için Model

Yeraltı suyunun varlığı deprem bulutlarının oluşması için gereklidir. Burada suyun önemini göz önüne alan bir deprem modeli sunacağım. USGS 1969'da Batı Colorado'nın Rangely Petrol Bölgesi'nde çok önemli bir deney gerçekleştirdi. Petrol kuyularına düzenli olarak su enjekte ettiler ya da çektiler ve diğer başka çalışmalar yaptılar. Bolt "Sonuçlar yerel deprem hareketliliği ile enjekte edilen su miktarı arasında mükemmel bir korelasyon olduğunu göstermektedir" demektedir ve eklemektedir "Eğer kayalarda su olmasaydı, hiç tektonik deprem olmayacaktı" [18].

Diğer araştırmacılar [19] da yeraltı sularının ciddi zayıflatıcı etkilerini gözlemlemişlerdir. Kayanın esnekliğinin sıcaklıkla değişimini gösteren iki mükemmel tablo hazırlamışlardır (Fig.10, [19]). Görüldüğü gibi dehidrasyondan sonra dayanma gücü keskin bir şekilde düşmektedir.

Dehidrasyon depremleri anlamaktaki en önemli kısımdır. Bir dehidrasyon sürecinde bazı durumlarda kireç taşı ve diğer kayaların erimesi sonucunda karbon dioksit ve diğer gazlar püskürebilir [15]; yeraltı gazlarının basıncı yüzünde deprem sesi çıkabilir [20]; kış uykusuna yatan yılanlar ya da sürüngenler delikleri uyumak için çok sıcak olduğundan donmuş yüzeye çıkarak intihar edebilirler [20].

Benim önerim deprem buharının dehidrasyon başlangıcında; dayanma gücü aniden azalmaya başladığında, çıkış yaptığıdır. Esneklik kritik noktaya düştüğünde deprem meydana gelmektedir. Dolayısıyla buharlaşan yeraltı sularından bir deprem bulutunun oluşması depremin olmasıyla doğrudan bağlantılıdır. Bütün süreç HCl çözeltisinin NaOH çözeltisine karıştığında pH oranının 8'den 6'ya ani düşüşünü belirlemek için fenolftalein indikatörünün renk değişimini kullanmaya benzemektedir.

## **Güvenilirlik**

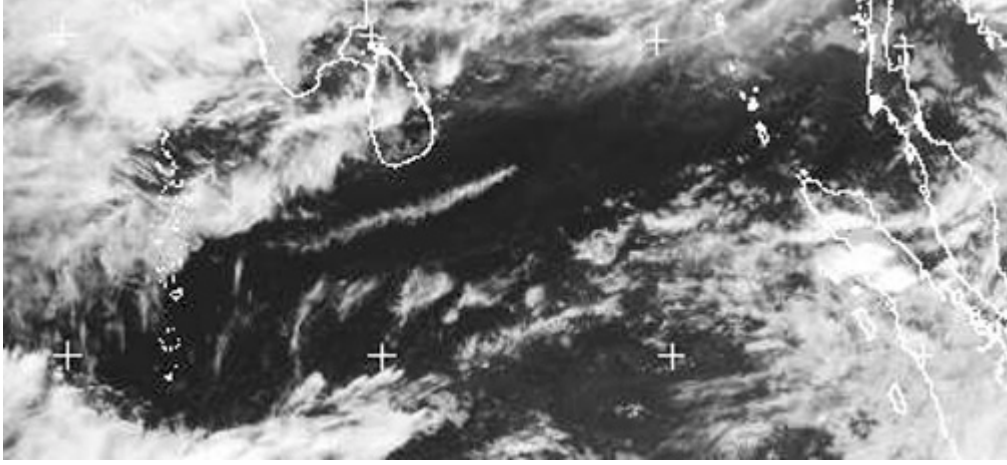
Depremlerin büyük yıkıcı etkisi düşünüldüğünde, tahminlerin güvenilir bir haberciye dayandırılması şarttır. Deprem bulutlarına dayanarak yaptığım 39 tahminden 14 tanesi yanlış çıkmıştır. Beş yanlış tahmin zaman aralıkları yeteri kadar geniş olmadığı için yanlıştır. Örneğin 7.0 şiddetinde gerçekleşen 11 Ocak 1997 \* Meksika depremi 30 günlük bir zaman aralığının 6 gün dışında gerçekleşmiştir ama Milli Deprem Bilgi Merkezi'ne göre bu deprem "30 Nisan 1986'dan beri bölgede gerçekleşen en büyük deprem" olmuştur. 10 yıllık periyotla karşılaştırıldığında 6 günlük bir hata oldukça küçüktür. Bu tür bir hata daha yalın bir zaman penceresiyle giderilebilir. Benim 100'den fazla güvenilir kayıt ve tahminlerime göre depremler bulutun ortaya çıkmasından sonraki 49 gün içinde mutlaka gerçekleşmektedir.

Diğer 9 yanlış tahmin ise benim tecrübesizliğimden ve bulutun ortaya çıktığı orjinal yeri belirlemekteki yeteneksizliğimden kaynaklanmıştır. Örneğin 30 Ocak 1995 \* Meksika depreminin sadece tahminle Güney Kaliforniya'da gerçekleşeceğini öngörmüştüm ama olasılık yanlış yer dahil sadece % 5.6 idi.

Bir bulut rüzgar tarafından sürekli taşındığı ve şekli değiştiği için ilk konumunu, yolunu, büyüklüğünü gözlemek ve yolu boyuncaki rüzgarın hızını ölçmek hayati önem taşır. Prensipite eğer bulut gözlemciye doğru hareket ederken şeklini korumuş ise yolu tahmin edilebilir ve uzakta gerçekleşecek bir deprem tahmin edilebilir. Doğru bilgi olmadan bunu yapmak imkansızdır. Dolayısıyla hatalar deprem bulutlarının haberci olarak güvenilirmezliğinden değil benim detayları anlamadaki kusurlarım ve kaynak yetersizliğinden kaynaklanmışlardır.



## Gelecek



Türkiye Deprem Bulutu (Fig. 2)

Deprem bulutları güvenilir habercilerdir ama doğru kullanılmak şartıyla; bulutu gözlemek, analiz etmek ve rüzgarı hesaba katmak ciddi çaba gerektirir. Örneğin 16 Temmuz 1999'da Sri Lanka (5N, 80E) civarında uydu görüntülerinden büyük bir deprem bulutu buldum [Fig. 2] ve üç şahite Sri Lanka'nın kuzeybatısında büyük bir deprem olacağını söyledim.

30 Haziran'da depremin 34 gün içerisinde 25~45 N ve 15~65 E civarlarında 6.9'dan daha şiddetli olacağını tahmin ettim ama alanı daraltamadım çünkü bulutun gelebileceği yer hakkında yüzey dağılımlarına sahip değildim.

17 Ağustos'ta 7.4'lük Türkiye depremi gerçekleşti. Sri Lanka'nın batısında 11 Mayıs 1997'den bu yana 6.9'dan gerçekleşen tek depremdi. Düşük olasılığı o bulutun kaynağının Türkiye olduğuna işaret etmektedir. Bu örnek bize bulutun kaynağını bulmakta bizi zor bir işin beklediğini göstermektedir.

Büyük bir depremden sakınabilmek için Türk halkına saat başı rüzgar hızı dağılımı ve güçlü bir uydu takibi ya da buhar çıkışı gözlemlemesi yapmalarını tavsiye ediyorum. İnanıyorum ki deprem bulutları kısa vadede tahmin için güvenilir habercilerdir ve umarım Türk halkı bu çalışmayı begenecektir.

## Referanslar ve Notlar

- [1] Li, D.J. Earthquake Clouds, 148-150 (Xue Lin Public Store, Shanghai, China, 1982).
- [2] Dunbar, P.K., Lockridge, P.A. & Whiteside, L.S. World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 146 (National Geophysical Data Center, Colorado, 1992).
- [3] Zhou, H.L. Moment magnitudes of historical earthquakes in China. Earthquake Research in China 1, No. 3, 347-360 (1987).
- [4] Haicheng Earthquake Study Delegation. Prediction of the Haicheng earthquake. Eos 58, 236-272 (1977).
- [5] Spray, J.G. A physical basis for the frictional melting of some rock-forming minerals. Tectonophysics 204, 205-221 (1992).

- [6] Swanson, M.T. Fault structure, wear mechanisms and rupture processes in pseudotachylyte generation. *Tectonophysics* 204, 223-242 (1992).
- [7] Koch, N. & Masch, L. Formation of Alpine mylonites and pseudotachylytes at the base of the Silvretta nappe, Eastern Alps. *Tectonophysics* 204, 289-306 (1992).
- [8] Techmer, K.S., Ahrendt, H. & Weber, K. The development of pseudotachylyte in the Ivrea-Verbano zone of the Italian Alps. *Tectonophysics* 204, 307-322 (1992).
- [9] Shi, H. X., Cai, Z.H. & Gao, M.X. Anomalous migration of shallow groundwater and gases in the Beijing region and the 1976 Tangshan earthquake. *Acta Seismologica Sinica* 2, No.1, 55-64 (1980).
- [10] Yang, C.S. Temporal and spatial distribution of anomalous ground water changes before the 1975 Haicheng earthquake. *Acta Seismologica Sinica* 4, No.1, 84-89 (1982).
- [11] Glowacka, E. & Nava, F. A. Major earthquakes in Mexicali Valley, Mexico, and fluid extraction at Cerro Prieto geothermal field. *Bulletin of the Seismological Society of America* 86, No.1A, 93-105 (1996).
- [12] Haas, J.L.Jr. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Eco. Geol.* 66, 940-946 (1971).
- [13] Chandrasekharam, D. Ateam emanation due to seismic pumping, Killari, Maharashtra. *Geol. Surv. Ind. Spl. Pub. No.27*, 229-233 (1995).
- [14] Lane, T. & Waag, C. Ground-water eruptions in the Chilly Buttes area, Central Idaho. *Special Publications* 91, 19 (1985).
- [15] Shi, H.X. & Cai, Z.H. Case examples of peculiar phenomena of subsurface fluid behavior observed in China preceding earthquakes. *Acta Seismologica Sinica* 2, No.4, 425-429 (1980).
- [16] Zhang, D.Y. & Zhao, G.M. Anomalous variations in oil wells distributed in the Bohai bay oil field before and after the Tangshan earthquake of 1976. *Acta Seismologica Sinica* 5, No.3, 360-369 (1983).
- [17] Giang, Z. J. et al. An experimental study of temperature increasing mechanism of satellitic thermo-infrared. *Acta Seismologica Sinica* 19, No. 2, 197-201 (1997).
- [18] Bolt, B.A. Stimulation of earthquakes by water. *Earthquakes*, 135-139 (W.H. Freeman and Company, New York, 1988).
- [19] Kirby, S.H & McCormick, J.W. Inelastic properties of rocks and minerals: strength and rheology. *Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals*, 179-185 (ed. Carmichael, R.S., CRC Press, Boca Raton, Florida, 1990).
- [20] Tang, X. Anomalous meteorology. *A General History of Earthquake Study in China*, 49-84 (Science Press, Beijing, 1988, in English).
- Fig. 1 Görüntü 9801010732.jpg The 6.1 Afganistan deprem bulutu.
- Fig. 2 Görüntü 199907161200.jpg The 7.4 Turkey earthquake cloud.
- Tablo 1 The interval distribution of the 4.1 San Fernando Earthquake Prediction.