

Deprem Öndeyi Araştırmalarında Yeni Olanaklar

Didier Sornette

Çeviren: Alper Sakıtış

MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Eritleri Dairesi
alpersakitias@yahoo.co.uk

Depremleri öndeyilemek, şu ana kadar ele alınmamış yeni çok-disiplinli yaklaşımları zorunlu kılan deprem fiziğini kavramayı gerektirmektedir. Son on yıllarda birkaç ülkenin gösterdiği çabaya karşın, bilimsel çevrelerin deprem sorununda bir gelişme sağlamak için geleneksel sismolojik ve jeolojik yaklaşımlarla birleştirilen yapay-zeka, istatistiksel fizik, süper-bilgisayar modellemesi ve büyük ölçekte fiziksel ölçümlerin tam spektrumunun görüntülenmesini kullandıklarını gördüğüm konusunda kuşkuluyum. Deprem öndeyisi alanında geçmiş başarısızlıklardan öğrendiğimiz bunun basit bir sorun olduğu yönündeki önyargılı yaklaşımımızı yansıtmaktadır.

Depremlerin Simyası

Çoğu zaman paradokslar, yanlış anlamlar ve tartışmalar, bir konu mevcut bilgilerimizin "dar" sınırlarına hapsedildiğinde ortaya çıkar. İlk Yazısında Geller'in Sir Isaac Newton'un simyayı kendine başlıca araştırma alanı edinmesinin önemini vurgulamasını ve ardından da "Deprem öndeyisi günümüzün simyası gibi görünmektedir" diyerek devam eden kışkırtıcı açıklamasını hatırlayın.

Bu örnekten kişisel olarak aldığım ders şudur: Newton temelde fiziksel süreçlerin bir elementin bir başka elemente dönüşmesine (transmutasyon) neden olabileceğini ummak konusunda haklıydı. Ama, fizik ve teknoloji o dönemde yeterince ilerlemiş değildi ve bilim, Becquerel ve Curie'nin modern "simya" (çekirdek bilim) çağını açmasını beklemek zorundaydı. O halde işin gerçeği, Newton zamanını ulaşamayacağı ama geçerli bir amacın peşinde koşuşturmakla kaybetmiştir.

Benzer şekilde, depremlerin ne olduğunu anlamak için temelde yeni yaklaşımlara ihtiyaç duymaktayız. Neyse ki, şimdilerde çok daha donanımlıyız ve bilim bugüne kadar olduğundan çok daha hızlı geliyor da, "depremlerin simyasını" anlamak için çok daha az bir süre bekleyeceğiz. İki nedenden dolayı depremleri anlamanın öndeyi potansiyelinin değer-

lendirilmesi için bir gereklilik olduğunu düşünüyorum. Basit "kara kutu" model (pattern) tanıma teknikleri defalarca denendi ve (olasılıkla bir dereceye kadar düşük kalite ve veri yetersizliği yüzünden) çok sınırlı bir başarı getirdi. Bu yüzden sadece kaynak (source) sorununu değil, tüm sismik döngüleri anlamaya çalışan esaslı bir deprem anlayışına ihtiyaç vardır.

Bu anlayış kaos ve dinamik sistem kuramlarının hava tahmininin sınırlarını anlamaya yardımcı olması gibi, bizlere deprem öndeyisinin sınırlarını ve potansiyellerini nicel olarak değerlendirmemiz için yardımcı olabilir. İki nedenden dolayı meteorolojinin çok ama çok gerisindeyiz:

1. Şu anda bile ilişkili bir çok parametrenin çok sınırlı sayıda kesin nicel ölçümleri var.

2. Depremlerin özünü oluşturan fiziksel görüngüler (phenomena) çok karmaşık ve içiçe girmiş durumdadır ve kabuk yapılıması konusunda temel bir Navier-Stokes denklemimiz de yoktur.

Bu yüzden deprem öndeyisinin esas sınırları konusunda kesin birşeyler söylemek için henüz çok erken.

Mekano-kimya

Depremler gerçekte çok ama çok az anlaşılıştır. Standart kuram, 1910 yılında Reid tarafından formüle edilen ve daha sonra 1966 yılında Brace ve Byerlee'nin Ruina-Dietrich tipi yasalar kullanılarak sürtünme görüngüsü olarak düzenlediği rebound kuramına



dayanmaktadır. Bu kuram hala gerinme (strain) paradoksu, gerilim (stress) paradoksu, ısı akımı paradoksu ve benzerleri gibi bir çok temel paradoksu içermektedir. Bu paradoksların çözümleri genellikle, deprem öncesi ve/ya deprem anında kırılma sürecinin doğasının fayın doğasının ve kabuk içinde sismojenik derinliklerde sıkışıp kalmış akışkanların etkileri üzerine ek önsayıları (assumption) gerekli kılmaktadır. Standart kuramın bu paradoksları birleştirici bir anlayışı yoktur.

Depremler çok sayıda jeolojik ve fiziksel koşula bağlıdır. Özellikle suyun hem mekanik olarak (boşluk basıncı), hem de kimyasal olarak (yeniden kristallenme, parçacık etkileri, doku) ve ikisinin olası girişik, karşılıklı etkileri biçiminde önemli bir rolü olduğuna dair bir çok doğrudan ve dolaylı kanıt vardır. Su ile temasta olduğunda veya anizotropik gerinim ve gerilimin olduğu durumlarda, mineral yapılarının saf denge faz diyagramlarının gösterdiğinden daha düşük basınç ve sıcaklıklarda oluşabildiği ve deforme olabildiği kabul edilmeye başlamıştır.

Örnek olarak, daha önce fay yarıkları (gouges) içinde sonlu yerleşmiş gerinim olduğunda suyun yeniden kristallenmesi ve belki de duraylı minerallerin yüksek serbest enerji yoğunluklu yarı-duraylı polimorflarına faz-dönüşümlerini de içeren mineral dokularının değişimine yol açtığını önermiştim. Mekanik deformasyon, etkinleştirilmiş kimyasal dönüşüm ve kırılma arasındaki karşılıklı etkileşim, depremlere mekanik (indirgen) paradigmanın ötesinde bakılacak yeni pencereler açmaktadır.

Kendiliğinden Yapılanan Kritiklik

Bir yandan depremler için Gutenberg-Richter yasası ve fay uzunluk dağılımı gibi güç yasası (power law) dağılımları ile deprem episantrlarının fraktal geometrisinin ve fay modellerinin ışığında, öte yandan da az çok benzer ölçekli değişmez özellikte çok basitleştirilen modellerin

çalışılmasıyla SOC varsayımı öngörül-müştür.

SOC'un en ilginç yanı, önemli genlik değişimlerinin yanı sıra, gerilim alanının uzun-aralıklı alansal denestirmeler gösterdiği öngörüsüdür. Basit SOC modellerinin kesin çözümü, ortalama gerilim çevresindeki gerilim değişimlerinin gerilimin alansal denestirilmesiyle uzun aralıklı olduğunu ve uzaklığa bağlı güç yasası olarak bozunduğunu göstermiştir.

Bu tür modeller, yalnızca gerilim alanlarına yansımakla kalmayıp, SOC a neden olan yapılanma ilkesinin etkin ve gerekli bir bileşeni de oluşturmaktadır. Kuvvetli bir deprem öncesi uzun aralıklı orta büyüklükte deprem etkinliğinde gözlenen artışın, artan uzun aralıklı denestirmelerin bir işareti olup olmadığı ilgi uyandıran bir olasılıktır. Bu kuramsal çerçeve büyük ölçekte gerilim görüntülemenin iyi bir strateji olduğu görüşünü desteklemektedir.

SOC varsayımından iki önemli sonuç çıkarılabilmektedir. İlki, herhangi bir zamanda kabuğun (küçük) bir kısmı kopma duraysızlığına yakındır. Faylar üzerindeki depremselliğin yerelleştirilmesiyle birlikte, bu neredeyse hareketsiz olduğu halde, kabuğun bir kısmının kopmaya karşı hassas olduğu sonucuna yol açmaktadır. Hassas kesimin nicel olarak belirlenmesi, modelin özgül oluşuna bağlıdır ve bu yüzden kabuk için tam olarak araştırılmamaktadır. Kabuğun hassas kısmının, baştan başa hareket ettirici koşulların değişimiyle veya görece küçük karşılıklarla etkinleştirilebilmesi her nasılsa önemlidir. Bu işaret, SOC çerçevesinde insan etkinliğiyle tetiklenen ve etkilenen depremselliğin doğal açıklamasına neden olur.

SOC fotoğrafında önemli olan, ama sıklıkla göz ardı edilen ikinci önemli nokta, kabuğun her yerde kopma sınırında olmadığı ve kendini kritik nokta yakınında koruyamadığıdır. Örneğin, sayısal simülasyonlar sürekli bir skaler gerilim değişkeni taşıyan etkileşimli bloklardan yapılan süreksiz modellerde, ortalama gerilimin kopma için gereken gerilim eşliğinin üçte ikisi civarında olduğunu göstermiştir. Bu modellerde, kabuk ortalama olarak kopmanın uzağındadır. Bununla birlikte, güçlü değişmeler gösterdiğinden alansal olarak herhangi bir anda kopmaya çok yakındır.

Bu yüzden bu ortalama kabuktaki gerilim genliklerinin büyük çeşitliliğinin zayıf bir gösterevidir. Bu, tüm karşılıkların depremselliği tetiklemediğini veya etkilemediğini ve bazı bölgelerin de çok duraylı olacağı öndeyisine yol açmaktadır. SOC modelleri yerel gerilim ölçümlerinin, küresel yapılanmanın temsilcisi olmadığını öngörmektedir.



Kritiklik ve Öndeyilenebilirlik

Bugünkü bağlamda, istatistiksel fizik anlamında kullanılan kritiklik ve kendi kendine yapılanan kritiklik, bu tartışmada görüldüğü üzere birçok karışıklığa neden olan çok farklı iki kavrama değinmektedir. İki, SOC kendi kendine yapılandığı halde, kritiklik öyle değildir. İkincisi ise kritikliğin nitelikleri, alan ve zamanda özgül öncü modellerin varlığıdır (artan 'hassasiyet' ve denestirme uzunluğu).

Büyük bir depremin farklı grupların ortaya attığı kritik bir olgu olduğu düşüncesi neredeyse 20 yıl önce başlar. Heterojen ortamlarda kopmanın kritik bir olgu olduğunun gösterimiyle depremler ile kritik olguları ilişkilendirme çabaları destek bulmaktadır. Ayrıca sıklıkla büyük olaylar öncesinde artan orta büyüklükte depremselliğin gözlemlendiğinin bildirilmesi de bunun göstergesidir.

Kritiklik, kaba-fanelenme ve evrensellik kavramlarını içermekte ve yeterince büyük ölçekte gözlemlendiğinde, belirtilerinin kesinliği görünmektedir. Bu, birinin öndeyide bulunma amacıyla fay sistemlerinin mekanizmasının ve jeolojisinin geniş karmaşasının ayrıntılı bilgisine (fay geometrisi, faydaki dayanım değişimleri, kuşak matzemesi, akış özellikleri, gerilim durumu, vb.) gereksinim duyduğu sonucuna zıttır.

Kritiklik ve SOC Birlikte Bulunabilmektedir

Laboratuar numunesinin kopması, yüklemeye geçişinin iyi tanımlanan sonucu olurken, aynıysa büyük depremlerin ardından 'yaşamın var olduğu' kabuk için söylenemez. Kritiklik ve SOC'un birlikte bulunuşunun gösterimi, hiyerarşik bir fay yapısındaki depremlerin basit kum yığını modelindedir. Burada, önemli olan

nokta hem çizgisel olmayan dinamiği, hem de karmaşık geometriyi göz önüne almaktadır.

Sistem, deprem büyüklüğü frekansı için Gutenberg-Richter yasası gibi beklenen istatistiksel karakteristiklere göre geniş zaman ölçeklerinde kendini yapılandırdığı halde, büyük depremlerin, çoğu on yıllık zaman ölçeğinde ve yüzlerce kilometrenin üzerinde, habercileri vardır. Kritik bakış açısı içinde, bu orta ölçekli depremler denestirmelerde hem 'tanık', hem de 'aktör' konumundadır. Bu haberciler zaman - yenilme süreci olarak ölçüldüğünde bir enerji boşalımı üretmesi, hızlanan güç yasası davranışıyla çok tutarlıdır. Ek olarak, habercilerin maksimum büyüklüğü olarak ölçülen denestirme uzunluğunun (çok büyük depremler üzerinde) istatistiksel ortalaması da büyük depreme zamanın bir güç yasası olarak artmaktadır.

Kendiliğinden yapılanan kritiklik açısından, bu şaşırtıcı bir haberdir: Büyük depremler "kimliği"ni kaybetmez. Bu modelde büyük bir deprem, "büyük bir olayın habercisinin temelinde küçük bir olayın habercisine benzer olduğu ve depremin ne büyüklükte olacağına bilinemediği" olağan SOC bilgisi ile anlatıldığından çok farklı bir öyküsü olan küçük bir depremden farklıdır.

Farklılık, standart SOC modellerinde geometrinin olmayışından kaynaklanmaktadır. Geometrinin yeniden ortaya konulması gereklidir. Hiyerarşik fay yapıları modellerde, büyük olayların öndeyilenebilirliğini bulmaktayız. Tipik yenilenme zamanı yaklaşık yüzyıl düzeyinde olan büyük depremlerin çoğu bir yıldan daha iyi bir hassasiyetle yaklaşık dört yıl önceden öndeyilenebilmektedir.

Önemli bir katkı da verileri daha iyi bir uyumla "senkronizasyonuna" yardımcı olan, hiyerarşik geometriye yansıyan, büyük olaylar öncesinde sismik etkinliğin güç yasası artışına yapılan logperiyodik düzeltmelerin olmasıdır. İlişkili süresiz ölçek değişmezliğinin ve karmaşık üssel değerlerin, eşik dinamiğine sahip bu tür dengeye ulaşamayan hiyerarşik sistemlerde olması beklenmektedir.

Elbette ki aşırı dikkat gösterilmekte, olasılıkla genelde kesin olmamasına rağmen kuram kendi içinde tutarlıdır ve yararlı bir kılavuz işlevi görmektedir. Fay-deprem süreci birdenbire kendi tutarlı yapılanmasından çıktıkça, hiyerarşik geometrinin sunulmasına gerek kalmamaktadır.

Kaynak

Nature Debates, www.nature.com