

DEPREMLER, KEHANET VE BİLİMSEL YAKLAŞIM

Prof. Dr. Levent Sevgi
Doğuş Üniversitesi,
Elektronik-Haberleşme Mühendisliği

1999 Marmara depremlerinde olduğu gibi İzmir depremlerinden sonra yine depremi önceden hissedenler türedi, fısıltı gazeteleri işlemeye başladı. Ay/güneş tutulmaları ve gezegenlerin dizilişleriyle depremler arasında ilişki kurulması, değişik algılayıcılarla kaydedilen verileri inceleyerek depremi önceden kestirebilenler, daha neler neler! Toplumda böyle kişiler her zaman var olacak, bu normal karşılanmalı. Model, yasa, bilimsel süreç, bilimsel süzgeç, deney, simülasyon benzeri temel sözcüklerin/terimlerin anlamları bir yana bırakılarak adeta vahiy gelmiş gibi konuşan, tartışan kişiler, depremi önceden bilen kahinler, kansere çare bulanlar; bilimin henüz açıklamada ya da çözüm üretmede yetersiz kaldığı konularda hep olacak. Ancak, bu kişilerin üniversitelerde ve akademik çevrelerde yer alması düşündürücü. Bugün ülkemizde depremler ve önceden kestirimleri konusu evrensel bilimsellik kriterlerinin uzağında ele alınabilmekte, böyle kişiler medyada uzman diye anılmakta ve boy gösterebilmekte.

Giriş

Deprem riski yüksek bir bölgede yaşıyoruz, 1999 Marmara depremlerinin yaraları henüz tam anlamıyla sarılamadı. Geçen yılın son haftasında yaşanan Uzak Doğu depremi ve ardından gelen Tsunami faciasının görüntüleri belleklere kazınmış durumda. İzmir'in bir hafta boyunca sallanması ise soruna tuz biber ekti. Yıkıcı depremler olacak, bundan kaçış yok; yerkürenin beşik gibi sallandığını, her gün sismik algılayıcıların kaydettiği binlerce deprem olduğunu, insanoğlunun ise ancak belli büyüklükten sonra depremleri algılayabildiğini artık hepimiz biliyoruz. Aklın yolu "*deprem öldürmez, çürük bina öldürür*" gerçeğini kabullenmeyi ve kaynakları bu yönde kullanmayı işaret etmekte. Bununla beraber, deprem olayının fiziksel bir problem olarak ele alınması, neden ve nasıl sorularının yanıtlarının alınması yönünde çalışmalar yapılması da gerekmektedir. Ele alınan bir probleme üç tür yaklaşım söz konusu; dinsel, felsefi ve bilimsel. Her şey ilahi demek ve kabullenmek bir yol. Deprem öldürüyor da su öldürmüyor mu, nasıl olsa öleceğiz diye felsefe yapmak bir diğer yaklaşım. Ancak, bilimsel yol seçildiğinde ne yapılması gerektiği bilimin ve bilimsel yöntemin tanımından açıkça görülmekte.

Bilimsel yaklaşım, bilimsel yöntem

Bilimsel yaklaşım problemin doğru tanımıyla başlar ve evrensel geçerliliği olan çözümlere ulaşıncaya dek sürer. Problem, birikimlerden, bilgiden, rastlantılardan, meraktan, gözleyerek, hayal ederek, uçuk/aykırı düşünceler öne sürerek tanımlanabilir. Çıkış noktası ne olursa olsun ancak iyi tanımlanabilen problemlerde bilimsel çözüme ulaşmak olası. Bilimsel süreçte genelde, yoğun gözlem, algılama, hüküm verme, ayrıntılı deney ve testlerden ve bunlar arasındaki yanlışlamalardan sonra genel çözüme (yasalara) ulaşılır. Bu süreçte önce saçmalıklar, bariz hatalar olmak üzere, yanıltmalar ayıklanır, engeller saptanır ve uygulandıkça yetersizlikler ortaya konur. Bilimsel çözüm üretenleri sezgilerden yola çıkanlardan ya da vahiy inmiş gibi konuşanlardan ayıran can alıcı nokta kişinin sadece kendisinin yapabileceği öngörülerini belli yöntemleri uygulayıp, benzer verileri elde ederek herkesin yapabileceği bilimsel öngörülerden ayırt edebilmektir. Ancak unutulmasın ki, gözlem ve deneylere dayalı yasalara, ve bu yasalara dayalı ileriye doğru öngörüler ve kestirimleri içeren *bilimsel süreçten* geçmiş çözümler, yaygın olarak bilinmemesine karşın, sanıldığı gibi kuşkusuz ve kesin olmayıp rakamları olasılıklarla verebilmekte. Bilimsel bir çözümün önemli göstergeleri "*ben yaptım oldu*" ya da "*çünkü öyle*" yaklaşımından uzak, neden/sonuç ilişkisinin kurulabilmesi, farklı kişilerce tekrarlanabilmesi, farklı yöntemlerle doğrulanabilmesi ve belli bir modele oturtulup ileriye doğru sınılanmış kestirimler yapma olanağı sağlamasıdır.

Deprem ya da benzeri risklerden söz ederken *az/çok*, *düşük/yüksek* gibi muğlak sözcükler kullanmak konuşma dilinde olağan. Ancak, rakam verildiğinde durum farklı. Örneğin, "*otuz yıl içerisinde İstanbul'da 7 ve daha şiddetli deprem olma riski % 65*" dendiğinde ne anlamalı? Deprem ne zaman, kaç şiddetinde, nerede olacak? Risk % 45 hesaplınsaydı ne anlama gelecekti, deprem olmayacak mıydı? Ne demek rakam vermek, rakamlarla konuşmak? Rakamlarla konuşmak hesap yapmayı, hesap yapma (*matematiksel ya da değil*) belli bir modeli, belli bir model ise kabulleri, varsayımları, gözlemleri, deneyleri, yasaları gerektirir.

Fiziksel problemler, modelleme ve simülasyon

Model belli işlevleri gören birimlerin giriş/çıkışları belirlenmiş sistemler şeklinde ele alınması diye tanımlanmakta. Modeller, koşullar değiştikçe problemin çözümünde ne gibi değişiklikler olabileceğinin öngörülmesinde ve ileriye dönük kestirimler yapılabilmesinde kullanılmakta. Modelin sağlamlığı ve dolayısıyla kestirimlerin doğruluğu ve güvenilirliği bilim dallarına göre değişmekte. Bazı bilim dalları (örneğin, fizik, kimya) sağlam modeller oluşturmada çok ilerlemişken diğerleri -problemlerin zorluklarından ötürü- henüz emekleme aşamasında olabilmekte. Newton yasaları insanoğluna aya ulaşma yolunu gösterebildi. Maxwell tarafından 19. yüzyılda sağlam temellere oturtulan (matematik modeli oluşturulan) *elektromanyetik model* ile bugün bırakın dünya üzerinde iki nokta arasındaki haberleşmeyi gezegenler arası haberleşme yapılabilmesi noktasına gelindi. Sadece üzerinde taşıdığımız elektronik cihazları bir düşünün. Artık kimse elektronik gözetlemeyi, kumandayı, güdümlü silahları, vb. sorgulamıyor (çünkü yaşantımızın parçası olmuş durumdadır). Ancak, örneğin *jeofizikte* durum farklı. Milyonlarca yıllık geçmiş olan Yerküre'nin son birkaç yüzyıllık kayıtlarına bakarak yapılan deprensellik öngörütleri ne denli sağlam temelli olabilir ki? Yarıçapı 6800 km ve merkezine doğru büyük bir bölümü oynak magma olan Yerküre'nin zeminden ancak 10-20 km derinliklere kadar yapılan (elektromanyetik, akustik, sismik benzeri) dinlemelerle bir model oluşturmak ne derece olası ve gerçekçi? Bu yüzden değil mi uzmanların kendi aralarında bile hem fikir olamayıp tartışmaları? *Tıbbi* ele alalım; çok karmaşık ve zamanla değişen yapısal özellikleri olan canlı dokuların matematiksel modelini oluşturma çabalarının zorluğu (neredeyse olanaksızlığı) değil midir bir hastalıkla ilgili sağlıklı sonuçlar aramada epidemiyolojiyi (istatistiksel tıbbı) neredeyse tek çare olarak karşımıza çıkaran? Her gün TV'lerde karşımıza çıkan borsa uzmanlarını düşünün; günlük ya da haftalık öngörütleri sorulduğunda uzun uzun "*şu olursa endeks şuraya kadar yükselebilir, ancak satışlar gelirse direnç noktası kırılabilir ve endeks düşüşe geçebilir, Merkez Bankasının bir müdahalesi olursa durum değişebilir, bununla birlikte yabancıların girmesi endeksi çöştürabilir, ya da hiçbiri olmayabilir*" benzeri yorumlar yaparak "*çok konuşup hiçbir şey söylememe*" sanatı icra etmezler mi? Olası durumları sıraladıkları için de süre sonunda karşımıza geçip "*ben demiştim*" demezler mi?

Simülasyon, bir sistemin fiziksel davranışlarının bilgisayar yardımıyla oluşturulan basitleştirilmiş, daha kolay kontrol edilebilen modellerle elde edilmesi şeklinde tanımlanmakta. Eldeki hızlı ve yüksek kapasiteli bilgisayarlarla hemen her türlü problemin bilgisayar simülasyonları gerçekleştirilmekte. Üstelik bir sistemin henüz varolmaması, sistemle test ve deneylerin pahalı ya da tehlikeli olması durumlarında da simülasyondan başka çare de yok. Günümüzde modelleme ve simülasyon endüstriyel tasarımdan, tıba, savunmadan eğitime kadar her alanda kullanılan ekonomik ve etkili bir araç. Gerçek bir problemin, önce -matematiksel ya da değil- bir kavramsal modeli oluşturulmakta ve bilgisayar yazılımı (ayrık modeli) ile sayısal ortamda çözülebilir şekle sokulmakta. Modelde var ise türev, entegral, denklem sistemi çözme gibi ara unsurlar sayısal analiz yardımıyla ele alınmakta ve parametre optimizasyonu gerçekleştirilmekte.

Model geçerlilik analizleri ve veri doğrulama

Simülasyonun *gerçek dünya problemi*, *kavramsal model* ve *bilgisayar programı* gibi temel öğeleri söz konusu. Bir kavramsal modelin bir gerçek dünya problemini temsil edip etmediği, bilgisayar programının modelden beklenen sonuçları verip vermediği -- *doğruluk*, *duyarlılık* ve *hassasiyet* ışığında -- model doğrulama ve test etme süreci sonucu anlaşılabilir. Model doğrulama doğru modelin kurulup kurulmadığının araştırılmasıyla, model geçerlilik testleri ise modelin doğru

kurulup çalıştırılmasıyla ilgili. Model doğruluğu/güvenirliği ve geçerlilik sınırlarının bilinmesi yanında ayrıklaştırmanın problemde yarattığı değişimin anlaşılması, ve sayısal hata ve yakınsama kriterlerinin belirlenmesi de zorunlu. Sürekli zaman gerçek dünya problemleri ile ayrık zaman (yapay ortam) bilgisayar problemleri biri doğal diğeri yapay olmak üzere iki farklı dünya. Yapay dünyada (bilgisayar ortamında) elde edilen rakamların (sonuçların) gerçek dünya probleminin – belli koşullar altında- bir çözümü olabilmesi önemli bir güvenilirlik sorunu.

İki örnek

Kullandığımız elektronik cihazları düşünün. Bilgisayar yardımıyla tasarım ve teknoloji birkaç milimetre karelik bir alana transistor, direnç, diyot gibi elemanlardan milyonlarcasını yerleştirerek minik radyoların, radarların, cep telefonlarının üretimini olası kılmakta. Elektromanyetik alan ve devre modellerini kullanan bilgisayar modelleri ile milyonlarca elemanın akım ve gerilimlerinin ne olacağı önceden kestirilmekte. Hiç kimse bu kestirimlerin doğruluğunu tartışmıyor, çünkü üretilen cihazlar kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirmekte. Ancak, baş döndürücü bir hızla yayılan cep telefonlarının insan sağlığına ne gibi olumsuz etkileri olabileceği konusu ciddi bir tartışma konusu. Elektromanyetik ve akustik dalgalar insan dokularına nüfuz etmekte. Tıpta tanıdan (ultrason, tomografi, vb.) tedaviye (lazerle göz ameliyatı, ultrason ile böbrek taşı kırma, vb.) kadar bir çok amaçla kullanılmakta. Elektromanyetik dalgalarla insan dokuları arasındaki etkileşim ısıl ve ısıl olmayan etkiler olarak ikiye ayrılmakta. Isıl etkiler hem deneysel hem de bilgisayar modelleriyle incelenmekte.

Simülasyonlar insan dokularının belli frekanslarda elektromanyetik eşdeğerleriyle ve değişik kimyasal maddelerle gerçekleşmekte. Aynı eşdeğerlik matematiksel modellerle ve sayısal ortamlarda da kurulabilmekte. Bu şekilde yapılan testler sonucu birbiriyle örtüşen sonuçlar elde edilmekte. Geçerlilik analizleri yapılmış, güvenilir modellerle gerçekleşmesine, veri doğrulama işlemleri tamamlanmasına karşın uzmanlar bu sonuçların sadece fikir verebilecek düzeyde olduğunun bilincinde. Bırakın yapay ortamlarda gerçekleşen doku modellerini, canlı dokuların bile insan vücudundan çıkarılmaları durumunda artık aynı dokular olamayacağı aşıkâr. Kaldı ki, söz konusu modelleme diğeri (genetik, psikolojik, kimyasal benzeri) ısıl olmayan etkileri ele almaktan yoksun. İşte bu nedenlerle yukarıda değinildiği gibi tıpta uzmanlar bugün için tek güvenilir yolun epidemiyoloji olduğunda birleşmekte.

İkinci örnek Birleşmiş Milletler Gelişim Programı (UNDP) çerçevesinde oluşturulan bir model ve bu modele göre ülkelerin refah sıralamaları. UNDP, her yıl ülkelerin kendi yayınladıkları yanında bulabildiği her türlü veriyi değerlendirerek *İnsani Gelişim Raporu* (HDR - Human Development Report) hazırlamakta. HDI, bir ülkenin insani gelişiminin üç alandaki başarılarının temel ölçüsü; yaşam süresi, bilgi ve yaşam standardı. Yaşam süresi doğumdaki yaşam beklentisiyle; bilgi yetişkinlerin okur yazarlığı ve ilk/orta/yüksek öğretimde okullaşma oranıyla; yaşam standardı da (satın alma gücü cinsinden) kişi başına düşen ulusal gelir ile ölçülmekte. Bu bağlamda HDI, diğeri göstergelerde olduğu gibi siyaset üretenlerin, medyanın ve sivil toplum örgütlerinin dikkatlerini, sadece günlük ekonomik verilere değil, insani değerlere çeken anlamlı bir gösterge. HDI, ekonomik büyüme yerine halkın ve onların yaşantılarının, bir ülkenin gelişmişliğinin ölçütü olması gerektiğini vurgulamak amacıyla tanımlanmakta.

Norveç, İzlanda, İsveç, Avustralya ve Hollanda'nın, sırasıyla, ilk beşte yer aldığı son yıllardaki raporlarda Türkiye zar zor ilk yüz ülke arasına girebilmekte. Şili, Litvanya, Küba, Bulgaristan, Makedonya, Bosna Hersek, Filipinler ve Arnavutluk gibi ülkeler Türkiye'nin önünde yer alırken, ilk yüzde sadece Sri Lanka, Ermenistan ve işgal altındaki Filistin Türkiye'nin altında. Türkiye 2001 endekslerine göre 82. sırada iken 2003 endekslerinde 14 sıra birden gerileyerek 96. sıraya düşmekte, 2004'te ise on sıra birden yükselerek 88. olarak listelenmekte (ana neden Dolar – YTL paritesinde yaşanan ani ve yüksek oranlı iniş/çıkışlar), 2005'te ise kişi başına gelir artmasına karşın 94. sırada yer almakta. Yine 2003 yılında 86. sırada bulunan Azerbaycan 2004 raporunda 91. sıraya gerilemiş durumda. Bir ülkenin refah seviyesinin bir iki yıl içinde 10-15 sıra birden

düşmesi/yükselmesi tartışmaya açık; bu nedenle sunulan modelin güvenilirliği sorgulanmakta. Ancak, Birleşmiş Milletlerin bizzat kendisi modelin tartışılması gerektiğini, daha iyi modellerin kurulabileceğini, kullanılan modelin mutlak olmadığını belirtmekte. Yine de kullanılan modelin ülkelerin refah düzeyleri açısından fikir verdiği unutulmamalı.

Depremlerin önceden kestirimi

Belli algılayıcılar kullanarak depremin önceden kestirebilmesine gelince; yer kabuğu kırıklarının (fayları) inceleyerek ve kayıtlı döneme ait istatistiksel veriler kullanılarak yer bilimciler çoğunlukla hangi bölgede ve ne büyüklükte deprem beklentileri olduğunu söyleyebilmekte, söyleyemedikleri ne zaman ve tam olarak nerede olacağı. Boyuna, derinliğine ve kayaç tipine, vb. bakarak bunu söyleyebilmek olası. Ancak kestirim dendiğinde *belirlenmiş belirsizlik sınırları* içerisinde nerede, ne zaman, ne büyüklükte ve ne olasılıkla söylenebilmesi anlaşılmalı, ki bunun bugün için olası olmadığı herkes tarafından bilinmekte ve dile getirilmekte. Yüzeğe yakın yerkabuğundaki kırıkların (fay hatlarının) saptanması amacıyla yapılan çalışmalar, örneğin, Marmara denizinde yapılanlar, çok önemli. Olası depremin yerinin, büyüklüğünün ve yıkıcılığının saptanabilmesinde bu çalışmalar vazgeçilmez. Ama, ne zaman olacağı, işte sorun burada!

En çok dile getirilen bir örnek kestirim 1975 yılında Çin’de yapılan ve o dönemde ümit veren 7.3 büyüklüğündeki Haicheng depremi. Depremden haftalar önce gözlenen zemin yükselmesi, suların çekilmesi ve ısınması, hayvanlarda huzursuzluk benzeri belirtilerde depremden bir gün önce belirgin bir artış olması nedeniyle kasaba uyarılarak deprem kayıpsız atlatılabildi. Çin’de deprem kestirimi çalışmalarına destek olunmasına yol açan bu olaydan bir yıl sonra 7.6 büyüklüğündeki Tangshan depremi hiç belirti vermedi ve 200,000 kişinin ölümüyle sonuçlanan bu olay deprem kestirimi çalışmalarında düş kırıklığı yaşanmasına neden oldu.

Yeryüzünün alçak frekanslı elektromanyetik alan değişimlerinden orta ve yüksek frekanslı iyonosfer değişimlerine, akustik işaretlerden elektromanyetiğe, canlı davranışlarından su, radon gazı çıkışlarına kadar her türlü olası belirtinin bu amaçla kullanılıp kullanılmayacağı halen araştırma ve inceleme konusu. Bilimsel temelde yürütülen bu çalışmalarda amaç kaydedilen verilerde deprem öncesi anomalilerin gözleendiğiyle ilgili ve çabalar sağlıklı ilişkilendirme kurabilme yönünde. Bunun yapılabilmesi bile ilerisi için ümit verecek. Uzun dönemli (5-10 yıl) kaydedilmiş elektik, manyetik, elektroakustik ya da benzeri işaretlerin depremlerle ilişkisini araştıran bu çalışmalar önemli ve bilimsel yöntemlerle gerçekleştirildiği sürece yararlı, bunda kuşku yok. Ancak, belli kabullerden yola çıkarak, bu kabuller doğru ve kanıtlanmış gerçeklermiş gibi – henüz ilişkiler bile sağlıklı gösterilememişken– medyanın da sakat yaklaşımı ile depremi saatler hatta günler öncesinden tahmin edebildiğini iddia edenlerin akademik çevrelerde boy göstermeleri düşündürücü hatta korkutucu. Kabul edelim ki, depremin fiziksel nedenleri/nasılları ortaya konamaz, belirlenmiş hata sınırlarıyla yer, zaman, süre ve büyüklükten söz edemezken ortalıkta mehdi/medyum yaklaşımı ile boy gösterenler biraz da akademik çevrenin ve akademisyenlerin ilgisizliği ve bilgisizliği.

Ayrıca, kayıtlar ortalama olarak her yıl büyüklüğü 3-5 arası hafif şiddette yaklaşık 50 bin, 5-6 arasında orta şiddete 1000’e yakın, 6-7 arası şiddetli 100’ün üzerinde, ve 7’nin üzerinde çok şiddetli yaklaşık 20 deprem olduğunu göstermekte. Yani her an sallanmaktayız. Çıkın “Marmara bölgesinde bugün hafif şiddette bir deprem bekliyorum” deyin, eh yılda ortalama 50 bin oluyorsa, birisi nasıl olsa sizin açıklamanıza yakın bir zamanda ve yakınlarda bir yerlerde olacak.

Depremin önceden bilinmesi teknik bir konu, yani mühendislik işi. Depremsellik ile ilgili olarak çok değişik frekanslı elektromanyetik alan değişimlerinden, atmosfer tabakalarının farklılaşmasına, akustik işaretlerden sismik olaylara, canlı davranışlarından su, radon gazı çıkışlarına kadar her türlü olası belirti halen araştırma ve inceleme konusu. Bilimsel temelde yürütülen bu çalışmalarda amaç

kaydedilen verilerde deprem öncesi anomalilerin gözleendiğiyle ilgili ve çabalar sağlıklı ilişki kurabilme yönünde. Burada anahtar sözcük ilişki.

İlişki, neden-sonuç

İlişki ve neden-sonuç bağı karıştırılmamalı. Genelde iki şeyin karşılaşılmasında unutulmuş, göz önüne alınmayan ya da atlanan üçüncü, dördüncü etmenler belirleyici olduğunda bu durum ile karşılaşmakta. İlişki olması her zaman neden - sonuç bağı göstermez, ancak ilişki olmaması neden - sonuç bağı olmadığını gösterir. Örneğin, yazın mayo ve dondurma satışlarının artması birinin nedeninin diğeri olduğunu göstermez (insanlar mayo giydiği için dondurma yemez, ya da dondurma yediği için mayo giyemez). Biliyoruz ki her ikisinin de nedeni havaların ısınması.

Ay/güneş tutulması ve depremler

Mühendislik hesaplarında önemli sorun olayların birbirinden bağımsız olup olmadığının saptanması. Düşünsel olarak Antalya'da kanat çırpan bir kelebeğin Miami açıklarındaki fırtınaya etkisi olduğunu söyleyebilirsiniz, ki doğrudur. Ama, bir mühendis kafasıyla yaklaşırsanız "cürmü kadar" etkisi var deyip bunu ihmal edersiniz.

Ay/güneş tutulması ya da genel anlamda gezegenlerin dizilişinin depremlerle ilişkisi konusu yine gündeme geldi. Üniversite de bile öğrencilerim buna inandıklarını söylüyorlar, ama akıllarına hesap yapmak gelmiyor nedense! Oysa, Kepler'in gök mekaniği, Newton'un kütle çekim yasasını neredeyse orta öğretimden beri bilmekteler. Kepler yasası, belli uzaklık ve kütleyle sahip gezegenlerin ancak belirli dolanma dönemlerine sahip olacağını, Newton yasası ise gezegenlerin birbirini kütleleriyle orantılı, aralarındaki mesafenin karesiyle de ters orantılı olarak çektiğini söyler. Bu yasalar ışığında astronomlar gök cisimlerinin hangi tarihte nerede bulunacağını önceden hesaplayabilmekte.

Bu yasalara göre yapılan hesaplar dünya için Güneşin çekim gücü 1 birim alındığında Ay'ın 2.1 kat, Venüs'ün 0.000113, Mars'ın 0.0000023, Neptün'ün ise 0.000000002 kat olduğunu göstermekte. Görüldüğü gibi, mesafe kütleden daha önemli, Yeryüzü üzerinde en yüksek çekim gücüne sahip olan Ay'dır. Çekim kuvveti konusunda bilgisi olmayanların, ya da bilimde okur yazarlık alt yapısı bulunmayanların gezegenler aynı doğrultuya dizilmelerinin ve ay/güneş tutulmalarının Yeryüzünü etkileyerek depremlere neden olacağını düşünmeleri yadırganmamalı. Ancak, yapılan hesaplar tüm gezegenlerin aynı doğrultuda dizilse bile oluşacak ilave çekim kuvvetinin binde bir civarında olacağını göstermekte. Mühendislik problemlerinde yüzde birlik sonuçların genelde ihmal edildiği göz önüne alınırsa etkinin boyutu ortaya çıkmakta.

Sonuçlar

Bilimsel kestirim geçerlilik analizleri yapılmış ve veri doğrulama sürecinden geçmiş sağlam modellerle olası. Bilimsel bir çalışmada ise algılama, değerlendirebilme ve kestirim için araştırmacının *veri toplama, ilişkilendirme, neden/sonuç bağı kurabilme, yöntem, model, epidemiyoloji, risk (göreceli risk, risk yönetimi ve iletişimi), gerek/yeter koşullar, bilgiye dayalı karar mekanizması ve en önemlisi bilimin sınırları* gibi konular hakkında yeterli birikimle donatılması zorunlu. Vatandaşın bu tartışmalara yabancı kalmaması ise *bilimde okur yazarlık eğitimi* verilebilmesine bağlı. Bu da başka bir yazı konusu.