

## BİLİMİN PROSESLERİ<sup>1</sup>

### Giriş

İstatistik biliminin, genel manada, rolünü ve deney dizaynının, bilhassa, rolünü anlamak için öncelikle bilimin ve teknolojinin proseslerini karakterize etmeye çalışmak yararlı olacaktır. Bilim ve teknoloji her zaman sorular veya problemler ile başlar. Asıl hedef evrenin geçmişini, şimdisini ve geleceğini kifayyetle, yani isabetlice, betimleyecek bir model geliştirmektir. Aşık ki eğer geleceği betimleyeceksek, öyle bir modele sahip olmalıyız ki bu model hem zaman içerisinde gelişime müsait, yani dinamik bir model olsun ve hem de mesela ilaç terapisi, para arzını daraltma veya bir ulusu silahlandırma gibi geniş bir yelpazede misallendirilebilecek müdahaleci/”interventional” eylem ve durumların neden olacağı değişiklikleri tahmin edecek bir model olsun.

### Bilimde Gözlem

Bütün bilimler gözleme dayanır. Düz bir mantıkla, günlük yaşamımızın uyanık olduğumuz her anında bunu yaptığımızı düşünürsek, çok basit bir meseleymiş gibi görünebilir. Öyle ki hayvanlar bile gözlem yapmaktadır, bir manada; av ve avcı sürekli birbirini gözleyerek hareket etmek durumundadır. Diğer taraftan, doğanın bir parçasına karşı gösterdiğimiz bir reaksiyon bilimsel manada ancak bu reaksiyonu belleğimize kaydederek ya da, daha iyisi, bir biçimde fiziksel olarak kaydederek bir gözlemdir. Bunu yapmak bir dil ve betimleyici terimler gerektirir. Gözlem başkaları için de mana taşıyan terimlerle betimlenebilmelidir. Bu amaca hizmet edecek efektif bir dilin gelişimi bilimin süregiden proseslerinden biridir. Mesela biyoloji dilinin gelişimine baktığımızda bu bilim alanının varlık ve durum isimleriyle dolu olduğunu görürüz. Aslında bu bilim alanının en büyük zorluklarından biri geçmişte geliştirilen bu isimlendirmeyi öğrenmektir. O kadar zor bir iş ki bu, gözlem prosesi gelişirken neredeyse gün be gün daha da zorlaşmaktadır. Mesela *Science* dergisinin günümüzde yayımlanan birçok bölümünü uzmanlarının dışındaki kişilerin anlaması olanaksızdır. Hatta birkaç on yıl öncesinin uzmanları bile günümüzde yazılanları anlamaktan uzaktır. Bu türden bir betimleyici dilin gelişimi özenle ve öğrenmeye-çalışılan bilim alanına ait disiplinle ilerler. Betimleyici bir terim, üzerinde mutabakat sağlanmadıkça geçerlilik kazanmaz ve kuralları belirli bir gözlem protokolünü takip eden ve betimleyici terimlerin kullanımı konusunda eğitilmiş herhangi bir gözlemci tarafından teyit edilebilir.

Ancak bir kaç noktada gözlem prosesi bilim felsefesi açısından o kadar da düz bir mantığa sığmaz. Birincisi gözlemin geçerlenmesi problemidir. Fiziksel ve biyolojik bilim alanlarında belki bu tartışmaya açılacak bir durum değildir, fakat sosyal bilimlerde mesela insanın zihinsel durumunun veya zihinsel davranışının gözlenmesi öyle düz bir mantıkla basit bir mesele olarak addedilemez. İkinci nokta, kendi doğası itibarıyla gözlemin tam olmamasıdır. Olgunun bütününe gözlemek, çoğu zaman insan kapasitesinin dışında kalacaktır. Mesela son yıllarda geliştirilen elektron mikroskobu, infrared gibi teknolojiler sayesinde insan görüşü mevcudun ötesine geçmiştir ve daha yüksek bir profesyonel eğitim gerektirir olmuştur. Bir diğer nokta ki

<sup>1</sup> Bu metin başlıca Hinkelman and Kempthorne (2008) Volum 1 Chapter 1 çevirisine dayanır. Daha hassasiyetle okumak isteyenler metnin orjinaline gidebilir.

Hinkelman, K. and Kempthorne, O. (2008) Design and Analysis of Experiments, Volume 1: Introduction to Experimental Design, Second Ed., Wiley.

çok daha algılaması zordur, gözlem prosesinin gözlenen şey üzerinde bir etkisinin olabilmesidir. Bu etki her zaman var olmayabilir fakat var olduğunda, gözlenen nesnenin durumunun basitçe gözlenememesi sonucunu doğurur. Bunun önüne geçmenin elementer teknikleri de elbette mevcuttur. Mesela gözlemin gözlenenden habersiz yapılması gibi.

## Gözlem Tipleri

Geçerli bir gözlem prosesi iki şekilde gerçekleştirilir. Birincisinde gözlediğimiz nesneyi bir sınıfa koyarız: mesela gözlenen çiçek sarıdır veya kılıç yapraklıdır. İkinci gözlem şekli, sayısal bir büyüklüğün ölçülmesidir: mesela bir meyvenin ağırlığı.

## Gözlemden Yasaya

Açıkça ortada ki bilim gözlem ve betimleme ile başlar. Elbette ki gözlem çoğu zaman bir soru veya problematik durum bağlamında ortaya çıkar. Ancak, bilim sadece insanlar arasında geçerlenmiş gözlemlerin bir topluluğu değildir. Başka nedir? Daha net bir ifadeyle, bu türden gözlemlerin, gelin biz bunlara doneler/facts diyelim, ilişkilendirilmesi ve kümelenmesi organizasyonudur. Farzedelim ki gözlemlerimiz kategorik olsun. Ağaçları gözlemliyoruz. Bu, geliştirilmiş dili kullanarak, kışın yapraklarını dökmeyen ağaçların var olduğunu ve dökken ağaçların var olduğunu kaydetmekten ibarettir. Kasten basit misaller veriyoruz ki karmaşa yaratmayalım. Böylece bizim gözlemimizin bu kısmı, gözlediğimiz nesnelere ayrık ve sonlu kategorilerden birine yerleştirir. Gelin bu sınıfları  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  ile ve ikinci bir ayrık ve sonlu kategorizasyonu da  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r$  ile gösterelim. Gözlemlerimize bakıyoruz ve  $\alpha_3$  olan her nesnenin aynı zamanda  $\beta_2$  olduğunu görüyoruz. Buradan hareketle kolayca şu genelleme yapılabilir:  $\alpha_3$  olan her nesne  $\beta_2$  dir. Bunu bir “yasa” olarak önerebiliriz. “Yasa” kelimesi dilimizde farklı manalara geldiği gibi bilimde de en az iki farklı manası vardır. Bir “yasa” bir şeyin mutlaka olması gerektiğini ifade eder. Tanrı öyle buyurdu. Bu bir manasıdır. Diğer manası gerçekten çok farklıdır: “yasa”, ampirik bir genellemedir. Eski ve yanlış bir misalini verelim: on kuğu gördüm ve hepsi beyazdı. Bundan şu (yanlış) “yasa”yı çıkarırım: bütün kuğular beyazdır. Bu misal bizi, elbette tümevarım problemine götürür.

Bundan sonrası bir teori geliştirmektir. Ampirik bir genellemeyle ulaştığımız “yasa”yı doğruluğuna inandığımız bir Doğa yasasına dönüştürürüz. Bunu yaptığımızda, bir teori geliştirmeye başlıyoruz. Bununla birlikte, bu, bir teoriyi inşa etmenin sadece bir safhasıdır.

Kepler (1571-1630) yılın farklı zamanlarında gezegenlerin konumunu gözledi ve elde ettiği veriyi analiz etti ve her bir gezegenin güneşin etrafında elips biçiminde bir yörüngede yol aldığını gösterdi. Ulaştığı sonuçları 3 yasada topladı. Mendel (1822-1884) X ve Y tiplerini çiftleştirdi ve Z tipini elde etti, sonra döllerini kendi aralarında çiftleştirdiğinde  $\frac{1}{4}$  X,  $\frac{1}{2}$  Z ve  $\frac{1}{4}$  Y ortaya çıktı. Mendel yasaları genetik biliminin öncüsü oldu.

Kepler’in ve Mendel’in yasaları kendi alanlarında varlıklarını sürdürmekte. Şimdi asıl can alıcı soruyu sormamız gerek. Bu yasalar ampirik genellemeler midir yoksa bize mutlaka olması gerekeni mi söylerler. Yaratıcı, Doğayı bunların üstüne mi kurdu? Bizim cevabımız bellidir: bunlar sadece ampirik genellemelerdir.

Öyle ise bir teoriye nasıl ulaşacağız. Süreç aslında basittir. Sadece ampirik genellemeler olan, “naif” diyebileceğimiz yasalardan fazlasını istiyoruz. Yani bir açıklama istiyoruz. “Açıklama” fikrini biraz konuşmamız gerek.

## Teorinin Gelişimi

Nereye kadar gözlem yapacağız? Önümüze yığılan gözlem sonuçları ile ne yapacağız? Bu soru istatistik bilimi alanı ve nihayetinde elbette, bilimin kendisi için ilginçtir çünkü bize “veri analizi” yapmamız gerektiğini söyler. İlginç ve şaşırtıcıdır ki bu, zamanın başlangıcından beri insanoğlu tarafından yürütülen bir aktiviteyi belirtmek için kullanılan bir terim olsa da istatistik biliminin bütün tartışmalarında 1960’lardan sonra popüler olmuştur.

## Temel Kıyas

Başlangıç noktamız elbette zamanda bir ölçüde mevcut varlıkların gözlenmesidir. Bunlara bakarız ve sınıflandırırız. Bu sadece Aristo’cu bir sınıflandırmadır. Bundan sonra ampirik genellemeler olarak, “Her A, B dir” ya da “ $\alpha$  ve  $\beta$  vasıflarına sahip bütün varlıklar  $\gamma$  vasfına sahiptir” gibi yasalar gelir. İlginçtir ki bu bizi temel kıyasa götürür: (i)  $\alpha$  olan bütün varlıklar  $\beta$  dir; (ii) E varlığı  $\alpha$  dir; öyleyse, (iii) E varlığı  $\beta$  dir. Bu bir tümdengelim durumudur ve biraz üzerinde durmak lazım gelir. Bu kıyas, matematiksel akıl yürütmenin başlıca aracıdır ve bu olmadan bizim yaptığımız matematik olmazdı. Mesela, her üçgenin iç açıları toplamı 180 derecedir; bu bir üçgendir; öyleyse, bunun iç açıları toplamı 180 derecedir. Kıyasın ilk parçasını nereden aldık? Cevap basittir. İspatladık! Fakat şimdi şunu sormalıyız: “Bununla ne kastediyorsun?” “İspatladık” demek, ne manaya gelir? Yanıt, basit ve düz bir biçimde verilir. Biz “üçgen”i tanımladık. İspat teşkil ettiğini kabul ettiğimiz tümevarım modları geliştirdik. Bütün bu süreç çok inceliklidir. Ne kadar incelikli olduğunu yaklaşık son iki yüz yıldır matematiğin gelişimine bakarak görebiliriz. Üniversite öğrencilerini geometri ispatları yazmaya uğraşırken görebiliriz. Kendimizce yazdığımız ispatların tam olduğuna inanırız. Fakat sonra görürüz ki ispatlarımız yanlış veya noksandır. Matematik tarihinde büyük matematikçilerin yanlış ispatlarını görürüz. Külliye bir gafletle kuşkulu kıyas barındıran ispatlar görürüz. Bu olgunun garip sonucu şudur ki bir matematiksel teorinin ispatı aksiyomlardan geliştirilmiş matematiksel formdaki ifadeler serisidir. Aksiyomlar sorgulanamaz ve matematik dünyasında ispat teşkil ettiği kabul edilir. Anlam taşıyan ispatlar binlerce matematikçi tarafından incelenmiş ve ikna edici bulunmuştur. Bu karşı ve küçültücü olarak alınmamalıdır. Matematikçi olmayanların dünyası bilmelidir ki matematiğin temellerinde yadsınamaz bir ihtilaf vardır ki son yüzyılda ortaya çıkmıştır. Aksiyomlar nedir ki hakikat olarak kabul ederiz?

Temel kıyasa bizim ilgimiz sadece matematikte kullanıldığı için değildir, aynı zamanda gerçek dünyanın – ki gözleyebiliriz – betimlenmesinde ve açıklanmasında kullanıldığı içindir. Kıyasın bu bağlamda kullanılmasının tamamen kuşkulu olduğu çok açıktır. Kuşkulu olmasının nedeni boş olmasıdır. Eğer biz bütün A ların B olduğunu biliyorsak ve biliyorsak ki X bir A dır, “öyleyse X, B dir” *tümdengelimini* yapabiliriz. Fakat bu boş bir *tümdengelimidir*, çünkü gerçekten gözlenebilen dünyada bütün A ların B olduğu öncülünü bir A olan X in B olduğuna kendimizi ikna etmeden kullanamayız. Mantık kitaplarını okuduğumuz zaman şu standart misali görürüz:

Bütün insanlar ölümlüdür.

Sokrat bir insandır.  
Öyleyse Sokrat ölümlüdür.

Gerçek dünya hakkında *tümdengelim* yapmak için bunu kullanabilir miyiz? Problem, elbette, ilk ifadenin geçerliliğidir –öncül. Söylediğimiz gibi, bütün insanların ölümlü olduğunu kabul edersek, ki Sokrat bir insandır, sözde neticeyi kabul etmiş oluruz. Bir bakış açısından, sadece bir kelime oyunu yapıyoruz, ve “öyleyse” gibi ağır bir kelimeyi kullanarak dinleyiciyi etkileyebileceğimizi umuyoruz. Son zamanlarda yayınlarda şu merak uyandıran misal vardı. İfadelerin sıralanışına dikkat edin:

Bütün bebekler doğmadan önce uterusu beslenir.  
X kişisi bir bebektir.  
Öyleyse X uterusu beslenmiştir.

Bu misalin mevzubahis edilmesindeki nokta şu ki bir annenin uterusu bir zaman önce alınmıştır.

Temel kıyasın manasız olduğunu tabi ki kimse söyleyemez. O olmadan bilim mümkün olmazdı. Ee ne o zaman? Bu sorunun cevabı aslında *biçimsel olarak* basittir. Eğer öncül yararlı olacak ise, bireysel kullanımından bağımsız olarak koyulmalıdır; diğer bir deyişle biz Sokratın ölümlü olduğunu gözlemeksizin bütün insanların ölümlü olduğu bilgisine sahip olmalıyız. Netice gayet açıktır o zaman; kıyasta yararlı olacak bir öncülü bu şekilde koymak için *tümevarımı* kullanmalıyız. Şundan başkasını söyleyemeyiz o zaman: Birçok insanı inceledik ve gördük ki onların her biri ölümlüydü. Böylece ölümlülüğün “insanlar” sınıfının evrensel bir özelliği olduğu tümevarımını yaparız. Sonra Socrates’ın “insanlar” sınıfına ait olduğunu görürsek, bu durumda Sokrates ölümlüdür.

## Tümevarım, Tümdengelim ve Hipotez

Bu düşünme silsilesinin en can alıcı yeri, *bilimin bir aracı olarak* temel kıyasın kullanılmasının tümevarıma dayalı olmasıdır. Ya da daha keskin bir ifadeyle söylemek gerekirse, tümdengelim gerçekte dünyaya uygulanması, öncül tümevarım yoluyla koyulmadığı zaman tamamen etkisizdir. Bilimin salt gözleme dayandığı fikrini öne süren Bacon (1560-1626) aforizmalarının on dördüncüsünde “Ancak doğru tümevarıma ümit bağlarız” demiştir. Gel gör ki tümevarım hakkında mantıklı bir şey söyleyebilmek böylesi küçük hacimli bir metinde çok zor olacak. Bertrand Russell (1872-1970), yirminci yüzyılın en seçkin beyinlerinden biri olarak, tümevarımın gerekçelendirilmesinin, tümdengelimde olduğu gibi kendine dönük olamayacağını ve belki de tümevarımın bu bakımdan tümdengelimden ayrı tutulması gerektiğini yazmıştır.

Bilim felsefecilerinin belki de en başta geleni C.S. Peirce’dir (1872-1970). Peirce üç farklı biçimde çıkarım olduğunu ifade etmiştir: tümdengelim, tümevarım ve hipotez. Üçüncüsünü “abduction” olarak ta adlandırmıştır ve bilgiyi geliştiren değil de daha ziyade test eden (/sınayan) bir metot olarak ifade etmiştir. İstatistik bilimiyle uğraşanlar bu üçüncü biçimi keyifle kabullenir: istatistiksel teorinin ve uygulamanın önemli bir bölümü istatistiksel modellerin test edilmesidir (/sınanmasıdır). Bu elbette bir modelin ya da teorinin yanlışlığını gösterme imkânını da vermiş olur. Bilimin esas özelliği, teorilerinin “yanlışlanabilir” olmasıdır. Bu görüş, bilim felsefesi Karl Popper (1902-1994) tarafından kuvvetle desteklenmiş ve taraftar bularak gelişmiştir. Popperin çalışmaları için yapılabilecek eleştiri hipotez ya da modelleri yanlışlanma metotlarına bir yaklaşım ortaya koymaması olabilir. Eğer bir evrensel önermemiz varsa: “Bütün A lar B dir”; bunu nasıl yanlışlayacağız? Açıktır ki yapabileceğimiz

tek şey karşılaştığımız A ları, B olup olmadıklarına bakmak için incelemeye devam etmektir. Tek bir A nın B olmaması evrensel önermeyi yanlışlar. Bununla birlikte farz edelim ki 100 A gözlemledik ve hepsinin B olduğunu gördük. Bu evrensel önermeyi doğrular mı? Elbette ki hayır. Ama teklif edebilir. Evrensel önerme için desteğin gücünü ölçebilir miyiz? Belli ki 10 A yerine 100 A nın B olduğunu görmek bizi daha güvende hissettirecektir. Bu problem, ancak bir rastgelelik varsayımı ile aşılabilir ki anlamlılık testleri ve hipotez testlerince takip edilir. Bunlar hipotez “yanlışlama” prosedürleridir. Eğer bizim hipotezimiz bir teorinin sabiti (/constant) olan bir bilinmezin belli bir değeri alması ya da belli bir değişim aralığına düşmesi ise yine biz istatistiksel testleri ve ilgili istatistiksel aralıkları kullanacağız.

Şimdiye dek, bilimlerin kraliçesi sayılan fizikte bile ortaya koyulan hiçbir teori yanlışlamaya direnememiştir. Kütle-çekim teorisi veya elektrik ve manyetizma teorisi gibi bir teori geçmişte olguların geniş bir yelpazedeki çıkımlarını tahmin etmekte mükemmel olsa bile yanlışlığı gösterilebilmiştir. Elektriği kullanarak sürdürdüğümüz gündelik yaşantımız klasik elektrik ve manyetizma teorisine dayanır ve bu çapta bir uygulama için bu teori mükemmeldir. Bu bize çok anlamlı bir şey söyler. Bir teorinin mutlak doğru olduğunu söyleyemeyiz. Bir teorinin belirli bir uygulama bağlamında doğru olduğunu söyleyebiliriz sadece. Açıkça, gündelik yaşantımızda kullandığımız böyle birçok teori mevcuttur. Mesela ev eşyalarımızı, ısıtma sistemimizi, soğutma sistemimizi, taşıma sistemimizi icat ederken, aya insan gönderirken böyle teorilerden yararlanırız. Bitki, hayvan ve insan beslenmesinde besleme teorilerinden yararlanırız. Frengi veya belsoğukluğu gibi ölümcül hastalıkların tedavisinde ya da şeker hastalığı gibi kronik hastalıkların yatıştırılmasında tıp teorilerinden yararlanırız.

Bu düşünce zincirini daha uzatmak yerine kısaca şunu söyleyebiliriz: bir teorinin koşulsuzca doğru olup olmadığını sormak yerine, bir teorinin spesifik şartlar altında uygulanmasının doğrulanabilir bir tahmin sağlayıp sağlamayacağını sormalıyız.

## Bilimde Teorinin Doğası ve Rolü

Pek çokları arasında Poincare (1854-1912) ve Popper bilimsel teori olmadan bilim olmaz görüşüne kuvvetle destek vermişlerdir. Bu görüşün karşısında pozisyon alanlar ise basitçe bir akıl yürütmeye bilimin çeşitliliğini öne sürerler.

Esasen bilimin birbirinden tamamen ayırık aktivitelere tasnif edilebileceğini iddia etmek absürddür. Ama ve lakin, geniş manada bilim hakkında yazmak durumunda olan birinin bundan kaçınması olanaksızdır ve bilimi kısmen ayırık parçalara bölmek zorunda kalacaktır.

## Bilim Nedir?

Bir yüzyıl önce, bilimin fizikten ibaret olduğu düşünülürdü. Belki kimya, çoğunlukla fiziğe dayandığı için bilimin alanına dahil edilebilirdi. Bu görüş, belli belirsiz, bilim felesecilerinin yazılarında hala varlığını sürdüreregelmış olsa da; günümüzde, çok açık bir şekilde biyoloji, tarım, tıp, psikoloji, sosyoloji, ekonomi, politika, eğitim, çocuk gelişimi, ekoloji, trafik ve daha nice bilim alanlarına dahildir.

Eski Yunan’da bilim “gerçeği (/truth) bilmek” idi. Bu da elbette “gerçek nedir” sorusunu getiriyordu. Bu soru apaçık ki tarihin başından beri insanoğlunun zihnini işgal etmiş ve cevabı henüz tam olarak verilememiştir. Başlangıçta bir şeyi ispat etmenin yolu Aristotle (MÖ. 384-

322) mantığı idi. Yani, bir önermeyi ispat etmek için, belli aksiyomları gerçek olarak kabul edip, daha sonra bu aksiyomlardan tümdengelim ile o önermeyi çıkarmak. Bu prosesin erken dönem formülasyonlarından birini Descartes (1596-1650) yapmıştır; şöyle ki her önermeye aşırı kuşku ile yaklaşmak gerektiğini söylemiştir. Bu prosesin bir sonucu olarak, kuşku duyulmayacak belli önermelere varılabilecektir. Böylece, tümdengelimci akıl-yürütme için bir temele sahip olunacaktır. Bu reçetenin sorunu, açıkça şu ki aşırı kuşku prosesi bizi belli hiç bir şeye vardırılmaz. Descartes'a göre ilk sorgulanamaz önerme şuydu: "Cogito ergo sum" – "Düşünüyorum, o halde varım." Ne var ki bu, bir temel önerme olarak sonraki yüzyıllarda şiddetle sorgulandı, en son Sartre (1905-1980) tarafından. Descartes'tan beri tüm felsefe tarihi dalgalanmaktadır. Daha sonra gelen Locke (1632-1704) ve bilhassa Hume (1711-1776) gibi ampiristler çok önem arzeden düşünürlerdi. Hume, öyle görünüyor ki tümevarım problemini ele alan ilk kişidir. Gelişimi takip edersek, Kant'a (1724-1804) geliriz ki çok önemli iki fikri önümüze koyar. birincisi, "phenomena" dünyasının arkasında hakkında hiç bir şey bilemeyeceğimiz bir "noumena" dünyasının var olduğu fikridir. İkincisi, iki tip gerçek olduğu fikrini, ileri sürdü Kant: a priori analitik gerçek ki dilin mantığı gereğince gerçektir (yani "Ben çocuğumun babasıyım.") ve a priori sentetik gerçek ki "sentetik" kelimesinin manası "varlıklar dünyası hakkında"dır. Kant bu bağlamda şu a priori sentetik gerçeği kabul etmiştir: "Her olayın bir nedeni vardır".

Şimdiye kadarki tartışmanın bizi getirdiği yerde, bilimi iki safhada karakterize edebiliriz. Birincisi betimleme safhasıdır ki bu safhada insan evrene bakar ve gördüğünü betimler. Mesela güzel bir üniversite biyoloji ders kitabında gördüğümüz bütün biyolojik dünyanın betimlemesi olan Aristotle'nun biyoloji alanındaki çalışması ve Charles Darwin'in (1809-1882) naturalist çalışması bu safhadadır. Ancak şunu esasen anlamak gerekir ki hiç bir betimleme tam olamaz çünkü olguların gözlemsel değişkenliği sözkonusudur. Bilimin ikinci safhası, teori geliştirmektir. Bir teori inşa edilirken gözlemlerin güvenilirliği öncelikli durumdur.

## Teori Nedir?

Fizik biliminden gidersek, fizik teorisinin gelişimine şöyle bir bakış atalım. Bertrand Russel'in bize söylediğine göre felsefe ve bilim, "Her şey sudan yapılmıştır" diyen Miletus'lu Thales (M.Ö. 624-547) ile başladı ki bu, tümden sözel olsa bile, bir teoridir. Anaximander (M.Ö. y. 610-546) bunu sorguladı: "Niçin su olsun ki?" "İnsan denizdeki balıktan türemiştir" dedi, yine bir teori. Anaximenes'e (M.Ö. y. 570-500) göre temel madde hava idi. Daha sonra, Pythagoras'e (M.Ö. y. 569-495) göre varlığın bütünü sayılar ve matematik tarafından temsil edilebilirdi. Heraclitus'a (M.Ö. y. 535-475) göre varlıklar dünyası karşıt etmenlerin bir dengeli durumuydu ve O'na göre Ateş bunların başlıcasıydı. Bunlar yalnızca bir teoriler dizisine ait misallerdir ki zamandan zamana hüküm sürdüler. Bir süre sonra, Leucippus (M.Ö. 480-420) şu teoriyi ortaya koydu: Dünya "rijit, katı ve bölünemez" atomlardan yapılmıştır. Bu teori Democritus (M.Ö. 460-370) tarafından geliştirildi. Socrates (M.Ö. 469-399) ve Plato (M.Ö. 427-347) hikayesini listeye dahil etmemekle beraber, şunu söylemek durumundayız ki kullandıkları hem çok cezbedici hem de steril "idea"lar teorisi, bilimi bir milenyum boyunca kuvvetle tersiri altına almıştır. Aynı zamanda, daha açıkçası, bu teorinin ana anlatısı etiğe ve insanın doğasına dair idi. Socrates ve Plato'nun düşüncelerinin doğasına ait kitaplar küçük bir kitaplık hacmini bulur. Plato'nun bilimsel "idea"laştırması (/ideation) şuydu: herşey geometriye indirgenebilir ki daha sonra bu Descartes tarafından cebire indirgendi. Sonra Aristotle geldi ki belki de ilk gerçek bilimci olarak teklif edebiliriz. Hayvanların sınıflandırılması üzerinde çalıştı ve deniz biyolojisi konusunda araştırmalar yaptı. Kendisinden sonraki dönemlerde, bilhassa Plato ile kıyaslanarak, Aristotle'nun değerlendirilmesi oldukça

karişiktir. Kimine göre Plato'nun soluk bir imitasyonu iken kimine göre insan bilgisine orijinal muazzam katkı sağlamasının yanında ilk bilimci ve bilim filozofudur. İbn-i Sina (/Avicenna) (980-1037), İbn-i Haysem (965-1038) ve İbn-i Rüşd (/Avveroes) (1126-1198) gibi bazı müslüman düşünürlerin eski Yunan düşüncesini takip etmeleri dışında durağan geçen birkaç yüzyıldan sonra, Thomas Aquinas'ın (1225-1274) yazılarına karşı Goger Bacon (1214-1294), deneyden başka yolumuzun olmadığı tezi ile modern bilimin başlatıcısı olarak kabul edilebilir. Bacon, Papa tarafından 12 yıl hapis cezasına mahkum edildi. Çok özetleyerek tarihi akıttığımızda, adını anamamakla hakkını yediklerimizden af dileyerek, Copernicus'un (1473-1543) güneşmerkezcil teorisine, Tycho Brahe'nin (1546-1601) gözlem çalışmalarına, ve Kepler'in (1571-1630) veri analizine ulaşıyoruz ki bunlar fizik biliminin gelişmesinde erkenci ve kritik olaylardır. Aynı zaman periyodunda, Francis Bacon (1560-1626) "Novum Organum" adlı eserini verdi. Bertrand Russel'a (1872-1970) göre artık çöktüğü açıkça ortada olan kıyas teorisinin yerine Francis Bacon tümevarım metodunu ikame etmiştir. Yine uzun bir zaman dilimini hızla geçerek, ve yalnızca fizik bilimi hakkında konuşarak, Boyle (1627-1691), Lavoisier (1743-1794), Faraday (1791-1867), Maxwell (1831-1879) ve diğer pek çok önemli bilimcinin teorilerini anlamamız gerekir. Şu anki tartışmamızın esas gayesi, teorilerin ardışıklığını vurgulamaktır ki bu teoriler matematiğe dayanır. Günümüzün bilimsel merakını celbeden mevzu, mesela, Einstein'ın (1879-1955) hiç bir şeyin ışık hızını geçemeyeceği aksiyomudur. Bu aksiyom çok cidden sorgulanmaktadır. Böylece, görüyoruz ki varlıklar dünyasına dair bir teorinin hiç bir aksiyomu, gerçek dünya hakkındaki hiç bir önerme Decartes'in aşırı kuşkuculuğu karşısında varlığını devam ettiremez. Temelde, varlıklar dünyası hakkında hiç bir genelleme olamaz ki kuşkudan ari olsun. Geçmişin kuşku duyulmayan genellemelerinin ömrü, yüzyıllar geçtikçe kısalmıştır. Bilhassa yirminci ve yirmi birinci yüzyıllarda insanoğlunun eskiye nazaran muazzam büyüyen bilimsel çabası ile mevcut teoriler çok daha hızla ömürlerini tüketmektedir.

Şunu, burada, rahatlıkla söyleyebiliriz ki teorinin varyeteleri vardır. Varlıklar dünyasının sistemleri vardır ki kütle ve kuvvet gibi "idea"ların yardımıyla çok basit sistemlere "idealize" edilebilir. Dahası, bu sistemler, başlangıç düzeyindeki üniversite fizik dersi laboratuvarlarında olduğu gibi veya daha ileri düzeyde mesela bir elektronu tartmak gibi şimdi kolay gelen deneylerde olduğu gibi, dünyanın geri kalanından izole edilebilir. Burada ayrıca bir tartışmayı gerektirmeyecek kadar açıkça aynı şey kimya için de geçerlidir. Fakat varlıklar dünyası çok çok daha komplikedir ki biyoloji, tıp, psikoloji ve benzerlerini fiziksel bilim diye adlandırdığımız bu katı "idealizasyonun" içinde harmanlamaya çabalamak bir miktar absürd kaçacaktır elbet.

Bu söylediğimizi, belki, gerekçelendirmek iyi olur. Bazı kolay anlaşılır misaller verelim. Mesela, bitki büyümesini mülhaza edelim. İndirgemeci yaklaşımı benimsemekte bir beis yok şimdilik bence, yani zihnimize bir bitkiyi, diyelim ki bir ağacı, fiziksel bir sisteme indirgeyebiliriz. Bitkiler üzerine yazılmış standart bir üniversite ders kitabı sistemi, kökleri, gövdeleri, yaprakları, çiçekleri, ve diğerlerini bize anlatır; bir dereceye kadar damar sistemini görebiliriz; bazı durumlarda, büyüdüğü toprak vasıtasıyla bitkiyi radyoaktif olarak işaretlenmiş kimyasallarla besleyebiliriz ve bu materyali, bitki boyunca yol alırken, izleyebiliriz. Bitkiler hakkında muazzam bilgiye sahibiz, fakat, aynı zamanda bilmediklerimiz de muazzam bir yekün tutuyor. Mesela, mitokondrinin içinde "gerçekten" ne olduğunu, Golgi cisimciklerinin ne yaptığını sorabiliriz. Bunlar sadece iki misal. Sonra biliriz ki bitkilerin büyümesi pek çok tipteki besinlere, nitrojene, fosfora, potasyuma ve minör elementler denen elementlere bağlıdır; bitkiye sağlanan suyun miktarına, niteliğine ve zamanlamasına bağlıdır; bitkinin maruz kaldığı iklim koşullarına ve diğerlerine bağlıdır. Sonra deneysel bir *done* olarak tanıtlanmış olduğu üzere genetik biliminin önemli olduğunu biliriz. Bir bitkinin kromozomlarındaki DNA diziliminin tamamını determine edebilecek teknik artık neredeyse elimizde: C, G, A ve T ile sembolize edilen ikli dizilim. İndirgemeci hipotez, esasen, şu hipotezdir ki biz eğer yukarıda zikredilenleri

ve zikredilmeyen diğer muazzam çeşitlilikteki diğer hususları bilirsek, o zaman bir dışbudak ağacının yapraklarını yalnızca bir kaç metre uzağında büyüyen diğer dışbudak ağacından 1 hafta erken döktüğünü açıklayabiliriz. Bu tek kelimeyle akıl işi değil. Asla, fizik biliminde gördüğümüz yasalarla aynı tipte yasalar tesis edebilecek kadar yeterli veriye sahip olamayacağız. Elimizde bir grup çok iyi eğitilmiş bilimci tarafından münasebetliliği kabul edilmiş bitkilere dair tüm veri olsa bile, mesela yetişkin bitki boyu gibi, basitleştirmek için, bir tek vasfı binlerce hatta milyonlarca potansiyel açıklayıcı faktör cinsinden modellemeye çabalama pozisyonunda olacağız.

Şimdi bir diğer misale bakalım – insanlar. İnsanların biyo-fiziksel sisteminin kompleksliği gerçekten çok fantastiktir. Elbette saf indirgemeci bir tavır ve yaklaşımı genel olarak benimsemeyeceğimiz açıktır. Ancak mesela belli genetik hastalıklar gibi belli olgular hakkında indirgemeci olabiliriz. Fakat, diyelim insan büyümesini açıklamak için bir diferansiyel denklemler sistemi formüle etmeye çalışmak açıkça akıl işi değildir veya absürddür. Çünkü bu denklemler, elbette, müdahil olduğunu bildiğimiz faktörlerin tümünü ya da az bir kısmını bile istiap edemeyecektir?

Açıkça, benzer tipte bir tartışma psikoloji, sosyoloji ve çevre bilimi ve diğer bilim alanları için de yapılabilir.

Bu tartışmanın bir vargısı şu ki bilimin pek çok alanında modelleme basit modellerle ve hatta çoğu zaman matematiksel olmayan modellerle yapılıyor. Şimdi, daha önce söylemiş olduğumuz üzere, bu deneysel doneyi kullanarak bilimin pek çok alanını “gerçek bilim” değil diye dışlamak sadece küstahlık değil aynı zamanda akıl dışılık ve miyopluktur. Biri bilim ve biri barış olmak üzere çifte Nobel Ödülü sahibi Linus Pauling (1901-1994) buna bir misal olarak verilir. Bilimci Pauling tavizsiz indirgemeci idi. Son yıllarında yüksek dozda vitamin C tüketiminin soğuk algınlığına engel olacağı teorisini ileri sürmüştü. İlaveten, bunun niçin böyle olduğuna dair bir teorisi vardı, *sözlü bir teori*, ki insanın tropikal çevrelerden gelişiyile ilgiliydi. Burada bizim söylemek istediğimiz şu ki Pauling’in bir teorisi var. Beğen veya beğenme. İsteyen sorgulayabilir. Bu teori, açıkça, karşılaştırmalı deneyleme ile yanlıştır bir teori.

## Genel Bilimin Problemi

Saf fizik biliminde “küçük” sistemleri dünyanın geri kalanından (belki muazzam beton veya benzeri yapıların içerisinde) izole edebiliriz. Aynı küçük sistem birbirinden bağımsız olarak başka çok sayıda bilimci tarafından da yine imal edilebilir. Geçerliliğin ispatı, aynı soruşturma protokolünü takip eden ayrı bilimcilerin aynı sonuçları elde etmeleridir (ölçme hatasını, belki, saymazsak).

## İki Problem

Genel bilime yüzümüzü döndüğümüz zaman, tam aksine, birinci problemimiz esasen veya neredeyse özdeş küçük sistemleri imal edememektir. Biyolojide, birbirinin esasen özdeşi olan iki koyun, iki at, iki kutup ayısı veya iki insan bulamayız. Tek yumurta ikizleri bile birbirinin aynı olamazlar çünkü ömürleri boyunca her an aynı çevreye maruz kalabilmeleri imkansızdır. O zaman, mesela Pauling’in teorisini yanlıştırma çabamız için ne yapmamız gerekiyor? Tarımda, biribiriyle özdeş iki tarla parseli bulamayız. Sokaktaki insana özdeş görünen iki tarla parselinin, fiziksel, biyolojik ve mikrobiyolojik ölçümlerinin özdeş olmadığını gösterebiliriz. Peki şuna ne



dersin? Oldukça ileri ve sık uygulanan kalp damarlarında yapılan by-pass operasyonu için iki özdeş hasta bulabilir misin. Öyle olsun ki birini kontrol olarak kullanıp ve diğerine operasyon yaparak bir basit karşılaştırmalı deney yapabilelim. Şüphesiz, böyle iki hasta bulamazsın. Peki, matematiğin sıkı tümdengelimli yaklaşımlarını uygulayabileceğimiz bir teoriye sahip olabilmek için kalp sistemini, matematiksel olarak, modelleyebilir miyiz? Yine, şüphesiz hayır. Öyleyse, ne yaparız? Bu sorunun bir cevabı *rastgeleleştirme*.

İkinci bir problem, bir bireyler popülasyonu hakkında neticelere varmak istiyoruz, mesela, şimdi veya gelecekteki kalp hastaları ki koroner bypass operasyonu bunlar için olanaklı bir muameledir/tevidir. Geniş tanımlı bir bireyler popülasyonunun, mesela kalp hastalarının, incelenmesinde standart yaklaşım (Bayesci yolu saymazsak), rastgele örnekleme fikrini kullanmaktır. Yani, popülasyondan rastgele bir örnek çek, örneği incele ve popülasyon hakkında bir çeşit çıkarımda bulunmaya çaba göster. Fakat bu reçete, hakkında “çıkarımda bulunmak” istediğimiz popülasyon gelecekte var olacak ise işe yaramaz. Gelecekte koroner bypass operasyonu gerektirecek hastaların kimler olacağını önceden bilemeyiz. Böyleyse, yargılarımızı nasıl şekillendireceğiz?

## Veri Analizinin Rolü

İkinci problem, elbette çok önemli. Ne yazık ki genel olarak, istatistik bilimcilerince gerektiği kadar üzerinde durulmadığı da söylenebilir. Burada ufak bir tartışmasına girelim. İki bin on yedi yılında insan deneklerin bir kümesi üzerinde bir karşılaştırmalı deney yapıyoruz. Bu karşılaştırmalı deneyi yapmak demek, aklımıza gelebilecek tüm denek gruplandırmaları için uygulayacağımız muameleye verilecek yanıtın aynı yönde olup olmadığını belirlememiz gerekiyor demektir. Yani, erkekler ve dişiler için, tütün içenler ve tütün içmeyenler için, sarışınlar ve esmerler için, zayıflar ve şişmanlar için ve benzeri gruplandırmalar için. Bu reçeteyi tamamlamak açıkça görülüyor ki olanaksız. Tüm yapabileceğimiz, böylesi sınıflandırma faktörlerinin (kategorik, derecelendirilmiş kategorik, veya sayısal temelli) deneyin çıkımı/sonucu üzerinde açıklayıcı bir etkilerinin olup olmadığını delillendirmek maksadıyla veri analizi yapmaktır. İstatistik bilimi, bir disiplin olarak, veri analizi için çeşitli prosedürleri bize sunmaktadır.

## Çıkarım Problemi

İstatistiksel veri analizi bize, mesela şu sonucu verebilir: zayıf insanlar iyi yanıt verdi ve şişman insanlar iyi yanıt vermedi. Ya da Sıfır kan grubundaki insanlar iyi yanıt verdi diğer kan gruplarındaki insanlar iyi yanıt vermedi. Bunlar yalnızca birer misal. Açık ki bu türden bir faaliyet için şu özdeyiş gayet yerindedir: “bir çiçekle bahar gelmez”. Tek bir öğrenme-çalışması tek bir delildir. Evet belki kuvvetle gösterdiği bir yön vardır fakat bu tür öğrenme-çalışmaları farklı doğal şartlar altında farklı denek grupları ile tekrarlanmalıdır. Mesela insanların Güney Avrupalı, Kuzey Avrupalı, Afrikalı, Asyalı olanları ile ve benzerleri ile. Bilimsel araştırmacının ümidi tüm bu gruplarda çıkımın/sonucun olabildiğince aynı olmasıdır. Deney ne kadar geniş yelpazedeki insan grupları üzerinde yapılırsa, sonuçlardan yapılan bir çıkarım, deneyin dışında kalan insan gruplarına o kadar güvenle genişletilebilir. Mesela çıkarımımızı 2025 yılında yaşayacak Sıfır kan grubuna sahip 57 yaşındaki kısa boylu Ahmet Yıldız için o kadar güvenle genişletilebilir. Elbette veriden yapılan bir çıkarımın bu Ahmet Yıldız için genişletilmesi mutlak bir kesinlik taşımıyor. Bilimsel araştırmacının söylediği şudur: Sen, Ahmet Yıldız; hiç

kimse seninle aynı genetik yapıya sahip değil, hiç kimse seninle aynı yaşam deneyimine sahip değil, hiç kimse seninle aynı konfigürasyonda değil, hiç kimse sen değil; fakat bu öğrenme-çalışmanın sonucunun senin için de geçerli olması şansı , diyelim, %95'tir.

## Nedensellik

Her ne kadar özetlenmiş olacaksa ve anlatımı ne kadar sıkıntılı olacaksa da nedensellik fikrinin genel manada bir tartışmasına girmek elzemdir. Yalnızca bilimin içindeki bizler değil, neredeyse tüm insanlığın zihinsel aktivitesi bir nedenlilik kavramını kullanır. Bu, Sokrates öncesi zamanlara, hatta eski Yunan-öcesi yazmalara ve antik Doğu felsefesine kadar uzanan bir tarihtir. “Neden” kelimesi bin yıldan beri ve günümüzde her zaman birbirine bazen pek te yakın olmayabilen çeşitli manalarda kullanılmaktadır. Deneylelerin dizaynı doğrudan nedenselliğin belli bir tipini hedeflediği için, bunu çok iyi anlamak elzemdir. “Neden” kelimesi ne zaman ve nerede kullanılırsa kullanılsın, şu ilkel kavramı içerir: meydana gelen her şeyin bir nedeni vardır (bak. Kantçı a priori sentetik gerçek).

Şimdi içerisinde “nedeni, nedeniyle, neden olur, -den dolayı, için veya çünkü” kelimelerinin geçtiği ifadelerin misallerini vereceğim. Neden kavramının nasıl cezbedici bir üretkarlıkla kullanıldığını görmeyizi istediğimden, bunları tamamen gelişigüzel bir sırada yazacağım.

Gökyüzü mavidir çünkü .....  
 Gökkuşağına ..... neden olur.  
 Termodinamiğin ikinci yasasından dolayı ..... ve ..... meydana gelir.  
 Elma, yer çekiminden dolayı düşer.  
 IQ'ya genler neden olur.  
 Radyasyon kansere neden olur.  
 Sosyoekonomik düzey suçların nedensel değişkenlerinden birisidir.  
 Sıkı para arzı stagflasyona neden olur.  
 O trafik kazasına Mustafa Aslan neden oldu.  
 Fabrikada çalan zil işçilerin öğle yemeği için durmalarına neden oldu.  
 Dünya döndüğü için gündüz ve geceye sahibiz.

## Nedeni, Nedenliliği ve Nedenselliği Tanımlama

Aristotle'nun, neden ve nedenlilik üzerine fikirlerine bir bakmaya çalışalım. Dictionary of Philosophy'den (1962) çoğunlukla aktaracağım. Nedenin doğası üzerine, Aristotle dört ayrı yorumu zikreder: (1) materyal neden ki ondan bir şey neşet eder; (2) formal neden, bir şeyin yaradılışını belirleyen esas; (3) etkin neden, bir etki üreten kuvvet veya ajan; ve (4) nihai neden veya maksat. Bu dil zihin bulandırıcı elbette. Niçin bir kişi neden ve maksadı eşitleyin? Belli ki teolojinin penceresinden bakan birisi için dünyadaki herşeyin bir sonu/nihayeti, bir “telos”u vardır. Şaşırtıcı değil ki hem bir asal, ille de tek neden olması gerektiği fikri ve hem de yaşamın bir “telos”a sahip olması fikri Thomas Aquinas'ı Tanrının varlığına dair ispatlarından birine götürmüştür ki bu ispat daha sonra özellikle Kant başta olmak üzere pek çok öndegelen felsefeci tarafından reddedilmiştir. Isaac Newton (1643-1727) nedenlilik kavramının büyük bir inanırı idi. Bu kavrama göre her etkiye bir neden atamalıyız. Ancak, bu açıkça zararsız önerme ile tam da Newton'un gerçekten kastettiği şeyin, kanımca, tartışmalı ve belirsiz olduğu göz önüne alınmalıdır.

Nedenselliğe dönersek, kendimizi ifadelerin ve kelimelerin çok daha derin bir batağına çekilmiş buluruz. Nedensellik, neden ve etki arasındaki ilişkidir. Neden hakkındaki ve elbette etki

hakkındaki aşikar muğlaklık bize ayak bağı olsa da günümüzde radyasyonun (ki bir “neden”,) kanser (ki bir “etki”,) istihsal ettiğini kabul etmekte şüpheye düşmüyoruz. M.T. Keeton Dictionary of Philosophy’de nedensellik için dokuz tanım sıralamıştır. Bu tanımlar öyle önemli ki burada bir kaç kelimeyle de olsa yer vermeden geçemeyeceğim:

1. aynı zaman serisindeki olaylar, prosesler veya varlıklar arasında çeşitli koşullar altındaki bir ilişki;
2. olaylar, prosesler veya varlıklar arasında öyle bir ilişki ki birisi vuku bulduğunda diğeri onu daima takip eder;
3. birinin diğeri istihsal edecek veya değiştirecek etkiyi yaratma gücüne sahip olduğu bir ilişki vb.;
4. birinin yokluğunda diğeri vuku bulamayacağı bir ilişki vb.;
5. deneyimlenen olaylar, prosesler veya varlıklar ve ekstra-deneyimsel olaylar, prosesler veya varlıklar arasında bir ilişki;
6. bir şey ve kendisi arasındaki ilişki (öz-nedensellik);
7. bir olay, proses veya varlık ve ona ait açıklama veya sebep arasındaki ilişki;
8. bir fikir ve bir deneyim arasındaki bir ilişki;
9. yukarıdaki herhangi bir deneyime dahil edilebilecek bir prensip veya kategori.

Eğer bütün bunlar kafanı karıştırdıysa, daha kısa bir tasnif Encyclopedia Britannica’da şöyle veriliyor ki üç ana mefhum üzere bir ayrımıdır:

- I. İnsan etkinliği – bir olayın nedeni olmak, önceden-seçilmiş bir çıkımı üretecek bir eylemi icra etmektir;
- II. Doğadaki nedenler – belli bir önceden-seçilmiş çıkımı üretecek bir doğal olayı karakterize etmek;
- III. Açıklama olarak neden.

Şimdi üçüncü mefhum bize şu soruyu sordurmaz mı: “Açıklama nedir?” Esasen III, I ve II’nin bir aktif etken veya bir doğal etken olmaksızın kavramsallaştırılması olarak görülmelidir. Üçüncü mefhum her zaman “Niçin” sorusunu cevaplamak için kullanılabilir. “Altıncı yaştaki boy uzunluğu, 12. yaştaki boy uzunluğunun nedenidir” önermesinde olduğu gibi bir vaziyet alabilir. Elbette I’dan 9’a kadarki veya I’dan III’e kadarki tanımları kullanmakta kendince bir yarar görebilirsin fakat III. Mefhum yaygın kullanılmasına rağmen kullanımı her zaman net değildir. Çünkü, her zaman alternatif açıklamalar arasından bir seçim yapmak durumunda kalırız ve bunlar birbirini dışlamaz; aynı anda bir kaç doğru olabilir ve neden soruşturmacının ilgisinin yönü ve kabiliyetine göre seçilmiş bir keyfiyettir bu manada. Yani nedeni III. Mefhum bağlamında kullanmak anlaşılması zor, bulanık ve belirsizdir.

Bertrand Russell’in meşhur bir misalini anımsamak sanırım yaralı olacak; düdükler. Birisi, İngiltere Birmingham’da bir fabrikayı izleyen bir gözlemcidir. Birisi’nin dikkatini şu celbeler ki ne zaman bir düdük çalsa işçiler öğle yemeği için çalışmayı bırakıyorlar. B olayı (– “işçiler öğle yemeği için işi bırakırlar”) daima A olayını (– “düdük öğle vaktinde fabrikada çalar”) takip eder. Daimi ardıllık var. *Buna göre*, B olayı A olayının nedenidir. Bunu kim tartışabilir? Açıkça ortada. Fakat, bir boşluğu olduğunu söyleyebiliriz. Farzedelim ki sen yaklaşık 300 km kuzeyde Glasgow’da bir gözlemcisin. Orada da fabrika düdükları kullanılıyor. Aynı zamanda, önündeki bir ekrandan Birmingham’daki fabrikada olup biteni eş zamanlı olarak net bir şekilde görebiliyorsun. Fakat Birmingham’daki sesleri duyamıyorsun. Ne göreceksin? A\* olayı (– “Glasgow’da düdük çalar”) daima B olayınca (– “Birminghamdaki işçiler öğle yemeği için çalışmayı bırakır”) takip edilir (– önceki aynı B) Böyle olunca, açıkça senin için A\* B’nin nedenidir. Kesinlikle! Fakat bu absürdün absürdü. Farzedelim ki “A\* B’nin nedenidir” önermesini gerçekten test etmek istiyoruz. Yapmak kolay; Glasgowda düdüğün çalmasını bir

şekilde engelle (mesela elektriği kes vb.). Sonra B'nin vuku bulup bulmadığına bak. Elbette gözlemci B'nin vuku bulduğuna tanık olacak. Bu pek basit misali vermemizin sebebi sadece şunu göstermektir ki daimi ardılıktan nedenlilik çıkarımı fikri ümitsizce kifayetsiz ve münasip olmayan bir eylemdir. Elbette bu problemi ele almak oldukça basit. Sadece Birmingham'daki düdüğü sustur ve ne olacağına bak.

## Karşılaştırmalı Deneylerin Rolü

Neden ve nedenliliği, çeşitli kullanımlarıyla rayından çıkartmak istemiyorum. Elbette, insanlık çeşitli kullanımları yararlı bulmuştur. Bir fiziksel proseste ne olduğunu bir yasayla açıklamak bağlamında, nedenin açıklama olarak kullanılması, fantastik ötesi yararlıdır. Hatta saf tümevarımcı bir genellemeden ziyade bu kavramsal teorik bir yasa olsa bile. Teorinin yokluğunun rolü, Bacon'ın "Novum Organum"unun süregiden ve geçerli bir eleştirisidir.

Bu söylenmiş olsa da, bununla birlikte, I. mefhumuyla neden (ki insan etkinliği olarak) insanlığın pek çoğunun belki de çoğunun meseleye bakışında kritiktir. Eğer insanlara radyasyon verirsek, onlarda sonrasında kanser ortaya çıkar mı? "Bahçemdeki çimleri nasıl büyütebilirim?" dünyanın çeşitli yerlerinde yaşayan insanların süregiden bir sorusudur. Bitki bilimcilerimizin kısmi bir cevabı vardır: Nitrojen ver. Deneylemiştir; karşılaştırmalı deneyler yapmışız ve bir daimi ardılık bulmuşuz. A olayı veya eylemi (– "Çimlere nitrojen ver") B olayı (– "çimler büyür") tarafından daima takip edilir. Saf teorik bilim çemberinin dışında, bu "çıkarımın" altında yatan fikir gerçek dünya bilimine nüfuz eder. Bu yaklaşımın altında yatan büyük felsefi hareket "Pragmatizm"dir. Pragmatizm, Amerika'lı epistemolojist ve bilimci Charles Sanders Pierce ( 1839-1914) tarafından formüle edilmiştir. Pierce'ten bir alıntıyla özetleyelim:

*Bir entellektüel kavramın manasını bellek için, o kavramın gerçeğinden zorunluca vuku bulabilecek olanaklı pratik varguları mülhaza etmeliyiz ve bu varguların toplamı o kavramın bütün manasını oluşturacaktır.*

Pierce'in söylediği şeyi tam anladığımızı iddia etmiyoruz, sadece biraz ışık çaktırıyoruz. (Epistemolojik metinlerde sıkça kullanılan bir ibare olan "zorunluca" ne manaya geliyor?) Mamafih, bu metni ve diğer metinleri (– özellikle John Dewey'inkileri (1859-1952)) şu çıkarımda bulunarak yorumluyoruz ki ister "saf" ister "uygulamalı" olsun (– talihsiz fakat yaygın kullanılan bir dikotomi) bütün bilimde bir zorunlu ve hatta kritik proses karşılaştırmalı deneyler prosesidir. C vitamini soğuk algınlıklarının engeller mi veya soğuk algınlıklarının olmamasına neden olur mu? Bunun hakkında iyi bir yargı teşkil etmenin tek yolu, kontrollü deneydir ki bu deneyde bazı bireyler C vitaminin yüklü bir dozunu alırken diğer bireyler almazlar. Müteakiben, çıkımlar karşılaştırılır. Karşılaştırmalı deney metodu, insanoğlunun karşılaştığı soruları ve problemleri ele almasında pek geniş bir uygulama alanına sahiptir. Mühendislik problemlerinden tutun, psikolojik olanlarına kadar. Sadece bir misalle bu bahsi kapatalım. Hastalık hepimizin duyarlı olduğu bir şey. Hangimiz bir rahatsızlık veya ağrı için bir yatıştırıcı istemedik. Tabii, haplar, operasyonlar vb. müdahale metotları üzerinde çalışan soruşturmacılarımız var. Bir ilacın kullanıma sunulabilmesi için lisanslanmasında son gereksinim klinik denemedir ki bu bir karşılaştırmalı deneydir. Böyle geçerliliği kabul edilmiş bir deney olmaksızın, bir uygulama dikkate bile alınmaz. Karşılaştırmalı deneyler bütün bilim için kritiktir.

Şimdi genel bir noktayı vurgulayalım. Basit karşılaştırmalı deney koyunlar, çelik parçaları, insanlar vb. deney ünitelerini kullanır ve bir muamele ile birlikte bir kontrolü kapsar. Muamele deney üniteleri için teklif edilen bir manipülasyondur. Kontrol muamelenin yokluğudur.

Sonrasında, muamele ve kontrol olmak üzere çıkımların iki grubunu karşılaştırırız. Bir öğrenme-çalışmasının “kifayetli kontroller”e sahip olması bilimselliği noktasında kritiktir. Bugün dünya üzerinde psikoloji, tıp, tarım, biyoloji vb. bilim alanlarında sayılamayacak kadar sayıda karşılaştırmalı deneyler sürdürülmektedir.

Nihayetinde, bir kritik nokta daha var ki onu da tartışmalıyız burada. En azından başlangıç düzeyinde. Bir karşılaştırmalı deney, deney ünitelerine çeşitli deneyleme protokollerine göre muamele etmekten meydana gelir ve bir deney ünitesi sadece bir protokole maruz kalmalıdır. Deneyi yaptık bitti, şimdi hangi neticeye varacağız? Elbette, şundan daha iyisine varamayız: diyelim A protokolü belli bir hastalığı şöyle iyileştirdi; veya çimlere dönüme 5kg nitrojen vermek çimleri daha iyi büyüttü. Böylesi bir neticeye varmış olmakla, şunu sormak gerekli ve kaçınılmazdır: Protokoldeki ne bu etkiyi üretti? Şöyle bir beylik misali hatırlatalım: “When I drink vodka and tonic, I get drunk; when I get drink a scotch and water, I get drunk; when I drink gin and tonic water, I get drunk. What then is the cause of my getting drunk?” I ponder the question and come to the conclusion: the only thing common to those interventions that make me drunk is that each intervention includes my drinking water.” Misal, bilgimiz dahilinde, komik belki fakat tam da yeri. Elbette, bu neticeyi/önermeyi şu soruyla kolayca sorgulayabiliriz: İçme suyu beni sarhoş eder mi? Açıkça, burada, bu hipotez için tarihten gelen bir kontrol mevcut ve o zaman, açık ki bu nedensel çıkarım tam saçma.

Mamafih, bu misal dikkate şayan kritik bir hususu göz önüne sermektedir. Bir protokolün belirli bir bileşenini “gerçek/doğru” nedensel etken olarak izole etmek bazı durumlarda çok basittir ki bizim yukarıdaki beylik misalimizde durum budur. Fakat genelde bu çok zor olabilir. Tıp dalında yapılan bilimsel-araştırmalar bu husus için ilginçtir, mesela. Bir X ilacının ülseri tedavi ettiğini (– öyle farzedelim) bilmek yeterli değildir. Delile ve ilacın nasıl etki ettiğine dair kabul görmüş bilimsel bilgiyle bağdaşan hipotezlere sahip olmak esansiyeldir; bu ilaç etkisini hangi yoldan gösteriyor? Tabii ki, bu, farmakoloji alanına bütünüyle girmek demek. Bu tipteki epistemolojik problemler bilime nüfuz eder. Müesses bilimsel yasaları referans alarak etki kabiliyetini/gücünü gerekçelendirmek bu problemin çözümüne yönelik bir girişimdir.

Psikoloji ve sosyoloji gibi alanlarda kendini gösteren ziyadesiyle ilginç bir husus ta müdahalenin kendisinin bir done olarak, müdahalenin doğasından bağımsızca, bir etki üretmesidir. Bu, kuvvetle şu olasılığı bize hatırlatır ki gözlem eylemi kendi başına bir etki üretebilir.

Herhangi bir muameleye tabi tutulmayan bir denek yanılıyarak inanırsa ki kendisine gerçek bir muamele uygulanıyor ve sonrasında semptomlarında bir iyileşmeyi rapor ederse, meşhur plasebo etkisi vuku bulur.

Muameleye tabi tutulan denekler deneyin bir parçası olmak hasebiyle bir şekilde normal davranış biçimlerinin dışına çıkarak yanıt verdiği zaman Hawthorne etkisi vuku bulur. Bu olgu “Hawthorne etkisi” olarak adlandırılır çünkü ilk defa Western Elektrik Şirketi’nin Hawthorne’daki fabrikasında yürütülen bir öğrenme-çalışmasında gözlenmiştir.

Bilimsel-araştırmacı veya deneyci deneklere kasıtsızca mesela yüz ifadesi, ses tonu, tavrı ve benzeri faktörler vasıtasıyla tesir ederse bazılarınca Rosenthal etkisi adı da verilen deneyci etkisi vuku bulur.

Böylesi etkileri bertaraf etmenin veya yanlışlamanın yegane yolu yine mütenasip olarak dizayn edilmiş karşılaştırmalı deneyleri icra etmektir.

## Nihayet

Temel fikirlerin uzunca bir tartışmasını yaptım. Bu kadar uzatarak bile belki de İnsanoğlu'nun tüm entellektüel çabasını, bir kaç sayfada özetlemeye çalışmak aptalca olmuş olabilir. Çünkü İnsanoğlu, evvelinde gelişigüzel görmüş olduğu proseslerin yarattığı bitimsiz kaygısıyla bu prosesleri anlamak ve kontrol altına almak için tarih boyunca muazzam bir enerji sarfetmiştir. Nihayetinde, bence, şuna ikna olmanız gerekir ki karşılaştırmalı deneyler ve müdahaleci öğrenme-çalışmaları bu muazzam çabada kritiktir. Eğer bunu kabul edersen, o zaman deneylerin dizaynı ve analizi aşamasına geçebilirsiniz.

## Deney Nedir?

Özetle ve daha az felsefi bir bazda, bu dersin doğası gereği bu soruyu sormak ve tartışmak mütenasıptir.

Bir deney, “gözlemci tarafından, tasarlanarak düzenlenmiş koşullar altında yapılan tasarlanmış gözlemdir” (Stebbing, 1961, p.302). Bir başlangıç olarak bu ifade kabul edilebilir, fakat genel kullanım için kafi değildir, çünkü deneyin pek çok çeşidi vardır, mesela memelilerin pek çok çeşidi olduğu gibi. Bir şekilde deneyleri sınıflandırmak önemlidir. Eğer, mesela, Hümeýra Hanım İstanbul'daki Trump Kulesini görmeye giderse, yukarıdaki quasi-tanıma göre bu eylem bir deney olarak adlandırılabilir.

## Mutlak ve Karşılaştırmalı Deneyler

Pek eskiye dayanan bir sınıflandırma deneyleri mutlak deneyler ve karşılaştırmalı deneyler olarak ayırmaktır. Ne yazık ki, bu ikiye ayırmanın arkasındaki ”idea”laştırma (/ideation) net değildir. Bir nesnenin, mesela bir insanın veya bir küp şekerin, ağırlığının belirlenmesi, şu fikre dayanır ki bu nesne belli sabit bir vasa, yani ağırlığa sahiptir ve bu ağırlık bu nesneye bir ölçme cihazı uygulamasının sonucudur. Işık hızının, ışığın sabit bir vasfı olarak farzedilerek, belirlenmesini ölçmenin özel bir prosesi vasıtasıyla elde ederiz. Ölçme prosesi iyi teorize edilebilir ki bu teori aktüel gerçek dünya özelliklerini/karakteristiklerini temsil ettiği telakki edilen matematiksel değişkenleri bir araya getiren bir matematiksel yapıdan oluşur. Bu paragraftaki misallerden hangisi olursa olsun, proses tam olarak tekrarlandığında aynı sonucu elde edeceğimizi umarız. Eğer sonuç mesela renk gibi kategorik bir sonuç ise, bu olabilir. Mamafih, eğer sonuç mesela kilogram, gram, miligram, ..., cinsinden ağırlık gibi aritmetik bir sayı ise, tekrarlamalar sonucunda aynı sayıyı elde edebilmemiz tamamen olağan dışıdır. Bunu görmek için, yalnızca, bir kişinin ağırlığını, hassas-derecelendirilmiş bir tartıyla almayı deneyimlemen yeterli. Ölçme prosesinin tekrarlamaları aynı sayıyı üretmeyecektir. Elde edilen sayıların bir rastgele değişkenin bağımsız “gerçekleştirmeleri” olduğu ve bu rastgele değişkenin aritmetik ortalaması sıfır olan bir Gauss rastgele değişkeni olduğu varsayımında bulunulur. Gerçekleştirme kelimesini çift tırnak içine aldım çünkü böyle bir rastgele değişkenin bir aktüel gerçekleştirilmesi sonsuz bir ondalık olacaktır. Bu varsayım alandaki herkesçe yapılmakla beraber bazılarınca mütenasip dağılımın sıfır aritmetik ortalamalı çift üstel dağılım olması da teklif edilmişti.

Deneylerin dizaynı ve analizi alanına nüfuz eden yineleme fikri ile beraber, tekrarlamaya fikrini karakterize etmek çok zordur. Farzedelim ki Mehmet Bey sabah saat 9:00'da bir gözlem

yapıyor. Sonrasında bir fincan kahve içiyor ve sabah saat 10:00'da ölçmeyi tekrarlıyor. Bu tekrarlama bir yineleme midir? Sabah saat 10:00'daki Mehmet Bey sabah saat 9:00'daki Mehmet Bey'den farklıdır. Elbette, ölçülen şey de iki zaman için farklı olabilir. İlginç ki bu fikirlerin altında yatan semantik (/kelimelerin veya ibarelerin manasına dair) problem pek tartışılmaz. Bir gözlemin tekrarlanması gözlenen şeyin süreğenliğini/sabitliğini gerektirir. Eğer gözlenen şey süreğen/sabit değilse, tekrarlanmanın süreğen/sabit anlamlılığı olmaz. Fizik bilimleri eğitiminin temel bileşenlerinden birisinin farklı gözlemcilerin “aynı sonucu” elde etmesini sağlamak üzere gözlem yapma eğitimi olması anlaşılmalıdır. Be, elbette, altta yatan bir sürekli değişken varsayıldığında olacak şey değildir. Eğer, mesela, Mehmet Bey'in sabah saat 10:00'daki ağırlığına eşit olan  $x$ 'in herhangi bir reel sayı olabileceğini düşünürsek, o zaman  $x$  gözlenemez. Aktüel gözlem için en basit model şudur ki reel sayılar doğrusu aralıklandırılır ve aktüel gözlem aranan değer in düştüğü belirli aralığa karar vermeden ibarettir. Bu modele göre gözlemcinin tatmin edici bir ölçüm yapabilmek için aralıkların hassasiyetini karşılayacağı duruma göre ayarlaması gerekecektir.

Açıkça şu gerekli ki bilimcilerin yapacağı gözlemler bağdaşmalıdır – yani gözlemlerin kişilerarası geçerliği olmalıdır. Bir tek ölçme prosesi ile bu aşıkâr ki sağlanamaz. Öyleyse, bir öğrenme-çalışmasının aynı ve farklı ölçülerce tekrarlanan ölçümlerden meydana gelmesi gerekir. Bu bir dizaynın ve böyle bir öğrenme-çalışmasının protokolünün yapılmasını içerir.

### DeneYlerin 3 Tipi

DeneYleri temel olarak şu üç tipe ayırıyoruz.

Tip I. Varsayılan bir sabitenin gözlenmesi. Mesela

- i. ışığın hızı;
- ii. bir elektronun kütlesi;
- iii. yerçekimi sabitesi;
- iv. bir su örneğinin kondüktivitesi.

Herhangi bir kimya kitabında kimyasal maddelerin sabit özellikleri/karakteristikleri hakkında pek çok tanım bulunur. Eğer bir materyalin ölçüm sonuçları, saf ölçüm değışkenliği ile açıklanabilenden daha fazla bir değışkenlik gösterirse, ölçülen materyalin sabit/süreğen olmadığı doğal olarak varsayılır.

Tip II. Bir popülasyonun bir özelliğinin/karakteristiğinin ölçümü ki bu ölçüm rakamları değışkendir. Mesela

- i. Türkiye'deki ailelerin geliri;
- ii. Türkiye'de kullanımda olan otomobillerin yaşı;
- iii. Türkiye'deki yetişkinlerin almış olduğu eğitim-öğretimin süresi;
- iv. Türkiye'de 2011 yılında illerin buğday ekilmiş olan alanı.

Tip I'de kuvvetli delil var ki bir altta-yatan sabite var ve yegane problem şu ki ölçme hataları olabilir veya genellikle olacaktır. Tip II'de popülasyonun her bir üyesi için bir altta-yatan sabite olduğu varsayılır ki bu varsayım bir manada iyi-dayanaklıdır.

Bir diğêr durum ki Tip III diye adlandırıyoruz, biyolojik misallerle en iyi misallendirilir fakat mühendislik ve tarım alanları da aynı mülâhazaya dahildir. Farzedelim ki mesela iki yaşındaki çocukların büyümesini teşvik etmek için bir diyet geliştirmek istiyoruz. Tamamen gündelik

gözlemlerimizden biliriz ki çocuklar değişik oranlarda/hızlarda büyür. Farzedelim ki büyümeyi boyu iki yaşında ve üç yaşında ölçmek suretiyle niceliyoruz. Boyu milimetrik olarak kolayca ölçebileceğimizi biliyoruz. Ve biliyoruz ki büyüme çok değişken bir prosestir. Bazı çocuklar iki yaşından üç yaşına kadar çok az büyür. Diğerleri çok büyür. Bizim anlamaya ve modifiye etmeye çabaladığımız değişken iki yaşından üç yaşına kadarki boy artışıdır. Hangi diyeti kullanacağımızı bilmiyoruz fakat fikirlerimiz var. Yapabileceğimiz tek şey bir deney yürütmek ki bu deney gayemize uygun bulduğumuz diyetleri karşılaştıracaktır.

Bu durum yukarıdaki Tip I ve Tip II durumlarından tamamen farklıdır. O iki durumun her ikisinde de bir gerçek/doğru değer mevcuttur ki ölçmenin olanaklılığı veya esasen kesinliği veya gözlem hatası ile birlikte. Tip III'te herhangi bir diyetin tamamen yinelenmesi olanaksızdır. Bunu elde etmek için, elimizde birbirinin tamamen aynı iki veya daha çok sayıda çocuk olmalı ve bu çocuklar iki yaşından üç yaşına kadar tamamen aynı çevreye maruz bırakılmalıdır. Bu elbette olanaklı değil. Yegane yababileceğimiz, her diyeti birden fazla sayıdaki iki yaşındaki çocuklara uygulamak ve iki yaşından üç yaşına kadar onları gözlemektir. Bunu yapmakla, çocuk değişkenliği üzerine yinelemeye sahip oluyoruz. İstatistiksel kontrol altındaki bir ölçme prosesini kullanarak ölçümleri tekrarlamak bize ölçme değişkenliğini verir. Bu Tip III deney genellikle bir karşılaştırmalı deney diye adlandırılır çünkü deneyci muameleler olarak adlandırılan şeyleri karşılaştırmaktadır. Aşık ki karşılaştırmalı deneyler eleştirel tahkikatın her uğraşında kullanılagelmiştir ve biliyoruz ki kullanılacaktır ve bu bilimin tüm alanlarını kapsayıcıdır; belli sosyal politikaların geliştirilmesinde hükümetlerden tutun ve özellikle üretim proseslerinde endüstriye kadar.

## İstatistiksel Çıkarım

Yukarıda tartıştığımız gibi ve sonraki bölümlerde daha açıkça belirtmeye çabalayacağımız üzere müdahalelerin etkileridir bizim ilgimizi celbeden. Deneylerin yürütülmesinin ve analiz edilmesinin yegane gayesi, demek ki, muamele etkileri hakkında çıkarımlarda bulunmaktır.

### Çıkarımda bulunmak

“Çıkarım” terimine ve “çıkarımda bulunmak” ibaresine hangi manaları yüklediğimize dair kanaatimi burada zikretmem gerek. Çıkarım birden fazla önerme veya öncülden yapılabileceği gibi tek bir öncülden de yapılabilir. Bir çıkarımda bulunma öyle bir eylemdir ki bir yargıdan diğerine geçeriz veya bir inanç veya kognisyondan bir yargıya geçeriz.

İstatistik biliminin alanı gözlemlerden yargılara varmayı (/yargıları çıkarmayı) ele alır.

Bir kaç misal verelim. Sıradan eğitim-öğretim almış bir vatandaş olarak sana William Shakespeare tarafından yazıldığı söylenen çeşitli oyunlar seyrettiriliyor sana. Bu seyiri gözlem olarak adlandırıyoruz. Sonrasında işitiyorsun ki bu oyunların Shakespeare tarafından mı yoksa başka birileri tarafından mı yazıldığına dair bir tartışma başlamış. Şimdi yapacağın şey gözlemden kendi yargına geçmektir.

İkinci misal şu ki yarın güneşin “doğup doğmayacağına” dair bir yargı teşkil edeceksin.

Üçüncü bir misal şu ki bir gözlem bir madeni paranın  $n$  kere atılmasının sonucunu ihtiva etmektedir, ki burada turalar  $r$  yazılar  $(n - r)$  dir.  $(n+1)$ inci atışın sonucunu yargılayacaksın.



Bu üç misal bilim felsefecilerini asırlar boyunca hırpalamıştır. Bu misallerin herbiri içerikte farklılık gösterir. Birinci durumda, basit yargı evet veya hayırdır, gerçi aşık ki yazarın Bacon olduğu yargısına da varılabilir, veya belki daha başkaları da.

İkinci ve üçüncü durumlarda, bir klasik cevap, olayın bir binomiyal denemenin realizasyonu,  $p$ , olduğunu varsaymaktır. Böyle olunca,  $p$  nin  $[0,1]$  aralığında üniform dağılan bir rastgele değişken olduğunu varsayacağız. Ve sonrasında  $n$  çıkımda  $r$  başarı (/turaların sayısı) gözlemiş olduğumuzu varsayacağız. Ortak olasılığı yazmak suretiyle,  $n$  denemede  $r$  başarı gözlemlendiğinde  $p$  nin koşullu olasılığını elde edebiliriz,  $p$  nin posterior dağılımını yani

$$f_{\text{post}}(p)dp \propto p^r(1-p)^{n-r} dp .$$

$p$  nin posterior bekleneni buna göre  $(r+1)/(n+2)$  dir. Bu sonuç, ki  $n$  denemede  $r$  başarıdan sonra bir başarı “olasılığının”  $(r+1)/(n+2)$  olduğunu söyler, başarı yasası olarak bilinir. Bu ”sonuç” felsefecilerden ve gözlemsel bilimcilerden on yıllar hatta yüz yıllar boyunca yaygın destek görmüştür. Hikayenin tamamı absürd. Olasılık nedir? “Gerçek/doğru” olasılık niçin  $[0,1]$  aralığında üniform olarak dağılmak zorunda olsun? Bir denemede  $r$  başarı sonucunun  $n$  bağımsız Bernoulli denemesinin sonucunun bir realizasyonu olarak temsili nereden geliyor?

### Olasılık Nosyonları/Mefhumları

Bir olasılık fikrinin oldukça farklı bir kullanımı şans oyunları ile bağlantılı olarak ortaya çıkmıştır: mesela, zar atma ve üç madeni paranın atılmasında üç tura gelme olasılığının ne olacağı sorusu ile. Elbette, bu soru bir olasılık yapısı varsayılmaksızın tam olarak cevaplanamaz, yani bir elementer olaylar sınıfı ve bu olaylara atanmış olasılıklar (ki eşit). Bu elementer olasılıkların, çıkımların sonsuzca çok tekrarından sonraki frekansları olduğu varsayıldı. Böyle olunca, sonsuzca çok tekrardan sonra elementer varsayılan olasılıklar gerçekleşmeden, olasılıklar gerçekleşmeyecektir. Bu yöndeki gelişme, matematiğin çok anlamlı bir parçası oldu, bilhassa asimptotiklerin gelişmesinde. This theory has little bearing on inference except to make a judgement of where the probability model is reasonable.

Olasılığın çok farklı bir formülasyonu J.M. Keynes (1883-1946) tarafından geliştirildi. Keynes öncüllerimizi önermelerimizin bir  $h$  kümesi ve neticemizi bir  $a$  önermeler kümesi olarak telakki eder. “Eğer  $h$  in bilgisi  $a$  da  $\alpha$  derecesinde bir rasyonel inancı gerekçelendirirse (veya haklı çıkarırsa), deriz ki  $a$  ve  $h$  arasında  $\alpha$  derecesinde bir olasılık-ilişkisi vardır (Keynes, 1921, p.4). Buna göre Keynes için olasılık rasyonel inancın bir derecesidir. Mamafih, Keynes *rasyonel* inancın ne olduğunu açıklamaz. Şunu iddia eder ki olası inançlar objektif ve mantıksaldır. Keynes, daha sonra, eşit-olasılıklılığın tesis edilebileceği bir kuralı tartışır. Bernoulli’ye (1654-1705) dayanan bu kurala “principle of indifference” adını vermiştir ki “principle of insufficient reason” da denir. Buna kurala göre, eğer çeşitli alternatiflerden birini tahmin etmede diğerlerine göre bir sebep yoksa, alternatiflerin her biri eşit olasılığa sahip olacaktır. Bu kural çok etkili matematikçiler tarafından tartışılmıştır: Borel (1871-1956), Poincare (1854-1912) ve Bertrand (1822-1900). “Principle of indifference” için iddiasını sürdüremeyen Keynes daha sonra şunu söyler: “Olasılık teorisi üstesinden gelinecek ciddi zorluklara sahiptir. Olasılığın derecesini ölçmede veya karşılaştırmada zorluklar vardır.” Ve Keynes olasılığın frekans teorisine dönmüştür ve fikirlerini Venn’in (1834-1923) Logic of Chance (1962) kitabındaki fikirlerine dayandırmıştır.

Venn bir seriyi bir fundamental kavram olarak kullanır. Bir serinin değişken vasıfları serideki vakaların tümünün sayısına belli tam orantısında vuku bulur. Bir olayın olasılığı serideki olayın orantısıdır. “Olasılığın frekans teorisi” ibaresinin orijini bu elbette. Mamafih, Venn bir serinin

nasıl tasavvur edileceğini tartışmadı. In fact, a series appropriate to a situation can be obtained only by assumption or from a history judged to be relevant and from data analysis.

Aşıkâr ki felsefe olasılığın fikirlerinin kullanımının iyi-dayanaklı bir mantığını verebilememiştir. Yirminci yüzyılda inanç hesabı fikirlerinin üç geliştiricisi olmuştur. Harold Jeffreys (1891-1989) bir aksiyomlar seti verdi ki bir prior dağılım fikrini havidir. Bunlar şöyledir:  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  veri olsun; varsayalım ki bu bir rastgele değişkenin realizasyonudur ki bu rastgele değişkenin olasılık dağılımı  $p(y|\theta)$  bir  $\theta$  parametreler vektörüne bağlıdır; sonra  $\theta$  nın  $p(\theta)$  olasılık dağılımlı bir rastgele değişken olduğunu varsayalım; sonra  $y$  nin ve  $\theta$  nın ortak dağılımı  $p(y, \theta) = p(\theta)p(y|\theta)$  dır ki aynı zamanda  $p(\theta|y)p(y)$  ye eşittir. Böylece  $p(\theta|y) = p(y|\theta)p(\theta)/p(y)$  dir. Bu  $y$  verildiği zaman  $\theta$  nın posterior dağılımıdır. İki problem var: (1)  $p(y|\theta)$  yı nasıl elde edeceğiz? Ve (2)  $p(\theta)$  yı nasıl elde edeceğiz? Jeffreys birinci problemi ele almadı. Mantıksal bir argümanla  $p(\theta)$  yı elde etmeye çabaladı fakat (doğal olarak) çuvalladı. Jeffreys'in gelişimi Keynes'in gelişimini bir tamamlama çabasıdır.

İkinci bir gelişim F.P. Ramsey (1903-1930) tarafından sağlandı ki görüşü şuydu: olasılık bilgiye dayanmalıdır ve bir mükemmel madeni paranın bağımsız atışlarından elde edilen frekansları referans alarak ölçeklendirilebilir.

Üçüncü bir gelişme L.J. Savage (1917-1971) tarafından sağlandı ki Savage Ramsey'in "idea"laştırmasını (/ideation) kullandı. *The Foundation of Statistics* (1954) adlı kitabında priorun "introspeksiyon" yoluyla elde edilmesi gerektiğini savundu. Bu çalışma büyük destek gördü ve "Bayesci çıkarım"ın dirilişine yol açtı ki eskaza bu bir yanlış adlandırmaydı çünkü Bayes (1701-1761) kendi priorunu bir destekleyici deney yoluyla elde etmişti.

Noninformatif prior dağılımları gerekçelendirmek için çabalar vardır. Aynı zamanda priorun seçimini olabilirlik fonksiyonu  $p(y|\theta)$  nın doğasına bağlama çabaları vardır. Bu fonksiyon veri analizinden elde edilmelidir, böylece "birinci kareye" geri dönmüş olduk.

## Değişkenlik ve Rastgeleleştirme

Olasılık fikirlerinin kullanılması gereksinimi şu gerçekten dolayıdır ki çıkımın değişkenliği kaçınılmazdır. Dahası, bu değişkenlik, değişkenliğin aktüel/fiili gözlemi ile keşfedilmelidir ve "saf düşünce" ile keşfedilmemelidir. Böyle ise, önce veri analizi analiz yapılmalıdır.

İlgimiz deneylerin dizaynı ve analizi üzerinde olduğu için, değişkenlik ile nasıl yaşayabileceğimizi mülâhaza etmek zorundayız. Elimizdeki verinin mesela Gaussçu doğrusal model gibi bir stokastik prosesin realizasyonu olduğunu kafadan varsayabilmeyiz. Rastgeleleştirmeyi kullanacağız ve anlamlılık için rastgeleleştirme testlerine ve muamelelerin etkilerinin içine düştüğü belirsizlik aralıklarını elde etmek için onun inversiyonlarına dayanacağız. Bir tam test ve onun inversiyonunu yapma, muazzam hesaplama gerektirir. Her halükarda, biliyoruz ki genel test istatistiklerinin rastgeleleştirme dağılımına aynı istatistiğin Gaussçu doğrusal model dağılımı ile sıkıca yaklaşılabılır. Anlamlılık için rastgeleleştirme testlerinin inversiyonları ise istatistiksel belirsizlik aralıklarını verir ki yaygınca (ve fakat hatalıca) güven aralıkları diye adlandırılırlar. Mevzunun özü basitçe şu ki olasılık esasen rastgeleleştirme prosedürü ile garanti edilir.