

# Bilim ve Modelleme

[Science and Modelling]

<sup>1</sup>İbrahim Aydın,  
<sup>1</sup>Taner Özgürtaş

<sup>1</sup>GATA Biyokimya ve Klinik Biyokimya AD 06018  
Etlik / Ankara

**Yazışma Adresi**  
(Correspondence Address)

Dr. İbrahim Aydın

GATA Biyokimya AD. Başkanlığı.  
Tel: 0 312 304 3314  
Fax: 0312 304 33 00  
e-mail: ibrahim\_aydin78@hotmail.com

## ÖZET

Tarihi medeniyetler bilimsel faaliyetlerde oldukça ileri seviyelere ulaşmışlardır. Halihazırda, bu medeniyetlerin ortaya koyduğu eserlerin bazılarını anlamak ve bu medeniyetlerin nasıl bir teknolojiye sahip olduğunu tahmin etmek bile çok zordur. Günümüzde geçerliliğini koruyan bilimsel problem çözme metodu, çok uzun yılların ve tecrübelerin birikimi ile oluşmuştur. Bu metot bize, doğru bilgiye ulaşmamızda yardım eder. Ancak bilimsel problem çözme metodu tarif edilmeden önce de, insanlar bilgiye ulaşmanın yollarını aramışlardır. Bilgiye ulaşmak için, insanlar modellerin yardımına ihtiyaç duyarlar. Bu durum tıp ve biyolojik bilimlerde de geçerlidir. Bununla birlikte, modellerle yapılan deneylerden elde edilen verilerin doğruluk ve geçerliliklerini tam olarak değerlendirmek güçtür. O yüzden, modelleme ne kadar doğru yapılırsa, elde edilen bilginin doğruluğu o oranda artacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Bilim, Bilimsel Problem, Modelleme

## ABSTRACT

Historical civilizations have reached quite an advanced level of scientific activity. Even today it is extremely hard to understand some of the works produced by them, and how they developed such technology. The still valid method of scientific problem solving has resulted from an accumulation of experience throughout the ages and helps us to reach true knowledge. Nonetheless people have always searched for a way to attain information long before the depiction of scientific problem solving method. People need to apply models to arrive at knowledge; this situation is also applicable to medicine and biological sciences. However it is hard to evaluate the validity and applicability of data obtained from modeled experiments. Thus validity of the knowledge attained is directly proportional to modeling and better modeling increases this validity.

**Key Words:** Science, Scientific Problem, Modelling

## BİLİM TARİHİNDE MODELLEME

Tarih bilimi tarihsel olayları, savaşları, anlaşmaları, fetihleri, imparatorların aile hayatını ve dünya görüşlerini teferruatlı bir şekilde aktarmasına rağmen; bilimsel düşüncenin bugünkü şeklini alana kadar geçirdiği aşamaları çok önemsemez. Oysa, insanlık var olduğu günden bu yana evreni anlama, doğaya egemen olma, karşılaştığı problemlerle başa çıkabilme isteği doğrultusunda bir takım çabalar sergilemiştir. Tarihte ilk toplumlar Sarı Irmak, Nil, Fırat, Dicle gibi nehir kenarlarında ortaya çıkmışlar, ilk yazılı belgelere de bu bölgelerde rastlanmıştır. Bu dönemlerde gelişen medeniyetlerin başlıcaları Çin, Hint, Mısır, Mezopotamya, Orta Asya Türk medeniyeti şeklinde sıralanabilir (1,4).

Çin uygarlığında bilimsel faaliyetin M.Ö. 2500'lü yıllarda başladığı tahmin edilmektedir. Çinliler, Türklerden öğrendikleri on iki hayvanlı Türk takvimini kullanmışlar, matematikte on tabanlı sayı sistemini benimsemişler ve ilk defa abaküs, çarpım tablosu modellerini kullanarak basit matematik işlemlerini yapmışlardır (5). Çinli düşünürler evrendeki olayları yin yang modeli ile açıklamaya çalışmışlar, evrenin sürekli bir devinim içinde olduğuna inanmışlardır. Evrensel sistemin bir parçası olan insanın da, ikilem gösteren yin ve yang (iyilik ve kötülük, hastalık ve sağlık gibi) ilkesinin etkisi altında olduğuna inanmışlardır.

Hintliler de on tabanlı sayı sistemini benimsemişler ve sıfırı ilk defa Hintli matematikçiler kullanmıştır. Sonraları Pisagor'a mal edilecek olan teoremin ilkel çözümlerine, Hintlilerin tarihi metinlerinde rastlanmıştır. Hintliler, yeri merkez alan evren modelini kullanarak güneş-yer-ay ve diğer gök cisimlerinin konum ve hareketlerini açıklamaya çalışmışlardır, trigonometride ilk defa sinüs ve kosinüs fonksiyonlarını kullanmaları bu hesaplara yardımcı olmuştur (6). Aryabhata ismindeki astronom, 6. yy'da yerin kendi etrafındaki hareketinden bahsetmiştir (7). Hint felsefesine göre, canlılar evrenin küçük bir modelidir ve toprak, su, hava, ateşten oluşmuştur ve bu elementler denge halindedir. 'Bir insanda bunların oranları bozulursa sağlıkta bozulur' düşüncesinden hareketle bazı ilkel tedavi modaliteleri geliştirmişlerdir.

Orta Asya Türk tarihi M.Ö. 8000'li yıllara dayanmaktadır. Türkler atı evcilleştirmiş, atlı arabayı icad etmiş ve ilk defa alaşım olarak bronz kullanmışlardır (1). Türkler sosyal düzeni sağlamada gök kubbe modelini kullanmışlardır. Evrenin kubbe biçiminde olduğunu, bu kubbenin de altın bir kazık (kutup yıldızı) etrafında muntazam bir hızla döndüğünü düşünmüşler ve gökteki bu düzeni yeryüzüne de yansıtılmışlardır. Kutup yıldızının tam altında yeryüzünün yöneticisi olan 'hakan'ın oturduğu kent'i kurmuşlar ve ordug adı verilen bu kentin planını da gökteki düzene göre yapmışlardır.

Mısır uygarlığı, Nil nehri çevresinde yerleşmiş ve M.Ö. 2700 yıllarından itibaren matematik, astronomi ve tıp alanında ilerlemişlerdir. Güneş takvimini kullanmış-

lar ve bir yılı 365 gün kabul etmişlerdir. Günümüzde kullanılan takvimi Mısırlılara borçluyuz. Sayıları sembollerle ifade etme safhasına gelmişler ve 'aha hesabı' denen ve diğer uygarlıklarda da görülen metodla ilkel cebir problemlerini çözmüşlerdir. Medeniyetlerinin ileri derecede gelişmişliğine rağmen günümüzde dahi Mısır medeniyeti için pek çok konu gizemini korumaktadır.

Mezopotamya uygarlığında bilim M.Ö. 3000 yıllarında başlar. Bu uygarlık Sümerler, Babiller ve Akadlılarca ortaya konmuştur. Modern astronominin temelinde Mezopotamya astronomisi bulunur. Ay yılına dayalı takvim ve 60 tabanlı sayı sistemi kullanmışlardır. Günü 12 saate, saati 60 dakikaya, dakikayı da 60 saniyeye bölmüşlerdir. Güneş, ay ve gözle görülebilen beş gezegeni model olarak bir haftayı 7 gün olarak kabul etmişler, bu kabullenme daha sonra Romalılar yoluyla tüm dünyaya yayılmıştır (8). O zamanlarda bilinen kara parçaları denizlerle sınırlı olduğundan, karanın bittiği yerde deniz ve denizin de ufuk çizgisinde bitişinden, evrenin yer-gök ve ikisi arasındaki okyanustan oluştuğuna inanmışlardır. Mezopotamyalılar ay ve güneş tutulmasını tahmin edebilecek kadar astronomide bilgi sahibi idiler. Cebirin kurucusu olarak kabul edilirler. Gelişmiş bir rakam sistemine sahip olmaları cebir konusunda ilerlemelerini sağlamıştır. Birinci ve ikinci dereceden denklem çözümlerini, Pisagor teoremini ve ayrıca, dik üçgen için Tales teoremini bulmuşlardır.

Bilimsel problem çözmenin tarihsel gelişimini değerlendirmek için Yunan medeniyetini yakından incelemek gerekir:

Yunanlılarda felsefenin ilk merkezi Sicilya'dır. Sicilya'nın felsefede hakim olduğu dönem Helen dönemi olarak isimlendirilir (M.Ö. 800-M.Ö. 300). Yunan medeniyetinde ilk eserler, Homeros ve Heseidos tarafından kaleme alınmış destanlardır. Bu metinlerin M.Ö. 800 yıllarında yazıldığı kabul edilir. Doğadaki olayları mitolojik varlıklarla açıklamaya çalışan bu eserlerin bilimsel yönü yoktur, ancak Yunan eğitiminin temelini oluşturmuş ve M.Ö. 400'lere kadar bu durum hiç sorgulanmamıştır. Bugünkü İzmir'in güneyinde açılan Milet okulu, Yunanlılarda ilk bilimsel atılımdır (1,3). Bu okulun ilk temsilcisi Tales'tir. Zengin bir tüccar ve seyyah olan Tales Mısır ve Babil'de eğitim alır ve buradaki birikimlerini Yunanlılara aktarır. Tales astronomi ile ilgilenmiştir. Yıldızları incelerken kuyuya düşmesi meşhur bir anektoddur. Kuyu veya havuz modeli, gök cisimlerini incelemek için yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. Tales doğa olaylarının düzenliliğini gözlemiş, bu konuda daha önce Mısır ve Babil filozoflarının tuttukları kayıtları incelemiştir. Bu gözlemleri sonucunda "doğa olaylarının seyri kendi içinde düzenlilik arzeder" düşüncesini ortaya koymuştur ki, bu düşünce Yunan medeniyetinin, mitolojinin hakimiyetinden kurtulmasında atılan ilk adımdır (9). Yunan anlayışı her zaman bir düzen tutkusuna sahiptir ve bu tutku Yunan kültürünün neredeyse temelini oluşturmaktadır. Bu yüzden kainata cosmos (düzenli, güzel yapı) adını vermişlerdir.

Yine aynı dönemde, Pisagor'un cebir işlemlerini yapmak için kum üzerine çizilen noktalar ve kolayca gruplanabilen çakıl taşlarını kullandığını biliyoruz. O dönemde, Yunanlıların, sayıları ifade etmek için kullandıkları rakamlar, aslında Yunan alfabesinin harflerinden oluşmaktadır. Pisagor, bu harflerle cebir işlemlerinin yapılamamasından dolayı, bu modelleri kurgulamıştır. Alt alta dizilen 1-3-7 gibi taş gruplarının üçgen şekiller oluşturduğunu görmüş ve bunları üçgen sayılar olarak isimlendirmiştir. Buna benzer sayı gruplarını incelemiş, geometrik şekillerin sayılarla ilişkili olduğunu kabul etmişlerdir. Her doğal nesnenin de geometrik bir şekli olduğunu düşünerek, her nesnenin bir sayı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuç Pisagorcularda, evreni tanımak için gözlem ve deneye gerek olmadığı, aritmetik ve geometri alanlarından elde edilen veriler kullanılarak tüm bilgilere ulaşmanın mümkün olduğu fikrini doğurmuştur (1,3).

M.Ö. 200-M.S. 300 yıllarına Hellenistik dönem (Atina dönemi) adı verilir. Hellenistik dönemde Sicilya'nın etkisi nispeten azalırken, Atina felsefede ön plana çıkar. Atina döneminde ahlak, siyaset, devlet, tanrı, varlık, idea gibi kavramlar uzun süre tartışılmıştır. Ancak, Hellenistik dönem Hıristiyanlığın yayılması ve Roma'nın hakimiyeti ile sona erer. Tarihçiler, Hellenistik dönemin bitişi ile başlayan ve Rönesans dönemine kadar süren, bu uzun durgunluk dönemini, ortaçağ olarak isimlendirirler. Ortaçağda bilim, Aristoteles ve Platon felsefelerinin hakimiyetindedir. Bu dönemde dünyanın bir tepsi gibi düz olduğu ve evrenin dünya etrafında döndüğünü savunan "Aristoteles'in evren modeli" katı bir şekilde savunulmuştur.

Ortaçağın sonlarına gelirken, Roger Bacon şu görüşleri ileri sürer:

Güvenilir bilgiye ancak akıl ve deney yoluyla ulaşılabilir. Akıl kanıtlayıcı, deney ise veri toplayıcıdır ve her ikisinden de yararlanılmalıdır. Akıl yoluyla kanıtlama tek başına yeterli değildir, doğruluğun deneyle de denetlenmesi gerekmektedir (10,11).

O dönemde, kağıt ve matbaanın kullanımının yaygınlaşması, günümüzde, internetin yaptığı etkiye benzer bir etki yapmıştır. Matbaa sayesinde bilgi herkese aynı formda ulaşabilmiştir. Aristoteles ve Platon'un görüşlerini, değişmez gerçekler olarak kabul eden skolastik düşüncenin eleştiriye kapalı yaklaşımına karşı; Da Vinci, Bacon, Descartes, Kepler, Galileo gibi düşünürlerin katkıları ve matbaanın etkisi ile bilimde yeni bir dönem başlamış, bilim pozitivist (bilimsel) düşüncenin hakimiyetine girmiştir. Galileo niceliksel deney metodunu geliştirmiş, eski bilimden devralınan gözlem, ölçme ve matematiğe, deneyi eklemiştir. Galileden sonra Newton deney ile matematik-mantık metodlarını, düşünce ve olguyu daha sıkı birleştirmiştir. Bu dönemde gözlem ve deney yolu ile bir dizi yasalar ortaya konmuştur. Pozitivizm her şeyden önce bir bilim felsefesi olup, amprist (deneyci) geleneğin içinde yer alır. Pozitivizmde, metafizi-

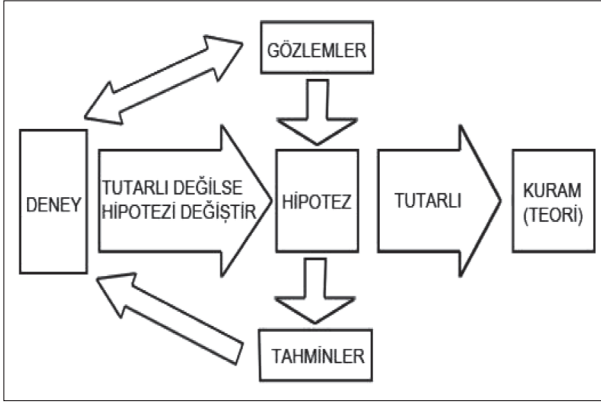
zik spekülasyon reddedilir onun yerini sistematik deney ve gözleme dayanan pozitif bilgi alır (12). Tümevarım, deney ve matematik yöntemlerini kullanan bilim, 18-19. yüzyıllarda büyük başarılar elde etmiştir.

Bilim felsefesindeki bu gelişmeler ve deneysel yaklaşım, bilimsel bilgi birikiminin ivmelenecek artmasını sağlamıştır. Galile'nin hareketi açıklamak için kullandığı silahtan atılan "mermi modeli" Aristoteles'in hareket görüşünün geçersizliğini ispatlamıştır. Newton, optikle ilgili bir çalışmasında karanlık bir odadaki prizmaya beyaz ışık göndererek ışığı tayfına ayırır, sonra ince kenarlı bir mercekle yardımcı ile tekrar beyaz ışık elde eder. Bu model, ışığın tabiatını anlamada pek çok soru için çok açıklayıcı olmuştur.

Aydınlanma çağına şüpheyle yaklaşılır ki en büyük buluşlarından biri elektriktir. Aslında bu konudaki gözlemler M.Ö. 600 yıllarına kadar dayanır. Bir beze sürtülen kehribarın, saman gibi hafif nesnelere çektiği, yine mıknatısın metal parçaları üzerine yaptığı benzer etki bilinmekte, ancak bu etkiler doğaüstü güçlere dayandırılmaktaydı. Bu konudaki ilk bilimsel çalışma, 16. yy'da William Gilbert tarafından yapılmıştır. Bir eksene geçirilmiş küre, dönerken dokunulduğunda kıvılcıklar saçtığı gözlenmiş ve bu modelle elektriğin üretilebilir bir 'şey' olduğu anlatılmaya çalışılmıştır (13). Benjamin Franklin'in, yıldırımın elektrikten oluştuğunu ve depolanabileceğini göstermek için kurduğu uçurtma modeli meşhur bir model olmuştur.

Ancak 20. yüzyıl başlarında, Einstein'ın "relativite teorisi" pozitivist bilim görüşünü sarsmaya başlamıştır (14). Bu görüşe göre bilim, dış olguları doğru tasvir etmeyebilir, varlık dünyasına yüklenen kavramlar doğru olmayabilir. Üç boyutlu zaman yerine dört boyutlu zaman, düzlem geometrisi yerine eğri geometriler, elektronun dalga mı, tanecik mi olduğu gibi pek çok soru bu dönemde ortaya atılmıştır. Değişmez evrensel bilgiler sistemi olarak savunulan bilime, değişim fikri gelmiştir. Pierce'nin bu konudaki "bilim değiştiği için bilimdir" sözü tipiktir. Bilim insanların fikri de yanlış veya eksik olabilir. Bacon'ın "soruları doğaya sorup geçerli olmadıkları takdirde fikrimizi değiştirmeye hazır olmalıyız" ilkesi gündeme gelmiştir. Bilim, dünyanın içindeki yasaları mı ortaya koyar, yoksa insan kendi kafasındaki yasaları mı dünyaya yansıtır. Kişi kendi zihnine uygun (öznel) açıklamalar yaptığında nesnellik sorgulanır hale gelmiştir.

Aydınlanma çağına pozitivist yaklaşımı, günümüzde halen kabul edilen, bilimsel problem çözme yönteminin kaynağını oluşturmaktadır. Bu yöntemde, öncelikle bilimsel problem tespit edilir, daha sonra gözlem ve veri toplama aşamasına geçilir. Bu veriler ışığında bir hipotez geliştirilir, tahminlerle ve deneylerle hipotezin tutarlılığı sınanır. Tutarlı olması durumunda, kuram (teori) oluşturma aşamasına geçilir. Bu süreçte bir tutarsızlık varsa; gözlem-tahmin ve deney aşamaları bu tutarsızlık ortadan kalkana kadar yenilenerek tekrarlanır (Şekil 1).



Şekil 1. Bilimsel problem çözme algoritması

Pozitivist bilim görüşünün deneyci yaklaşımı ile model kurma ve bu modeller üzerinde deneyler yapma ihtiyacı daha belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Sistemin geneli veya çalışma mekanizması bilinmiyorsa, bu durumda, bu bilinmeyenleri anlaşılır hale getirmek modeller sayesinde mümkün olabilmektedir. Elektrik, elektromanyetizma, ışık, atom, elektron gibi tabiatı tam kavranamayan olaylar ancak modeller yardımı ile anlaşılabilir.

### **Biyolojik Bilimlerde Modelleme:**

Tıp ve biyolojik bilimlerde de modelleme ihtiyacı benzer şekilde ortaya çıkar. Günümüzde sağlık alanında pek çok gelişme modeller kullanılarak sağlanmıştır. Etyopatogenezi tam olarak bilinmeyen, sağlığa ilgili bütün durumlarda bir model kurma ve onun üzerinde teşhis, tedavi ile ilgili süreçleri değerlendirme veya patogenetik mekanizmaları anlama çabası modeller üzerinde çalışma ihtiyacı doğurur. Yaşlanma modelleri, kanser, ateroskleroz gibi modeller bu konunun tipik örnekleridir. Günümüz tıp ve biyoloji biliminde araştırmalarda şu modeller kullanılmaktadır:

- gönüllü insanlar
- deney hayvanları
- embriyolar, organlar, hücreler, dokular
- bakteriler, mantarlar, virüsler, protozoonlar
- bilgisayar programları gibi canlı olmayan modeller, mekanik, kimyasal ve fiziksel ürünler

İnsan biyolojisine yönelik araştırmalarda ve sağlıkla ilgili pek çok kritik sorunun yanıtı aranırken, bazı deneyler yapmak gereklidir. Bu deneylerde model kullanmanın gerekliliği şu nedenlerden dolayı vazgeçilmezdir:

- a) Çoğu zaman bu deneyleri insanda yapmak etik açıdan imkansızdır.
- b) Bu çalışmalarda kullanılacak invaziv yöntemler ancak bir modele uygulanabilir.
- c) Denek üzerinde etkili olan değişkenleri, tek tek veya kombinasyonlar halinde değerlendirmek ancak modeller aracılığı ile mümkün olabilir.

- d) İlaçların klinik öncesi değerlendirilmesinde ancak modeller kullanılarak bazı öngörülerde bulunulabilir.
- e) Tedavi tekniklerinin etki mekanizmaları da çoğu zaman modeller üzerinde araştırmalar yapılarak anlaşılabilir.

### **Model Seçimindeki Güçlükler:**

Günümüzde hastalıklar ve tedavileri ile ilgili bilgilerin pek çoğu, deney hayvanlarında oluşturulan modellerden elde edilmiştir. Hayvan modelleri, türlerin homolojisi göz önüne alınarak tasarlanır. Homoloji tabiri, türlerin genetik olarak yakınlığını tarif eder. Örneğin, domuz-sığır insülinleri, sentetik insülinler piyasaya çıkmadan önce insanlar tarafından kullanılmıştır. Ancak türler arası homoloji ne kadar yüksek seviyede olursa olsun, farklı bir türde yapılan deneylerden elde edilen veriler tam olarak insanlara uyarlanamaz. Modellerden elde edilen bilgileri insanlara uyarlamak konusunda net veriler ve kriterler yoktur. Yanlış model seçimine tipik bir örnek olarak talidomid gösterilebilir. Antiemetik olarak piyasaya çıkan bu ilacın teratojenite çalışmaları, bir fare türünde yapılmıştır. Ancak farenin sitokrom p450 enzimlerinin bulunmaması, bu ilacın metabolitinin teratojenik etkisini perdelemiştir. Oysa, insanlarda bu enzim sistemi ilaç metabolizmasında önemli roller üstlenmektedir. Sonuç olarak, talidomid faciası olarak isimlendirilen fokomeli hastalığı ortaya çıkmıştır (15)(Şekil 2).



Şekil 2. Fokomeli (Kollar ve bacaklarda kısaltıkla karakterizedir)

DeneySEL çalışmaların önündeki önemli bir diğer problem de, deneySEL modelin klinikte ortaya çıkan durumu tam olarak yansıtıp yansıtmadığıdır. Örneğin, hemorajik şok modeli belki de en kolay oluşturulan model olmasına rağmen; deney hayvanının yaşı, cinsiyeti, vücut ağırlığı, cinsi, oda ve vücut ısısı, hayvanın fizyolojik durumu, sağlık hali, barınma şartları, akut veya kronik strese maruz kalıp kalmadığı, kanama miktarı, kanama oluşturulacak bölge, gibi pek çok faktörü göz önünde bulundurma gerekliliği söz konusudur.

DeneySEL modellemede kullanılan invitro modellerin de, bir takım avantajlarına karşın bazı dezavantajları bulun-

maktadır. Bu tür modellerde, üretimin tamamen kontrol altına alınıp kontrol dışı gelişmelerin bertaraf edilmesi, organizma dışında çalışıldığı için bireysel varyasyonların ekarte edilmesi, doğrudan insan hücresi kullanma imkanı olduğu için sonuçların insana uyarlanmasının kolaylaşması bu modellerin avantajları olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak, izole edilen bir doku diğer sistemlerle etkileşimden uzaklaştığı için sonuçların sağlam organizma için yorumlanması zor olmaktadır. Yine, doku kültürlerinde hücrelerin sürekli pasajlarla kullanımını hücrelerde fenotipik değişiklikler yapar ki bu da sonuçların standardizasyonunu zorlaştırır. Ayrıca doku kültürü gibi in vitro çalışmalar, canlılığının bütünlüğünün devamlılığını gerektiren durumlarda kullanılamaz. Örneğin, transplantasyon çalışmaları veya birçok organ ve sistemden etkilenen çalışmalarda doku kültürü kullanışsızdır (16,17). İn vitro çalışmaların bir diğer sorunu da enfeksiyondur. Kontaminasyonlar, immün sistemin

korumasından mahrum kalan bu dokuların tamamen kaybına sebep olabilir.

İnsanlar, bilimsel yöntemin henüz tanımlanmadığı ilk çağlardan bu yana karşılaştıkları problemlerle başa çıkma, evreni anlama ve doğaya hakim olma, daha rahat ve güvenli yaşama isteği doğrultusunda; ya sistemin kendisi üzerinde veya soyut/somut bir modeli üzerinde deneyler yapma ihtiyacı hissetmişlerdir. Modeller bizim mekanizmasını bilmediğimiz olayları anlamamıza, kullandığımız hipotezleri test etmemize yardımcı olurlar. Bu nedenle bilim alanında model kullanımı kaçınılmazdır. Ancak, bu çalışmalardan elde edilen verilerin çok büyük bir titizlikle değerlendirilmesi gerekir. Model seçiminde, bulguların genelleştirilebilme ve insana uyarlanabilme özelliği de mutlaka göz önüne alınmalıdır. Çünkü, türler arasındaki homoloji göz önüne alınarak tasarlanmış modellerle yapılan deneylerin sonuçlarını, insanlara uyarlamada halen net kriterler yoktur.

## Kaynaklar

- [1] Tekeli S, Kahya E, Dosay M, Demir R, Topdemir HG, Unat Y, Aydın Koç A. (2001) Bilim Tarihine Giriş, s:1-16, Nobel, Ankara.
- [2] Hull LWH. (1959) History and Philosophy of Science, s:1-34, Longmans, London.
- [3] Sarton G. (1959) A history of science, Cambridge, Harvard University Press, Journal of the Franklin Institute. 267 (5): 456.
- [4] Westfall RS, Ronald NG. (1975) Foundations of scientific method: the nineteenth century, Bloomington and London: Indiana University Press, Studies In History and Philosophy of Science Part A. 5 (4): 397-99.
- [5] Ronan CA. (1986) The Shorter Science and Civilization in China, 2. Cilt, s: 298. Cambridge University Press, New York.
- [6] Bose DM, Sen SN, Subbarayappa BV. (1974) A concise history of science in India, Historia Mathematica. 1 (2): 208-12.
- [7] Gupta RC. (1976) 1500th anniversary of Aryabhata I at Patna (India), Historia Mathematica. 3 (4): 468-69.
- [8] Rochberg F. (2002) A consideration of Babylonian astronomy within the historiography of science, Studies In History and Philosophy of Science Part A. 33 (4): 661-84.
- [9] Dreyer JLE. (1954) History of astronomy from Thales to Kepler, Journal of the Franklin Institute. 257 (1): 80.
- [10] Stokley J. (1932) Introduction to the history of science, From Rabbi Ben Ezra to Roger Bacon. By George Sarton, Associate in the History of Science, Journal of the Franklin Institute. 214 (1): 119-21.
- [11] Singer C. (1920) Roger Bacon's Works. The Lancet. 196 (5066): 721.
- [12] Atkinson D, Peijnenburg J. (2004) Galileo and prior philosophy Studies In History and Philosophy of Science Part A. 35 (1): 115-36.
- [13] Mottelay FP. (1983) William Gilbert, of Colchester, physician of London : On the loadstone and magnetic bodies, and on great magnet, the earth. A new physiology demonstrated with many arguments and experiments. Journal of the Franklin Institute. 136 (3): 239.
- [14] Giulini D, Straumann N. (2006) Einstein's impact on the physics of the twentieth century, Studies In History and Philosophy of Modern Physics. 37 (1): 115-73.
- [15] Drobeck HP, Coulston F, Cornelius D. (1965) Effects of thalidomide on fetal development in rabbits and on establishment of pregnancy in monkeys Toxicology and Applied Pharmacology. 7 (2): 165-78.
- [16] Cheung OPI, Climent C, Climent P, David J, Watt R, Watt SM. (2007) A small-scale serum-free liquid cell culture model of erythropoiesis to assess the effects of exogenous factors. J Immunol Methods. 319 (1-2): 104-17.
- [17] DiMasi D, Swartz RW. (1995) An energetically structured model of mammalian cell metabolism. 1. Model development and application to steady-state hybridoma cell growth in continuous culture. Biotechnol Prog. 11 (6): 664-76.