

KOMPLEKSİTE VE İKTİSAT



EFİL YAYINEVİ

KOMPLEKSİTE VE İKTİSAT

EDİTÖRLER

ERCAN EREN
SERÇİN ŞAHİN

İSTANBUL, 2017

KOMPLEKSİTE ve İKTİSAT

Genel Yayın Nu.: 263

ISBN: 978-605-4160-82-2

1. Basım, Şubat 2017

EFLATUN Basım Dağıtım Yayıncılık Danışmanlık Yatırım ve

Tic. Ltd. Şti.©2017

Efil©2016

Bu kitabın tüm hakları saklıdır. Herhangi bir şekil ya da yöntemle çoğaltılamaz.

Sertifika Nu.: 12131

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Sıla Koçoğlu

Baskı ve Cilt: Sözkese Matbaacılık Tic. Ltd. Şti.

İVOGSAN 1518. Sokak MAT-SİT İş Merkezi No: 2/40 Yenimahalle-ANKARA

Tel: (+90) 312 395 21 10 - 395 59 07 • Sertifika Nu.: 13268



EFİL YAYINEVİ

www.efilyayinevi.com
www.facebook.com/efilkitap
twitter.com/efilyayinevi
instagram.com/efilyayinevi

EFLATUN Basım Dağıtım Yayıncılık Danışmanlık Yatırım ve Tic. Ltd. Şti.

Bağcılar Mahallesi, Şemsettin Günaltay Caddesi, 283. Sokak,

Ata Apt. No: 9/7, 06670 Çankaya/Ankara, Türkiye

Tel : (+90) 312 442 52 10

GSM : (+90) 541 232 00 96

Faks : (+90) 312 442 52 12

SUNUŞ

Aydınlanma çağı ile birlikte ortaya çıkan modern bilim anlayışı, insanoğlunun çevresinde meydana gelen olayları anlayıp, onları kendi istediği doğrultuda yönlendirmesini ve imkanlarını daha da artırmasını sağladı. Doğa ile olan kadim mücadelesinde kazandığı bu büyük başarılar ile kendine olan güveni pekişen insanoğlu, aklını kullanarak doğayı tam olarak anlayabileceğine ve tüm davranışlarını önceden kestirip, kontrol altına alabileceğine inanmaya başladı. Bunun belki de en önemli yansıması, Newton'un ve Laplace'ın ortaya koyduğu; "saat gibi işleyen" bir düzene sahip olan evrenin kurallarının bir gün anlaşılması ile, geçmişteki ve gelecekteki tüm olayların sonsuz bir kesinlikle belirlenebileceğini ifade eden "determinizm" anlayışı olmuştur.

Oysa 19.yy'ın sonlarından itibaren gerçekleşen bilimsel buluşlar, özellikle de kuantum mekaniğinin ve kaosun keşfi, çok geçmeden insanoğlunun bu hülyasının gerçek olmaktan ne kadar uzak olduğunu ortaya koymuştur. Kuantum mekaniği, atomaltı parçacıkların aynı anda hem konumlarının hem de momentumlarının ölçülmesinin mümkün olmadığını ortaya koyan Heisenberg'in "belirsizlik prensibi" ile, atomaltı parçacıklar düzeyine inildiğinde insanoğlunun gözlem yeteneğinin ne denli sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Lorenz'in keşfettiği "kaos" ise, davranışı az sayıda deterministik denklem ile ifade edilebilen son derece basit sistemlerin bile sergileyeceği davranışın uzun dönemde tahmin edilemeyeceğini ortaya koymuştur.

Aydınlanma çağında ortaya çıkan modern bilim paradigmasının temelini oluşturan bir diğer unsur ise "indirgemecilik" (*reductionism*) idi. Buna göre, herhangi bir olguyu araştırırken, onu daha küçük parçalara ayırıp, bu parçaları tekil olarak yönlendiren kanunları anlarsak, bütünü de anlayabilirdik. Ancak başta kendimiz gibi canlı varlıkların vücudu olmak üzere; karınca kolonileri, ekonomi, internet gibi; çok sayıda basit bileşenin etkileşimi ile, herhangi bir merkezi kontrol ve yönlendirme olmaksızın "kendiliğinden organize olan" ve "beliren" davranışlar sergileyen "kompleks sistemler" in davranışları, tekil parçalarının anlaşılmasıyla anlaşılıyordu. Bu nedenle, çeşitli bilimlerde yaşanan gelişmelerin bir toplamı olarak kompleks sistemleri "bütüncül" (*holistic*) bir çerçeveden ele alarak açıklamaya çalışan "kompleksite bilimi" (*complexity science*) ortaya çıktı. Bu bağlamda kompleksite bilimi, bilim felsefesinde yeni bir aşamayı temsil etmektedir. Bu kitapta sizlere kompleksite bilimine ilişkin giriş düzeyinde bir bilgi vermeyi ve kompleksite biliminin iktisat ile kesişim noktalarını ortaya koymayı hedefliyoruz.

İlk bölümde kompleksite olgusunu genel olarak inceleyerek, sonraki bölümler için de kavramsal bir altyapı oluşturmayı amaçlıyoruz. Kompleksite biliminin temelini atan kaos, kompütasyon, ağlar, fraktallar gibi temel olguları; farklı bilim dallarında nasıl ortaya çıktıklarını tarihsel bir perspektiften ele alarak inceliyoruz. Daha sonra kompleksitenin ne olduğunu ve kendiliğinden organizas-

yon (*self-organization*), belirim (*emergence*) gibi temel kavramları tartışıyoruz.

İkinci bölümde kompleksite kavramını ekonomi ve iktisat bilimi ile buluşturuyoruz. Her ne kadar ana-akım iktisat paradigması ekonomiyi statik, sürekli dengede olan bir olgu olarak ele alsın da, ekonominin hangi unsurları ile kompleks adaptif bir sistem olduğunu; ana-akım iktisat paradigmasının hangi nedenlerle bu yapıyı açıklamakta yetersiz kaldığını ve kompleksite biliminin hangi araçlarla ana-akım iktisat için bir tamamlayıcı olabileceğini ortaya koymaya çalışıyoruz.

Bundan sonraki bölümlerde kompleksite kavramına farklı yaklaşımları ve bunların iktisat alanındaki uygulamalarını ortaya koyuyoruz. Sistem yaklaşımının anlatıldığı üçüncü bölümde, “Sistemler neden bileşenlerin toplamından daha fazla birşey ifade ederler? Sistemlerin beklenmeyen davranışlar sergilemesinin nedenleri nelerdir?” gibi sorulara yanıt aranıyor. Sonrasında kompleks adaptif sistemlerin davranışlarını simülasyonlar aracılığı ile analiz etmeye imkan tanıyan “sistem dinamiği” yaklaşımı açıklanıyor. Sistem dinamiği yönteminin temel kavramları ekonomiden örneklerle açıklanarak, ekonominin kompleks adaptif bir sistem olarak nasıl analiz edilebileceği sergileniyor.

Dördüncü bölüm, kompleksite biliminin temel bileşenlerinden olan “ağ”lar konusunu işliyor. Sistemi oluşturan bileşenler arasındaki ilişkilerin topolojisini incelemekte kullanılan temel kavramlar ve bunların sistemin davranışları üzerindeki etkisi ortaya konulduktan sonra; finansal ağlar ve uluslararası ticaret ağları gibi ekonomik ağlardan örnekler üzerinde bu kavramlar uygulamalı olarak açıklanıyor.

Beşinci bölüm, iktisat ile fizik biliminin doğrudan etkileşimi sonucu ortaya çıkan “ekonofizik”e ayrıldı. Bu bölümde öncelikle iktisat biliminde ortaya çıkan gelişmeler ile fizik bilimindeki gelişmelerin nasıl birbirine paralellik arz ettikleri anlatılıyor. Daha sonra ekonomideki gelir dağılımı, finansal piyasalardaki getiri dağılımı gibi çok sayıda olgunun; iktisatçıların bekledikleri gibi normal dağılıma değil, kuvvet dağılımına uydukları ortaya konuluyor ve bunların açıklanmasında fizikteki istatistiksel yöntemlerin nasıl kullanılabileceği açıklanıyor.

Altıncı bölüm evrimsel iktisat üzerine odaklanıyor. Biyolojik evrimin tarihçesi ve temel mekanizmalarının açıklanması ile başlayan bölümde, daha sonra aynı evrim mekanizmalarının sosyal olgularda ve ekonomide de nasıl geçerli olduğu ortaya konuluyor. Son olarak, evrimsel anlayış üzerine kurulu araçlarla ekonominin nasıl açıklanabileceğine bir örnek olarak, “evrimci oyun teorisi” geleneksel oyun teorisi ile karşılaştırmalı olarak okuyucuya sunuluyor.

Yedinci bölümde, günümüzde yaygın biçimde kullanılan ve kompleksite biliminin belki de en çok umut vaadeden araçlarından biri olan ajan-bazlı modellemenin iktisada uygulaması olan “ajan-bazlı kompütasyonel iktisat” ele alınıyor. Bölümde öncelikle iktisatta ajan-bazlı modelleme genel olarak açıklanıyor. Ayrıca sınırlı rasyonel, heterojen ve adaptif iktisadi ajanlar ile bu ajanlar arasındaki belirli bir ağ topolojisine sahip ilişki yapısının modellenenbilmesine imkan tanıyan iktisada nasıl katkıda bulunabileceği ortaya konuluyor.

Sekizinci bölümde hücrel otomata, genetik algoritmalar ve evrimsel oyun-

lar gibi kompleksite biliminin getirdiği yeni yöntemler ve bunların sosyal ve ekonomik olguları açıklamakta nasıl kullanılabileceği, bilgisayar kodlarını da içeren uygulamalı örneklerle sunuluyor.

Dokuzuncu bölümde, kompleks sistemlerdeki, faz geçişi benzeri ani değişimlerin modellenmesi için geliştirilmiş olan “kendiliğinden organize olan kritiklik” kavramı ile, bunun en bilinen örneği olan “kum yığını modeli” açıklanıyor ve bunların iktisadi sistemlerdeki ani değişimleri açıklamakta yararlı olup olmayacağı tartışılıyor.

Onuncu ve son bölümde ise, önceki bölümlerde bahsedilen kompleksite bilimi ve onun iktisattaki uygulamalarında yaşanan gelişmelerin iktisat biliminde nasıl bir dönüşüme neden olduğunu ele alarak bitiriyoruz. İktisat biliminde özellikle 1980’lerden itibaren yaşanan bu gelişmelerin sonucunda ortaya çıkan “yeni” heterodoks iktisadın; ana akım iktisadın yerine geçmek değil, onu tamamlama hedefiyle; Marxist iktisat, Avusturya okulu, post-Keynesyen iktisat gibi “geleneksel” heterodoks iktisat çizgisinden farklı bir nitelikte olduğu ortaya konuluyor. Her ne kadar bu gelişmeler kompleksite bilimindeki ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda iktisat alanında yoğun bir biçimde kullanılmaya başlandıysa da, aslında geçmişte Adam Smith, Marx, Veblen, Marshall, Menger gibi iktisatçılar tarafından doğrudan veya dolaylı olarak ifade edildikleri ortaya konularak, kompleksitenin iktisadi düşünce tarihindeki izleri takip ediliyor.

2011 yılında çeşitli üniversitelerden kompleksite iktisadına ilgi duyan iktisatçıların “kendiliğinden organize olması” ile ortaya çıkan Kompleksite İktisadı Araştırma Grubu olarak; o tarihten bu yana Yıldız Teknik Üniversitesi İktisat Bölümü’nde düzenli olarak gerçekleştirdiğimiz toplantılarda, kompleksite bilimi ve kompleksite iktisadı konuları üzerine birçok okuma, tartışma ve araştırma yaptık. Hatta grubumuz üyelerinin yurtdışında olduğu dönemlerde internet üzerinden toplantılarımızı sürdürdük. Grup olarak kompleksite bilimine yönelik kendi anlayışımızı geliştirmenin ve bu konuda araştırmalar yapmanın yanında; belirlediğimiz en önemli misyonlardan biri de, kompleksite biliminin ve özelde de kompleksite iktisadının ülkemizde bilinirliğini artırmak idi. İşte elinizdeki kitap tam olarak grubumuzun bu misyonuna yönelik olarak “belirdi”. Kitap kompleksite ve iktisat konularının hangi noktalarda kesiştiğini ortaya koyarak, konu ile ilgili okuyucular için bir “çıkış noktası” olma amacını taşıyor. Her ne kadar “giriş” düzeyinde bir kitap olarak tasarlandıysa da, okuyucuların lisans düzeyinde bir matematik, istatistik, mikro ve makro iktisat bilgilerinin olduğunu varsaydığımızı da belirtmemiz gerekli. Kitabın konu ile ilgilenenler için faydalı bir kaynak olacağını umut ederek, iyi okumalar diliyoruz.

Ercan Eren ve Serçin Şahin
Ocak 2017, İstanbul

İÇİNDEKİLER

SUNUŞ	v
BÖLÜM 1	
KOMPLEKSİTE OLGUSU VE KOMPLEKSİTE TEORİSİ'NİN GELİŞİMİ.....	1
Serçin Şahin, Seçkin Sunal, Kaan Öğüt, Yasemin Asu Çırpıcı, Hale Kırer, Rüya Eser	
BÖLÜM 2	
KOMPLEKS ADAPTİF BİR SİSTEM OLARAK EKONOMİ VE İKTİSAT	44
Seçkin Sunal, Kaan Öğüt	
BÖLÜM 3	
SİSTEM YAKLAŞIMI VE İKTİSAT	58
Serçin Şahin	
BÖLÜM 4	
SOSYAL VE EKONOMİK AĞLAR	90
Yasemin Asu Çırpıcı, Semanur Soy Yiğit	
BÖLÜM 5	
EKONOFİZİK	122
Hale Kırer	
BÖLÜM 6	
EVİRİMSEL İKTİSAT	149
Seçkin Sunal	
BÖLÜM 7	
AJAN-BAZLI KOMPÜTASYONEL İKTİSAT	184
Hakkı Kutay Çilingiroğlu	
BÖLÜM 8	
HÜCRESEL OTOMATA, GENETİK ALGORİTMA VE EVRİMCİ OYUNLAR	205
Murat Donduran	
BÖLÜM 9	
İKTİSADİ SİSTEMLERDE KENDİLİĞİNDEN ORGANİZE OLAN KRİTİKLİK.....	221
Rüya Eser	
BÖLÜM 10	
SONUÇ YERİNE: KOMPLEKSİTE İKTİSADINA DOĞRU.....	236
Ercan Eren	

BÖLÜM 1

KOMPLEKSİTE OLGUSU VE KOMPLEKSİTE TEORİSİ'NİN GELİŞİMİ

Serçin Şahin, Seçkin Sunal, Kaan Öğüt, Yasemin Asu Çırpıcı, Hale Kırer, Rüya Eser

Tarihteki ilk bilimsel faaliyetin ne olduğunu bilmiyoruz. Dolayısıyla bilimin ne zaman başladığını da. Daha doğrusu hangi insan ediminin ilk bilimsel faaliyet olarak kabul edilmesi gerektiği konusunda kesin bir fikrimiz yok. Fakat doğaya ve topluma dair bilgi birikimimizin nasıl bir süreçten geçtiği konusunda pek çok nokta aydınlatılmış durumda. Örneğin günümüzden bir milyon yıl önce, yüz bin yıl önce ya da üç bin yıl önce insanların hangi bilgilere ve hangi teknolojilere sahip olduğu konusunda oldukça güvenilir tahminlerde bulunabiliyoruz. Daha yakın tarihlere dair bilgiler ise tahminlerden ziyade belgelere ve bırakılan eserlere dayandığı için çok daha güvenilir ve çok daha detaylı.

Bugün tamamına bilim adını verdiğimiz ve neredeyse yeryüzündeki canlılar kadar büyük bir çeşitliliğe sahip olan insan faaliyeti ilk başladığında bugünkü halinden çok daha farklı bir nitelikteydi. Her şeyden önce sistematik ve nesnel bir bilgi bütünü olmaktan çok, mistisizmle maddesellik arasında bir yerlerde duran, içinde merak ve ihtiyaç kadar inanç da barındıran bir karışıma sahipti. Bu yüzden tarih öncesi dönemin çok büyük bir kısmında insanlığın doğaya ve evrene dair bilgi birikimi nesnelliğin yanında ciddi miktarda mistisizm de barındırırken bu bilgilerin üretilmesi, saklanması ve aktarılması da büyük oranda din adamının işiydi.

İnsanın tabiatın büyük güçleri karşısındaki acizliği, onu anlama çabalarına da yansımış ve gözlemlenen doğa olayları büyük, denetlenemez güçlerin isteklerinin, kaprislerinin ya da kararlarının birer sonucu olarak görülmüştür. O halde yaşamı kolaylaştırmak için yapılması gereken şey tabiatı değiştirmek şöyle dursun; denetlemeye bile çalışmayıp, tabiatı kontrol eden güçleri anlamak, onlarla iyi geçinmek, onları memnun etmektir. Bilimin inanç ve mistisizmle bağlantılı kısmı kökenini buradan almaktadır ve sanılanın aksine, insanlık tarihinin tamamı düşünüldüğünde daha dün sayılabilecek bir zamana kadar bu unsurlar bilimin içinde önemli bir yere sahip olmuştur. Örneğin astronomi, matematik ve geometri gibi alanlardaki ilk bilgilerimiz Sümerli ve Mısırlı din adamlarının, kâhinlerin ellerinde doğmuştur. Modern genetik biliminin temelleri doğa bilimleri eğitimi almış bir keşiş tarafından bir manastırın bahçesinde yapılan deneylerle atılmıştır. İnanç ve mistisizm erken dönemde ne kadar büyük ağırlığa sahip olursa olsun, insan akli doğada gördüğü (gecenin gündüzü, yazın kışı izlemesi, her canlının şu ya da bu şekilde ölmesi, tekrar eden bazı olayların her defasında aynı sonuçları ortaya çıkarması gibi) düzenlilikler arasında bağlar kurmadan

geri durmamıştır. Bilgi birikimi yavaş da olsa artmaya devam etmiş ve bugün doğa felsefesi olarak adlandırdığımız geniş bir alan ortaya çıkmıştır. Henüz birbirinden kesin sınırlarla ayrılan bilim dallarının olmadığı bu dönemde doğa filozofları matematik, fizik, astronomi gibi pek çok alanda giderek artan bir hızla bilgi edinmeye ve üretmeye devam etmiştir.

Çözülen her giz insanı doğayı bilme, anlama, kontrol etme ve hatta değiştirme konusunda biraz daha cüretkâr hale getirmiştir ki, bu da bilimin en önemli kaynaklarından olan merakla ilişkilendirilebilir. Doğadaki belirsizlik ve insanın aczi karşısında kazanılan her zafer sadece bazı merakları giderip yerine daha büyüklerini koymamış, aynı zamanda pratik ihtiyaçları da karşılamış, yaşamı kolaylaştırmıştır. Artık atılan oklar daha uzağa ve daha isabetli şekilde gitmekte, buğday başakları daha fazla tane vermekte, dikilen binalar daha dayanıklı, daha ihtişamlı, daha işlevli olmakta, toplar surları un ufak etmekte, gemiler okyanusları aşmakta, ilaçlar babaları öldüren hastalıkları evlatlar için sadece birer istirahat vesilesi haline getirmektedir.

Düne kadar tamamen iradesinin ve anlayışının dışında görünen şeylerin mantıklı, anlaşılabilir açıklamaları olduğunu gören insanın dünyasında mucizelerin ve doğaüstü varlıkların yeri giderek daralırken, ortaya çıkan boşluğu sezgi, akıl ve bilim doldurmuştur. İnsanlığın tarihi artık anladıkça daha çok şeyi değiştirebildiği, değiştirdikçe daha iyi anlayıp kontrol edebildiği bir dünyada akmaktadır. Düne kadar tanrıların, meleklerin ve kim bilir başka hangi doğaüstü varlıkların at koşturduğu gökyüzü, artık hareket ve çekim yasalarının hükmü altında bulunan, sürprizlerin olmadığı bir yerdir. Artık yaşam denen şey fani varlıkların kendilerine biçilen süreyi doldurmasıyla son bulan bir süreç değil, organizmaların (hücre, doku, organ ve sistem gibi) kendi alt bileşenleri, diğer organizmalar ve doğanın geri kalanı arasında akıp giden, belli yasalara tabi bir etkileşim sürecidir. Uygun müdahalelerle canlıların çok daha uzun süreler boyunca hayatta kalması, işler yolunda gitmediğinde bile bazı cüretkâr hamlelerle ölümün ötelenebilmesi artık olağandır. Toplumlarda akıbeti tanrıları hoşnut etme niyet ve kabiliyetlerine değil, akla uygun kurumlar, kurallar inşa edebilme ve tüm bunları diğer toplumlardan daha güçlü, daha kalıcı şekilde ayakta tutabilme becerilerine bağlıdır. Dünyanın şu anki durumuna imkânlar ölçüsünde müdahale etmek ve tamamının değilse de, bizi ilgilendiren küçük bir kısmının (tarlalarımız, vücudumuz, içinde yaşadığımız topluluk ya da kent gibi) istediğimiz yönde değişmesini sağlamak da artık her zamankinden daha gerçekçi bir hedef, hatta bir zarurettir.

Tarihsel dönemlendirme konusundaki hassasiyeti bir kenara bırakıp “aydınlanma çağı” olarak adlandırabileceğimiz bu dönemde, bilim dalları da birbirinden daha net şekilde ayrılmış ve daha özerk hale gelmiştir. Akla ve sezgiye duyulan güvenin artması iki farklı ön kabulü beraberinde getirmiştir. Bunlardan ilki doğayı ve toplumu anlamanın yegâne yolunun bilim olduğudur. Diğeri ise bilim sayesinde bir gün her şeyin anlaşılacağı düşüncesidir. O halde bilimin çözemeyeceği giz, cevabını veremeyeceği soru, çare olamayacağı dert yoktur.

Artık yapılması gereken şey, olağanüstü güçleri bir kenara bırakıp tabiatın hareket yasalarını anlamak, şu anki durumunu gereken hassasiyet seviyesinde ölçmek ve gelecekteki durumunu olabildiğince isabetli şekilde tahmin etmektir. Bu konudaki en çarpıcı gelişmelerden birisi, Güneş Sistemi'nin kararlılığı problemi konusunda yaşanmıştır. Gök cisimlerinin birbirleriyle çarpışmadan hareketlerine devam etmesi ve sürtünme gibi nedenlerle kâinatın durağan bir hale gelmemesi bilim adamlarını meşgul eden önemli bir problem olmuştur. Diferansiyel hesabın yanı sıra hareket ve çekim yasalarının babası Newton dahi, Güneş Sistemi'nin kararlı bir şekilde varlığını sürdürmesinin periyodik olarak gerçekleşen ilahi müdahalelerle mümkün olabileceğini düşünmüşken,¹ Laplace ilahi müdahale varsayımına ihtiyaç duymayan bir açıklama getirmek için büyük çaba sarfetmiştir.² Sonradan Güneş Sistemi'nin mutlak anlamda kararlı olmadığı, yalnızca mevcut durumunu uzun bir süre devam ettireceği anlaşılmış olsa da, Laplace'ın ve diğer bilim adamlarının ilahi müdahalelere ihtiyaç duymayan astronomik modeller geliştirme çabası bilim felsefesi açısından yeni bir aşamayı işaret etmektedir.

Belirlenimcilik, gerekircilik ya da determinizm olarak adlandırılan bu yaklaşıma göre, en büyüğünden en küçüğüne her olay tabiatın yasalarıyla birbirine bağlıdır ve bu nedenle kaçınılmazdır. Dolayısıyla kâinatın şu anki durumu, önceki halinin sonucu, sonraki halinin de nedenidir. Tabiatın yasaları tam olarak anlaşıldığında ve mevcut durumu tam hassasiyetle ölçüldüğünde evrende öngörülemez hiçbir şey kalmayacaktır. Bu sıkı nedensellik hem zamanda ileriye ve geriye doğru, hem de gerçekliğin tüm katmanları arasında şaşmaz bir şekilde işlemektedir. Örneğin bir ekonomik kriz yatırımcıların piyasalarda yaptıkları işlemlerin ya da aldıkları kararların bir sonucu olabilir. Fakat bu kararları alan yatırımcılar birer bireydir ve her biri içinde bulunduğu koşulların etkisiyle bu kararları almışlardır. Öte yandan bireysel olarak alınan kararlar sadece nesnel koşulların değil, öznel duygu ve düşüncelerin de birer sonucudur. Bunların altında ise psikolojik ve nörolojik etmenler yatmaktadır. Bir bireyin nörolojik durumu ise beyinde gerçekleşen elektriksel ve kimyasal süreçlerin bir sonucudur. O halde ekonomik ve sosyal olan ile, bireysel olan arasında kaçınılmaz bir bağ vardır. Aynı sıkı bağ bireysel olgularla psikolojik ve tıbbi olgular arasında, psikolojik ve tıbbi olgularla fiziksel ve kimyasal olgular arasında; ve nihayet atom altı parçacıklar arasında da mevcuttur. Gerçekliği mümkün olan en küçük parçasından başlayarak çözümlmek bütünselliği de şaşmaz bir şekilde anlamamızı sağlayacaktır.

Bu anlayışa göre bütün anlaşılmazlığına ve ihtişamına rağmen kâinat, çok sayıda küçük ve anlaşılabilir parçanın toplamından ibarettir. Tüm parçalara dair tüm bilgiler edinildiğinde bütün açısından da bilinemez bir şey kalmayacaktır.

1. Newton bu düşüncesini, 11 Şubat 1623 tarihinde Richard Bentley'ye yazdığı mektupta ifade etmiştir. Söz konusu mektuba <http://www.newtonproject.sussex.ac.uk/view/texts/normalized/THEM00256> adresinden, Newton'un bilimsel ya da bilimsel olmayan tüm yazılarını derleyen "The Newton Project" sitesine ise <http://www.newtonproject.sussex.ac.uk> adresinden ulaşılabilir.

2. https://en.wikipedia.org/wiki/Pierre-Simon_Laplace

Yukarıda da değinildiği gibi, bilimsel ve teknik ilerlemeler bu yöndeki düşünceleri ve çabaları cömertçe ödüllendirmiştir. Ancak bugün gelinen noktaya bakıldığında, herşeyi bilemememizin; yeteri kadar çok parça hakkında, yeteri kadar derin bilgiden yoksun olmamızdan kaynaklanmadığını görebiliyoruz. Birkaç nedenle. Öncelikle, ne kadar küçük, ne kadar önemsiz olursa olsun bir olguya, bir varlığa dair “her şeyi”, “kusursuz bir hassasiyetle” bilmenin mümkün olmadığını fark ettiğimiz için. Bunun yanında, bilmediğimiz ya da yeterince kesin bilmediğimiz en küçük şeyin bile gerçekliğe dair pek çok şeyi değiştirebildiğini öğrendiğimiz için. Ve haklarında her şeyi bilsek dahi parçalar arasındaki ilişkilerin bütün açısından bambaşka ve öngörülemez sonuçlara yol açabildiğini anladığımız, hatta bunu her gün gözlemlediğimiz için.

Bu noktada kompleksite adı verilen bilimsel yaklaşımın ortaya çıktığını görüyoruz. Yirminci yüzyılın ortalarına doğru, bilinemezcilikten ve mistisizmden kesinlikle çok uzak, ama katı determinizmin de bir adım ötesinde yeni bir bilim dalının temellerinin atıldığını söylemek mümkün. Bu, henüz sınırları kesin olarak çizilemeyen, hâlâ yöntemler ve kavramlar açısından birleştirici bir çatıya ihtiyaç duyulan, hatta üzerinde fikir birliğine varılmış bir tanım bile verilemeyen ama hızla gelişen ve zenginleşen bilim dalı, “kompleksite teorisi” (*complexity theory*) olarak adlandırılıyor.

Bu alanın, aslında birbirinden çok farklı, ancak etkileşim içindeki bilimsel disiplinlerdeki gelişmelerin sonucunda ortaya çıktığını söylemek yanlış olmaz. Her ne kadar birbirinden kesin çizgilerle ayrılması mümkün olmasa da, bu gelişmelerin farklı kollardan gerçekleştiğini söyleyebiliriz. Şimdi kısaca bu gelişmelere gözatalım.

1.1.Klasik Mekanikten Kaos'a:

Aristoteles'in nesnelerin nasıl hareket ettiklerine ilişkin ileri sürmüş olduğu görüşleri yaklaşık 1500 yıl boyunca kabul edildikten sonra Newton; kendisinden önce gelen Galileo, Copernicus ve Kepler gibi büyük bilimadamlarının izinden giderek, nesnelerin hareket yasalarını bilimsel bir yöntem ile incelemiştir. Araştırmaları neticesinde, kainattaki küçük veya büyük tüm cisimlerin üç temel hareket yasasına uyduğunu ileri sürmüştür:

- *Sabit Hareket Yasası:* Herhangi bir kuvvete maruz kalmayan nesneler sabit bir hızla hareketlerini sürdürürler.
- *Kütlesel Atalet Yasası:* Bir nesneye bir kuvvet uygulandığında; nesne, kütlesi ile ters orantılı bir hızda hareket eder.
- *Eşit ve Ters Yönlü Kuvvetler Yasası:* Bir nesneye bir kuvvet uygulandığında, nesne de aynı miktarda, ancak ters yönlü bir kuvvet ile karşılık verir.

Newton bunların yanında, cisimler arasındaki kütleli çekimin nasıl gerçekleştiğini açıklayan “Evrensel Çekim Yasası”nı da bulmuştur. Buna göre, iki kütle birbirine kütlelerinin çarpımı ile doğru, uzaklıklarının karesi ile ters orantılı bir çekim kuvveti uygular (Mitchell, 2009).

Newton’un evrendeki tüm hareketi “kütle” ve “kuvvet” kavramları ile açıkladığı ve fizikçiler tarafından “klasik mekanik” olarak adlandırılan bu yasalar, “saat gibi işleyen” bir evren anlayışını ortaya koyar (Mitchell, 2009; Gleick, 2000). Bu anlayışın doğal sonucu; kainatta bulunan herhangi bir sistemin, herhangi bir zamandaki konumunu ve hızını yaklaşık olarak biliyorsak, Newton kanunları aracılığı ile gelecekte gerçekleştireceği hareketleri, gelecekteki belirli bir andaki konumunu ve hızını da yaklaşık olarak belirleyebilecek oluşumuzdur (Gleick, 2000; Ruelle, 1996; Mitchell, 2009). Örneğin, bir bilardo masası üzerinde topın hareketlerini yalnızca bu yasalara dayanarak incelememiz mümkündür. Bunu yaparken kainatın başka bir yerindeki herhangi bir göktaşının hareketinin etkisini ya da algılayamayacak kadar küçük başka etkileri gözönünde bulundurmamız gerekmez. Aydınlanma çaığında insan zekasının doğayı açıklamadaki başarılarının vermiş olduğu özgüvenin sonucu olarak değerlendirilebilecek bu “determinizm” fikrini en özlü biçimde matematikçi Pierre Simon Laplace ifade etmiştir:

“Doğanın yaratılışında rol oynayan tüm güçleri ve Doğayı oluşturan tüm öğeleri bilen ve bu bilgileri çözümleyecek denli güçlü olan bir zeka, evrendeki en büyük cisimlerden en küçük atomlara dek varolan her şeyin evrimini tek bir formülle açıklayabilirdi. Böyle bir zeka için hiçbir şey belirsiz ya da bilinmez olmayacağı gibi, geçmiş de gelecek de aydınlanırdı. Astronomi bilimine kazandırmış olduğu tüm kusursuzluğa karşın insan zekası bunun ancak silik bir kopyası olabilmıştır.” (aktaran: Ruelle, 1996)

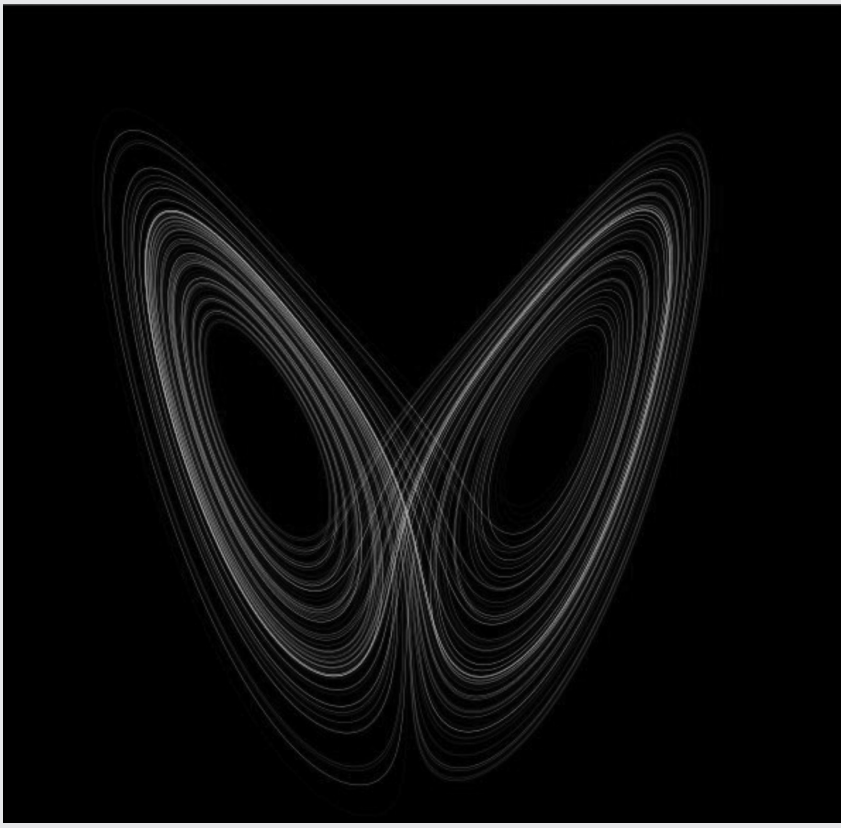
Belki de Laplace’ın bu alıntısında “üstün zeka” ile kastettiği, günümüzdeki manada güçlü bir bilgisayar idi (Gleick, 2000). Gerçekten de 1940’larda elektronik bilgisayarlar ilk geliştirildiğinde, Laplace’ın hayalinin gerçek olabileceğine inanılmış, ancak birazdan bahsedilecek buluşlar, bu iyimserliğin çok uzun sürmesine izin vermemiştir (Mitchell, 2009).

Klasik mekaniğin mutlak determinizm fikrine ilk itiraz, 19.yy.ın önemli matematikçilerinden Henry Poincaré’den gelmiştir. Poincaré, 1887 yılında İsveç Kralı’nın onuruna düzenlenen ödüllü bir yarışmaya konu olan “çok cisim problemi”ni (*many body problem*) çözmeye çalışmıştır. Bu problem, birbirlerini Newton kanunları uyarınca çeken çok sayıdaki cisimin gelecekteki konumlarının öngörülüp öngörülemediğini ele alıyor; bu şekilde Güneş Sistemi’nin kararlı olup olmadığının, gezegenlerin yörüngelerinde hareket etmeye devam edip etmeyeceklerinin cevabını bulunmaya çalışılıyordu. Poincaré bu problemi çözebilmek için, öncelikle daha basit olan “üç cisim problemi”nden (*three-body problem*) işe başladı. Ancak yaptığı çalışmalarda çözüme ulaşamadı ve problemin analitik olarak hesaplanamayacak kadar karmaşık olduğunu fark etti.

Bundan hareketle Poincare; hareket yasalarını kusursuz bir şekilde biliyor olsak bile, (başlangıç konumu, kütle veya başlangıç hızı gibi) başlangıç koşullarındaki küçük bir değişimin dahi, sistemin gelecekteki davranışı üzerinde öngörülemez derecede farklı sonuçlara yol açabileceğini ifade etmiştir (Mitchell, 2009; Gribbin, 2013a,b; Taleb, 2007). Poincare ayrıca, zamanının ötesinde bir biçimde, yukarıda ifade ettiği “başlangıç durumuna hassas bağımlılık” nedeniyle uzun dönemli hava tahmini yapmanın da mümkün olmadığını da ortaya koymuştur (Mitchell, 2009).

Poincare’nin determinizme vurmuş olduğu bu ilk darbe sonrasında, 20.yy. da yapılan iki bilimsel buluş, Laplace’ın deterministik öngörü hayalinin imkansızlığını kesin olarak göstermiştir. Bunlardan ilki 1927’de Heisenberg’in bulduğu ve herhangi bir atomaltı parçacığın aynı zamanda hem konumunun hem de momentumunun ölçülmesinin mümkün olmadığını ifade eden, kuantum mekaniğindeki “belirsizlik prensibi”dir (*uncertainty principle*). Bu prensip, atomaltı parçacıklar düzeyinde deterministik öngörünün imkansızlığını ortaya koymuştur (Mitchell, 2009).

İkinci önemli buluş ise, Edward Lorenz tarafından “*kaos*”un keşfidir. Massachusetts Technology Institute’te meteoroloji uzmanı olan Edward Lorenz, hava tahmini yapmak için geliştirmiş olduğu oniki deterministik denklemden oluşan modeli, o zamanlardaki ilkel bilgisayarında simüle etmekte ve bilgisayarın üretmiş olduğu sayı dizilerini incelemekteydi. Yine bu simülasyonların birinde, başlangıç koşullarını girerek simülasyonu baştan başlatmak yerine, kısa bir yol denemek istedi. Bilgisayarın daha önceki simülasyonda üretmiş olduğu sayı dizisinden ortadaki bir sayıyı seçerek, sonuçlar üzerinde fazla etkisi olmayacağını düşündüğü, virgülden sonraki üçüncü haneden sonraki rakamları yuvarlayarak bilgisayara girdi ve sonuçları beklemeye başladı. Ancak elde ettiği sonuçlar karşısında şoke oldu: Bir önceki simülasyonun sonuçlarının tekrarlanmasını beklerken, öncekinden çok büyük ölçüde farklı sonuçlar ortaya çıkmıştı. Önce bilgisayarın bozulduğunu düşünse de, sonrasında bu farklılığın nedenlerini araştırmaya başladı ve neticede sistemin başlangıç koşullarına aşırı derecede duyarlı olduğu, uzun dönemli hava tahmininin mümkün olmadığı sonucuna ulaştı. Lorenz meteoroloji alanı dışında da bu tür bir davranışın ortaya çıkıp çıkmadığını araştırmak için, sıcak gaz ve sıvıların yukarıya doğru hareketini ifade eden “konveksiyon” olgusunu açıklayan teorilerden ilham alarak, yalnızca üç değişkenden ve üç doğrusal olmayan denklemden oluşan deterministik bir model oluşturdu. Lorenz’in oluşturduğu bu sistem de, önceki modeldekine benzer biçimde başlangıç durumuna aşırı hassasiyet gösteriyordu. Sistemin zaman içindeki davranışını gösteren üç boyutlu faz diyagramındaki eğriler, hiçbir zaman kendisini tekrarlamıyor, birbirini kesmiyor, ancak her zaman belirli sınırlar içinde kalıyordu. Düzensizlik içinde bir düzen ortaya koyan bu şekil bazen “*Lorenz çekicisi*” olarak da adlandırılmıştır (Şekil 1) (Mitchell, 2009; Gleick, 2000). Lorenz çekicisi gibi özellikler gösteren çekicilere daha sonra Ruelle ve Takens (1971) tarafından genel olarak “*garip çekiciler*” (*strange attractors*) ismi verilmiştir (Gleick, 2000).



Şekil 1. Lorenz Çekicisi: Lorenz sisteminin $r=28$, $\sigma=10$, $b=8/3$ parametre değerleri için tahmin edilen faz diyagramı.
(Kaynak: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lorenz_attractor_yb.svg)

Lorenz'in (1963) bugularını ortaya koyduğu “*Deterministic Nonperiodic Flow*” (periyodik olmayan deterministik akış) başlıklı makalesi bilim dünyasında büyük yankı uyandırmıştır. Bundan hareketle, başlangıç koşullarında algılanamayacak kadar küçük değişikliklerin sistemin davranışları üzerinde öngörülemezlik ölçüde büyük değişiklikler yapması anlamına gelen “başlangıç koşullarına hassas duyarlılık” olgusunu karşılamak üzere fizikçiler T.Y.Li ve James Yorke “kaos” terimini kullanmışlardır (Mitchell, 2009; Gleick, 2000; Ruelle, 1996). Kaos terimi yalnızca bilim dünyasında değil, günlük hayatta da kullanılmaya başlanmış, belki de Lorenz çekicisinin bir kelebeği andırmasının da etkisiyle “kelebek etkisi” olarak adlandırılmış ve kısaca şu cümleyle ifade edilmiştir: “Bugün Çin’de kanat çırpın bir kelebek, yarın New York’ta fırtınaya sebep olabilir” (Gleick, 2000; Ruelle, 1996).

Kısaca ifade etmek gerekirse, kaos olarak adlandırılan olgu, başlangıç durumuna duyarlı sistemlerin zaman içindeki evrimini ifade eder. Garip çekiciler üzerindeki hareket de “kaotik” olarak nitelenebilir (Ruelle, 1996). Ancak kaos