

## Karmaşık Sistemlerin Stokastik Dinamiği ve “Ortaya Çıkış” Olgusu

Özgür GÜLTEKİN

### ÖZET

Temel bileşenleri birbiriyle dinamik etkileşimlerde bulunan bir karmaşık sistem, çok çeşitli uzaysal ya da zamansal ölçeklerde ele alınabilir. Bir sistemi tek bir temel bileşen yerine, bileşenlerinin kolektif davranışı üzerinden açıklamak gerektiğinde, “*ortaya çıkış*” kavramından söz edilir. Örneğin gökyüzünde kuş topluluklarının birbirine çarpmadan, zaman zaman ayrılıp yeniden bir araya gelerek etkileyici desenler sergilemesi, kuşların kolektif davranışından “*ortaya çıkıyor*” gibi görünmektedir. Kuşların büyük ölçekteki bu davranışları, sürüyü oluşturan kuşlar arasındaki dinamik etkileşimlerden doğrudan anlaşılabilir değildir. Fizik, kimya, biyoloji, sinirbilim, ekoloji, psikoloji, sosyoloji, ekonomi gibi çeşitli alanlarda buna benzer birçok örnek gözlenir. “*Ortaya çıkış*” karmaşık sistemleri anlamak için önemlidir ve karmaşıklık bilimi “*ortaya çıkış*” içeren olguları açıklamakla yakından ilgilidir. Son yıllarda bu konuda umut verici araştırmalar yapılmış olsa da, “*ortaya çıkış*” olgusunun temel prensipleri, pek çok farklı sistemde geçerliliğini koruyacak şekilde özenli bir matematiksel yaklaşımla henüz biçimlendirilememiştir. Belirli bir ölçekte önemli olan olguların başka bir ölçekte önemini yitirmesi ne zaman ve nasıl gerçekleşir? Bu durumu hangi dinamik özellikler sağlar? Bu sorulara genel bir matematiksel yaklaşımla yanıt verebilmek, karmaşık sistemlerin doğasını anlamamız için son derece önemlidir. Ayrıca böyle bir matematiksel çerçevenin geliştirilmesi, bazı önemli bilimsel ve felsefi problemlerin çözümüne de katkı sağlayabilir. Örneğin bir sisteme ait mikroskobik olguları betimleyen fiziksel kuramlarımız, büyük ölçekteki davranışları, en azından ilkesel olarak her zaman anlamamızı sağlayabilir mi? Ya da temel bileşenleri içeren kuramların öngörülleri ile büyük ölçekli davranışlar arasında bir tutarsızlık olabilir mi? Bu sorular kuşkusuz fiziksel indirgemecilikle yakından ilişkilidir. Bir sistemde tüm mikro düzeydeki fiziksel özellikler sabit tutulduğunda, tüm makro düzeylerin de özelliklerinin sabit kalması, “çoklu nedensellik” ve “nedensel dışlama” argümanları ile birlikte fiziksel indirgemeciliği destekliyor gibi görünmektedir. Buna karşın, son yıllarda makro düzeyin nedensel olarak mikro düzeyin yerini alabileceği çok sayıda olgu da literatürde tartışılmaktadır.

Deterministik olarak evrimleşen klasik bir sistemi bile ele aldığımızda, sistem hakkındaki bilgi eksikliğimiz bizi istatistiksel yaklaşımlar kullanmaya yöneltir. İstatistiksel mekanik, karmaşık sistemlerin anlaşılması açısından son derece önemli bir kuramsal araç setidir. Örneğin kinetik teori, taneciklerin etkileşimlerini yöneten yasalardan başlayarak büyük ölçekli sistemlerin yasalarını türetmeye çalışır. Çok sayıda tanecikten oluşan bir sistem, farklı dinamik zaman ölçeklerine sahip iki değişken kümesi ile karakterize edilebilir. Böyle bir sistemde, hızlı değişkenlerin etkisi, yavaş değişkenleri betimleyen denklemlere gürültü olarak eklenebilir. Bu şekilde, yavaş değişkenlerin dinamiklerini betimleyen denklemler stokastik denklemlere dönüşür. Çoğu karmaşık sistem, doğası gereği stokastik özellikler taşır ve Langevin veya difüzyon denklemleri gibi basit stokastik araçlarla analiz edilebilir.

Bu konuşmada, karmaşık sistemlerin büyük ölçekli doğasını anlamada merkezi bir role sahip olan “*ortaya çıkış*” olgusunun matematiksel perspektiften nasıl ele alınabileceği ve farklı ölçeklerdeki nedensellik ilişkileri tartışılacaktır. Bu bağlamda difüzyon süreçleri ve türbülansa yol açan akışkan kararsızlıkları üzerinden bazı örnekler sunulacaktır. Ayrıca “*ontolojik ortaya çıkış*” ve “*bağlamsal ortaya çıkış*” gibi farklı “*ortaya çıkış*” kavramları ve bunların felsefi temelleri de ele alınacaktır. Son olarak “*ortaya çıkış*” olgusu ile ilgili felsefi çerçevenin, bilimde bu kavramın titiz bir tanımının geliştirilmesi ve analiz edilmesine katkı sağlayabileceği vurgulanacaktır.