

Dr. Herman AMATO

Çizgiler : Ferruh DOĞAN

Herşeyi karıştırmalı, karmakarışık etmeliyiz. Aksi halde insanın zihni karışır.

Miguel D'UNAMUNO

Nasrettin Hocaya sormuşlar: Niye insanlar sabahleyin işe giderken her biri ayrı bir istikamete gidiyor? «Bunu bilmiyecek ne var? Hepsi bir yöne gitse dünyanın dengesi bozulur» diye cevap vermiş.

Azıcık değişikliklerle bu fıkra, Haberleşme teorisinde ve fizikokimyada çok önemli bir kavram olan entropi kavramı için çok güzel bir başlangıçtır.

Bu kavramın iki yönü var: Madde, enerji ve işe uygulanan fizikokimyasal kavram, bilgilere (information) uygulanan kavram. Bertrand Russel'in belirttiği gibi Relativite teorisinden (Bağıllılık kuramı, görelilik kuramı) sonra maddelerin (veya enerjinin) maddeliği kaybolmuş, âdeta iki olay arasındaki ilişkileri belirten birer bilgi veya haber kaynağı olmuşlardır. Bertrand Russel'in talebelerinden olan Wiener'in entropinin bu iki yönünü birlikte ele alması tabii karşılanabilir. Boltzmann ilk olarak entropi kavramını kaybedilen bilgiye (information) bağlamıştır. Haberleşme teorisinin baş yaratıcıları arasında bulunan Shannon bu kavramı bir bilgiye ulaşmak için gereken seçimlerin ölçüsü olarak geliştirmiştir. Birçok kitaplar yalnız Haberleşme teorisi ile ilgili olan kavramı ele alırlar. Diğerleri ise fizikokimyasal kavramı ele alırlar. Esaslı bir kafa hazırlığı olmadan bu iki kavramı birleştirmek güçtür.

Fizikokimyasal kavramı önce ele alıyorum. Çünkü batı memleketlerinde çok tartışılmakta olan ve oldukça eski olan bu kavram kitaplarla çoktan beri memleketimize gelmişse de önemi bildiğim kadar çok az kafalara girmiştir. C. P. SNOW «Bir aydının fizikokimyanın termodinamik bahsinin ikinci prensibini bilmemesi, Hamleti tanınaması kadar eksiktir» demiştir. Bu ikinci prensip entropiden

bahseder. Bu sözü biraz değiştirerek entropiyi bilmemek Nasrettin Hocayı tanımamak kadar eksiktir diyeceğim.

Eşeğe Binmek ve Eşekten İnmek:

Nasrettin Hoca'nın 11 eşeği varmış. Eşeğe binince hep 10 sayıyormuş, kendi bindiği eşeği unutupmuş. Eşekten inince bu sayı 11'e yükseliyormuş. Sevinçle eşeğe biniyor, bakıyormuş ki gene 10. Kaçan 11 incisini aramak istiyormuş, eşekten inince bakıyormuş ki gene eşekler 11. Çoğumuz bindiğimiz eşeği saymayı unutmasak bile, kendimizi saymayı unutturuz. Yani içimizde ortaya çıkan değişimleri hesaba katmıyor, bunları dış âleme yüklüyoruz. Dış ve iç dünyalar sandığımızdan çok daha fazla iç içe girmiştir.

Orhan Veli'nin Dalgacı Mahmut şiirinde şu mısralar var:

*Gökyüzünü ben boyarım
Her sabah.*

Bu satırların en şaşılacak yönü kelimesi kelimesine doğru oluşlarıdır. Bilmem Orhan Veli doğru söylediğinin farkında mı idi? Denizi maviye, kitabı kırmızıya, ağaçları yeşile boyayan bizleriz. Bunun gibi çeşitli boyaları da renklendiren bizleriz. Radyoyu seslendiren, taşın sertliğini, kadifenin, saçın yumuşaklığını duyan bizleriz.

Gözlerimle görmeseydim inanmazdım sözü yanlıştır. Beynimle görmeseydim inanmazdım sözü daha doğrudur. Eğer gözlerimizle görmeydik cisimleri ters ve ikiye ikiye görecektik. Çünkü cisimlerin hayalleri ters olarak ve her göze ayrı ayrı geliyor. Gözden gelen bilgileri değerlendiren beynimizdir. Dünyamıza renk, şekil ve buut katan beynimizdir. Işın garibi ışık gözümüze geldikten sonra etkisi orada biter. Beynimize giden ışığın gözümüzde yaptığı değişikliklerdir. Bu değişiklikler görme sınırları ile beyne iletilir. Bu sını-

ri kesersek artık göremeyiz. Beynin görme merkezi bölgesi yaralanırsa gene göremeyiz. Yani demek istiyorum ki dış âlemden gelen bilgileri duyu organları vasıtası ile alıyor, onları kendimize göre değişik bir şifre ile yorumluyoruz. Gördüğümüz dış âlem değil, kendi şifremizdir. Bu şifreye o kadar alışmışız ki onu dış âlemden ayıramıyoruz. İspat edilemeyen fakat mutlu olan bir olay var: İnsanlar ve memeliler benzer şifreler kullanıyor. Köpeğin dünyası renksizdir, ama şekilleri bizimkilere benzer. Tıpkı renksiz film seyrettığımız zamanlarda olduğu gibi.

Pencereden bakarken gördüğüm kırmızı bir çiçek mi? Yoksa o çiçekten gelen ışınların bende yarattığı değişiklik mi? Eğer bendeki değişikliği görüyorsam demek ki dış âlem diye gördüğüm kendimdir. Bu çerçeve içerisinde düşünülürse «Herşeyi karıştırmalı karmakarışık etmeliyiz. Akis halde insanın zihni karışır» sözü görüyorsunuz ne kadar anlamlı oluyor. Kendimizi dış dünya ile karıştırdığımız için —yani kendi yerimize dış dünyayı koyduğumuz için— yolumuzu kolaylıkla buluyor ve gördüğümüz çiçeği koparabiliyoruz. Birçok konuların anlaşılmasında bu anlattıklarımın kavranılmamış olmasından ileri gelir. Dış âlemdaki bütün bilgileri iç şifremize çevirmek istiyoruz. Bu bilgilerin bazıları bu iç şifreye çevrilir, röntgen şualarının görülmemesi halinde olduğu gibi bazıları çevrilemez, o zaman onları anlamadığımızı zannederiz. Eğer bilimsel çabaların beyin içindeki kavramlar arasında —dış dünyaya da uygulanabilecek şekilde— bağıntılar kurmak olduğuna inanılırsa, madde ile haberleşme arasındaki farkın önemini kaybettiği ve her iki halde de bizim bilgilerle uğraştığımız tasarlanabilir.



Sayıları 10 ile 11 arasında değişen eşekler.

Herşeyi Karıştırmak veya Maddelerle İlgili Entropi :

Nefes aldığımız havayı nasıl tasarlıyacağız? Biliyorsunuz ki odaya girdiğim anda rahatlıkla nefes almasam oksijen vücuduma girmez ve ölebilirim. Odanın çeşitli yerlerinde hemen hemen aynı miktarda oksijen var ki nadir haller hariç odanın her köşesinde aynı emniyetle dolaşıyorum. Oksijen oranı çok fazla olursa gene rahatsız olacağım. Azot miktarı oksijenin 4 misli olmak üzere gene eşit şekilde odada dağılıyor. Nasıl oluyor da her tarafa aynı miktar azot ve oksijen düşüyor?

Bir kibrit kutusu alalım. İçine bir bilye koyup karıştıralım. Kutuyu açtıktan sonra bilyeyi nerede bulacağımı önceden kestiremem. Bilye kutunun her tarafında

Katırın gittiği yere.



bulunabilir. Şimdi bilye sayısını artıralım. Belirli bir sayıdan sonra bilyeler artık kutunun her tarafından bulunmaya başlar ve örneğin kutunun santimetre karesine ortalama olarak bir bilye düşeceğini söyleyebiliriz. Şimdi kutumuzu büyüttelim 4 siyah bilyeye karşılık 1 kırmızı bilye düşecek şekilde çok miktarda bilye alalım. Siyah ve kırmızı bilyelerin karıştırma ile her tarafa eşit dağılıma eğilimleri olduğundan bir müddet karıştırdıktan sonra her küçük bölgeye ortalama olarak 4 siyah bilyeye karşılık bir kırmızı bilye düşecektir. Bu bilyeleri ne kadar karıştırırsak karıştıralım artık bu oranı değiştiremeyiz. Başlangıçta kırmızı bilyeleri bir tarafa, siyah bilyeleri başka tarafa koysak, yani düzenli olarak yerleştirecek, karıştırmakla her bölgede ortalama olarak 1/4 kırmızı bilye düşecek şekilde bir oran buluruz.

Artık daha fazla karıştırmakla dengeyi değiştiremeyiz. Olay en muhtemel olan istikamette yürümektedir. Düzensizden intizamıya, tek yönlülüğün çeşitliliğine. Bu intizamıya elde ettik mi? geri döndürmek için bir miktar enerji harcamalıyız. Entropi düzensizliğin, çeşitliliğin ölçüsüdür. Nasrettin Hoca'nın dünyanın dengesi dediği hal buna benzemektedir.

Oksijenin azotla karışması, renkli bir maddenin bütün bardağa renk vermesi —örneğin çay— hep bu olaya dayanır. Kimyagerlerin birinci vazifesi karıştırmaktır sözü bu dengeyi hızlandırmak için söylenmiştir. Bir kap içindeki maddeler iyice karışmasa, terkipleri hakkında nümune aldığımız yere göre değişik fikirler elde ederiz. Denge elde edildikten sonra ne kadar karıştırırsak karıştıralım artık onu değiştiremeyiz. Çaya şeker katıp karıştırmazsak önce tatsızdır. Karıştırdıktan sonra bir tad almaya başlarız. Karıştırma tamamlanınca artık daha ne kadar karıştırırsak karıştıralım bu tadı değiştiremeyiz.

Görüyorsunuz ki gene «herşeyi karıştırmalı karmakarışık etmeliyiz. Aksi halde insanın zihni karışır» sözü iyi nümune almak isteyen kimyagerler için de geçerlidir.

Oksijen moleküllerini son derece küçük ve son derece hızlı hareket eden çift bilyeler gibi tasarhyabiliriz. Bilyelere hareketi veren ve karıştırmaya sağlayan ısıdır. Entropinin ısı miktarı ile ilgili bir tanımı var. Bu iki tanımı fazla matematik taşılata girmeden bağdaştırmak mümkün

değil. Moleküllerden başlayarak veya fizikokimyasal (termodinamik) kavramları başlangıç olarak aynı formüller elde edilmektedir. Bu iki kavramı bağdaştırmaya matematik seviyeniz yükselmedikçe çalışmıyorsunuz diye söylüyorum.

Termodinamiğin ikinci prensibi eş sıcaklıkta bir kaynaktan işe harcanmak üzere enerji çekilmeyeceğini anlatır. Enerjiyi işe çevirmek için kaynaklar arasında sıcaklık farkı olması gerektiğini ve bu fark ne kadar fazla olursa o kadar randımanlı iş yapılacağını belirten formüller verir. Buna dayanarak deniz üstü ve deniz dibindeki ısı farkından yararlanarak makineler yapmak için hisse senetleri satılmışsa da oraya para yatırımlar batmıştır. Dalgalar tesisleri parçalamıştır. Kafadaki teori ile pratik arasındaki farkı anlatmak için bunları söyledim. Cisimlerdeki ısı, sıcaktan soğuca doğru aktığı ve sonunda yeknesaklık yaratıldığı için, bilmem kaç milyar sene sonra, kâinat hiçbir iş göremeyecek hale gelecek ve yaşamak mümkün olmayacak diye düşünenler var.

Bir Sistem Ne Kadar Düzensizse Onun Entropisi O Kadar Çoktur :

Diyelim ki azot molekülleri katı halde bir tarafa bulunsun. Oksijen molekülleri de gene katı halde öbür tarafa. Bunlar düzenli oldukları için entropileri azdır. Zaman o şekilde işleyecektir ki bunlar birbiri ile karışacak ve toplam entropileri maksimum olacaktır. Katı madde içindeki yeknesaklık gazdaki çeşitliliğe (moleküllerdeki çeşitli hızlar) ve düzensizliğe dönüşecektir. Nihayet gazlar karışarak denge elde edilecektir. Olaylar entropiyi artıran —en muhtemel— yönde gelişir sözü bu olayı anlatmaktadır. En muhtemel sözü ile bir molekülün katı veya sıvı haline nazaran gaz halinde daha çok sayıda mikroskopik çeşitli durumlar alabileceği ve daha çeşitli durumlarda bulunabileceği kastedilmektedir. Görülüyor ki entropi düzensizliğin ve çeşitliliğin ölçüsüdür.

Entropinin Bilgi İle İlgisi ve Canlılık :

Canlılar entropi kanununa itaat etmez görünüyor, karışıklıktan intizam yaratıyor. Karışık olarak vücuda giren gıdalardan kendilerine yarıyı alıyor taşa vs. dokunmuyorlar. Böbrekte süzülen idrardan gene kendilerine yarıyı geri alıyorlar ve

bunları düzenli olan vücut yapılarını elde ediyorlar. Oksijenin kaptıkları halde azotu bırakıyorlar. Bunu yapabilmek için bunları ayırabilecek bilgiye sahip olmalıdırlar. Ayrılacak maddeler ne kadar çeşitli veya düzensiz ise bunları birbirinden ayırmak o kadar güç ve gereken bilgi o kadar fazladır. Bu işi anzimler yapmaktadır. Anzimler vücuttaki kimyasal reaksiyonlara uygun yönü verirler. Wiener anzimlerin çalışmasını Maxwell'in şeytancığının çalışmasına benzetmiştir.

Bilgi İle İlgili Entropi ve Maxwell'in Şeytancı:

Maxwell hiç enerji harcamadan sıcaklık elde edebilecek bir tertibat düşünmüştü. Bir gazda çeşitli hızlarda uçan moleküllerden hızlı olanlar geçince bir şeytancık bir pencere açacak o molekül geçer geçmez pencereyi kapatacağı. Böylece hızlı moleküller bir tarafta toplanacaktı. Eğer moleküller çeşitli hızda veya cinsten ise şeytancığın her birini ayırmak için sarfettiği gayret o nisbette artacaktır. Sonunda serseme dönüp bayılacaktır. Şeytancık her seferinde pencereyi iyi kapatıp kapatmadığını kontrol edecektir (Feed back, birinci yazımızı okuyunuz). Bilindiği gibi bilginin miktarı, bir bilgiye varmak için sorulan soru miktarı ile ölçülmekte idi. Ne kadar soru ile o bilgiye erişirsek elde ettiğimiz bilgi o kadar fazladır. 32 harften belirtilmiş herhangi birini bulmak için harfleri numara sırasına sokup üst ve alt yarılarında mı olduklarını sora sora 5 soru ile aradığımız harfi bulacağımızı geçen sayımızda anlatmıştık. 5 iki tabanına göre 32'nin logaritmasıdır ($2^5 = 32$). Burada 32 çeşit vardır. Çeşit ne kadar artarsa düzensizlik ve entropi o kadar artacaktır. Tıpkı çeşitli kılıklar giymiş askerlerde düzensizliğin artması gibi. Her bir çeşidin entropiye katkısı ayrı ayrı hesaplanıp toplanacaktır. Toplam bilgi veya entropi 5 olduğuna ve elimizde 32 harf bulunduğuna göre her harfe düşen entropi katkısı $5/32 (= 1/32 \log 32 = -1/32 \log 1/32)$ dır. Burada log ile iki tabanına göre logaritma kastedilmektedir. $\log 32 (= 5)$ değişik olarak, $-\log 1/32$ şeklinde yazılabildiği için, geneleştirmeye daha müsait olan $-1/32 \log 1/32$ sonucu elde edilmiştir. $1/32$ nin otuziki harf içinde birini elde etme ihtimali olduğuna dikkat ediniz. Bu ihtimalin hesaplanmasında her harfin eşit sıklıkta karşımıza çıktığı farzedilmiştir. Halbuki çeşitli dillerde

harfler aynı sıklıkta kullanılmaz. Bir harfin kullanılması diğer bir harfin kullanılması ihtimalini çoğaltır veya azaltır. İki sessiz harften sonra üçüncü harfin sessiz olması Türkçede imkânsızdır. İki sesli harfin birbirini takip ettiği haller çok azdır. Bu yeni duruma göre bilgi miktarını (veya entropiyi) nasıl hesaplayacağız? Herbir harfin geliş ihtimalinin logaritmasıyla (iki tabanına göre) geliş ihtimalini çarpar, işaret değiştirerek sonuçları toplarsak yukarıdaki neticeyi genişletmiş oluruz. Bu söylediklerimizi şu formülle özetleyebiliriz $\Sigma - p_i \log p_i$. Burada p_i herhangi bir harfin ihtimali Σ ise sonuçlar toplanacak anlamına gelen işarettir. Böylece bilgiyi entropi cinsinden hesaplamış oluyoruz. Bu formül fizikokimyada kullanılan entropi formülünün benzeridir. Böyle yapmakla her harfin kendi ağırlığını (nisbi sıklığını) hesaba katıyor iyi bir ortalama alıyoruz.

Trafik Lâmbası ve Kısıtlama :

Söylediklerimizi daha iyi açıklamak için eskiden verdiğimiz trafik lâmbası örneğine bu söylediklerimizi uygulayalım. Trafik lâmbalarında 3 renk kullanılır : Kırmızı, sarı, yeşil. Kırmızı ampul ya yanmış ya da sönmüş olabilir (Evet veya Hayır cevabı gibi). Sarı ve yeşil ampuller için de aynı şeyler söylenebilir. Yani her lâmba için iki durum vardır. Kısıtlama olmazsa yanmış lâmbayı 1 sönmüş lâmbayı 0 ile göstersek, şu durumlarla karşılaşacağız : 000, 001, 010, 100, 101, 110, 011, 111. Baştaki işaretin kırmızı, ortadaki işaretin sarı ve sonuncu işaretin yeşil lâmbanın durumlarına karşılık olduğunu düşünerek bu sekiz durumu yüksek sesle tarif etmeye çalışın. Örneğin 000 kırmızı sönmük, sarı sönmük, yeşil sönmük, 010 kırmızı sönmük, sarı yanık, yeşil sönmük.

Bilindiği gibi trafikte bu sekiz imkân kullanılmaz, kısıtlamalardan yararlanır.

Katırın Gittiği Yere :

Nasrettin Hoca bir katıra binmiş alabildiğine gidiyormuş. Nereye gidiyorsun diye soranlara «Katırın gittiği yere» diye cevap vermiş. Eğer katırın gittiği yere gitmek istemiyorsak, katıra bazı kısıtlamalar uyguluyarak onu eğitime tabi tutmalıyız. İkinci yazımızda uzun uzun kısıtlamanın öneminden bahsetmiştik orada ki-

sıtlamaların öğretim için şart olduğunu belirtmiştik. Lâmbalar rastgele yansa, bize fazla bir şey öğretmeyecek. Trafik işaretlerinde yeşil geç, kırmızı dur, sarı değişiklik olacak anlamına gelir. Sarı, yeşil, kırmızı ve kırmızı sarı olmak üzere dört durum vardır. Bu dört durumun da ortaya çıkma ihtimali aynı değildir. Bu örnek Ashby'nin kitabından alınmıştır: Bir dakikada yeşil ve kırmızı ışıklar 25'er saniye yansın, sarının yandığı iki durum 5'er saniye sürsün. Rastgele geçen bir yolcu % 42 ihtimalle yeşil ve kırmızı ışık durumları ile karşılaşacak ve % 5 ihtimalle sarı ışığın yandığı halleri görecektir. Bu dört durumun getirdiği bilgiyi (entropi) hesaplamak için her birinin ihtimalinin iki tabanına göre logaritması ile ihtimalini çarpıp ve başa eksi işareti koyarak bunları toplarız.

— $0,42\log 0,42$ — $0,42\log 0,42$ — $0,08\log 0,08$ $0,08\log 0,08 = 1,63$. Demek ki kısıtlanmış halde lâmbanın entropisi 1,63 tür. Sonuç pozitifdir, çünkü kesirlerin logaritmaları negatiftir. İki tabanına göre logaritmayı bulmak için on tabanına göre logaritma cetveline bakar ve sonucu 3,32 ile çarpılır. Böylece entropiye dayanarak bilgi değerini bulmuş oluyoruz (bit cinsinden, geçen yazımızı okuyunuz).

Kısıtlama olmasaydı ve 3 lâmbanın alabileceği 8 durum aynı ihtimalle karşımıza çıksaydı ($-1/8\log 1/8$)'i sekiz defa toplayacaktık, sonuç $\log 8$ olacaktı, bu da 3 bitlik bir bilgidir ($8 = 2^3$). Halbuki kısıtlama halinde 1,63 bit bulmuştuk. Demek ki kısıtlama bir miktar bilgi kaybına sebep olmaktadır. Bütün bu hesaplarda entropiyi buluyoruz ve kısıtlamakla düzensizlik yerine bazı şekiller elde ediyoruz. Kısıtlanan bilginin kısıtlanmamış bilgiye oranı nisbi entropi diye isimlendirilir (örneğinimizde 1,63/3). Bunu 1'den çıkarırsak tam yararlanmadığımız nisbi bilgiyi buluruz ($1 - 1,63/3$). Buna «redundans» denir Türkçeye kalan olarak geçmiştir. Kısıtlama yüzünden çeşitli işaretler yerine aynı işaretlerin daha çok tekrarlanmasına ait bir ölçüdür ve şifre ekonomisi yapmakta bundan yararlanır. Bunun istatistiğe dayanan prensibi ileride anlatılacaktır, şimdilik kavramın anlaşılması için kaba bir örnek verelim. At binenin desem, kılıç kuşananındır demeye mecburum. At binenin sözü kısıtlamalar yapmış ve kılıç kuşananın sözünün kullanılmasına sebep olmuştur. O halde mesajında at binenin... desem siz kılıç kuşananındır sözünü anlayacaksınız, böylece şifre ekonomisi yapabileceğim. Yalnız ata binerken atın gittiği yere gitmemeye dikkat etmek lâzım. Onu biz götürmeliyiz.

TECRÜBELİ BİR YÖNETİCİYE GÖRE: MEMUR TIPLERİ

Tahta kuruşu: Beygir kuvveti düşük, taciz kudreti yüksek

Leylek: Çenesi düşük, durmadan konuşan.

Deve kuşu: Çekingen tip, kendisini kumun içinde saklar ve başını etrafa hava habbecikleri çıkaracak kadar dışarı çıkarır.

Fare: Hissiz, aksî, inatçı ve tam mânası ile içe dönük.

Sempatik ayı: Başkalarının çayırlarında otlayan, herkesle ahabap.

Kırmızı karınca: Çabuk heyecanlanan, kızan ve hiç doyurulamayan.

Süt danası: İşini bilen. Dürüst mantıklı, güvenebilir ve sempatik.

Kafası işleyen inek: Bir durumu tahlil eder, karar verir ve harekete geçer.

Süt danası ile kafası işleyen inek her yönetim ekibinde ihtiyaç gösterilen insanları temsil eder, parantez içinde şu da ilâve edilmelidir ki, bu tip insanlar her cemiyette zannedildiğinden çok fazladır. Bu gibi insanların bir tanesi de şudur:

«Onlar bir hareket adamı gibi düşünürler ve bir fikir adamı gibi hareket ederler»

Dr. Greenwalt

Du Pont Kumpanyası Genel Müdürü