

Trafiğin Fiziği

Tıkanan bütün otoyolları açabilecek bir yöntem var mı? Bu soru üzerinde düşünen iki fizikçi “Bundan kolay ne var” diyor. Kalabalık bir otoyolda içinizden öteki sürücüler için “olmaz olsalardı” diye düşünebilirsiniz. Tam durmanız da şart değildir; akordiyon körüğü gibi bir sıkışıp bir açılan trafiğe girmeniz yeter; sıkıntı içinde egzoz gazlarını solur durursunuz. Gözünüz sizinkinden biraz daha hızlı akan şeritlerden birindedir; kapağı oraya atmak istersiniz. Bir yan yoldan ana otoyola giren taşıtlar en beterdir; yeni “düşman”lardan oluşmuş bir taşıt seli, sizin şeridinize girip önünüzü tıkamayı bir marifet sayar; onlara yol vermemek için biraz hızlanırsınız.

Bernardo Huberman bu duygularınızı anlar, anlar da yine de sizi bilgisizlikle suçlarsa kızmayın. Huberman şöyle diyor bu konuda: “Bu korkunç trafik karmaşasını bir kristalin içindeki düzene dönüştürmek için gereken tek şey otoyol üzerinde biraz daha fazla sayıda taşıt olabilir. Bu sağlanırsa, hedefinize güvenli ve kararlı bir biçimde gidebilirsiniz”.

Huberman kafası karışmış bir yeni-çağcı değildir; Xerox Palo Alto Araştırma Merkezi’nde, sosyal ikilemler üzerinde düşünerek yaşamını kazanan kuramsal bir fizikçidir. Son zamanlara kadar, çalışma saatlerinin çoğunu İnternet’deki tıkanıklığa ayırıyordu. Bir gün Almanya’da Stuttgart Üniversitesi’nden Dick Helbing ona konuk oldu. Helbing tüm çalışma saatlerini otoyollardaki trafik tıkanmasına harcayan bir kuramsal fizikçiydi.

Helbing bu konu üzerinde çalışan tek kişi değildir. Trafik fiziği, bugün özellikle Almanya’da çok önemli ve güncel bir konudur. Birlikte çalışan Helbing ve Huberman, bütün otoyollarda trafik sıkışıklığını açabilecek bir yöntem bulduklarını ileri sürüyorlar. “Bundan basit bir şey yok” diyor Huberman.

Buluşları bilgisayar modellerine dayanıyor. Bilgisayar modelleri trafik karmaşıklığını simgelemekte eşsizdir. Eski bilgisayar trafik modelleri, her taşıt aracı için karmaşık bir denklem kullanıyordu; bu, bilgisayarları çok uğraştıran bir yöntemdi. Zor olduğu için de fazla kullanılmıyordu.

Helbing ve diğer fizikçilerin buldukları yeni yöntemlerse bu

işi basitleştirdi. Bu yöntemlerden birinde, otoyol üzerindeki taşıt araçları gaz moleküllerine benzetilir; fakat bu “moleküller”, gaz moleküllerinden farklı olarak, belli bir yöne belli bir hızla gitmek isterler. Bu şekilde bilgisayar, taşıt araçlarının bir arada hareketini daha basit denklemlerle anlatabilir. Bir başka yöntem, taşıt araçlarının her birini “hücre otomaton”lara benzetmektir. “Hücre otomaton”, matematikle ilgili harika bir oyundur. Basit kurallara göre oynanır. Trafikte siz şöyle düşünebilirsiniz: “Çok yavaş gidiyorum. Yanımdaki şeritte boş bir hücre var; o hücreye geçebilsem şu önümdeki “şeytan”dan da kurtulurum. O halde onu geçiyorum”.

Bu modelleri gerçeklere bağlayan veriler, otoyollarda taşıt araçlarının bazen üzerinden geçtikleri elektrik kab-

larından doğmuştur. Bunlara “endüksiyon ilmi detektörleri” denir. Bunlar geçen taşıt araçlarının hızını, büyüklüğünü ve sayısını ölçerler. Alman otoyol ağında böyle pek çok detektör vardır. İki yıl kadar önce Frankfurt’un kuzeyindeki detektörlerden gelen verileri inceleyen bir Stuttgart fizikçisi, Daimler-Benz Araştırma Enstitüsü’nden Boris Kerner, şaşırtıcı bir buluş yaptı: Serbestçe akan trafik trafik sıkışması arasında bir üçüncü trafik durumu vardı. Bu trafik serbest olan trafikten daha yavaş olmasına rağmen tıkalı değildi; üç şeritteki taşıt araçları da aynı hızla gidiyorlardı.

Kerner “eşzamanlaşmış” trafik durumunun otoyola yandan giriş rampaları hizasında meydana geldiğine dikkat etti. Yan yollardan otoyola giren taşıt sayısında birden artış oluştu, bütün otoyoldaki trafiği birdenbire eşzamanlılaştırıyordu; su buharının bir toz tanecikçi üzerinde yoğunlaşması gibi. Eşzamanlaşma otoyol üzerinde sıklıkla öne ve arkaya doğru yayılıyor ve saatlerce sürüyordu.

Helbing, trafiği bir gaz ve taşıtları o gazın molekülleri kabul ederek Kerner’in eşzamanlaşmış trafiğini açıklayabildi. Helbing bu durumun yalnız otoyola yandan giriş rampalarında değil, başka durumlarda da oluşabildiğini gösterdi. Örneğin bir kamyon bir başka kamyonu çok yavaş bir biçimde sollayıp arkasındaki trafiği yavaşlatınca aynı durum oluşuyordu. Eşzamanlaşma, yan yollardan otoyola giren taşıtların sayısında hafif bir azalma olduğunda da görülebiliyordu. Helbing “bu bize bir sürpriz



Fizikçi Bernardo Huberman “Otoyol üzerinde çok sayıda sürücü vardır; bunların hepsi bencildir. Bulduğumuz yöntem trafiğin sıkışmasını önleyecek ve ekspres otoyollarında çok düzgün bir trafik akışı sağlayacaktır” diyor.

oldu” demektedir. Helbing, ayrıca tıkanmış bir trafiğin birçok evreleri olduğunu da gösterdi: Serbest akan trafikle sıkışmış trafik arasında en az beş evre vardı. Bir kimyacı nasıl bir elementin katı, sıvı ve gaz haline karşılık olan sıcaklık ve basınçları bir faz diyagramı biçiminde gösterirse, Helbing de otoyol trafiği için öyle bir faz diyagramı hazırladı. Bu diyagram, otoyol üzerindeki trafik akışıyla otoyola yandan giren trafiğin değişik kombinasyonlarının nasıl farklı trafik tıkanmalarına yol açtığını, bir fazın nasıl kolaylıkla öteki bir faza geçebildiğini gösteriyordu.

Helbing şöyle diyor: “Belli bazı trafik yoğunluklarında, küçük nedenler büyük sonuçlar doğurur. Trafik sıkışmalarının çoğu önlenebilir cinstendir. Tıkanmanın nedeni otoyol üzerinde çok fazla taşıt olması değildir; küçük bir düzensizliğin büyümesi ve bütün trafiği durdurmasıdır”.

Huberman ile Helbing’in birlikte yaptıkları son çalışmalar bu anlattığımız temellere dayanıyordu. Helbing’in hücresel otomaton modelini kullandılar. Bu modelde, bir otoyol üzerinde gerçeğe uyar biçimde otomobil ve kamyonlar karışık bir biçimde ilerliyor ve bunlar her fırsatta birbirlerini geçmeye çalışıyorlardı. İki araştırmacı taşıtların çok değişik trafik koşullarında, 10 km’lik yolu kaç dakikada aldıklarını bilgisayar kullanarak hesapladılar. Kritik bir trafik yoğunluğunda (otoyolun kilometresi başına 22 taşıt) şaşırtıcı bir şeyle karşılaştılar: Taşıtların birbirlerini geçmele-ri olayı birdenbire kaybolmuştu. Huberman bunu şöyle anlatıyor: “Otoyol üzerindeki tüm taşıtlar adeta tek bir taşıtmış gibi hareket etmeye başladılar. Böylece trafik durumu sabitleşti ve birdenbire trafik tek bir katı blok halinde akmaya başladı”.

Her ne kadar Huberman ve Helbing, gerçek bir otoyol üzerinde de aynı durumun oluşup oluşmadığını kanıtlamadılarsa da, Hollanda otoyollarından toplanan veriler, bu simülasyonun sonuçlarını doğrular niteliktedir. Otoyol üzerinde kritik taşıt yoğunluğuna erişildiğinde, otomobiller ve kamyonlar aynı hızla hareket etmeye başlarlar ve uzun süre bu hızla gider-



ABD’de 1999’da yalnız kent yollarında taşıtlar 2,4 trilyon kilometre gidecekler. Trafiğin zaman zaman duraklaması yüzünden çok fazla zaman kaybedilecek.

ler. “İşte bu, tam amaçlanan durumdur” demektedir Huberman ve Helbing. “Hızın değişmeden kalışı yolculuk süresini kısaltır ve kazaların ana nedenlerinden biri olan sollayarak önündeki taşıtı geçmeyi ortadan kaldırır. Bununla birlikte, belirtmemiz gerekir ki bu aynı hızla hareket eden taşıtlardan oluşan katı blok halindeki trafik durumu, sürekli değil geçicidir. Şöyle ki trafik yoğunluğunu biraz artırın ya da azaltın; işte tıkanmış “bir dur bir ilerle” biçiminde bir trafik” diye ekliyorlar.

Bereket ki bu katı bloku bozulmadan tutma olanağı var. Helbing ve Huberman bunun çaresini şöyle açıklıyorlar: Yan yollardan ana otoyola giriş yapan bir kola bilgisayarla kontrol edilen bir trafik lambası konulmalıdır. Yan yollardan ana otoyola katılan trafik, önceden saptanan belli bir programla çalışan trafik ışıklarıyla kontrol edilmemelidir. Bunun yerine, üzerinden taşıtların geçtiği elektrik kablolarından elde edilen canlı veriler, anı anına bir bilgisayara yüklenmeli, yan yollardan ana otoyola giriş noktalarındaki trafik ışıkları, bu verilere göre yanıp sönmeli ve bu sayede ana otoyol üzerinde taşıtların bir blok halinde aynı hızla gitmesini sağlayacak bir trafik yoğunluğu elde edilmeli ve bu sürdürülmelidir. Örneğin, yan yollardan ana otoyola giren trafikte bir azalma olursa, bu giriş noktalarındaki

trafik ışıkları, azalış giderilene kadar yeşil yanmalıdır. Bunun aksine, ana yoldaki trafik yoğunluğu kritik sınırı geçerek “bir dur bir ilerle” tipi sıkışık trafik riski belirirse, yan yollardan ana otoyola giriş noktalarındaki trafik ışıkları bu durum giderilene kadar kırmızı yanmalıdır.

“İşe geliş ve işten çıkış saatlerindeki trafik, bu önlemlere rağmen yine de yavaşlayabilir. Fakat bu saatler dışında, orta trafik yoğunluklarında, anlatılan yöntemle taşıtlar hiç duraklamadan ve birbirlerini geçmek gereksinimi duymadan, katı bir blok halinde ilerleyeceklerdir ve bundan herkes memnun kalacaktır” diyor Huberman, ardından da şunları ekliyor: “İnsanlar bencil davrandıklarında, ortak bir amaca varılması son derece zordur. Bir ana otoyol üzerinde çok sayıda sürücü vardır ve bunların hepsi de bencildir. Fakat bizim bulduğumuz yöntem sayesinde her sürücü, önündeki yol serbest olduğundan, hiç duraklamadan gayet düzgün bir şekilde taşıtını sürebilecektir. Bu, son derece rahat taşıt sürme demektir. Ben saatte 80 km civarında giderken, bunu kendim dedim. Taşıtlar arasındaki uzaklık, onların birbirlerini geçmelerine izin verecek kadardı; fakat kimse bu gereksinimi duymadı. Herkes böyle bir trafiğin en uygun trafik olduğunu hisseder ve rahatlar”. Sonsuz huzur ekspres otoyollarda mı? “Kesinlikle. En azından şimdilik” diyor Huberman.

Çeviri: Selçuk Alsan

Kunzig, R., “The Physics of... Traffic”, *Discover*, Mart 1999