



NEDEN KARMAŞIK SİSTEMLER BİZ OLMADAN DAHA İYİ ÇALIŞIYOR?

Bizler genellikle düzenli olanı dağınığa, kurallı olanı da kurlsıza yeğleriz. Kusursuz geometrik bir düzen hoşumuza gider, hatalı ya da düzensiz olandan uzak dururuz. Öngörebilmeyi ve herşeyden de önemlisi kontrol edebilmeyi isteriz.

Günümüzün kafa karıştırıcı ortamında her şey üzerinde daha az gücümüz varmış gibi görünüyor. Bu durumun bizi alt etmesine izin vermek yerine belki de İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'nden fizikçi Dirk Helbing'in çalışması sayesinde bu durumun keyfini sürebiliriz. Helbing, karayollarındaki on binlerce aracın hareketi ve fabrikalarda birbiriyle etkileşimli çalışan büyük makine sistemleri gibi insan aklının çoğu zaman neyin neden olduğunu anlamakta güçlük çektiği karmaşık sistemleri inceleyen bir araştırmacı.

Helbing ve bazı başka araştırmacılara göre düzene ve kontrole olan düşkünlüğümüz bizi yanlış yönlendiriyor. Birçok durumda kontrolü bir miktar el-

den bırakarak sistemin kendi çözümünü bulmasını sağlamak daha sağlıklı. Genellikle çözümler kendi düşüncelerimize hiç benzemese de sonuçlar daha tatmin edici olabiliyor.

Çalışmanın sonuçları, çözemeyecekleri karmaşık sorunlarla hergün daha çok karşılaşan günümüz mühendisleri için bir miktar rahatlatıcı olabilir. İşte size, makinelerin kontrolü alması sonucunda elde edilen bir başarı öyküsü.

1992'de General Motors şirketi Indiana'da Fort Wayne'deki montaj fabrikasında kamyonların otomatik olarak boyanmasıyla ilgili sorunlar yaşıyordu. Üretimden çıkan kamyonların boyama işlemini 10 adet boyama kabininde ma-

kineler gerçekleştiriyordu. Kamyonların üretimden çıkış zamanlarının tahmin edilemez olmasından ve boya makinelerinin bazen program dışı bakım ve tamiri gerektiğinden kamyonları verimli bir şekilde kabinlere dağıtmak olanaksız görünüyordu.

General Motors mühendislerinden Dick Morley, boyama makinelerinin kendi iş planlarını kendilerinin oluşturmasını önerdi. Farklı makinelerin, yapılacak boyama işlerine "teklif" verebileceği, bir yandan da bakım ve başka işleri göz ardı etmeden olabildiğince meşgul olacağı bir dizi basit kural geliştirdi. Elde edilen sonuçlar biraz garip olsa da etkileyiciydi. Sistem sayesinde General Motors yalnızca boyama

işinden yılda bir milyon dolardan çok tasarruf sağladı. Sonuçta boya hattı hiç kimsenin öngörmediği bir iş planıyla çalıştı. Makineler acil gereksinimlere kendileri yanıt vererek sistemin yüksek kapasitede çalışmasını sağladı.

Üretim süreçleri genellikle birçok girdi, değişken ve etkene bağlıdır. Sistemdeki en küçük bir değişiklik bile çok farklı ve öngörülemeyen sonuçlara yol açabilir. Bu yüzden de geçmiş deneyimlere dayanarak oluşturulan yeni bir üretim hattında ne olacağı tam olarak kestirilemez. “Yöneticiler bazen geçmiş sistemlerdeki performansa bakarak yeni bir sistemde ne olabileceğini hesaplamaya çalışır ama bu yaklaşım genellikle çok kötü sonuçlar verir.” diyor Helbing.

Helbing bu durumla başa çıkabilmek için mühendislerin bu tür sistemlerin karmaşık öngörülememe özelliklerine saygı göstermesi gerektiğine ve insanların doğal eğilimlerinin çoğu zaman nasıl istenmeyen sonuçlara neden olabileceğine dikkat çekiyor. Helbing bu sistemleri bir otobüs kullanır gibi yönetemeyeceğimizi ve sistemin kendini düzenleme eğilimlerini öğrenmenin bizim yararımıza olacağını belirtiyor.

Helbing bu noktaya farklı bir yoldan ulaşmış. Bir fizikçi olsa da 1990'lı yılların başında fizik ve insan hareketleri arasındaki paralellikler ilgisini çekmiş. Helbing “Esin kaynağım, akışkanların ve insanların bir engelin çevresinden geçişlerindeki benzerlikti.” diyor. O zamandan beri de toplu insan hareketlerinin matematiği üzerine çalışıyor. Bu durum onun şu anda neden sosyoloji bölümünde görevli olduğunu da açıklıyor.

Sosyal bilimciler genellikle insan davranışlarının öngörülmesi zor olan çeşitliliği üzerinde yoğunlaşır. Helbing bunun çoğu durumda çok da önemli olmadığını belirtiyor. Genellikle koşullar insanların seçeneklerini öyle sınırlıyor ki insanlar dış etkenlere otomatik olarak karşılık veriyor. Bu nedenle de ortalama insan davranışları öngörülebilir oluyor. Örneğin insanlar yollarda hız sınırına çok yakın ya da onun hemen üstünde gidiyor ki bu durum kendiliğinden hareketli parçacıkların birbirine çok yaklaştığında birbirini çekmesine benziyor.

Bireysel hareketler genellikle basit olsa da bireylerin oluşturduğu toplu

davranış şekilleri sezgisel olmaktan uzak olabilir. Sağduyu, olabilecekler karşısında bizi yanlış yönlendirebilir. Örneğin trafik sıkışıklıkları genellikle trafik yoğunluğunun arttığı zamanlarda olur. Yine de Helbing'in ekibinin gösterdiği gibi bu, her zaman doğru olmayabilir.

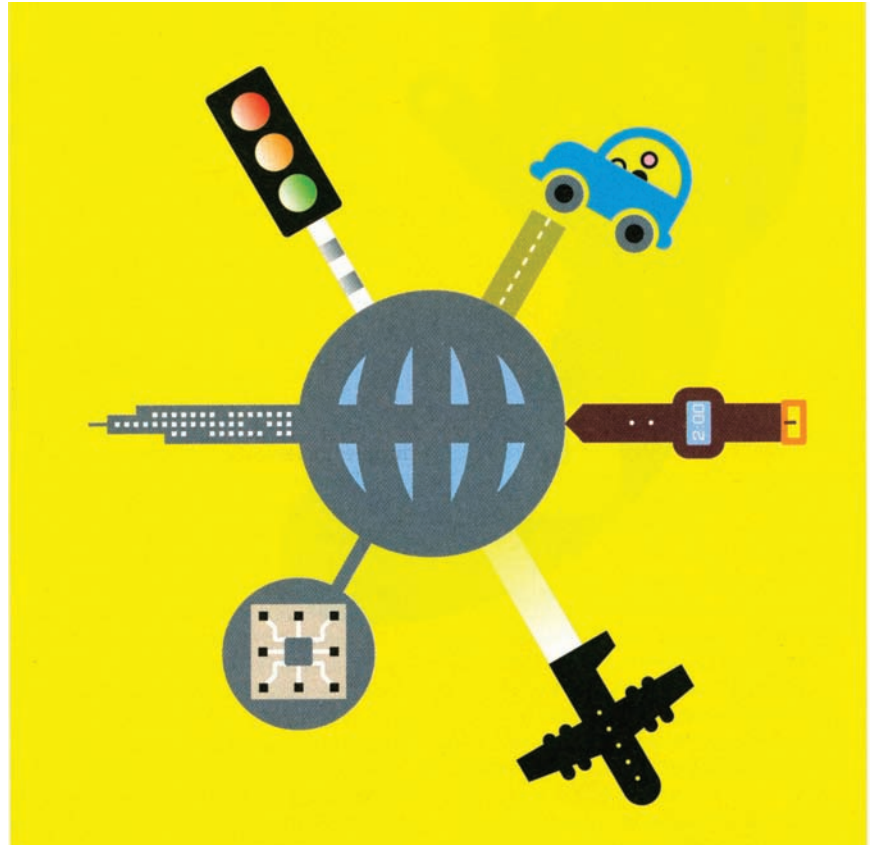
Özel arabaların ve kamyonların bulunduğu iki şeritli bir yol düşünün. Arabalar ortalama olarak kamyonlardan daha hızlı ilerler. Düşük yoğunluktaki bir trafikte arabaların kamyonları rahatça sollayıp geçebileceği boşluklar bulunur. Yoğunluk arttıkça sürücüler karşıdan gelen araçlar yüzünden daha zor sollama yapar. Buna karşın, benzetimlerden ve gerçek trafik gözlemlerinden elde edilen bilgi, kritik yoğunluktaki bir trafikte şerit değiştirmenin zorlaşmasının daha olumlu bir etkisi olduğunu gösteriyor. Sürücüler, tek şeritte kalma durumunda olduğundan trafik akışını daha az bozarak birim zamanda daha çok aracın geçmesini sağlamış olur.

Sezgilere aykırı benzer durumlar kalabalık insan topluluklarında da gözlenir. Helbing ve ekibi kendilerinin “yavaş olan hızlıdır” diye adlandırdığı durumu yine benzetim sonuçları ve deneylere dayanarak açıklamış. Bir me-

kandan tek bir kapıdan geçerek kaçmak gerektiği durumlarda insanlar koşuşturmak yerine sakince odayı terkedersen daha çok insan dışarı çıkacaktır. İşin ilginç yanı, kapının önüne bir engel konduğu durumda insanlar odaya daha hızlı bir şekilde çıkması. Bunun nedeni engelin, insanların hareketini ve hareketin sürekliliğini sağlamada düzenleyici bir rol oynamasıdır. Helbing uygun bir engelle insanların çıkış hızının %30-40 oranında arttırılabileceğini belirtiyor.

Kalabalıkların çevre koşullarına uyum göstermesi engellerin işe yaramasını sağlıyor. Çok dar bir geçidin her iki ucunda karşıya geçmek isteyen insanlar karşılaştığında tam bir karışıklık olacağını ve yalnızca kaotik hünerleri olan bazı insanların karşıya geçebileceğini düşünebilirsiniz. Oysa ki gerçekte insanlar tümüyle farklı bir şey yapar. Eğer insan yoğunluğu çok değilse, önce bir yönden gelenler karşıya geçer daha sonra öteki yöndekiler geçişlerini yapar. Bu bir şekilde gruplar arasında organize edilir. Kalabalık daha iyi bir verim almak için bu işi anlık olarak organize etmeyi sürdürür.

Helbing kalabalıkların, fiziktekine benzer kavramlarla modellenebileceğini fark etmiş. Geçidin bir yanındaki sı-



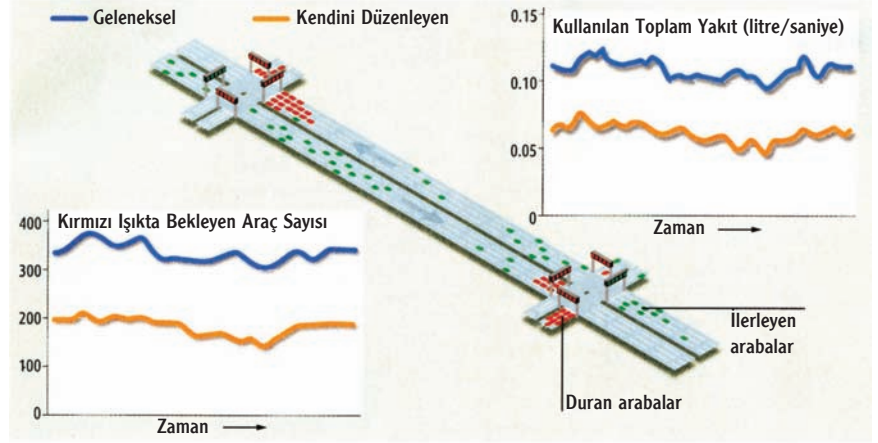
ra uzadıkça bu sıra, bir akışkan ya da gazın uyguladığına benzer bir basınç oluşturmaya başlıyor. Yoğun insan kalabalığı sonunda insanları karşıya geçirecek enerjiye ulaşıyor ve böylece basınç ortadan kalkıyor.

Sonraki çalışmalar da Helbing'in, yayalar, trafik ve fabrikada üretilen malların hareketleri gibi sistemlerin ilginç bir şekilde benzerlikler gösterdiği ve birinden öğrenilen bilgilerin bir başkasında kullanılabileceğine inanmasını sağlamış.

Geçen yıl Helbing ve Dresden Teknik Üniversitesi'nden Stefan Lämmer trafik ışıklarının sıklığı gidirmek için yeniden düzenlenip düzenlenemeyeceği üzerine düşünmeye başlamış. Teksas'taki A&M Üniversitesi'nden David Shrank ve Tim Lomax'ın bir raporuna göre yalnızca ABD'deki trafik sıkışıklıkları 78,2 milyar dolar kayba, 4,2 milyar saat gecikmeye ve 10,9 milyar litre yakıt tüketimine yol açıyor. Bir başka deyişle verimli bir trafik akışının olumlu ekonomik etkisi çok büyük olabilir.

Bu belki de trafik ışıklarının çalışmalarını kendilerinin ayarlaması için bir yol bulunması anlamına geliyor ki günümüzde birçok sinyalizasyon sistemi bu özellikten yoksun. Şimdilik mühendisler trafiği mantıklı gibi görünen bir takım kalıplara sokmaya çalışıyor. Örneğin ana yollardaki yeşil ışıklar trafiğin yoğun olduğu saatlerde daha uzun süreli yanıyor. Ama bu, mühendislerin geçmişte gözlenen ortalama durumlara göre yaptığı ayarlamaların sonucunda gerçekleştiriliyor. Trafik ışıklarının değişen koşullara kendi başlarına tepki verme esnekliği yok. Aynı zamanda mühendisler böylelikle trafik ışıklarının tek merkezden kontrol edilmesi gerektiği düşüncesine de sadık kalmış oluyorlar.

Helbing ve Lämmer trafik ışıklarına basit bazı işletme kuralları konur ve kendi çözümlerini bulmaları sağlanırsa, ışıkların daha yararlı olabileceğini düşünüyor. Bunu göstermek için trafiğin bir akışkan gibi davrandığını kabul eden matematiksel bir model geliştirmişler. Trafiğin bir akışkan olarak kabul edilmesi zaten çok kullanılan bir trafik mühendisliği yöntemidir. Model, bir yoldan gelen bir trafiğin başka bir yoldan ayrılması gereken kavşaklarda neler olduğunu bir boru sisteminde hareket eden akışkanın davranışlarına benzer bir şekilde tanımlıyor.



Akıllı Trafik lambaları

Doğal olarak bir yolun üzerinde, kapasitesinin üstünde trafik akışı olduğu durumlarda sıkışıklık görülebilir. Bunu engelleyebilmek için Helbing ve Lämmer her kavşaktaki trafik ışığını artan trafik basıncına (tıpkı geçidin önünde biriken insanlar gibi) yanıt verecek şekilde düzenlemiş. Tüm trafik ışıklarında bulunan bir algılayıcı anlık trafik durum bilgisini bir bilgisayara gönderiyor ve bilgisayar da o bölgede bir süre sonra beklenen trafik akışını hesaplıyor. Bilgisayar aynı zamanda yolu açmak ve oluşan basıncı ortadan kaldırmak için yeşil ışığın ne kadar süreyle yanması gerektiğini de hesaplıyor. Böylece her trafik ışığı bir sonra gerçekleşecek duruma kendisini en iyi nasıl uyarlayabileceği konusunda bir tahminde bulunmuş oluyor.

En iyisi yalnız bırakmak

Trafik ışıkları kendilerini çevreye çok uyarlırsa bu çözüm de yeterli olmayacaktır. Yalnızca kendi çevrelerine göre bir ayarlama gerçekleştiğinde ileride daha büyük bir soruna neden olabilirler. Bunu engelleyebilmek için de Helbing ve Lämmer birbirlerine komşu ışıkların bilgilerini paylaştığı başka bir sistem geliştirmiş. Böylece bir trafik ışığının yakınında olanlar ötekilerin de nasıl davranacağını etkileyebilir. Bu şekilde kendi kendini düzenleyen ışıklar uzun kuyrukların oluşmasını engelleyebilir.

Tüm basitliğine karşın, bu kuralların çok iyi çalıştığı görünüyor. Helbing ve Lämmer benzetimlerinde ışıkların bu şekilde çalışmasının toplam yolcu-

luk sürelerinde önemli bir düşüş sağladığını ve hiç kimsenin bir ışıkta çok uzun süre beklemek zorunda kalmadığını göstermiş. Bütün bunlara karşın, ışıkların davranışları insanların neyin verimli olduğu konusundaki düşünceleriyle genelde uyumsuz. Lämmer "Ne kadar süreyle yeşil yanacağı belirsiz." diyor. Yine de ortalama yolculuk süresi kısalıyor ve daha tahmin edilebilir oluyor.

Ayrıca yeni sistem, klasik trafik kontrol yöntemlerinden kaynaklanan bazı sorunları da ortadan kaldırabilir. Trafiğin az olduğu saatlerde sürücüler genellikle ışıklarda beklemeleri gerekenden daha çok bekler çünkü sistem trafikte daha çok arabanın olduğu durumlara göre tasarlanmıştır. Örneğin gecenin ortasında hiç gerek yokken arabalar ışıklarda beklemek zorunda kalır. Kendi kendini ayarlayabilen trafik ışıkları çevrelerindeki gelişmelere açık olacağından yaklaşan arabayı görerek ışığı yeşile çevirir ve arabanın beklemeden geçmesini sağlayarak bu sorunun çözülmesine yardımcı olur.

Şehir planlamacıları gittikçe artan trafik sıkışıklığına karşı kendi kendini düzenleyen trafik ışıklarını pratik bir çözüm olarak görmeye başladı. Helbing ve Lämmer şimdilerde Dresden'deki yerel bir trafik bürosuyla çalışıyor. Öncelikle düşüncelerini burada deneyecek ve belki de uygulayacaklar. Dresden'in yol ağı üzerine yaptıkları ilk benzetimlerin sonucu umut verici olmuş. Lämmer "Bekleme zamanlarında ve yakıt tüketiminde önemli düşüşler kaydedtik." diyor. İsviçre'nin Zürih kenti yetkilileri de bu yaklaşımdan etkilenmiş görünüyor.

Helbing ve Lämmer, sistemlerinin kendi kendini düzenleyen trafik akışı düşüncesinin, olabilirliğini gösterdiğini öne sürüyor. Arabaların çevre koşullarını algılayarak buna göre tepki vermesini sağlayacak teknoloji günümüzde zaten var ve belki de çok yakın bir gelecekte çoğumuz arabalarımızın en azından bazı kontrollerini yolculuk kılavuz sistemine devredeceğiz. Arabalar birbirleriyle konuşabilirse, Helbing ve ekibine göre trafikteki durum daha da iyileşebilir ve günün bazı zamanlarındaki sıkışıklıkların boyutları azaltılabileceği gibi tümüyle de ortadan kaldırılabılır (bkz. Seyir Kontrolü).

Bütün bunlardan aldığımız daha önemli ders de bugün bağımlı olduğumuz süper karmaşık yapılarda yalnızca sezgilerimize güvenemeyeceğimizdir. Klasik yöntemleri uygulayarak belki de hiçbir zaman bu sistemleri nasıl kontrol edeceğimizi öğrenemeyebiliriz. En iyi yol kendilerini yönetmelerine izin vererek yeni yöntemler öğrenmeye çalışmak olabilir. Mühendisler artık yalnızca sorunları çözmiyor, kendi sorunlarını çözecek sistemler de yaratıyorlar. Kontrol etmek biraz daha kontrol dışı olmayı gerektirecek gibi görünüyor.

Seyir Kontrolü

Günümüz araçlarının bazılarında, sürücünün bazı kontrolleri devredebileceği kimi aygıtlar bulunuyor. Yaygın seyir kontrol sistemlerinden olan hız sabitleyicilerden (aracın sürücünün belirlediği sabit bir hızla gitmesini sağla-



yan) farklı olarak uyarlanabilir seyir kontrol sistemleri (USK) bir radar yardımıyla öndeki aracın hızını ve aradaki uzaklığı belirler. Bu bilgiyi saniyede birçok kez güncelleyen sistem, aracın hızını ve aradaki uzaklığı ayarlar. Öndeki araç yavaşladığında otomatik olarak fren yapar ya da öndeki araç hızlandığında aynı şekilde aracı hızlandırır. Sistem, insan reflekslerinden çok daha hızlı ve doğru tepki verir.

Dresden Teknik Üniversitesi'nden mühendis Arne Kesting, yakın zamanda gerçekleştirdiği benzetimlerde bu teknolojinin trafikte ortaya çıkan sorunların giderilmesinde nasıl kullanılabilirliğini incelemiştir. Yollardaki araçların çoğunun USK'larla donatılmasına daha uzun bir süre var gibi görünse de

araştırmacılar çok az sayıda USK kullanıcısının bile trafik akışına önemli bir etkisi olabileceğini göstermiş.

Şimdilik sürücüler yalnızca karşılaştıkları ya da radyo haberlerinde duydukları trafik durumlarını dikkate alabiliyor. USK'lı araçlar yol kenarındaki monitörlerden ya da öteki araçlardan bölgesel trafik durumunu alabilecekleri algılayıcılarla rahatlıkla donatılabilir. Kesting ve çalışma arkadaşları, bu sinyallerin USK'lı arabaların daha akılcı hareket etmesini sağlaması sonucunda trafik sıkışıklığının bir miktar azaltılabileceğini düşünüyor.

Örneğin, bir sıkışıklıktan çıkan araçlar birbirlerini daha yakın izleyerek sıkışıklığın daha çabuk dağılmasını sağlayabilir. Aynı şekilde sıkışıklığa yaklaşan araçlar da sıkışıklıkla karşılaştıklarında ani bir şekilde durmak yerine aşamalı olarak yavaşlayabilir. Bu, trafiğin daha akıcı olmasını sağlayarak yolun kapasitesinin artmasına ve trafik akışının daha sabit kalmasına neden olacaktır. Kesting'in benzetimlerine göre araçların %25'inde USK bulunması durumunda birçok trafik sıkışıklığı önlenir. Araçlardan yalnızca %3'ünde olması durumunda bile yolculuk süreleri önemli ölçüde kısalabilir.

Kesting ve Helbing şu anda bu düşünceleri Volkswagen şirketiyle birlikte gözden geçiriyor ve birkaç yıl içinde bu sistemleri gerçek yollarda görmeyi umut ediyorlar.

"Law and Disorder", New Scientist, 09 Ağustos 2008
Çeviri: Cumhuriyet Öztürk

