

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Haziran 2026 Yıl 59 Sayı 703 - 39 TL

YAPAY ZEKÂYA "MERHABA" DEDİĞİNİZDE

Aslında Kiminle
Konuşuyorsunuz?

HANTAVİRÜS
VAKALARI

MAKİNE
UNUTMASI

SİSTEM
DÜŞÜNCESİ

GIDA
GÜVENLİĞİ

ÖZEL EK:
Liseli
Gençlerden
Popüler
Bilim Yazısı
Denemeleri



Nesiller Büyüten Dergi ile

Keşfetmenin Sonu Yok!



Yıllık Abonelik
468 TL
yerine
390 TL

#BilimOkuyanBilir



Abonelik avantajları için:
yayinlar.tubitak.gov.tr

Ön Kapak Görseli: İlkim Eda Şahin



“Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır.”
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 59 Sayı 703
Haziran 2026

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

**Genel Yayın Yönetmeni ve
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**
Ömer Kökçam

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Editör
Dr. Tuba Sarıgül

Yayın Danışma Kurulu
Ömer Kökçam
Fatma Başar
Kübra Bal Çetinkaya
Dr. E. Sümeyra Turalı Emre
Prof. Dr. Ersin Göğüş
Dr. Yeşim İmamoğlu
Prof. Dr. Y. Eren Kalay
Prof. Dr. Raif Kandemir

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Tuba Sarıgül
İlay Çelik Sezer
Hayriye Yetiş Avcı

Redaksiyon
Berranur Beşir
Mehmet Sığırıcı

Grafik Tasarım
Hüseyin Diker

Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya
Rıza Berkay Aycelebi
İlkin Eda Şahin
Ebru Kars

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
Pınar Kaya

İletişim Bilgileri
TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı
Dergiler Müdürlüğü
Bilim ve Teknik Dergisi
Remzi Oğuz Arık Mah.
Tunus Cad. No:80
06540 Çankaya ANKARA
bteknik@tubitak.gov.tr
bilimteknik.tubitak.gov.tr

Abone İlişkileri
abone@tubitak.gov.tr
yayinlar.tubitak.gov.tr

Baskı
Özgün Matbaacılık Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Mega Basım Yayın Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Baskı Tarihi 20.05.2026

Dağıtım Türkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.
tdp.com.tr

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı
[Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 4078, karar no: 10247]
tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı
[7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Ngr.83] tarafından
Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 39 TL (KDV Dahil)

Her ayın 1'inde çıkar.



Yapay zekâ sohbet robotunda bulunan metin kutusuna dilediğiniz soruyu sorun, istediğiniz bir konu hakkında bilgi vermesini isteyin, size vereceği bir cevabı ya da sorduğunuz konu hakkında en az konunun uzmanı kadar bir fikri mutlaka olacaktır. Peki hiç düşündünüz mü, yapay zekâyâ “merhaba” dediğinizde aslında kiminle konuşuyorsunuz? Yapay zekânın verdiği cevaplar nasıl üretiliyor? Gerçekten zeki bir sistem ile mi konuşuyorsunuz yoksa bu çok karmaşık bir illüzyon mu? Cevap, tahmin edebileceğinizden hem daha basit hem daha etkileyici. Erkan Er, tüm bu soruların cevabını ve sürecin arkasındaki gerçek mekanizmayı detaylıca ele alıyor.

Özlem Ak, son zamanlarda sıkça gündeme gelen hantavirüs ile ilgili güncel gelişmeleri özetliyor. Hayriye Yetiş, 2025 Uluslararası Fizik Temalı Fotoğraf Yarışması'nda ödül alan bazı ilginç fotoğraf karelerini bizlerle paylaşıyor. Mahir Ocak, bir yapay zekâ modeline sahip olduğu hatalı, tehlikeli, zararlı ya da güncelliğini kaybetmiş bilgileri nasıl unutturulabileceği konusuna değiniyor. Hasret Nuhoğlu sistem düşüncesi konusunu detaylıca ele alıyor. Cem Erdoğan ise tarladan sofraya gıda güvenliği konusunu anlatıyor.

Bu ayki özel dergi ekinde lise eğitimine devam eden gençlerimizin hazırladığı “popüler bilim yazısı denemeleri”nin yer aldığı üçüncü kitapçığı veriyoruz. *Bilim ve Teknik* dergisinin “genç bilim muhabirleri” süreci üniversite eğitimine devam eden gençlerimiz için devam edecek. Konu ile ilgili detaylı bilgiyi ve üniversiteli gençlerin yazı başvuru çağrısının duyurusunu haziranın ilk haftasında hem internet sayfamızdan hem de sosyal medya hesaplarımız üzerinden paylaşacağız. Takipte kalın!

Farklı ilgi alanlarına hitap eden *Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, Büyüyorum, Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

Bilim ve Teknik elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır (bilimteknik.tubitak.gov.tr/e-arsiv). Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak ayrıca hem yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin yenilenen internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr), podcast kanallarını ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da ilgiyle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

Bu sayımızı değerlendirmek için kare
kodu cihazınıza okutabilirsiniz.



İçindekiler

4

**Bilim ve Teknik ile
Büyüdüm, Büyüyorum...**

Özlem Ak

6

Haberler

24

**Bilim Çizgi
Roald Amundsen**
Sinancan Kara

48

Tekno-Yaşam
Gürkan Caner Birer

52

**Tarladan Sofraya Gıda
Güvenliği**
Cem Erdoğan

62

Merak Ettikleriniz
İlay Çelik Sezer

64

Makine Unutması
Mahir E. Ocak

74

**Dünyanın
Parçacık Fiziği
Laboratuvarlarına
Yakından Bakış:
2025 Uluslararası
Fizik Temalı Fotoğraf
Yarışması**
Hayriye Yetiş Avcı

26

**Yapay Zekâya
“Merhaba”
Dediğinizde
Aslında Kiminle
Konuşuyorsunuz?
ChatGPT’nin
Metin Kutusunun
Ardındaki Gerçek**

Erkan Er

Gerçekten zeki bir sistem
ile mi konuşuyorsunuz
yoksa bu çok karmaşık bir
illüzyon mu? Cevap, tahmin
edebileceğinizden hem daha
basit hem daha etkileyici.

78

**Bilim Tarihinden Notlar
Bîrûnî’nin Bilimsel
Çalışmaları I**
Hüseyin Gazi Topdemir

82

Doğa - Fauna
Doğanın Sınır Tanımayan
Gezini: Kuyrukkakan
Arzu Gürsoy Ergen

84

Gökyüzü
Tuba Sarigül

88

Düşünme Kulesi
Ferhat Çalapkulu

90

Satranç
Kıvanç Çefle

93

Ayın Sorusu
Azer Kerimov

94

Zekâ Oyunları
Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası
Özlem Kılıç Ekici





Bilim ve Teknik dergisinin internet sitesi, okurlarımızın içeriklerimize daha kolay ulaşmasını sağlayan ve okuma deneyimini geliştiren kullanıcı dostu altyapısı ve modern görünümüyle tamamen yenilendi. Ziyaret etmeyi ve abone olmayı unutmayın!



ÖZEL EK

Liselî Gençlerden Popüler Bilim Yazısı Denemeleri



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik



bilimteknik.tubitak.gov.tr

Dergimizin içeriğinden seçerek hazırladığımız bilimsel ve teknolojik bilgileri *Bilim ve Teknik* dergisinin internet sitesi ve sosyal medya hesapları aracılığıyla takip edebilirsiniz.

14

Özlem Ak
Hantavirüs Vakaları Ne Anlatıyor?



34

Hasret Nuhoğlu
Karmaşık problemleri çözmek için güçlü bir araç...
Dünyayı Sistem Düşüncesiyle Anlamak



Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm, Büyüyorum...", "Düşünme Kulesi" ve "Ayın Sorusu" köşeleri ile ilgili içerik gönderen okurlarımız, "Kişisel Verileri Koruma Kanunu" kapsamında, paylaştıkları verilerin ve bilgilerin dergimiz tarafından yayınlanmasına açık rıza göstermiş sayılacaktır.



Elektronik dergi arşivimiz (son dört sayı hariç) herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.



TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları sitesinden dergilerimize abone olabilir, hem yeni hem de eski sayılarımızı satın alabilirsiniz.



Bilim ve Teknik podcast kanalları ile kulağınız her daim bilimde olsun! Podcast içeriklerimizi Spotify, YouTube, Apple Podcast ve SoundCloud'dan dinleyebilirsiniz.



Bilim ve Teknik ile

Büyüdüm, Büyüyorum...

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

59

yaşında



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, “*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyen okurlarımız için mektuplarını dergimizin yeni web sitesi üzerinden ya da bteknik@tubitak.gov.tr adresine e-posta göndererek iletebileceklerini hatırlatıyoruz.



***Bilim ve Teknik*’in hayatınızdaki yerini paylaşın, *Bilim ve Teknik* ile büyüyecek yeni kuşaklara ilham verin!**



“Okumak kadar yazmak da heyecan vericiydi”

Türkiye’de doğup büyüyen herkes gibi ben de gençlik yıllarımda bilimle TÜBİTAK *Bilim ve Teknik* dergisi aracılığıyla tanıştım. Yıllar su gibi aktı ve gün geldi ben de heyecanla takip ettiğim bu ayrıcalıklı dergide yazılar yazdım. Okumak kadar yazmak da heyecan vericiydi. Şimdi akademik hayatın sonuna yaklaşırken heyecanımın hiç azalmadığını fark ediyorum. Harika bir iş yapıyorsunuz. Gücünüz bol, yayınlarınız daim olsun.

Prof. Dr. Mustafa Sarı



“Çok yaşa *Bilim ve Teknik*”

Merhaba,

Son 35 yıldır bildiğim, okuduğum, öğrendiğim en yakın dostum olarak adlandırabileceğim bu değerli derginin hazırlanmasında küçük de olsa katkıda bulunmak ne büyük mutluluk. İyi ki varsın *Bilim ve Teknik*. Nesillere katkı anlatılamaz. Çok yaşa *Bilim ve Teknik*.

Prof. Dr. Ersin Göğüş



“*Bilim ve Teknik* bir yaşam biçimi olmalı.”

Merhaba,

Bilim ve Teknik dergisini ilk çıktığı yıllardan beri takip ediyorum ve her sayısı çok ilgimi çekiyor. Bazı dönemlerde okumaya ara versem de hayatımda her zaman çok özel bir yeri var. Çünkü bilim evrensel, gözleme dayalı, gerçek ve somut olayların sonucudur. İnsan aklının en doğru şekilde kullanılması ancak bilim desteği ile olur. Ben okuyorum, çocuklarım okuyor şimdi de torunlarım okuyor... *Bilim ve Teknik* dergisini tüm gençlere ve hayatın içindeki bilimi anlamak isteyen herkese tavsiye ederim. Bu dergiye okuyan bireyler daha bilgili, daha cesur ve daha öz güvenli olur. *Bilim ve Teknik* dergisinin yayın hayatının sonsuza dek sürmesi ve birçok kişinin hayatına ışık olmaya devam etmesi en büyük dileğim. Emeği geçen herkese çok teşekkür ediyorum.

Emin Eğri

“Bilimle kurduğum bağ”

Merhaba,

Derginizi çok severek okuyorum. Her ay yeni sayısını heyecanla bekliyorum. Derginiz sayesinde bilimle ilgili çok güzel ve ilginç şeyler öğreniyorum. Özellikle uzay, hayvanlar ve deneylerle ilgili yazılar çok hoşuma gidiyor. Bilimi çok ilgi çekici ve güzel bir şekilde anlattığınız için size çok teşekkür ederim.

Gülten Tuğçe Yılmazel

“Beni daha iyi bir ben yapan”

Merhaba,

Benim için *Bilim ve Teknik* kendimi daha iyi bir ben yapabildiğim, merak duygumu besleyen, öğrenmenin keyfini yaşatan ve parçası olduğum bu ülkeye ve kültüre büyük fayda sağlayan bir oluşum demek. Bu oluşumun bir parçası olan herkese emekleri için teşekkürler. Ben de küçük bir katkı sağlayabildiğim için çok mutluyum.

Dr. Eren Günseli

“Dergilerle büyüyen kardeşler”

Merhaba,

Bilim Çocuk’la abim sayesinde çok küçükken tanıştım. Babam eğitimci olduğu için gelişimimiz konusunda bize destek olacak her imkânı sundu. Abimin serüveni *Meraklı Minik* ile başlayıp *Bilim ve Teknik*’e kadar uzayıp gitti. Her ay gelen *Bilim Çocuk* dergisi, artık bir şeyleri daha iyi anlamaya başladığımda benim de dikkatimi çekmeye başlamıştı. Ancak derginin yanında verilen etkinlikler, hediyeler daha çok dikkatimi çekiyordu. Tabii bunlar abim için çok değerli olduğu için bakıp zarar vermeden oynar ve yerine bırakırdım.

Şimdi yetişkin insanlar olduk, bugün abim onları hâlâ odasında ilk günkü gibi saklar ve değer verir. Ben macerama *Bilim ve Teknik* ile devam ediyorum. Yaşım büyük olmasına rağmen aklım ara ara *Bilim Çocuk*’a kaymıyor da değil... Hatta şu an *Bilim Çocuk* aboneliği başlatmayı düşünüyorum. Popüler bilim okumanın kesinlikle sahip olunması gereken bir alışkanlık olduğunu düşünüyorum. Her ayı heyecan içerisinde bekliyorum. Kendimi geliştirme konusunda bana destek oluyor ve değerli hissettiriyor.

Ebrar Gümüş

“Büyükler *Bilim ve Teknik*, küçükler *Meraklı Minik*”

Merhaba,

TÜBİTAK’ın dergilerini ve çalışmalarını yıllardır duysam da üç sene öncesine kadar dergiye abone olmak aklıma gelmemişti. Üç sene önce kızım doğunca hayata farklı açıdan bakmaya başladım ve böylece *Meraklı Minik* dergisi dikkatimi çekti. Sadece o dergi ile yetinmeyip üç dergiye de abone oldum. O günden beri her ay sabırsızlıkla yeni dergileri bekliyoruz. Şu an kızım da alıştı. Her ay *Meraklı Minik* ve eklerini bekliyor. Gelir gelmez hep birlikte açıyoruz, dergileri okuyoruz. Büyükler *Bilim ve Teknik*, küçükler *Meraklı Minik* dergisini eline alıyor ve hayatımıza yepyeni yolculuklar, bilgiler, heyecanlar ve yeni oyunlar ile devam ediyoruz. Teşekkür ederim hepinize. Kütüphanemizde yer kapladığınız ve büyümeye devam ettiğiniz için.

Erkan Onuk ve kızı Elvin Gökçe Onuk

Haberler

Kendi Kendini İmha Edebilen Plastik

Hayriye Yetiş Avcı

Petrol türevi ham maddelerden üretilen plastikler doğada yıllarca bozulmadan kalabiliyor. Doğada biriken atık plastikler çevre ve insan sağlığı açısından çeşitli problemleri beraberinde getiriyor. Plastik kirliliği sorununu azaltmaya yönelik çözüm arayan bir grup araştırmacı, istenildiğinde kendi kendine parçalanabilen “canlı plastikler” geliştirdi. Çalışmanın sonuçları *ACS Applied Polymer Materials* dergisinde yayımlandı.

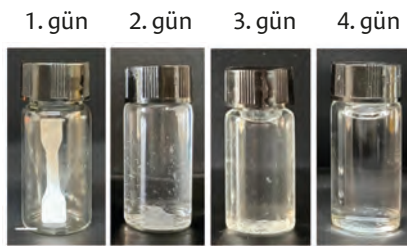
Geliştirilen malzemenin içeriğinde plastiğin yanı sıra uygun koşullar sağlandığında aktif hâle gelen *Bacillus subtilis* bakterileri bulunuyor. Plastikler, polimer (monomer adlı tekrar eden birimlerden oluşan zincir biçimli uzun molekül) yapılı malzemelerdir. Farklı tür mikroorganizmaların ürettikleri enzimler aracılığıyla polimerleri parçalayabildiği biliniyor. Daha önce plastikleri parçalamak için



mikroorganizmalardan yararlanılan çalışmalarda temel olarak tek bir enzim kullanılıyordu. Ancak bu yöntemlerde parçalama sürecinin verimi sınırlıydı. Plastiklerin daha hızlı ve etkili bir şekilde parçalanmasının nasıl mümkün olabileceği sorusundan yola çıkan araştırmacılar, *Bacillus subtilis* bakterilerini genetik olarak yeniden düzenledi. Bakterilerin ürettiği enzimlerden biri uzun

polimer zincirlerini rastgele şekilde daha küçük parçalara ayırırken diğer enzim ise bu parçaları monomerlerine ayırdı.

Araştırma ekibi ilk olarak pasif hâldeki *Bacillus subtilis* bakterilerinin sporlarını polikaprolakton (çeşitli biyomedikal uygulamalarda yaygın olarak kullanılan biyoyoumlu ve biyobozunur bir polimer) ile karıştırdı. Elde edilen malzeme, içinde herhangi bir katkı olmayan polikaprolakton ile benzer mekanik özelliklere sahipti ve kullanım esnasında işlevsel farklılık göstermedi. 50 °C sıcaklıktaki kültür ortamına eklenmesinin ardından spor hâlindeki bakteriler aktif hâle geldi ve plastik malzemeyi 6 gün içinde yapı taşlarına ayırabildi.



6 gün içinde tamamen yapı taşlarına ayrılan plastik malzeme

En önemlisi ise plastiğin parçalanması esnasında hiç mikroplastik oluşmadı.

Daha sonra ekip, yöntemin performansını test etmek için geliştirilen malzemeden giyilebilir bir elektrot üretti. Sonuçta plastik ürün iki hafta içerisinde tamamen parçalanabildi. Araştırmacılar gelecekte plastik atıkların büyük bir kısmının biriktiği deniz ve okyanus ortamlarında kontrollü şekilde parçalanmalarını sağlayacak bir sistem geliştirmeyi umuyor. Ayrıca şu an yalnızca belirli bir polimer türüne odaklanmış olsalar da ileride benzer yöntemlerin tek kullanımlık plastikler de dâhil olmak üzere diğer plastik türlerinde de uygulanabilir olmasını amaçlıyorlar. ■

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsapm.5c04611>

Meşe Ağaçları Geç Yaprak Açarak Tırtıllardan Korunuyor Olabilir

İlay Çelik Sezer

Yeni bir araştırma, tırtıl istilasına uğrayan meşe ağaçlarının sonraki yıl yapraklanma zamanlarını birkaç gün geciktirmek suretiyle tırtıl istilasını zayıflatabildiğini gösterdi. Baharda havalar ılımaya başladığında ağaçlar tomurcuklarını açıp yapraklanmaya başlar. Pek çok parazit canlı da yaşam döngülerini bu zamanlamaya uydurur. Örneğin tırtıllar, ağaçların

yaprakları daha yeni ve tazeyken yumurtadan çıkmaya başlar. Almanya'daki Würzburg Üniversitesinden Soumen Mallick ve ekibi, meşe ağaçlarında bu zaman uyumunu bozmaya yönelik bir savunma stratejisi keşfetti. Araştırmacılar, Sentinel-1 uydusundan aldıkları radar görüntülerini kullanarak Almanya'nın Kuzey Bavyera bölgesindeki 2.400 kilometrekarelik bir alanı kaplayan ağaç örtüsünün 2017-2021 yılları arasındaki durumunu inceledi. Baskın olarak saplı meşe (*Quercus robur*) ve sapsız meşe (*Quercus petraea*) ağaçlarıyla kaplı alana ait uydu görüntülerindeki toplam 27.500 pikselin her biri yaklaşık bir ağacın kapladığı alana karşılık geliyordu.

Araştırmacılar, 2019'da bölgede görülen kır tırtılı (*Lymantria dispar*) istilas sırasında çalışma alanlarının yarısına böcek ilacı uygulayarak yaprak kaybını azaltmaya çalıştı. Uydu verileri, tırtıl istilas nedeniyle yoğun yaprak kaybına uğrayan meşelerin sonraki ilkbaharda yapraklarını diğer meşelere göre yaklaşık üç gün daha geç açtığını gösterdi. Bu gecikme, her zamanki tarihlerde yumurtadan çıkan tırtılların taze yaprak bulamamasına neden olarak ağaçlardaki yaprak kaybını bir önceki yıla kıyasla ortalama %55 oranında azalttı.



Araştırmacılar, meşelerin parazit canlılara karşı yaprak dokusunu sertleştirme ya da tırtılları avlayan canlıları çeken uçucu kimyasal bileşikler üretme gibi başka savunma mekanizmalarına da sahip olduğunu ancak yapraklanmayı geciktirmenin daha etkili bir strateji gibi görüldüğünü belirtiyor. Öte yandan *Nature Ecology & Evolution* dergisinde yayımlanan bu araştırmanın, tırtıl istilası nedeniyle yaşanan yaprak kaybının ertesi yıl yaprakların daha geç açılmasına neden olduğunu kesin olarak kanıtlamadığını unutmamak gerekiyor. Çalışma, bu iki durum arasında güçlü bir bağlantı (korelasyon) olduğunu gösterse de aralarındaki nedensellik ilişkisini ortaya koyabilmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu belirtiliyor. ■

<https://www.newscientist.com/article/2524968-oak-trees-use-delaying-tactics-to-thwart-hungry-caterpillars/>

Plastikten Parkinson ilacı

Özlem Ak

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 50 milyon ton polietilen tereftalat (PET) üretiliyor. Yiyecek ve içecek ambalajlarında yaygın olarak kullanılan bu plastiğin büyük bir kısmı çöplüklere veya okyanuslara karışıyor. Geleneksel geri dönüşüm



Profesör Stephen Wallace, analiz amacıyla genetik olarak değiştirilmiş *E. coli* bakterilerini izole ederken (Edinburgh Üniversitesi)

yöntemleri çoğu zaman verimsiz kalırken Edinburgh Üniversitesi Kimya Bölümünde kimyasal biyoteknoloji alanında çalışan Prof. Dr. Stephen Wallace ve ekibi bu atıkların potansiyel bir karbon kaynağı olabileceğini ortaya koydu.

Araştırmacılar, mart ayında *Nature Sustainability* dergisinde yayımladıkları çalışmalarında PET atıklarını, temel yapı taşları olan tereftalik aside ve etilen glikole parçalayarak sürdürülebilir ham maddeler elde edilmesini sağlayan bir süreç geliştirdi. Tereftalik asit daha sonra genetik olarak değiştirilmiş *E. coli* bakterilerinin büyüme ortamlarına eklendi. Bakteriler tarafından besin kaynağı olarak kullanılan bu asit, bir dizi biyokimyasal reaksiyon sonucunda levodopaya

(L-DOPA) dönüştü. L-DOPA, Parkinson hastalığında azalan dopamini yerine koymak amacıyla kullanılan ilaçların etken maddesi olan ve beyinde dopamine dönüşen bir madde.

Plastik atıkları çöplüklerde depolamak, yakmak ya da doğaya atmak gibi çevre kirliliğine neden olan yöntemlerle bertaraf etmek yerine değerli ürünlere dönüştüren bu yaklaşım hem çevresel yükü azaltma hem de ilaç üretiminde daha sürdürülebilir yöntemler geliştirme potansiyeli taşıyor. Yöntemin uygulanabilirliği henüz laboratuvar ölçeğinde gösterilmiş olsa da sürecin daha hızlı, verimli ve ekonomik hâle getirilmesiyle birlikte endüstriyel uygulamaların önü açılabilir. ■

<https://doi.org/10.1038/s41893-026-01785-z>

Atmosferdeki Mikroplastikler Küresel Isınmayı Artırıyor Olabilir

İlay Çelik Sezer

Nature Climate Change dergisinde yayımlanan bir araştırma, atmosferde bulunan mikroplastik parçacıklarının küresel ısınmayı artırıcı etkisi olabileceğini gösteriyor. Mikroplastikler ve nanoplastikler kutuplardan okyanusların en derin noktalarına kadar dünyanın neredeyse her köşesine ulaşmış ve soluduğumuz havaya, içtiğimiz suya hatta insanların ve başka canlıların dokularına kadar her yere nüfuz etmiş durumda. Dolayısıyla mikroplastiklerin gerek çevre gerekse insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda giderek daha fazla araştırma yapılıyor. Ancak iklim değişikliği üzerinde ne tür bir etkisi olabileceği bugüne kadar görece daha az incelenmiş bir konuydu. Yeni araştırma atmosferde bulunan mikroplastiklerin, yerin yüzeyinden geri yansıyan güneş ışınlarıyla etkileşime girerek gezegenin enerji dengesini değiştirebileceğine işaret ediyor.

Araştırmacılar, farklı renk ve boyutlardaki mikroplastik parçacıklarının ışığı nasıl soğurduğunu laboratuvar ortamında inceleyip bu parçacıkların küresel ölçekteki etkilerini bilgisayar modelleriyle analiz etti. Bulgular,



Svetlozar Hristov / iStock

siyah ve koyu renkli mikroplastiklerin güneş ışığını güçlü biçimde soğurarak atmosferin ısınmasına katkıda bulunabileceğini gösteriyor. Buna karşılık beyaz ya da açık renkli bazı parçacıklar, yüzeyden gelen ışığın bir kısmını uzaya geri yansıtarak sınırlı ölçekte de olsa bir soğutma etkisi oluşturabiliyor. Ancak araştırmadaki analizlerin sonuçlarına göre atmosferdeki mikroplastiklerin net etkisi ısıtma yönünde. Araştırmacılara göre havadaki mikroplastiklerin küresel iklim üzerindeki etkisi, fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan katı parçacıklarının etkisinin yaklaşık altıda birine ulaşabilir. Bilim insanları mevcut iklim modellerinde mikroplastiklerin bu etkisinin henüz hesaba katılmadığını, dolayısıyla plastik tüketiminin iklim üzerindeki gerçek etkisinin bugün tahmin edilenden daha büyük olabileceğini belirtiyor. ■

<https://www.scientificamerican.com/article/airborne-microplastics-could-be-making-climate-change-worse/>

Her Gün 338 Kelime Daha Az Konuşuyoruz

Özlem Ak

Yeni araştırmalara göre insanlar giderek daha az sözlü iletişim kuruyor. Missouri-Kansas City Üniversitesi (UMKC) ve Arizona Üniversitesinden bilim insanlarının yürüttüğü ve mart ayında *Perspectives on Psychological Science* dergisinde yayımlanan çalışmada, 2005 yılından bu yana ortalama bir kişinin her yıl bir öncekine kıyasla yaklaşık 338 sözcük daha az konuştuğu belirlendi. Kişi başına yılda yaklaşık 120.000 sözcüklük bir kayıp anlamına gelen bu durum insanlar arasındaki binlerce etkileşimin ortadan kalkması demek.

Araştırma ekibinden, UMKC’de dil bilim ve psikoloji alanında çalışan Dr. Öğr. Üyesi Valeria Pfeifer, küçük davranış değişikliklerinin etkisinin zamanla büyüdüğünü belirtiyor ve günlük hayatta konuşurken kullanılan sözcük sayısındaki bu kademeli azalmanın günden güne fark edilemeyebileceğini ancak yıllar içinde insanların birbirleriyle nasıl bağ kurduğunu değiştirebileceğini vurguluyor.

Araştırmacılar, 2005 ile 2019 yılları arasında konuşulan toplam sözcük sayısında %28’lik bir düşüş olduğunu ortaya koyuyor. Pfeifer ise daha az konuşmanın, başkalarıyla bağ kurmaya ayrılan zamanın da azalması anlamına geldiğini belirtiyor. İnsanlar daha az sohbet ettikçe hem sosyal etkileşimin anlık duygusal

faydalarından hem de güçlü ilişkileri sürdürmenin uzun vadeli kazanımlarından mahrum kalabilir.

Pfeifer ve çalışmanın ortak yazarı Arizona Üniversitesinden psikolog Prof. Matthias Mehl bu sonuçlara ABD, Avrupa, Avustralya ve Meksika’da 14 yıl boyunca yürütülen 22 farklı çalışmanın verilerini analiz ederek ulaştı. Bu çalışmalar kapsamında 10 ile 94 yaşları arasındaki 2.000’den fazla kişinin günlük yaşamları sırasında ses kayıtları toplandı.

Pfeifer, insanların daha az konuşmalarının nedenini kesin olarak belirleyemediklerini ancak 2005-2019 döneminde ortaya çıkan bu eğilimin mesajlaşma, e-posta ve sosyal medyanın yükselişiyle örtüştüğüne dikkat

çekiyor. Bu nedenle yüz yüze gerçekleşen bazı konuşmaların yerini artık dijital iletişimin almış olabileceğini ifade ediyor.

Yazılı iletişimin sözlü iletişim ile aynı sosyal faydaları sağlayıp sağlamadığı ise hâlâ cevaplanmayı bekleyen bir soru ve gelecekteki araştırmaların ele alması gereken önemli bir konu. Araştırma ayrıca yaşa bağlı bazı farklılıkları da ortaya koyuyor. Tüm yaş gruplarında azalma görülse de özellikle 25 yaş ve altındaki katılımcılarda konuşulan sözcük sayısındaki düşüşün daha belirgin olduğu saptandı. Bu durumun, gençlerin teknolojiyi daha yoğun kullanmasıyla ilişkili olabileceği düşünülüyor.

Ses tonu, konuşma ritmi ve duygusal ipuçlarının yerini yazılı metinlerin ve emojielerin almasının yani dijital iletişime artan bağımlılığın uzun vadeli sonuçları henüz tam olarak anlaşılabilmiş değil. Pfeifer ise insanların 200.000 yıldan uzun süredir sözlü iletişimi kullandığını hatırlatarak dijital iletişime doğru kayışın toplumsal etkilerinin ne olacağının henüz bilinmediğini vurguluyor. ■



<https://doi.org/10.1177/17456916261425131>

Genlerimizde Saklı Yeni Bir Hastalık: ReNU2 Sendromu

Özlem Ak

Nörogelişimsel bozukluklar, beyin ve sinir sisteminin gelişimini etkileyen ve genellikle erken çocuklukta ortaya çıkan hastalıklardır. Zihinsel yetersizlik, otizm ve hareket sorunları bu gruba girer. Mount Sinai Icahn Tıp Fakültesi öncülüğünde Birleşik Krallık, Belçika, İspanya, Hollanda ve İzlanda'dan bilim insanlarının katılımıyla yürütülen uluslararası bir çalışma, bu bozuklukların yeni bir genetik nedenini ortaya çıkardı. Nisan ayında *Nature Genetics*'te yayımlanan çalışma daha önce işlevsiz olduğu düşünülen bir genin bu hastalıklarda önemli bir rol oynayabileceğini gösteriyor.

Araştırmanın odağındaki *RNU2-2* adlı gen, protein kodlamayan genler sınıfına ait. Bu genler protein üretimine doğrudan katkı sağlamaz ancak hücrelerin işleyişini düzenleyen önemli görevler üstlenir. Çalışma, bu gendeki mutasyonların daha önce tanımlanmamış bir nörogelişimsel bozukluğa yol açtığını ortaya koyuyor ve bu durum ReNU2

sendromu olarak adlandırılıyor. Hastalık çekinik özellik gösteriyor yani ortaya çıkması için genin mutasyona uğramış kopyalarının hem anneden hem babadan alınması gerekiyor. Bu nedenle ReNU2 sendromunun ortaya çıktığı bireylerin ebeveynleri çoğu zaman taşıyıcı oluyor ancak hastalık kendilerinde görülüyor.

Bu durumun uzun süre fark edilmemesinin iki temel nedeni var: hastalığın çekinik olması ve genin protein kodlamayan bir bölgede yer alması. Hastalıkların genetik nedenleri araştırılırken genellikle protein kodlayan genlere odaklanılıyor, bu durum protein kodlamayan genlerin hastalıklarla ilişkisinin zor fark edilmesine yol açabiliyor. Çalışma, ReNU2 sendromunun sanılandan daha yaygın olabileceğini ve genetik nedeni bilinen çekinik nörogelişimsel bozuklukların yaklaşık %10'unu oluşturabileceğini gösteriyor.

ReNU2 sendromu; gelişimin yaşitlarına göre daha yavaş ilerlemesi, konuşma becerilerinin sınırlı olması, kasların zayıf olması ve öğrenme güçlükleriyle kendini gösterebilir. Ayrıca otizmle ortak özellikler, hareket sorunları ve epilepsi de görülebilir. Ancak belirtiler her çocukta farklı seyredebilir.

Araştırma, 110 binden fazla genom verisinin incelenmesiyle gerçekleştirildi ve bulgular klinik testlerle doğrulandı. Bu keşif, tanı konulamayan vakaların genetik temelini ortaya koyuyor ve gelecekte gen temelli tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine zemin hazırlıyor. Ancak tedavide kullanılan ilaç etken maddelerinin beyne ulaştırılması ve hastalığın doğuştan itibaren görülmesi önemli zorluklar yaratıyor.

Bu bulgular, genetik hastalıkların yalnızca protein kodlayan genlerden kaynaklanmadığını ve uzun süre işlevsiz olduğu düşünülen DNA bölgelerinin de bu tür hastalıklarda kritik rolü olabileceğini ortaya koyuyor. ■

<https://doi.org/10.1038/s41588-025-02159-5>

Rasi Bhadrani / iStock



İşkembedeki Bakterilerde Yeni Keşfedilen Yapı Metan Salımını Açıklayabilir

İlay Çelik Sezer

Büyükbaş besi hayvanlarının sindirim süreçlerinin bir yan ürünü olarak oluşan metan büyük oranda geçirme yoluyla daha küçük oranda ise bağırsak gazı olarak salınır. Metan gazının küresel ısınmaya ciddi ölçüde katkı yaptığı biliniyor. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazları içinde küresel ısınmaya en fazla katkı yapan ikinci gaz olan metan, küresel sera gazı salımlarının yaklaşık %11'ini oluşturuyor. Ayrıca atmosferde 100 yıllık zaman ölçeğinde ısı hapsedme kapasitesi bakımından karbondioksit göre yaklaşık 28 kat daha güçlü bir etkiye sahip. Büyükbaş besi hayvanlarından kaynaklanan metan gazı salımı ise tarım kaynaklı metan salımlarının önemli bir bölümünü oluşturuyor. Daha az sığır

eti tüketmeye çalışmanın küresel ısınmayla mücadeleye yönelik bireysel bir katkı olarak görülmesinin nedeni de bu.

İnek gibi geviş getiren hayvanların dört bölmeli midesinin ilk kısmı olan işkembe, ot ve saman gibi lifli besinleri parçalamaya yardımcı olan çok sayıda mikroorganizma barındırıyor. Bilim insanları kısa bir süre önce ineklerin işkembesinde yaşayan ve “işkembe sillileri” olarak da bilinen tek hücreli mikroorganizmalarla ilgili dikkat çekici bir keşif yaptı. *Science* dergisinde yayımlanan araştırmaya göre bu sillilerin bazılarında daha önce bilinmeyen özel bir hücresel yapı bulunuyor. Araştırmacıların “hydrogenobody” adını verdikleri bu yapı hidrojen üretiyor. Ardından işkembedeki başka mikroorganizmalar metan üretmek için bu hidrojeni kullanıyor.

Araştırmacılar, yeni keşfedilen bu yapının özelliklerini tanımlamak ve metan üretimindeki rolünü doğrulamak için yüzlerce işkembe sillisine ait genom analizlerinden,

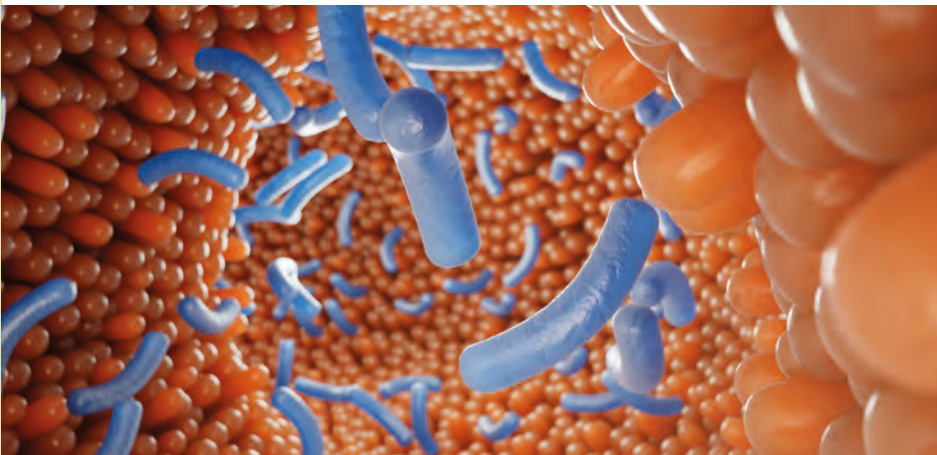
ayrıntılı mikroskop görüntülerinden ve süt ineklerinden alınan gerçek metan salımı ölçümlerinden yararlandı. Bulgular, sığırlardan kaynaklanan metan salımının nasıl gerçekleştiğine ilişkin anlayışımıza önemli katkılar sunuyor. Araştırmanın sonuçları, büyükbaş hayvanlardan kaynaklanan metan salımını azaltmaya yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Ancak araştırmacılar, bu mikroorganizmaların sindirim açısından önemli işlevler üstlendiğini dolayısıyla bir şekilde tamamen ortadan kaldırımlarının ya da etkinliklerinin tamamen baskılanmasının hayvanların beslenmesini ve üretkenliğini olumsuz etkileyebileceğini vurguluyor. ■

<https://www.scientificamerican.com/article/scientists-just-discovered-what-is-fueling-cows-potent-burps/>

Doğal Tekstil Lifleri Göl Tabanında 100 Yılda Fazla Kalabiliyor

Özlem Ak

Birleşik Krallık'ta bir zamanlar ülkenin önemli tekstil merkezlerinden biri olan Leek kasabasının yaklaşık beş kilometre uzağındaki Rudyard Gölü'nün tabanında, bir yüzyıldan uzun süre parçalanmadan kalan pamuk ve yün gibi doğal liflere



Roost-9D / iStock

rastlandı. Bu bulgu, plastiklere sürdürülebilir alternatifler olarak görülen doğal liflerin doğaya karıştıktan sonra biyolojik olarak hızla parçalandığı yönündeki yaygın varsayımları tartışmaya açıyor. *iScience* dergisinde yayımlanan çalışma, ham ve işlenmiş doğal tekstil liflerinin neden olduğu kirliliğin boyutunu ve çevre üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlıyor.

Araştırma kapsamında Keele ve Loughborough Üniversitelerinden bilim insanları, Rudyard Gölü'nün tabanından alınan tortul örneklerindeki tekstil liflerini analiz etti. İncelenen örnekler 1876'dan 2022'ye kadar olan 150 yıllık dönemi yani Birleşik Krallık'ın ikinci sanayi devriminden günümüze uzanan bir zaman dilimini kapsıyor.

Gölün tabanında 1876 ile 1979 yılları arasında biriken katmanlardan çıkarılan liflerin yalnızca ikisi hariç tamamının pamuk veya yün lifi olduğu belirlendi. Araştırmacılar, göl tabanının neredeyse her katmanında tekstil liflerine rastladı ve böylece yaklaşık 150 yıllık insan faaliyetini yansıtan bir "tekstil lifi kronolojisi" oluşturdu. Bu örnekler tekstil üretiminde kullanılan yöntemlerdeki değişimleri, giyim tüketimi alışkanlıklarını ve kıyafet atıklarını kaydeden; bir bakıma insan faaliyetlerinin çevrede bıraktığı izleri saklayan bir arşiv işlevi görüyor.

Keele Üniversitesinde sürdürülebilir kalkınma profesörü olan Deirdre McKay bu sonuçların, doğal tekstil



lboro.ac.uk

liflerinin doğaya karıştıktan sonra biyolojik olarak kolayca parçalanıp yok olduğu yönündeki yaygın düşüncüyü tartışmaya açtığını belirtiyor. McKay'e göre bulgular, doğal liflerin göl tabanında biriken katmanlarda onlarca hatta yüzlerce yıl bozulmadan kalabildiğini gösteriyor.

Son yıllarda tekstil kaynaklı çevre kirliliğine ilişkin araştırmaların büyük bölümü, petrolden elde edilen sentetik liflerin çevreye yaydığı mikroplastiklere odaklanmış durumda. Ancak giderek artan sayıda bulgu, birçok çevresel örnekte doğal liflerin baskın olduğunu gösteriyor. Ancak bu liflerin çevresel etkileri plastik liflere kıyasla çok daha az araştırılıyor.

Prof. Dr. McKay'e göre yeterince anlaşılmayan nokta, plastik olmayan bu liflerin çevrede ne kadar süre kalabildiği. Araştırma, doğal tekstil liflerinin göl tabanı katmanlarında uzun süre kalabildiğini inceleyen ilk çalışmalardan biri. Ancak doğada

uzun süre kalabilmesinin, doğal liflerin mutlaka zararlı olduğu anlamına gelmediği de vurgulanıyor.

Loughborough Üniversitesinden Dr. Tom Stanton, sürdürülebilir malzemelerin özelliklerine ilişkin varsayımların yeniden düşünülmesi gerektiğini belirtiyor. Ona göre plastik liflerin üretimini azaltmak önemli olsa da çevre üzerindeki etkileri tam anlaşılmadan bunların yerine doğal liflerin kullanılması yeni sorunlar oluşturabilir.

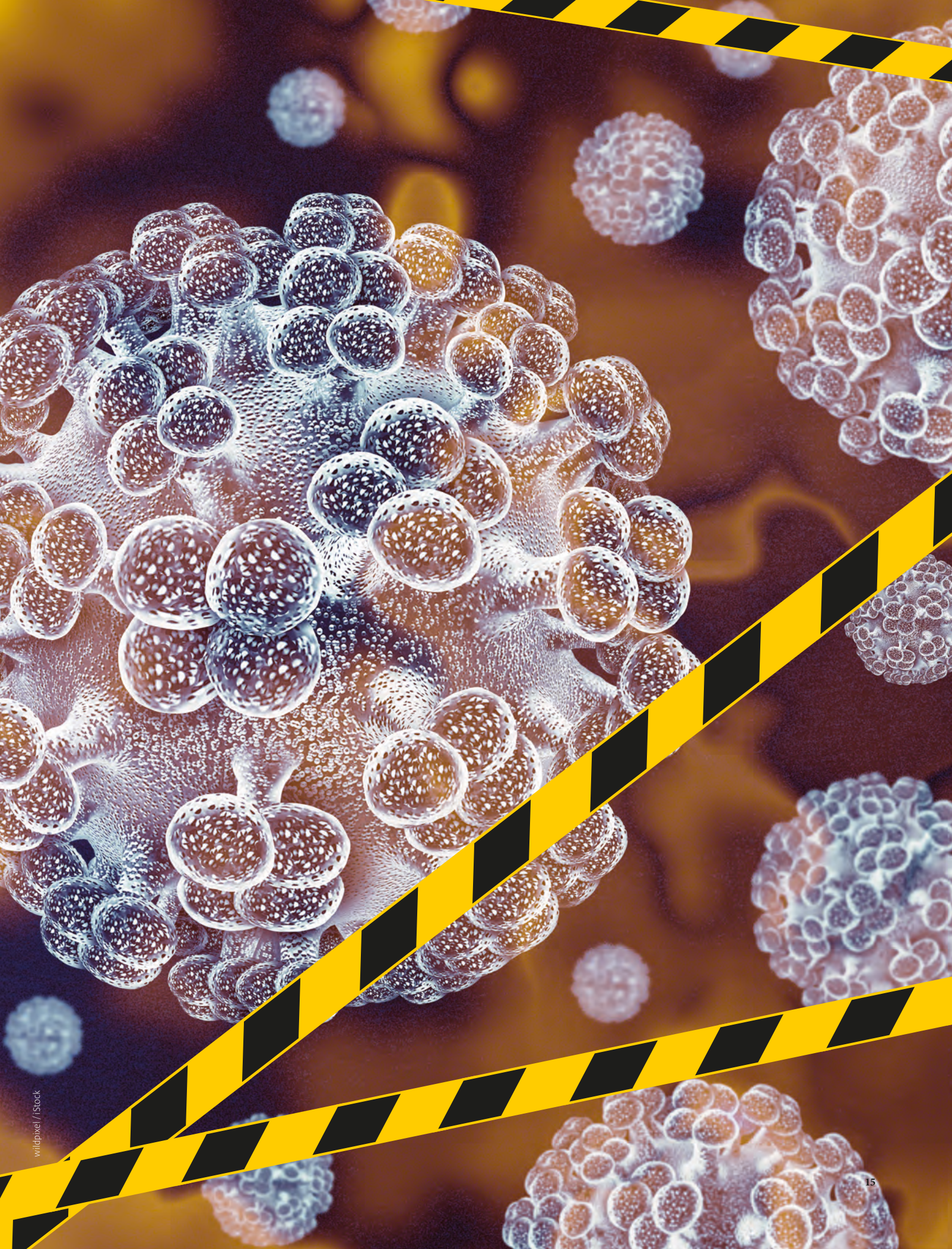
Araştırmacılar, çevre kirliliğine yönelik çalışmaların doğal tekstil liflerini de kapsamı gerektiğini vurguluyor. Çünkü doğadaki tekstil liflerinin önemli bir bölümünü bu lifler oluşturuyor. Bilim insanlarına göre doğal liflerin çevresel etkilerini inceleyen çalışmalar, moda ve tekstil sektöründe kullanılan malzemeler ve üretim yaklaşımları hakkında daha bilinçli kararlar alınmasına katkı sağlayabilir. ■

<https://doi.org/10.1016/j.isci.2026.114904>

Hantavirüs Vakaları Ne Anlatıyor?

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

MV Hondius adlı kutup keşif gemisinde görülen hantavirüs vakaları, kamuoyunda fazla bilinmeyen ancak bilim insanlarının yakından takip ettiği bu virüs grubunu yeniden dünya gündemine taşıdı. Güney Atlantik'te seyir hâlinde olan gemide üç kişinin hayatını kaybetmesi, başka yolcuların farklı ülkelerde tedavi altına alınması ve temaslı takibinin birden fazla kıtaya yayılması, olayı kısa sürede uluslararası bir sağlık meselesine dönüştürdü.



Uzmanlar, toplum için küresel riskin düşük olduğunu vurgulasa da yaşananlar, zoonotik yani hayvanlardan insanlara geçen virüslerin ne kadar karmaşık halk sağlığı sorunlarına dönüşebileceğini bir kez daha ortaya koydu. Özellikle de söz konusu virüs, insanlar arasında sınırlı da olsa bulaşabileceği bilinen Andes hantavirüsü olunca bilim insanlarının ilgisi hızla bu olaya yöneldi.

MV Hondius 147 yolcu ve mürettebatla birlikte 1 Nisan'da Arjantin'in Ushuaia kentinden ayrıldı. Gemi; Antarktika, Güney Georgia, Nightingale, Tristan da Cunha, Saint Helena, Ascension, Cape Verde adalarını kapsayan uzun bir Güney Atlantik rotası izliyordu.

İlk belirtiler, 70 yaşındaki Hollandalı bir yolcudan ortaya çıktı. Yolcudan 6 Nisan'da ateş, baş ağrısı ve hafif mide-bağırsak şikayetleri

başladı. Başlangıçta durum sıradan bir viral enfeksiyon gibi görünüyordu. Ancak birkaç gün içinde solunum sıkıntısı gelişti ve hasta 11 Nisan'da gemide hayatını kaybetti. Daha sonra eşinin de hantavirüs nedeniyle yaşamını yitirdiği doğrulandı. Üçüncü bir yolcunun ölümü de virüsle ilişkilendirildi. İlk doğrulanan vaka olan İngiliz yolcu Güney Afrika'nın Johannesburg kentinde yoğun bakımda tedavi altına alındı. İsviçre'ye dönen bir yolcudan hantavirüs saptandı. Test sonuçları pozitif çıkan mürettebattan iki kişi ise Hollanda'ya tahliye edildi.

İlk Vakanın Kaynağı Ne?

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) viral hemorajik ateşler teknik uzmanı Anaïs Legand'a göre ilk hasta yolcuya virüs, büyük olasılıkla gemiye binmeden önce bir

kemirgenle temas etmesi sonucu bulaştı. DSÖ verilerine göre Hollandalı çift, MV Hondius'a binmeden önce Güney Amerika'da özellikle de Andes virüsünün endemik olduğu yani virüsün neden olduğu enfeksiyonun düzenli olarak görüldüğü Arjantin'de bulunmuştu.

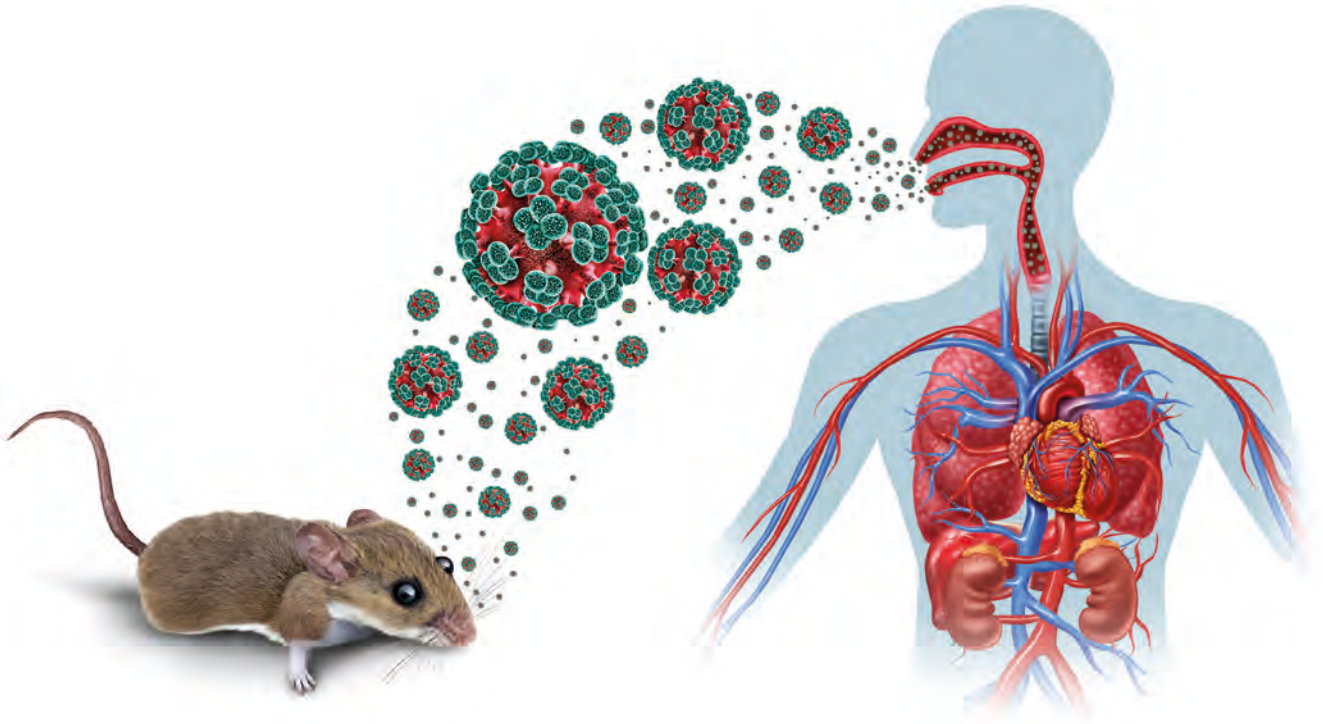
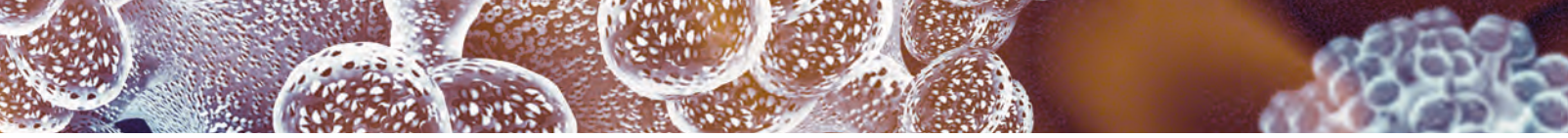
Yolcu Gemileri Neden Salgınlarla İlişkilendiriliyor?

Yolcu gemileri uzun zamandır enfeksiyon hastalıklarıyla ilişkilendiriliyor. Bunun temel nedeni, bu gemilerin âdeta "yüzen şehirler" olması. Yüzlerce insan günler hatta haftalar boyunca aynı kapalı alanları paylaşıyor, aynı restoranlarda yemek yiyor, aynı asansörleri ve koridorları kullanıyor.

Bu tür ortamlar özellikle norovirüs gibi mide-bağırsak enfeksiyonlarının çok hızlı yayılmasına uygun koşullar oluşturabiliyor. Açık büfe servisleri, ortak kullanılan yüzeyler ve insanların birbirine yakın temas hâlinde yaşaması bulaşı kolaylaştırabiliyor. COVID-19 pandemisinin ilk dönemlerinde Diamond Princess gemisinde yaşanan büyük salgın da kapalı ve kalabalık ortamlarda virüslerin ne kadar hızlı yayılabileceğini göstermişti.

Hantavirüs ise yolcu gemilerinde görülmesi beklenen enfeksiyonlardan biri değil. Çünkü hantavirüsler çoğunlukla insandan insana değil, kemirgenlerle temas sonucu insanlara bulaşıyor. Uzmanlara göre MV Hondius gemisindeki durumu sıra dışı yapan da buydu. Gemi, Andes virüsünün endemik olarak görüldüğü Güney Amerika bölgesinden hareket etmişti.





wildpixel / iStock

Hantavirüslerde kuluçka süresi bir ila altı hafta arasında değişse de çoğu vakada iki ila üç hafta civarında sürüyor. Bu nedenle ilk belirtilerin gemi yolculuğunun çok erken döneminde ortaya çıkması, enfeksiyonun büyük ihtimalle yolculuk öncesindeki Güney Amerika seyahati sırasında geliştiğini düşündürüyor.

“Hantavirüs” Aslında Bir Virüs Ailesi

“Hantavirüs” aslında tek bir virüsün adı değil, kemirgenler tarafından taşınan ve insanlarda farklı hastalık tablolarına yol açabilen geniş bir virüs grubunu ifade ediyor. Bu virüsler, Bunyavirales takımında yer alan Hantaviridae ailesine ait RNA

virüsleri arasında bulunuyor. Dış kısmı, zarf adı verilen yağ benzeri bir tabakayla çevrili olan hantavirüslerin genetik materyali, çoğalmalarını ve yayılmalarını sağlayan üç ayrı RNA segmentinden oluşuyor. Hantavirüsler başlıca fare, sıçan ve tarla faresi gibi kemirgenlerde doğal olarak bulunuyor.

Bilim insanlarının bugün sahip olduğu en önemli bilgilerden biri, her hantavirüs türünün genellikle belirli bir kemirgen türüyle yakın ilişki içinde olması. Hantavirüsler bu hayvanlarda çoğu zaman belirgin bir hastalık oluşturmadan uzun süre varlığını sürdürebiliyor. Kemirgenler ise virüsü idrar, dışkı ve salyalarıyla çevreye yayıyor. İnsanlar çoğunlukla bu materyalleri taşıyan toz parçacıklarını soluyarak enfekte oluyor.

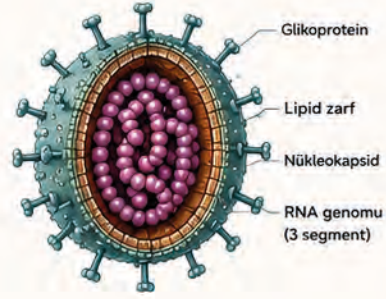
Özellikle kapalı, havasız ve tozlu alanlarda yapılan temizlikler enfeksiyon riskini artırabiliyor. Bu nedenle depolar, ahırlar, kulübeler ve uzun süre kapalı kalmış eski yapılar hantavirüs açısından daha riskli ortamlar olarak değerlendiriliyor. Kemirgenlerle temas olasılığı daha yüksek olan kampçılar ile tarım ve orman işçileri risk grubunda yer alıyor.

Eski Dünya ve Yeni Dünya Hantavirüsleri

Dünya genelinde çok sayıda hantavirüs türü tanımlanmış olsa da bunların yalnızca sınırlı bir kısmı insanlarda hastalık yapıyor. Hantavirüsler genellikle coğrafi dağılımlarına ve yol açtıkları hastalık tablolarına göre

HANTAVİRÜSLER

Hantavirüsler, kemirgenler tarafından taşınan ve insanlarda ciddi hastalıklara yol açabilen geniş bir virüs grubudur. Her hantavirüs türü genellikle belirli bir kemirgen türüyle ilişkilidir. İnsanlara çoğunlukla enfekte kemirgenlerin idrarı, dışkı veya salyasıyla kirlenmiş toz parçacıklarının solunmasıyla bulaşır.



KONAKÇILAR

Hantavirüslerin doğal konakçıları kemirgenlerdir. Virüs, konakta uzun süre hastalık belirtisi oluşturmadan yaşayabilir.



BULAŞ YOLLARI

İnsanlar genellikle virüsü, enfekte kemirgenlerin idrarı, dışkı veya tükürüğü ile kirlenmiş materyallere maruz kalarak kapar.



Kirlenmiş toz ve aerosollerin solunması



Kirlenmiş yüzeylere dokunma sonrası ağız, burun veya göze temas



Nadir olarak kemirgen ısırığı



Andes virüsü ile yakın ve uzun süreli temas*

*İnsanlar arasında bulaş sadece Andes virüsünde belgelenmiştir (özellikle hane içi veya yakın temaslarda).

RİSKLİ DURUMLAR



Kapalı ve kötü havalandırılan alanların temizlenmesi



Çiftlik, ahır, kümes, depo gibi alanlarda çalışma



Doğada kamp yapma, mağara ve kulübe gibi yerlerde konaklama



Odun, kuru ot veya malzeme depolama alanları



Kemirgen yoğunluğu yüksek ortamlar

KLİNİK TABLOLAR

Kuluçka süresi genellikle 1-8 haftadır. İlk belirtiler genellikle grip benzeridir.

HANTAVİRÜS PULMONER SENDROMU (HPS/HCPS)

(Yeni Dünya – Kuzey ve Güney Amerika'da)



- Yüksek ateş
- Kas ağrısı, baş ağrısı, yorgunluk
- Bulantı, karın ağrısı, ishal (ilk birkaç gün)

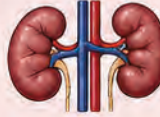


HIZLI İLERLEYEN FAZ

- Öksürük, nefes darlığı
- Akciğerlerde sıvı birikimi
- Düşük tansiyon, şok
- Ölüm oranı %20-50'ye kadar çıkabilir.

RENAL SENDROMLU HEMORAJİK ATEŞ (HFRS)

(Eski Dünya – Avrupa ve Asya'da)



- Yüksek ateş
- Bel ağrısı, baş ağrısı
- Bulantı, karın ağrısı

GEÇ DÖNEM

- Düşük tansiyon
- Kanama eğilimi
- Böbrek yetmezliği
- Ölüm oranı %1-15 arası değişir.

TANI



- Serolojik testler (IgM/IgG antikorları)
- Moleküler testler (RT-PCR ile viral RNA saptanabilir)
- Akut dönemde kanda viral RNA saptanabilir.

Erken tanı zordur; influenza, COVID-19, leptospiroz, dengue, sepsis gibi hastalıklarla karışabilir.

TEDAVİ



- Özgül antiviral tedavi veya aşı yoktur.
- Tedavi destekleyicidir.
- Solunum ve dolaşım desteği, sıvı-elektrolit dengesi, böbrek destek tedavileri uygulanır.

HCPS'de yoğun bakım desteği yaşam olasılığını artırır.

KORUNMA



- Kemirgenlerle teması azaltın.
- Kapalı alanları iyi havalandırın.
- Ellerinizi sabun ve suyla sık sık yıkayın.
- Kemirgen dışkıları olan alanları ıslatarak temizleyin, süpürmeyin veya vakumlamayın.

İNSANDAN İNSANA BULAŞ NEDEN NADİR?

Hantavirüsler genellikle mukus, balgam gibi solunum salgıları ile yüksek miktarda atılmaz ve vücut dışında kolayca inaktive olur.



Etkin bulaş için uzun süreli, yakın ve yoğun temas gerekir.



Bağışıklık yanıtı güçlüdür, semptomsuz yayılım olasılığı düşüktür.



Şu ana kadar belgelenen insanlar arası bulaş, yalnızca Andes virüsü ile sınırlıdır.



Hantavirüs enfeksiyonları nadir görülür ancak ağır seyredebilir.

En önemli korunma yolu, kemirgen temasını azaltmak ve hijyen kurallarına dikkat etmektir. Erken tıbbi başvuru hayat kurtarır.



Bir Doğum Günü Partisinden Salgına

MV Hondius gemisindeki hantavirüs vakalarının ardından gündeme gelen bugünkü tartışmaların merkezinde 2018 yılında Arjantin'in Patagonya bölgesindeki Epuyén köyünde yaşanan Andes virüsü salgını bulunuyor. Salgının insanlar arasında yayılması, ateşi yükselmeye başlayan yaşlı bir adamın yaklaşık 100 kişinin katıldığı bir doğum günü partisine gitmesiyle başladı. Daha sonra yapılan araştırmalar, partinin "süper yayıcı" bir olaya dönüştüğünü ortaya koydu.

2020'de *New England Journal of Medicine*'de yayımlanan çalışmaya göre toplam 34 kişi enfekte oldu ve 11 kişi hayatını kaybetti. Araştırmacılar, bulaşın büyük ölçüde üç kişi üzerinden gerçekleştiğini belirledi. Bu kişilerden biri aktif sosyal yaşamı nedeniyle altı kişiye virüs bulaştırdı. Başka bir kişi ise katıldığı bir cenaze töreninde yaklaşık 10 kişinin enfekte olmasına neden oldu.

Bilim insanları doğum günü partisindeki insan hareketlerini ve oturma düzenini ayrıntılı biçimde yeniden inceledi. İlk hastanın enfekte ettiği bazı kişilerle bir metreden daha kısa mesafede bulunduğu görüldü. Araştırmacının en dikkat çekici sonucu, bulaşların çoğunun hastada ateşin başladığı ilk gün gerçekleşmesiydi.

Arjantin araştırma kurumu Conicet'te görev yapan biyolog Olivier Blond, Andes virüsü salgınının hasta kişilerin ve yakın temaslıların hızlı biçimde izole edilmesine dayanan "seçici solunum izolasyonu" önlemleri sayesinde kontrol altına alınabildiğini söyledi. Conicet araştırmacılarından Raul Gonzalez Ittig ise hantavirüsün COVID-19 kadar hızlı yayılmasının beklenmediğini belirtiyor.

iki büyük grupta inceleniyor. Avrupa ve Asya'daki "eski dünya hantavirüsleri" daha çok böbrekleri ve damar sistemini etkileyen renal sendromlu hemorajik ateşe (HFRS) yol açarken Kuzey ve Güney Amerika kıtalarındaki "yeni dünya hantavirüsleri" ise akciğerleri ve kalbi etkileyen hantavirüs pulmoner sendromuna (HPS) ya da hantavirüs kardiyopulmoner sendromuna (HCPS) neden oluyor.

Avrupa ve Asya'da görülen Hantaan, Seoul, Puumala ve Dobrava-Belgrade virüsleri bu grubun en bilinen türleri arasında yer alıyor. Özellikle Hantaan virüsü, Kore Savaşı sırasında askerlerde görülen ağır ateşli hastalıklarla ilişkilendirilmişti. Avrupa'da daha yaygın görülen Puumala virüsü ise genellikle daha hafif seyrediyor. Buna karşın bazı türlerde böbrek yetmezliği, tansiyon düşüklüğü ve kanama bozuklukları gelişebiliyor. Eski dünya hantavirüslerinin neden olduğu enfeksiyonlarda ölüm oranı, türüne göre yaklaşık %1 ila %15 arasında değişiyor.

Kuzey ve Güney Amerika kıtalarındaki hantavirüsler ise çok daha ağır tablolara neden olabiliyor. Bu grup özellikle 1993 yılında ABD'nin Four Corners bölgesinde görülen gizemli bir salgınla dikkat çekmişti. Sağlıklı genç bireylerde hızla gelişen ağır akciğer yetmezliği vakaları üzerine yapılan araştırmalar sonucunda enfeksiyona neden olan etkenin



HANTAVİRÜS

"sin nombre" virüsü olduğu anlaşıldı ve neden olduğu hastalık tablosu hantavirüs pulmoner sendromu (HPS/HCPS) olarak isimlendirildi. Hastalık başlangıçta grip benzeri belirtilerle ortaya çıksa da kısa süre içinde ilerleyerek nefes darlığı, akciğerlerde sıvı birikimi ve solunum yetmezliği gibi ağır klinik tablolara neden olabiliyor. Bazı hantavirüs türlerinde ölüm oranı %50'ye kadar çıkabiliyor.

Güney Amerika'da ise özellikle Andes virüsü dikkat çekiyor. Arjantin ve Şili'de endemik olarak görülen bu virüs, insanlar arasında bulaşabildiği bilinen tek hantavirüs türü olduğu için bilim insanları tarafından yakından izleniyor. Ancak bu durum, Andes virüsü enfeksiyonlarının COVID-19 gibi hızlı ve kolay bir yayılım gösterdiği anlamına gelmiyor. DSÖ'ye göre Andes virüsünde insandan insana bulaş oldukça nadir görülüyor ve genellikle aynı evde yaşamak veya uzun süreli yakın temas gibi durumlarla ilişkili olduğu düşünülüyor.



Andyworks / Gettyimages

Hastalık Vücutta Nasıl İlerliyor?

Hantavirüs enfeksiyonları çoğu zaman sıradan bir viral hastalığa benzer belirtilerle başlıyor. Hastalarda genellikle ateş, baş ağrısı, kas ağrıları, halsizlik, titreme, mide bulantısı, kusma ve ishal görülüyor. Bazı kişilerde karın ağrısı ve baş dönmesi de ortaya çıkabiliyor. Bu erken dönem belirtileri COVID-19, influenza, viral zatürre veya başka birçok enfeksiyonla kolayca karıştırılabildiği için hastalığın ilk aşamada fark edilmesi zor olabiliyor. Özellikle hastanın kemirgenlerle temas öyküsü bilinmiyorsa tanı gecikebiliyor.

Hantavirüsleri tehlikeli yapan asıl sebep bazı vakalarda klinik tablonun çok kısa süre içinde ağırlaşabilmesi. Özellikle Kuzey ve Güney Amerika kıtalarında görülen hantavirüs pulmoner sendromunda (HPS/ HCPS) birkaç gün içinde ciddi solunum yetmezliği gelişebiliyor. Hastalık ağırlaştığında akciğerlerde sıvı birikmeye başlıyor. Bunun temel nedeni, enfeksiyon sırasında kan damarlarının normalden daha geçirgen hâle gelmesi. Kanın sıvı kısmı olan kan plazması, damar duvarlarından dışarı çıkarak akciğer dokusuna sızıyor. Sonuçta akciğerler giderek sıvıyla doluyor ve oksijen alışverişi ciddi biçimde bozuluyor.

Bu aşamada hastalarda öksürük, göğüste sıkışma hissi, hızlı nefes alıp verme ve kandaki oksijen seviyesinde ciddi düşüş gelişebiliyor. Bazı vakalarda tansiyon hızla

düşüyor ve dolaşım sistemi organlara yeterli kan sağlayamaz hâle geliyor. Yoğun bakım desteği gerektiren bu tablo saatler içinde yaşamı tehdit eden bir duruma dönüşebiliyor. Bilim insanlarının yıllardır hantavirüslerin neden olduğu enfeksiyonlar üzerinde araştırmalar yürütmesinin en önemli nedenlerinden biri de bu. Hastalık nadir görülse bile geliştiğinde çok hızlı ilerleyebiliyor ve ölümcül sonuçlar doğurabiliyor.

Buna rağmen hantavirüs enfeksiyonları için bugün hâlâ onaylanmış özel bir antiviral tedavi veya yaygın kullanılan bir aşı bulunmuyor. Bu nedenle mevcut tedavi yaklaşımı büyük ölçüde destekleyici bakıma dayanıyor.

Neden Hâlâ Bir Hantavirüs Aşısı Yok?

MV Hondius gemisinde görülen hantavirüs vakaları aynı zamanda bu hastalığa karşı etkili korunma ve tedavi seçeneklerinin hâlâ sınırlı olduğunu da yeniden gündeme taşıdı. Bu konudaki çalışmaların merkezindeki bilim insanlarından biri, ABD Ordusu Bulaşıcı Hastalıklar Tıbbi Araştırma Enstitüsünde çalışan virolog Jay Hooper. Hooper, 30 yılı aşkın süredir Andes virüsü de dâhil olmak üzere insanlarda hastalık yapabilen çeşitli hantavirüs türlerine karşı aşı geliştirmeye çalışıyor. Özellikle askerlerin saha

görevleri sırasında kemirgen kaynaklı enfeksiyon riski taşıması nedeniyle ABD ordusu, hantavirüs araştırmalarını uzun süredir destekliyor.

Bu alandaki araştırmalar özellikle 1990'larda ABD'nin Four Corners bölgesinde sin nombre virüsünün ve Güney Amerika'da Andes virüsünün tanımlanmasıyla hız kazandı. Hooper ve araştırma ekibi, insanlardaki hantavirüs pulmoner sendromuna (HPS/HCPS) benzer ağır tablolar görülen hamster modelleri kullanarak aşı ve tedavi adaylarını test etmeye başladı.

Bugüne kadar Andes, Hantaan ve Puumala virüslerine karşı geliştirilen aşılarla faz 1 klinik çalışmaları yürütüldü. Hooper'a göre özellikle Andes DNA aşısı, umut verici sonuçlar ortaya koyuyor. Çalışmalar, aşının

insanlarda nötralizan antikorlar (virüsün hücrelere girip çoğalmasını engelleyebilen koruyucu antikorlar) oluşturabildiğini gösteriyor. Ancak aşının koruyucu etkinlik sağlayabilmesi için tek doz yerine en az üç doz uygulanması gerekiyor.

Araştırma ekibi ayrıca antikor temelli tedaviler üzerinde de çalışıyor. Bu kapsamda genetik olarak değiştirilmiş ineklerin bağışıklık sistemi kullanılarak insan antikorlarına benzeyen koruyucu antikorlar üretilebiliyor. Yapılan deneylerde bu antikorların Andes virüsü ve diğer bazı hantavirüs türlerine karşı hayvan modellerinde koruma sağlayabildiği gösterildi. Bilim insanları ayrıca COVID-19 pandemisi sırasında geliştirilen mRNA aşı teknolojilerinin gelecekte hantavirüslere karşı aşı geliştirme çalışmalarında kullanılabileceğini düşünüyor.

Bununla birlikte hantavirüs aşılarının geliştirilmesindeki en büyük sorunlardan biri ekonomik nedenler. Hantavirüs enfeksiyonları görece nadir görüldüğü için ilaç ve aşı geliştiren biyoteknoloji şirketleri açısından büyük bir ticari potansiyel oluşmuyor. Ayrıca vakaların coğrafi olarak dağınık olması, büyük ölçekli klinik çalışmaların yürütülmesini zorlaştırıyor. Tüm çabalara rağmen araştırmalar yavaş ilerliyor.

Hooper'a göre olası bir hantavirüs aşısı öncelikle Andes virüsünün görüldüğü bölgelere seyahat eden kişilere, askerî personele ve kemirgenlerle yoğun temas riski taşıyan iş gruplarına uygulanabilir.

Tahliye Süreci ve Küresel Önlemler

DSÖ'nün 4 Mayıs'ta MV Hondius'ta görülen hantavirüs vakalarına ilişkin ilk durum değerlendirmesini yayınlamasından sonra gemi, 10 Mayıs'ta İspanya'ya bağlı Kanarya Adaları'ndaki Tenerife açıklarına ulaştı. Geminin limana doğrudan yanaşmasına izin verilmedi, yolcular küçük teknelerle karaya taşındı.



Tahliye sırasında koruyucu ekipman ve solunum maskeleri kullanan ekipler görev aldı. Yolcuların yerel halkla temas etmemesi için özel önlemler alındı ve yolcuları tahliye edecek uçaklar hazır olmadan kimsenin gemiden ayrılmasına izin verilmedi. O sırada gemide 20'den fazla farklı ülkeden yolcu ve mürettebat bulunuyordu.

DSÖ, gemide yolculuk yapan 147 kişinin tamamını "yüksek riskli temaslı" olarak değerlendirdi ve Andes virüsünün bildirilen en uzun kuluçka süresine dayanarak yolcuların ve yakın temaslıların 42 gün boyunca aktif sağlık takibine alınmasını önerdi. Bu süreçte günlük ateş ve semptom kontrolleri yapılması, erken belirtiler ortaya çıktığında ise kişilerin hızla izole edilmesi gerektiği belirtildi.

Tahliyeden sonra farklı ülkeler kendi izlem ve karantina stratejilerini uygulamaya başladı. ABD'ye dönen bazı yolcular Nebraska Üniversitesi Tıp Merkezindeki yüksek

MV Hondius Hantavirüs Vakaları

1 Nisan

MV Hondius, Arjantin'in Ushuaia kentinden ayrıldı.

6 Nisan

70 yaşındaki Hollandalı yolcudaki hastalık belirtileri başladı.

11 Nisan

Yolcu, gemide hayatını kaybetti.

24 Nisan

Yolcunun cenazesi Saint Helena Adası'nda gemiden indirildi. Hayatını kaybeden yolcunun 69 yaşındaki eşinin de aralarında olduğu bir grup yolcu gemiden ayrıldı.

26 Nisan

Gemiden indikten sonra Güney Afrika'ya giden ölen yolcunun eşi 26 Nisan'da hayatını kaybetti.

27 Nisan

Hastalık belirtileri görülen İngiliz bir yolcu gemiden tahliye edilip Güney Afrika'ya gönderilerek yoğun bakıma alındı.

2 Mayıs

28 Nisan'da belirtileri başlayan Alman kadın yolcu gemide hayatını kaybetti. İngiliz erkek yolcunun hantavirüs testi pozitif çıktı.

3 Mayıs

Gemi, Cape Verde Adası'na ulaştı.

4 Mayıs

26 Nisan'da hayatını kaybeden kadın yolcunun hantavirüs testi pozitif çıktı. DSÖ, gemide şüpheli hantavirüs vakalarıyla ilgili açıklama yaptı.

7 Mayıs

Gemi, Cape Verde'den Kanarya Adaları'na doğru hareket etti.

10 Mayıs

Gemi Tenerife açıklarına ulaştı. 87 yolcu ve 35 mürettebat koruyucu ekipmanlı personel eşliğinde gemiden tahliye edilerek karaya çıkarıldı.

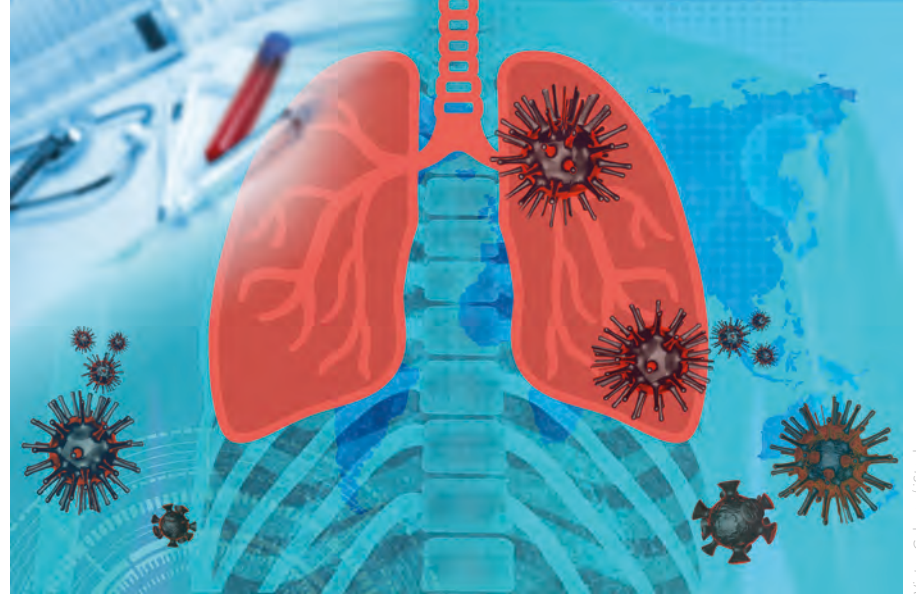
11 Mayıs

Gemi, 25 mürettebat ve 2 sağlık personeli ile birlikte Rotterdam'a doğru yola çıktı.

güvenlikli biyokarantina birimlerine yerleştirildi. Yetkililer burada bir yolcuda Andes virüsü pozitifliği saptandığını, diğer yolcuların ise semptom göstermeden gözlem altında tutulduğunu açıkladı. Fransız bir kadın yolcuda da hantavirüs doğrulandı ve sağlık durumunun kötüleştiği bildirildi. İsviçre, Hollanda, Almanya ve İngiltere’de de doğrulanmış veya olası vakalar sağlık otoriteleri tarafından takibe alındı.

Bilim İnsanlarını Asıl Endişelendiren Ne?

Uzmanlar mevcut tabloyu yeni bir pandemi başlangıcı olarak değerlendirmiyor. DSÖ ve diğer sağlık otoriteleri, toplum için genel riskin şu aşamada düşük olduğunu vurguluyor. Buna rağmen MV Hondius gemisindeki hantavirüs vakaları bilim insanları açısından önemli bir uyarı niteliği taşıyor. Çünkü olay, hayvanlardan



Victor Colmer / iStock

insanlara geçen zoonotik virüslerin modern seyahat ağları yoluyla kısa sürede uluslararası bir halk sağlığı sorununa dönüşebileceğini gösteriyor.

Andes virüsüyle ilgili en önemli kaygılardan biri, virüsün insanlar arasında sınırlı da olsa bulaşabilmesi. Bu durum, hantavirüslerin bulaş biçimleri ve çevresel koşullarla ilişkisi hakkında hâlâ önemli belirsizlikler bulunduğunu ortaya koyuyor. Özellikle iklim değişikliği,

ormansızlaşma, insan faaliyetleri nedeniyle vahşi yaşam alanlarının etkilenmesi ve küresel hareketliliğin artması, gelecekte zoonotik hastalıkların ortaya çıkış biçimini etkileyebilecek önemli faktörler arasında görülüyor.

MV Hondius olayı, dünyanın uzak bir bölgesinde başlayan nadir bir enfeksiyonun bile günümüz dünyasında kısa sürede küresel bir halk sağlığı sorununa dönüşebileceğini bir kez daha hatırlattı. ■

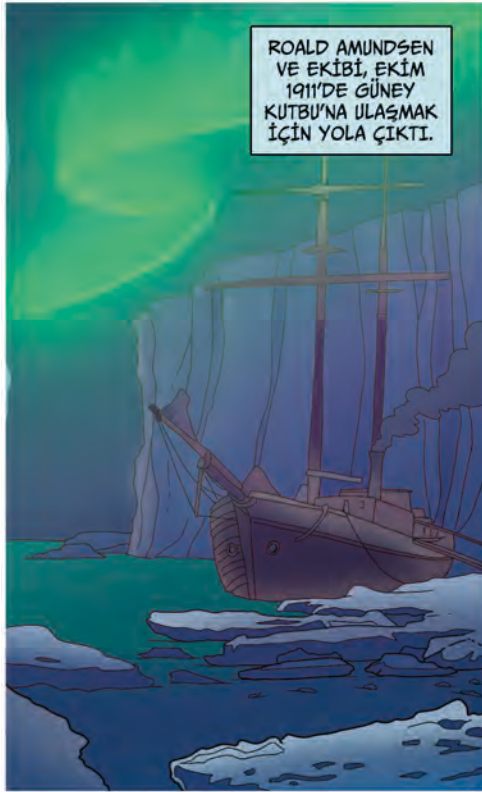
Not: Bu yazı, 12 Mayıs 2026 tarihine kadar paylaşılan bilimsel veriler ve resmî açıklamalar temel alınarak hazırlanmıştır. Hantavirüs vakalarıyla ilgili yeni gelişmelerin ortaya çıkması durumunda bu konuya ilerleyen sayılarımızda yeniden yer vereceğiz.

Kaynaklar

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hantavirus>
<https://doi.org/10.1038/d41586-026-01494-9>
<https://doi.org/10.1136/bmj.s877>
<https://medicalxpress.com/news/2026-05-hantavirus-illness-cruise-ship-outbreak.html>
<https://medicalxpress.com/news/2026-05-hantavirus-covid-norovirus-legionnaires-cruise.html>
<https://medicalxpress.com/news/2026-05-hantavirus-cluster-linked-cruise-ship.html>
<https://medicalxpress.com/news/2026-05-hantavirus-infection-cruise-expert.html>
<https://medicalxpress.com/news/2026-05-hantavirus-outbreak-andes-virus.html>
<https://www.wired.com/story/hantavirus-cruise-ship-what-you-need-to-know/>
<https://www.newscientist.com/article/2525328-where-has-the-deadly-hantavirus-come-from-and-how-does-it-spread/>
<https://www.newscientist.com/article/2525761-hantavirus-outbreak-will-not-cause-a-covid-style-pandemic-says-who/>
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2009045>
<https://medicalxpress.com/news/2026-05-hantavirus-stricken-cruise-ship-tenerife.html>

ROALD AMUNDSEN





ROALD AMUNDSEN VE EKİBİ, EKİM 1911'DE GÜNEY KUTBU'NA ULAŞMAK İÇİN YOLA ÇIKTI.



SİZCE RAKİBİMİZ ROBERT BİZİ GEÇEBİLECEK Mİ?

İMKÂNSIZ!

ROALD AMUNDSEN, KUZAY KUTUP BÖLGESİ'NDE YAŞAYAN YERLİ HALKLARDAN NETSİLİK İNUITLERİ İLE İKİ YIL GEÇİRDİ.

KÖPEKLERİ KIZAK ÇEKMEDE KULLANMAYI, YÜN YERİNE FOK DERİSİ GIYMEYİ ONLARDAN ÖĞRENDİ.



SCOTT VE EKİBİ İSE GÜNEY KUTBU YOLCULUĞUNDA O DÖNEMİN KÂŞİFLERİ TARAFINDAN UYGULANAN GELENEKSEL YÖNTEMLERİ KULLANIYORDU.



TERMOMETRE -53 DERECEYİ GÖSTERİYOR! ÇADIR KURACAK VAKİT YOK! HAYDİ, ŞU İGLOO'LARI TAMAMLAYALIM.

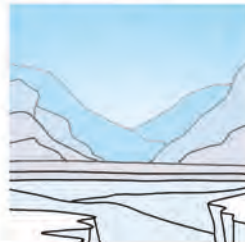
UMARIM SCOTT VE EKİBİ İYİ DURUMDADIR!



AŞIRI SOĞUK, KÖTÜ BARINMA KOŞULLARI, YETERSİZ BESLENME VE YÜKLERİN TAŞINMASINDAKİ SIKINTILAR BRİTANYALI EKİBİ ZORLUYORDU.

DAYANIN, ÇOK AZ KALDI! YAKINDA HEDEFİMİZE ULAŞACAĞIZ!

AMUNDSEN VE EKİBİ 14 ARALIK 1911'DE GÜNEY KUTBU'NA ULAŞTI. GÜNEY KUTUP NOKTASI'NA ULAŞTIKLARINI DOĞRULAMAK İÇİN DÖNEMİN NAVİGASYON TEKNİKLERİNİ KULLANARAK DÖRT GÜN BOYUNCA ÖLÇÜM YAPTI. HEDEFLERİNE ULAŞTIKLARINA EMİN OLDUKTAN SONRA 18 ARALIK 1911'DE BİR MEKTUP BIRAKARAK GÜNEY KUTBU'NDAN AYRILDILAR.



17 OCAK 1912

ÖNCE NORVEÇLİLER ULAŞMIŞ. YARIŞI KAYBETTİK!



SCOTT VE EKİBİ DÖNÜŞ YOLCULUĞU SIRASINDA HAYATLARINI KAYBETTİ. ANCAK BİLİMSSEL AMAÇLARLA TOPLADIKLARI KAYAÇ ÖRNEKLERİNİ ZORLU YOLCULUK KOŞULLARINA RAĞMEN YANLARINDA TAŞIMAYA DEVAM ETTİLER. BU ÖRNEKLER, ANTARKTİKA'NIN JEOLÖJİK GEÇMİŞİNE DAİR ÖNEMLİ BİLGİLER SAĞLADI.

ROALD AMUNDSEN (1872-1928)

NORVEÇLİ KUTUP KÂŞİFİ. HAYATINI DÜNYANIN EN ZORLU COĞRAFYALARINI KEŞFETMEYE ADADI.

GÜNEY KUTBU'NA ULAŞMANIN YANI SIRA EKİBİNDEKİ HERKESİ SAĞ SAĞLIM GERİ DÖNDÜRMEYİ BAŞARDI. 1926'DA NORGE İSİMLİ ZEPLİNLE KUZAY KUTBU'NUN ÜZERİNDEN GEÇTİ. 1928 YILINDA KUZAY KUTBU ÜZERİNDE MEYDANA GELEN BİR KAZADAN SONRA KURTARMA ÇALIŞMALARINA KATILAN AMUNDSEN, UÇAĞININ DÜŞMESİ SONUCU HAYATINI KAYBETTİ.



Yapay Zekâya “**Merhaba**” Dediğinizde Aslında Kiminle Konuşuyorsunuz?

Doç. Dr. Erkan Er [Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü

Chatgpt'nin Metin Kutusunun Ardındaki Gerçek

Yapay zekâ sohbet robotlarında bir metin kutusu bulunuyor ve bu kutu içine istediğiniz konuda ne yazarsanız yazın size cevap veriyor. “Bana bir iş başvurusu mektubu yaz” diyorsunuz, size ayrıntılı bir metin hazırlıyor. “Kuantum fiziğini beş yaşındaki bir çocuğa anlat” diyorsunuz, deneyimli bir öğretmen gibi konuyu açıklıyor. Bu örneklerin sonu yok. Peki bu cevaplar nasıl üretiliyor? Gerçekten zeki bir sistem ile mi konuşuyorsunuz yoksa bu çok karmaşık bir illüzyon mu? Cevap, tahmin edebileceğinizden hem daha basit hem daha etkileyici.

Dünyanın En Pahalı Otomatik Tamamlama Sistemi

ChatGPT ve benzer yapay zekâ araçlarının temelinde yatan mekanizma, telefonunuzdaki bir sonraki kelimeyi tahmin etme özelliğinden kavramsal olarak farksızdır. “Bugün hava çok” yazdığınızda telefonunuzun “güzel” kelimesini önermesi gibi ChatGPT de bir sonraki kelimeyi tahmin ederek yanıt üretir ama internet ölçeğinde, milyarlarca parametre ile.

Süreç şöyle işliyor: Önce internetteki büyük miktardaki verinin bir kısmı indiriliyor. Daha sonra spam siteler, zararlı içerikler, reklam sayfaları eleniyor. Geriye kalan onlarca

terabaytlık metinsel veri, “token” denilen birimlere ayrılıyor. Bu token’lar harf ya da hece değil, kelime parçalarıdır ve metnin hangi bölümlere ayrılacağını belirlemede çeşitli algoritmalar kullanılıyor. Bunun pratikte nasıl uygulandığını somut bir örnekle gösterelim. Aşağıdaki görselde, “Ankara’da ara ara yağmur yağar.” cümlesinin GPT-4 modelinin tokenizer’ı (metni parçalara ayıran araç) tarafından nasıl bölündüğünü görebilirsiniz. Altı kelimelik sıradan bir cümle gibi görünen bu metin, model tarafından 16 ayrı token olarak algılanıyor. Her renk farklı bir token’ı temsil ediyor: Örneğin “Ankara” kelimesi tek bir token değil, birden fazla parçaya ayrılıyor, “yağmur” kelimesi iki ayrı token’a bölünüyor; kesme işareti

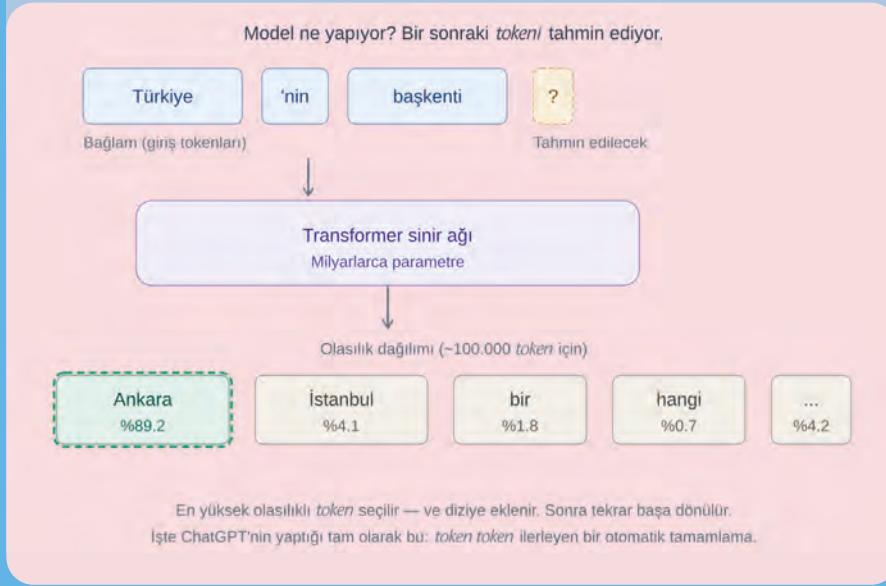
Ankara'da ara ara yağmur yağar.

Token count
16

Ankara'da ara ara yağmur yağar.

2127, 74, 5169, 4265, 64, 802, 64, 802, 64, 13835, 11257, 6620
6, 13835, 11257, 277, 13

“Ankara’da ara ara yağmur yağar.” cümlesinin GPT-4 modelinin tokenizer’ı ile token’lara ayrılması. Her renk ayrı bir token’ı, alttaki sayılar ise her token’ın benzersiz kimlik numarasını gösteriyor.



Sonra Transformer adlı verilen ve milyarlarca parametreden oluşan matematiksel bir fonksiyon, bu token dizileri üzerinden eğitilerek bir beceri kazanıyor: Bir sonraki token'ın ne olacağını tahmin etmek. “Türkiye’nin başkenti” yazdığınızda “Ankara” token dizisinin gelme olasılığının yüksek olduğunu öğreniyor çünkü eğitim verisinde bu kalıp binlerce kez geçiyor.

Sürecin en etkileyici özelliği şu: Model, bu basit tahmin işlemini 15 trilyon token üzerinde tekrarlayarak dünyanın coğrafyasını, tarihin akışını, programlama dillerinin söz dizimini, hatta insan ilişkilerinin dinamiklerini parametrelerinde yani milyarlarca sayısal değerle kodluyor. Bunu internetteki verilerin sıkıştırması gibi düşünebilirsiniz. Yani bir ZIP dosyası gibi. Ancak verileri birebir kopyalamıyor bunun yerine verilerdeki istatistiksel örüntüleri parametrelerine yansıtıyor.

Aylarca süren bu eğitim süreci binlerce özel GPU çipinde milyonlarca dolar harcanarak gerçekleştiriliyor. Modellerin eğitiminde kullanılan çiplerin tek bir görevi var: Bir sonraki *token*'ı tahmin etmeyi öğrenmek. Tahmin sürecinin nasıl işlediği sol üstteki şekilde görselleştirilmiştir.



ve ekler kendi başlarına birer token oluşturuyor. En alta ise modelin gerçekte aldığı girdiler var: rastgele gibi görünen bir sayı dizisi: 2127, 74, 5169, 4265, 64, 802, 64, 802, 64, 13835, 11257,

6620, 6, 13835, 11257, 277, 13. İşte model; harfleri, kelimeleri ve hatta noktalama işaretlerini sadece bu sayısal kimlikler üzerinden algılıyor.



NicoElNino / iStock

Yapay Zekâ Asistanını İnsana Benzeten Süreç

Peki büyük ölçüde internet verileriyle eğitilen bir model nasıl oluyor da sorularınıza kibarca cevap veren dijital bir asistana dönüşüyor? İşte sürecin en az bilinen ama en önemli kısmı burası. Temel model aslında internetteki bilgileri doğrudan yansıtan veya kullanıcıyla doğrudan iletişim kuran bir araç olarak tasarlanmıyor. Modele “İstanbul’da görülecek yerler” diye sorsanız bir forum tartışmasının devamını, bir blog yazısının parçasını ya da tamamen alakasız bir metni

üretebilir. Çünkü sadece internetteki verilere göre bu kelimelerden sonra gelebilecek kelimeleri tahmin ederek çalışıyor.

Asistana dönüşüm, denetimli ince ayar adı verilen ikinci aşamada gerçekleşiyor. Bu aşamada OpenAI, Google, Anthropic gibi şirketlerin istihdam ettiği yüzlerce uzman insan, modellerin çıktılarını değerlendiriyor ve etiketliyor. Bu kişilerin işi şu: binlerce farklı soru için “İdeal bir asistan bu soruya nasıl cevap verirdi?” sorusunun cevabını, geliştirici tarafından belirlenen yönergelere uygun şekilde yazmak. Model bu yanıtlar üzerinde eğitildiğinde istatistiksel olarak bu değerlendiricilerin davranışını taklit etmeyi

öğreniyor. Yani ChatGPT’ye soru sorduğunuzda, aslında uzman bir insanın o soruya vereceği cevabın yapay sinir ağı tarafından üretilmiş bir karşılığını alıyorsunuz. Aslında ChatGPT yapay bir zekâ değil son derece sofistike bir insan taklidi.

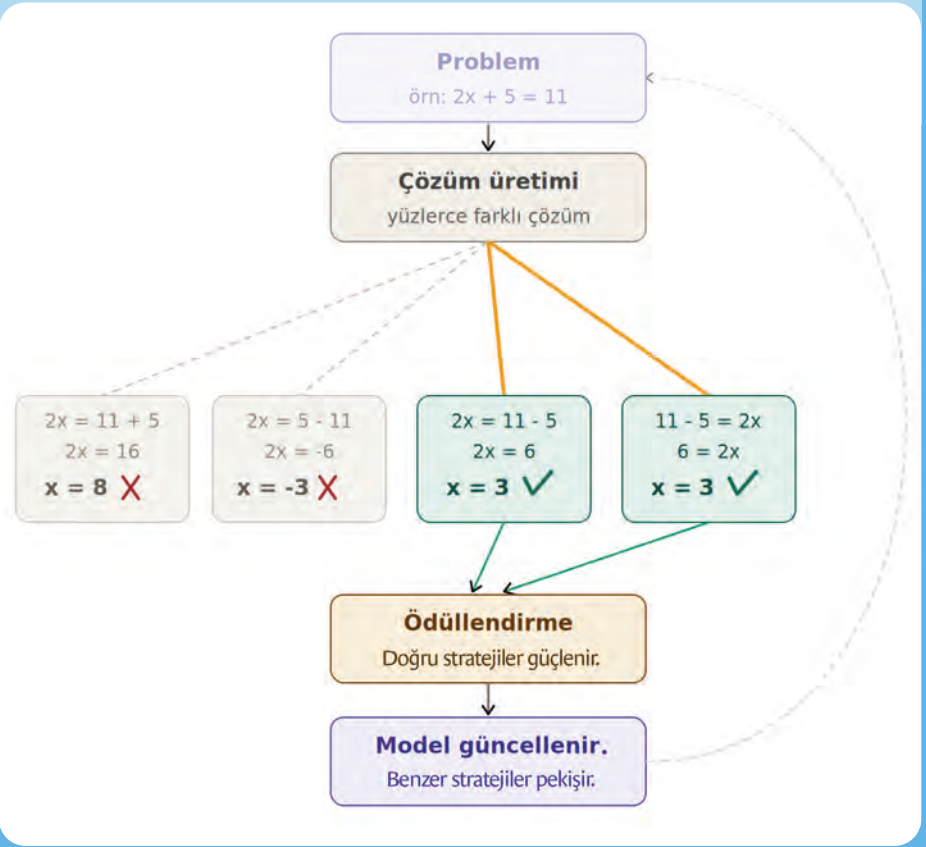
Bu, modelin yetersiz olduğu anlamına gelmiyor. Aksine, çok sayıda uzman kişinin kolektif bilgi birikimine erişme imkânı sağlıyor.

Dolayısıyla “Gerçekten zekâsı olan bir sistemle mi konuşuyorum?” sorusunun doğru cevabı: “Büyük veri setlerinden öğrendiği örüntüleri, insan geri bildirimleriyle şekillendirerek kullanan istatistiksel bir model ile konuşuyorum.” olmalı.

Düşüncenin Doğuşu: Pekiştirmeli Öğrenme

Yapay zekâ alanındaki en güncel ve çarpıcı gelişmelerden biri, “akıl yürüten modeller” olarak adlandırılan yeni nesil sistemlerdir. 2025 yılının başında Çinli teknoloji şirketi DeepSeek tarafından kamuoyuyla paylaşılan R1 modeli, bu alanda bir dönüm noktası niteliği taşıyor. R1’in önemi, pekiştirmeli öğrenme yönteminin dil modellerinin performansını nasıl etkilediğini ortaya koymasından ve eğitim parametrelerinin açık bir şekilde paylaşılmasından kaynaklanıyor.

Yöntemin özü şu: Modele bir matematik problemi sunulur ve bu probleme yönelik yüzlerce farklı çözüm üretmesi istenir. Üretilen çözümlerin bir kısmı doğru sonuca ulaşırken bir kısmı ulaşamaz. Doğru sonuca ulaşan çözümler ödüllendirilerek modelin parametreleri, ileride benzer akıl yürütme adımlarını daha yüksek olasılıkla üretecek biçimde güncellenir. Bu döngü, binlerce farklı problem üzerinde yinelenildiğinde sistemin genel problem çözme kapasitesi kademeli olarak güçlenir.



Bu sürecin ortaya çıkardığı sonuçlar oldukça dikkat çekicidir. Model, mühendisler tarafından adım adım programlanmadan kendiliğinden düşünme stratejileri geliştirmeye başlar. “Bir adımı yeniden doğrulamak”, “Sorunu farklı bir perspektiften ele almak” ya da “Alternatif bir yöntemle teyit etmek” gibi akıl yürütme örüntüleri, eğitim sürecinde kendiliğinden gelişebilir. Yani bu örüntüler modele doğrudan programlanmamıştır, pekiştirmeli öğrenme sürecinde doğru sonuca ulaşma olasılığını artırdıkları için model tarafından optimizasyon sürecinde daha fazla tercih edilir. Bu mekanizma yukarıdaki şekilde görselleştirilmiştir.

Pekiştirmeli öğrenme yaklaşımı sadece matematiksel problemlerde değil, tek bir cevabı olmayan açık uçlu düşünme ve problem çözme süreçlerinde de uygulanır. Bu durum yapay zekânın geleceğine dair köklü bir değişim potansiyeline işaret eder: hiçbir insanın kurmadığı analogiler, hiçbir insanın düşünmediği çözüm stratejileri ve hatta belki de doğal bir dille ifade edilemeyen, modelin kendiliğinden geliştirdiği ve içsel olarak kullandığı özgün bir düşünce yapısı.



Halüsinasyonlar: Model Neden Yalan Söylüyor?

ChatGPT'ye "Serhan Kumralı kimdir?" diye sorduğunuzu düşünün (bu isim tamamen uydurmadır). Eski büyük dil modelleri size kesin bir dille "Serhan Kumralı, 1970'lerde TRT'de program yapan ödüllü bir belgesel yönetmenidir." şeklinde cevap verebilirdi. Tekrar sorsanız "Galatasaray altyapısından yetişmiş eski bir milli futbolcu." derdi. Bir daha sorsanız cevabı "Ankara Üniversitesinde görev yapmış bir hukuk profesörü." olabilirdi.

Neden? Çünkü eğitim verisinde "X kimdir?" formatındaki sorulardan sonra çoğunlukla biyografik açıklamalar gelir, bu kalıbı öğrenen modeller gerçekte var olmayan isimler için de benzer metinler üretebilir. Çünkü eski modeller, belirsizlik durumlarında cevap üretmek yerine yanıt vermektan kaçınacak şekilde eğitilmemiştir.

Modern modeller bu sorunu kısmen çözdü. Nasıl mı? Yapay zekâ modelini tabiri caizse "sorguya çekerek." Modele sorulan soruların cevapları kontrol ediliyor. Model aynı soruya birbirinden farklı ve yanlış cevaplar verirse denetimli ince ayar sürecinde eğitim verisine "Bu sorunun

doğru cevabı: Bilmiyorum" şeklinde örnekler ekleniyor. Böylece modelde zaten var olan ve modelin belirsiz tahminler yaptığını gösteren nicel özellikler, metinsel çıktı şeklinde ifade edilmiş oluyor.

İkinci çözüm ise araç kullanımı: Model cevabından emin olmadığında özel token'lar üreterek bir web araması başlatabiliyor. Arama sonuçları "bağlam penceresi" olarak adlandırılan modelin çalışma belleğine ekleniyor. Bu sayede eğitim verilerinin güncelliğini yitirdiği durumlarda model doğrudan erişilebilen güncel bilgiyle cevap veriyor.

Etkileyiciliğin Ötesine Geçmek

Büyük dil modellerinin tüm bu etkileyici yeteneklerine rağmen öngörülemez açıkları var. Genel olarak çok başarılı performanslar gösterebiliyor ancak çok basit sorularda tutarsız veya hatalı cevaplar verebiliyorlar. Örneğin matematik olimpiyatı soruları çözebilen bir model “9,11 mi büyük yoksa 9,9 mu?” şeklindeki basit bir matematik problemine “9,11” diye cevap verebiliyor. Ya da doktora seviyesinde fizik problemlerini adım adım çözerken bir cümledeki harf sayısını yanlış sayabiliyor. Bu tür tutarsızlıklar modellerin sınırlılıklarını gösteriyor.

Sonuç olarak bu yapay zekâ araçlarını yanılmaz bilgi kaynakları olarak değil, yardımcı araçlar olarak değerlendirmek gerekiyor. Fikir üretme, taslak oluşturma ve alternatif bakış açıları keşfetme gibi alanlarda olağanüstü faydalar sağlıyorlar. Ancak kritik konularda çıktılarının mutlaka doğrulanması, matematiksel hesaplama gerektiren görevlerde kod çalıştırarak kesin sonucu hesaplayan kod yorumlayıcısının kullanılması ve güncel bilgi içeren konularda web aramasıyla cevabın kontrol edilmesi büyük önem taşıyor. Ve belki de en temel ilke şu: Bir yapay zekâ uygulamasının ürettiği çıktının doğruluğunu ve niteliğini değerlendirme sorumluluğu, her zaman onu kullanan kişiye aittir.

Metin kutusunun arkasında ne etkileyici bir zekâ var ne de karmaşık bir illüzyon. Bu sistemler, büyük veri setlerindeki istatistiksel örüntülerin milyarlarca parametreye yansıtılması sayesinde çalışıyor.

Son yıllarda yapay zekâ alanında çok hızlı gelişmeler yaşanıyor. Bugün etkileyici olarak nitelenen yeteneklerin birkaç yıl sonra geriye dönüp bakıldığında sadece bir başlangıç noktası olarak hatırlanması kuvvetle muhtemel.

Şunu asla unutmamalıyız: Yapay zekâ ne kadar güçlenirse güçlensin onu anlamlı kılan şey hâlâ onu yönlendiren, sorgulayan ve sonuçlarının sorumluluğunu üstlenen insan zihnidir.

Bilim ve Teknik podcast yayını kapsamında Doç. Dr. Erkan Er ile gerçekleştirdiğimiz “Eğitimde Yapay Zekânın Kullanımı: ChatGPT ve Diğer Sohbet Robotları Eğitimde Nasıl Faydalı Şekilde Kullanılabilir?” konulu programı dinlemek için kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz. ■



Kaynak

<https://www.youtube.com/watch?v=7xTGNNLPyMI>

Not:

Bu yazı, Andrej Karpathy'nin büyük dil modelleri üzerine kapsamlı dersinden esinlenerek hazırlanmıştır.



Dünyayı Sistem Düşüncesiyle Anlamak

Karmaşık problemleri
çözmek için güçlü bir araç...

Prof. Dr. Hasret Nuhoğlu [Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı

“Bir ağacı incelemek etkileyicidir ancak ormanın
bütününe bakmayı öğrenmek, dünyanın işleyişini
anlamanın asıl anahtarıdır.”



Sabah uyanıp akıllı telefonunuzun ekranına dokunduğunuz o sıradan anı düşünün. Siz sosyal medyadaki akışı kaydırırken dünyanın bambaşka bir köşesinde bir orman yangını tetikleniyor, komşu bir kıtada ekonomik dengeler değişiyor veya okyanusun derinliklerindeki bir canlı türü yok olmanın eşiğine yaklaşıyor olabilir.

İlk bakışta aralarında hiçbir ilişki yokmuş gibi görünen bu olaylar aslında muazzam büyüklükteki küresel bir sistemin parçalarıdır ve birbirleriyle sıkı şekilde ilişkilidir. Peki, olayları tek tek incelemek yerine bu karmaşık ilişkiler ağını bir bütün olarak nasıl değerlendirebiliriz?

Bilim dünyasının bu zorlu soruya verdiği son derece etkili bir yanıt var: Sistem düşüncesi.

Parçaların Ötesi: Karmaşık Sistemleri Bütüncül Görmek

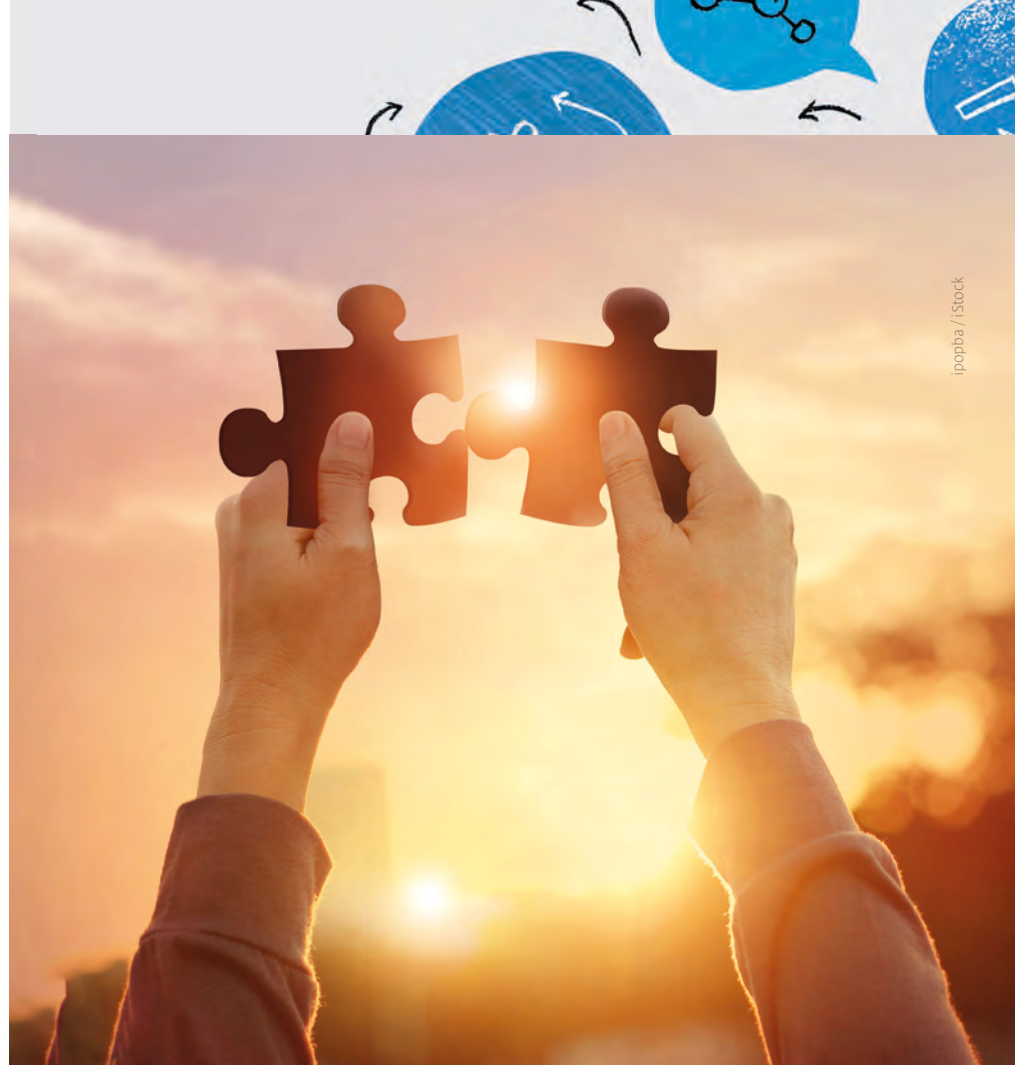
Kadim felsefelerden günümüze ulaşan Kör Adamlar ve Fil öyküsü, algı ve gerçeklik üzerine çarpıcı bir düşünce deneyi sunar. Karanlık bir ortamda hayatlarında ilk kez bir file

karşılaşan birkaç kişiyi hayal edelim. Biri filin bacağına dokunup onun bir ağaç gövdesi olduğunu iddia ederken diğeri hortumunu kavrayıp dev bir yılan bulduğunu sanır. Bir başkası ise kulağına dokunarak onun bir yelpaze olduğunu düşünür. Kendi deneyim ve gözlemlerine göre her biri haklıdır ancak filin gerçek doğasını kavramaktan tamamen uzaktırlar. Parçalara odaklanırken bütünü gözden kaçırmışlardır.

İçinde yaşadığımız modern çağın giderek karmaşıklaşan yapısı da tıpkı bu karanlık ortama benziyor. Küresel iklim değişikliği, sosyoekonomik eşitsizlikler veya salgın hastalıklar gibi insanlığı etkileyen sorunları ele alalım.

Bu krizlerin her birine yalnızca kendi uzmanlık alanımızdan veya sınırlı bir bakış açıdan yaklaştığımızda tıpkı filin sadece bacağına dokunan kişi gibi genel tabloyu anlayamayız.

İşte tam bu noktada olayları birbirinden bağımsız ve izole parçalar olarak değil, birbirine bağlı ağların oluşturduğu bir bütün olarak ele almamızı sağlayan analitik bir yaklaşım devreye giriyor: Sistem düşüncesi. Bu düşünme şekli, karşımızdaki karmaşık yapıyı tüm dinamikleri ve etkileşimleriyle anlamamızı sağlayan bir araç olarak görev yapıyor.



Sokak Lambası Yanılgısı: Çözümü Gerçekten Nerede Arıyoruz?

Kültürel hafızamızda yer eden bir Nasreddin Hoca fıkrasını bir de bilimsel bir mercekten inceleyelim: Hoca, gece vakti sokak lambasının altında telaşla bir şeyler aramaktadır. Komşusu yaklaşıp ne aradığını sorduğunda “anahtarımı” yanıtını alır. Ancak anahtar nerede düşürdüğü sorulduğunda Hoca’nın verdiği cevap, insan düşüncesine dair daha derin bir soruya işaret eder: “Evin önünde düşürdüm ama orası karanlık o yüzden aydınlık olan yerde arıyorum!”

İlk bakışta yalnızca yüzümüzde bir tebessüm bırakan bu hikâyeye aslında davranış bilimlerinde “sokak

lambası etkisi” olarak adlandırılan çok temel bir bilişsel yanılgıya işaret ediyor. İnsan zihni, karmaşık ve çözümü zor problemlerle karşılaştığında enerjisini optimize etmek ister. Bu nedenle sorunun gerçek kök nedenlerini belirlemek (anahtar karanlık ortamda aramak) yerine elindeki verilerle ve bilindik yöntemlerle en kolay müdahale edebildiği çözüme (anahtar aydınlıkta aramak) odaklanma eğilimindedir.

İster bir şirketin yönetim krizi olsun ister küresel bir çevre sorunu, günümüzün çok katmanlı ve dinamik problemlerinde bu kolaycılık çoğu zaman sorunun kaynağının yanlış değerlendirilmesine ve sorunu çözmekte yetersiz kalan politikaların uygulanmasına yol açar. Sistem düşüncesi, problemin gerçek kaynağını içeren karmaşık bağlantılar ağını anlamamızı sağlayan güçlü bir zihinsel anahtardır.

Kelebek Etkisinin Ekolojik İz Düşümü: Yellowstone Nehirlerini Değiştiren Kurtlar

1995 yılında ABD’deki Yellowstone Millî Parkı’na 14 kurt bırakılarak modern bilim tarihinin en başarılı doğa koruma programlarından biri başlatıldı. Kimse bu kadar küçük bir müdahalenin devasa bir ekosistemin işleyişini değiştirebileceğini tahmin etmiyordu.

Bu değişimin nedenini kavrayabilmek için önce bu programın neden başlatıldığını anlamamız gerekir. Gri kurtlar 1872’de kurulan Yellowstone Millî Parkı’nın doğal bir parçasıydı. Kurtların millî parktaki geyik ve antilop gibi canlı türleri için tehlikeli olduğu kabul edilerek kurt popülasyonunun tamamen ortadan kaldırılmasına yönelik sistematik bir av kampanyası yürütüldü ve 1926 yılında parktaki son kurt sürüsü yok edildi. Besin zincirinin en tepesindeki yırtıcıların yok edilmesiyle Yellowstone ekosisteminde çöküşe neden olan zincirleme reaksiyonlar başladı:





John Morrison / iStock

Sistem Düşüncesinin Anatomisi: Karmaşıklığı Çözmenin Dört Temel İlkesi

Klasik bilimsel analitik yaklaşım, dünyayı anlamak için indirgemeci (redüksiyonist) bir yöntem benimser. Ancak modern çağda ortaya çıkan çok katmanlı krizler, sorunu parçalara ayırıp her bir bileşeni birbirinden izole bir şekilde incelemenin yeterli olmadığını, bu parçalar arasındaki dinamik ilişkilere ve bu ilişkilerin oluşturduğu bütüncül sisteme odaklanmak gerektiğini gösteriyor.

Sokak lambası etkisinden çıkıp gerçek çözümlere yönelmeyi sağlayan bu yeni düşünme biçimi, dört temel ilkeye dayanıyor:

1. Büyük Resmi Görmek:

Bu ilke, bir sistemi sadece tek tek bileşenleri üzerinden değil, bu bileşenlerin etkileşimiyle ortaya çıkan sistem düzeyindeki özellikleriyle değerlendirebilmektir. Tıpkı ekolojik bir araştırmada olduğu gibi hem tek bir ağacın biyolojisini hem de o ağacın içinde bulunduğu orman ekosistemini aynı anda anlayabilmeyi gerektirir. Asıl beceri, mikro düzeydeki

- Doğal avcıları kalmayan geyik popülasyonları yıllar içinde kontrolsüzce çoğaldı.
- Büyük geyik sürüleri özellikle nehir kenarlarındaki çalılara ve genç ağaçlara zarar vererek orman dokusunu zayıflattı.
- Ağaçların yok olmasıyla yaşam alanları ve besin kaynakları daralan kunduzlar bölgeyi terk etti, çalılıkların kaybolması ise kuşları yuvasız bıraktı.
- Kunduzların yaptığı doğal barajların yok olması, nehirlerin akış hızını ve nehir yataklarının şeklini değiştirdi, bu düzensizlik balık popülasyonlarının hızla azalmasına neden oldu.
- Zayıflayan bitki örtüsü nedeniyle erozyon hızlandı. Nihayetinde bozulan ekosistemdeki doğal

döngüler sürdürülemez hâle gelince geyiklerin sayısı da azalmaya başladı.

1995'te kurtların ekosisteme yeniden entegre edilmesiyle bu ölümcül döngü muazzam bir şekilde tersine işledi. Kurtların varlığında geyikler kolay av olacakları nehir kenarlarından uzaklaşarak ormanın iç kısımlarına çekildi. Bu basit davranış değişikliği sonucu nehir kıyılarındaki ağaçlar büyümeye, kunduzlar tekrar doğal barajlar kurmaya ve nehir ekosistemi balıklara ve kuşlara ev sahipliği yapmaya başladı. Sadece 14 kurdun oluşturduğu zincirleme etki, devasa bir ekosistemin işleyişini kökünden değiştirdi. Ekolojide "trofik çağılayan" olarak bilinen bu olgu, sistem düşüncesinin en çarpıcı örneklerinden biridir.

ayrıntıları göz ardı etmeden makro düzeydeki bütünü fark edebilmektir.

2. Uzun Vadeli Düşünmek:

Sistemler statik değil, dinamik yapılardır. Ancak sisteme yapılan müdahalelerin sonuçları her durumda eş zamanlı olarak gözlemlenemez. Bu nedenle sistem düşüncesi, tepkisel bir yaklaşımla sadece “Şimdi ne oluyor?” sorusunu sormakla yetinmez, öngörülü bir vizyonla “10 yıl sonra ne olacak?” sorusunu da dikkate alır.

3. Nedensellik Döngüleri:

İnsan zihni, olayları doğrusal ve basit bir neden-sonuç ilişkisiyle algılamaya eğilimlidir. Oysa doğada ve karmaşık sistemlerde neden-sonuç ilişkileri tek yönlü değil, sürekli etkileşim hâlindeki döngüler şeklindedir. A faktörü bir değişimi tetikleyerek B’ye neden olabilir. Ancak B zamanla A’yı zayıflatan veya güçlendiren bir etki oluşturabilir. Tıpkı Yellowstone’da kurtların yok olmasının başlangıçta geyiklerin sayısında artışa neden olmasına rağmen zamanla ekosistemde ortaya çıkan değişimlerin geyik popülasyonunun azalmasına yol açması gibi.

4. Alternatif Çözümler:

İndirgemeci yaklaşım, her problem için genellikle tek bir kesin çözüm olduğu varsayımına dayanır. Ancak bileşenleri arasında etkileşimler

olan karmaşık sistemlerde problemlerin tek bir çözümü olmayabilir. Sistem düşüncesi, sistemi oluşturan bileşenler arasındaki etkileşimleri değerlendirerek alternatif ve yenilikçi çözümler sunar.

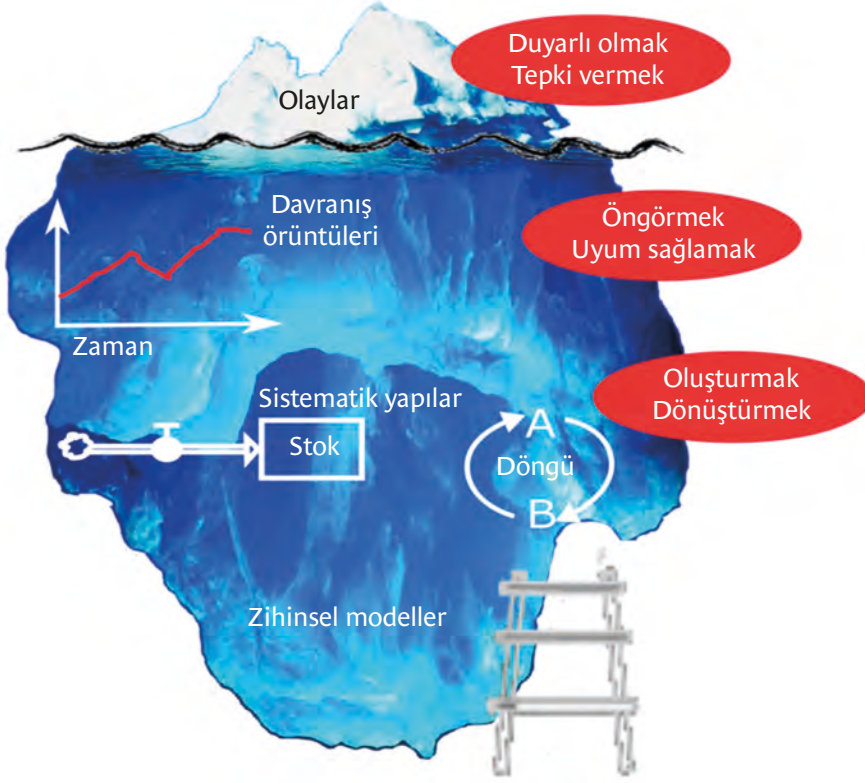
Sistem Düşüncesi Araçları

Karmaşık sistemlerdeki sorunlara somut çözüm önerileri sunmak için sadece olayları gözlemlemek yetmez aynı zamanda bileşenler arasındaki ilişkileri analiz etmeye imkân veren analitik araçlara sahip olmak gerekir. Bir olay yeri inceleme uzmanının suç mahallinde çıplak gözle fark edilemeyen izleri ortaya çıkarmak için morötesi ışık veya özel kimyasal maddeler kullanması gibi. Bu analitik araçlar buz dağı metaforu ile ifade edilir.

Buz Dağı Modeli: Yüzeyin Altındaki Gerçeklik

Tarihe geçen Titanik kazasını düşünelim. Döneminin en gelişmiş mühendislik ürünlerinden biri olan Titanik’in batmasına neden olan, suyun üzerindeki küçük bir buz kütlesi değildi. Buz dağının suyun altında kalan büyük kısmı, geminin gövdesine hasar vererek okyanusun derinlerine gömülmesine neden oldu. Benzer şekilde bugün karşılaştığımız ekolojik çöküşler, tür kayıpları veya su sistemlerinin bozulması gibi karmaşık problemler sadece görünen olaylarla açıklanamaz, çoğu zaman problemin kökeninde daha karmaşık etkileşimler bulunur.





Buz dağı modeli bu tür sorunları analiz ederken çok katmanlı bir yaklaşım kullanır.

Gelin, bu modeli Yellowstone Millî Parkı'ndaki ekosistem çöküşü problemi üzerinden adım adım inceleyelim:

1. Olaylar Katmanı: “Ne Oldu?”

Olay katmanı, günlük hayatta doğrudan deneyimlenen ya da gözlemlenen durumlardır. Örneğin, 1926'da bir doğa gözlemcisi Yellowstone'a gelse ne görürdü? Geyik sayısının arttığını, nehir kenarlarında ağaçların seyrekleştiğini, nehirlerdeki doğal barajların azaldığını...

2. Davranış Örüntüleri: “Bu Hep Böyle miydi?”

Bu katmanda yalnızca tek günlük gözlemleri dikkate almıyoruz, onlarca yılın ekolojik verilerini değerlendiriyoruz. Sonuçta kurtların 1926'da yok olmasından sonra onlarca yıl boyunca geyik popülasyonunun sürekli arttığını, nehir kenarındaki ağaçların ve bitki örtüsünün yıldan yıla zayıfladığını, kunduz popülasyonunun kademeli olarak düştüğünü belirledik. Yalnızca nehrin bugünkü durumunu dikkate almak yerine sistemin zaman içindeki değişimini izlediğimizde ekosistemdeki bozulmanın onlarca yıldır sessizce ilerlediğini fark ediyoruz.

3. Sistemik Yapılar: “Buna Ne Sebep Oluyor?”

Bu katmanda davranış örüntülerini üreten sistemin kurallarını yani nasıl işlediğini sorguluyoruz. Stok-akış diyagramı bu işleyişin arkasındaki mekanizmaların anlaşılmasını sağlıyor: Kurtlar azaldığında geyik ölüm oranı düşer yani geyik stoku artar, artan geyik stoku nehir kenarındaki fidanların yetişkin ağaca dönüşme akışını azaltır. Dolayısıyla ağaç stoku azaldıkça kunduzların yaşam alanı daralır ve besin kaynakları azalır, bu azalma kunduz doğum oranını etkiler, kunduz stoku azalınca doğal baraj yapımı yavaşlar ve bu değişim nehir ekosistemini olumsuz etkiler. Sistemde görülen bu sonuçlar, stok ve akış mekanizmaları arasındaki ilişkilerden kaynaklanır.

4. Zihinsel Modeller: “Bizi Bu Sistemi Kurmaya İten Düşünce Ne?”

Zihinsel modeller katmanı, bir sistemin neden o şekilde işlediğini açıklayan düşünme biçimleri, inançlar, değerler ve tutumlar bütünüdür. Örneğin Yellowstone'daki kurtların yok edilmesine kim, neden karar verdi? Çünkü toplumun ve yöneticilerin zihninde yazılı olmayan düşünme kalıpları vardı: “Yırtıcılar tehlikelidir ve insanlardan uzak tutulmalıdır”, “Bir hayvan türünü ortadan kaldırmak, ekosistemin geri kalanını etkilemez.” veya “İnsan müdahaleleri doğanın işleyişini yönlendirebilir hatta iyileştirebilir.” Bu inançlar değişmediği sürece



sistem aynı şekilde ilerlemeye, aynı politikalar uygulanmaya ve benzer ekolojik çöküşler ortaya çıkmaya devam eder.

Sürdürülebilir ve gerçekçi çözümler, alınacak kısa vadeli önlemlerle (örneğin sadece geyik sayısını düzenlemekle) değil, sorunun kökenindeki sistemik yapıları ve zihinsel modelleri dönüştürmekle mümkün. Nitekim 1995'te Yellowstone'a kurtların bırakılması, zihinsel modellerdeki değişimin uygulanan politikaları ve sonuçta tüm sistemin işleyişini nasıl değiştirebileceğinin en somut örneklerinden biri: Nehirler yeniden canlandı, ağaçlar yeniden büyüdü, kuşlar yeniden şakıdı.

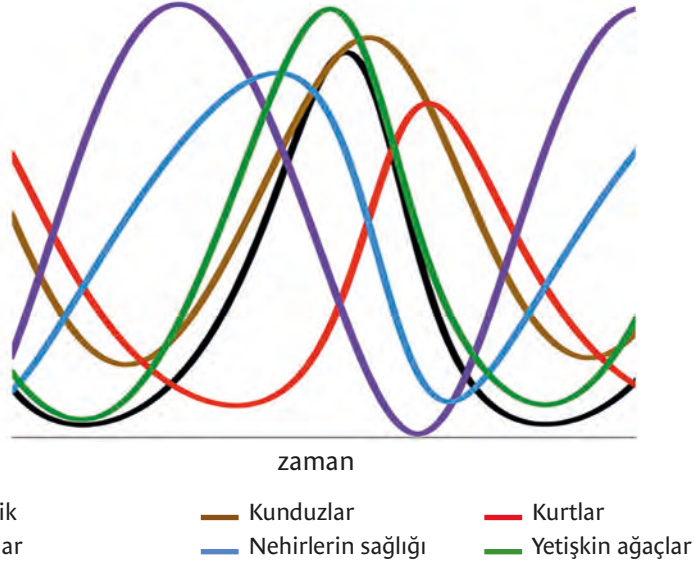
Zaman Boyunca Davranış Grafikleri: Değişimi İzlemek

Bir sistemi anlamanın en etkili yollarından biri, zaman boyunca geçirdiği değişimleri gözlemlemektir. Örneğin Yellowstone'daki kurt-geyik-nehir ilişkisini inceleyelim:

1926'da parkta son kurt sürüsü yok edildiğinde geyik popülasyonu hızla artmaya başladı. Onlarca yıl boyunca nehir kenarındaki bitki

örtüsü giderek seyrekleşerek geriledi. Kunduz popülasyonu yavaş yavaş azaldı. Nehir ekosisteminin sağlığı kademeli olarak bozuldu. 1995'te kurtlar yeniden getirildiğinde ise eğilimler tersine döndü: Geyik nüfusu dengelenmeye, bitki örtüsü yeniden güçlenmeye, kunduz sayısı artmaya başladı.

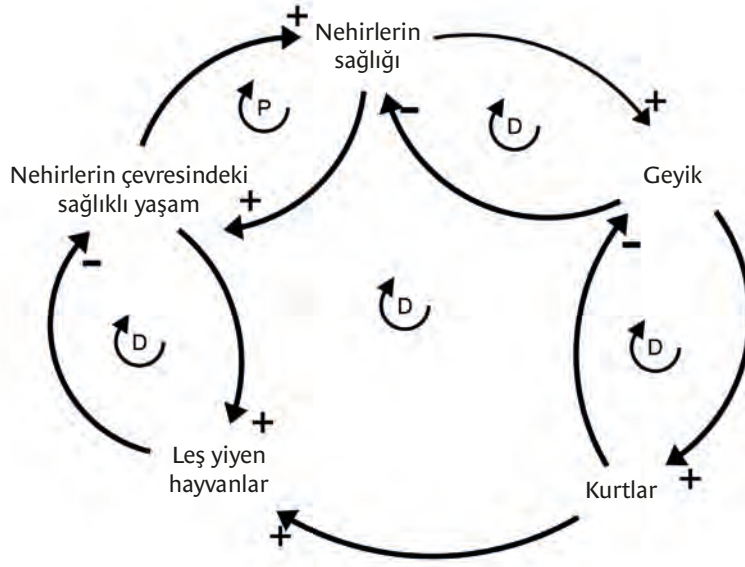
Bu sürecin en çarpıcı yanı, değişimin etkilerinin uzun zaman sonra görünür hâle gelmesiydi. Yellowstone'da kurtların yok oluşundan ekosistemin bozulmasına kadar geçen süre onlarca yıl aldı. Bu gecikme hem bozulmanın geç fark edilmesine yol açtı hem de müdahaleyi zorlaştırdı. Yukarıdaki zaman boyunca davranış grafiği yalnızca "Ne oldu?" sorusunu değil, "Ne zaman?", "Hangi hızda?" ve "Hangi eşiği geçince?" sorularını da yanıtlar. Bu sayede bir sonraki ekolojik çöküşün nerede ve ne zaman baş gösterebileceği önceden öngörülebilir.



Nedensel Döngü Diyagramları: İlişkileri Haritalamak

Bir probleme gerçekten çözüm üretmek için sadece sistemi oluşturan parçaları değil, o parçaların birbiriyle nasıl etkileştiğini de değerlendirmek gerekir.

Nedensel döngü diyagramları da bir sistemdeki değişkenlerin birbirini nasıl etkilediğini gösteren haritalardır. Yellowstone Milli Parkı örneğiyle bu haritaların, sistemi oluşturan bileşenler arasındaki ilişkileri nasıl gösterdiğini anlamaya çalışalım.



(+) işareti iki değişkenin aynı yönde değiştiğini, (-) işareti ise zıt yönde değiştiğini gösterir. (D) harfi dengeleme döngüsü, (P) harfi ise pekiştirici döngü anlamına gelir.

Doğaya yapılan her müdahale tek bir canlıyı değil, birbirine bağlı karmaşık bir sistemi etkiliyor. Bu etkileşimleri yeterince değerlendirmeden aldığımız kararlar ise beklenmedik ve zincirleme sonuçlar doğurabiliyor.

Stok-Akış Diyagramları: Sistemin İç Mekanizmasını Görmek

Yellowstone'daki kurtları avlayan insanlar, bu durumun ekosistemin çöküşüne neden olacak zincirleme etkilere neden olacağını öngörememişti:

- ↓ **Kurtlar azaldı**
- ↓ **Geyikler çoğaldı**
- ↓ **Geyikler nehir kıyılarındaki genç ağaçlara zarar verdi**
- ↓ **Fidanlar büyüyemedi**
- ↓ **Kunduzlar göç etti**
- ↓ **Nehir ekosistemleri bozuldu**

Ekosisteme yapılan küçük bir müdahale, zincirleme bir reaksiyona neden olarak ekosistemin çöküşüne neden oldu. Çünkü bu bir pekiştirici döngüydü, her etki bir sonrakini güçlendiriyordu.

Yıllar sonra kurtlar parka yeniden bırakıldı. Bu sefer döngü tersine döndü:

- ↓ **Kurtlar arttı**
- ↓ **Geyikler nehir kıyısından uzaklaştı**
- ↓ **Fidanlar yetişkin ağaçlara dönüştü**
- ↓ **Kunduzlar geri geldi**
- ↓ **Nehirler yeniden canlandı**

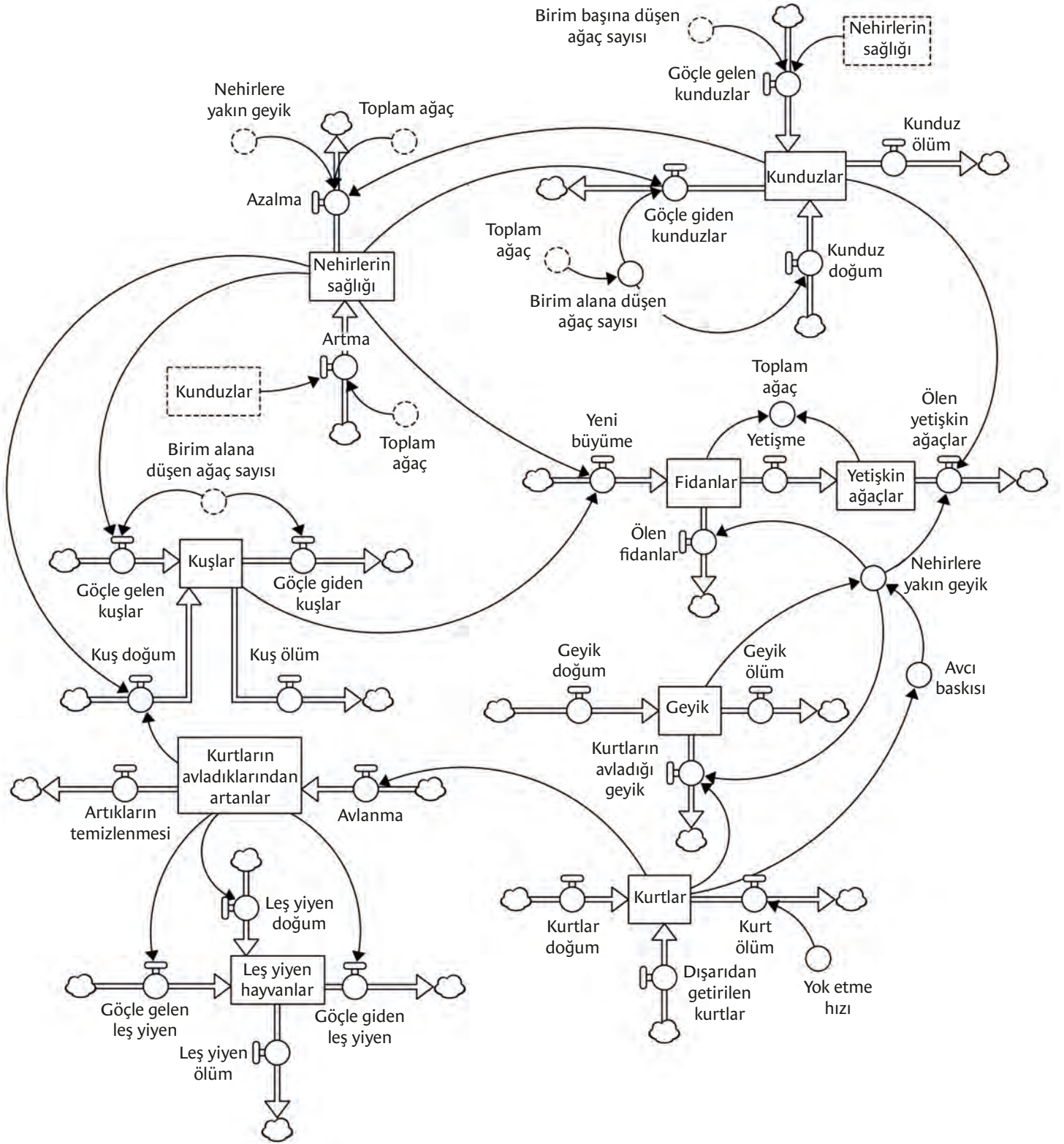
Doğa kendi "termostatını" devreye aldı. Bu dengeleme döngüsüydü, büyük değişimleri sınırlandırarak sistemi denge durumuna yöneltti.

Nedensel döngü diyagramları, sistemdeki dolaylı etkileri de görünür kılabilir. Örneğin kurtların avladığı canlılardan kalan leşler, kartallar ve çakallar için besin kaynağıdır. Kurt sayısı arttığında kuş popülasyonu da artar. Avlanma kuralları, su yönetimi, turizm politikaları bu döngüleri etkiler.

Doğayı çoğu zaman dışarıdan gözlemlediğimizi düşünüyoruz oysa onun ayrılmaz bir parçasıyız.

Nedensel döngü diyagramları sistemdeki hangi bileşenlerin birbirini nasıl etkilediğini gösterirken stok-akış diyagramları bu etkileşimlerin sistemde hangi niceliklerin birikmesine, hangilerinin tükenmesine neden olduğunu ortaya koyar. Bu diyagramlarda iki temel unsur vardır: Stoklar, sistemde biriken ya da tükenen miktarları temsil eder: Örneğin Yellowstone'daki kurt sayısı, atmosferdeki karbon miktarı veya bir nehrin su hacmi birer stoktur. Akışlar ise bu stokları büyüklüğünü değiştiren süreçlerdir. Doğum ve ölüm oranları, göç, karbon salımları ve fotosentez bunların bazılarıdır. Stokların değişim hızı, sistemin değişimlere karşı ne kadar kırılgan ya da dirençli olduğunu gösterir.

Sağda yer alan Yellowstone'un stok-akış diyagramı şunu gösteriyor: Kurt stokunun azalması, geyik stokunun artmasına,



Yellowstone Ulusal Parkı'ndaki değişimlerin stok-akış diyagramı

Model, Sistem Düşüncesi Derneği tarafından *The Wolves of Yellowstone* adlı bilgisayar benzetiminden (isee Exchange, 2021) yararlanılarak hazırlanmıştır.

geyik stokunun artması ağaç stokunun azalmasına, ağaç stokunun azalması kunduz stokunun azalmasına ve nihayetinde nehir ekosistemin sağlığının bozulmasına yol açıyor. Bu zincirleme etki, sistemdeki sorunların sadece tek bir bileşen dikkate alınarak yapılan müdahalelerle çözülemeyeceğini, bileşenler arasındaki ilişkilerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini gözler önüne seriyor.

İklim Değişikliği: Sistem Düşüncesiyle Bir Analiz

Yellowstone ekosisteminde yaşananlar çok önemli bir şey öğretti: Bir sisteme yapılan küçük bir müdahale, zincirleme etkilere neden olarak beklenmedik sonuçlar doğurabilir. Peki ya milyarlarca insanın onlarca yıl boyunca fosil yakıtlara dayanan sistemler kullanması atmosferi nasıl dönüştürür?

İklim değişikliği, bir anlamda Yellowstone'un küresel ölçekteki yansımasıdır. Ancak bu durumda sistem millî parkla sınırlı değildir, etkileşimler kıtalara, okyanuslara ve atmosfere yayılmıştır. Tıpkı Yellowstone'da bir doğa

gözlemcisinin geyiklerin sayısının arttığını, nehir kenarındaki bitki örtüsünün seyrekleştiğini, balık sayısının azaldığını fark etmesi gibi iklim değişikliğinin de gözlemlenebilen belirtileri vardır:

- Su döngüsündeki bozulmaların dünyanın bazı bölgelerinde sellere, bazı bölgelerinde kuraklıklara yol açması
- Deniz seviyesinin yükselmesi ve kıyı kentlerinde taşkın riskinin artması
- Arktik'teki deniz buzullarının hızla erimesi
- Okyanusların asitlik seviyesinin yükselmesi nedeniyle deniz ekosistemlerinin zarar görmesi
- Kentlerin ortalama sıcaklığının çevresindeki kırsal bölgelere göre artması ve şehirlerin giderek daha bunalıcı hâle gelmesi

Bunlar iklim değişikliği sorununun gözlemlenen etkileridir (IPCC, 2021). Bu etkilerin temelinde karmaşık etkileşimler bulunur.

Yellowstone modelinde tüm ekosistemin kalbi olan merkezî stok, "nehirlerin sağlığı"ydı. Kunduzlar, kuşlar, geyikler, ağaçlar ve sistemi oluşturan diğer bileşenlerin hepsi o stoktan besleniyordu ve o stoku besliyordu. İklim sisteminde bu merkezî stok atmosferdeki karbondioksittir.

Atmosferdeki karbondioksit derişiminin artmasına neden olan fosil yakıtların kullanımı, endüstriyel süreçler ve ormansızlaşma gibi süreçler bu stoku besleyen akışlardır. Fotosentez yapan ormanlar



Alexandrum79 / iStock

ve oksijeni soğuran okyanuslar, atmosferdeki karbondioksit derişimini azaltır yani stoku boşaltır. Bugün ormansızlaşma hızlandıkça ormanların karbondioksiti soğurma kapasitesi azalıyor ve karbondioksit stoku kontrolsüzce büyüyor.

Yellowstone'da kurtların yok olması, ekosistemdeki değışimlerin birbirini güçlendirdiğı bir pekiştirici döngüye neden olmuştu. İklim sisteminde aynı mekanizma çok daha büyük ölçekte işliyor: Artan sıcaklıklar Arktik'teki deniz buzulların erime hızını artırır. Buzulların güneş ışığını yansıtma kapasitesi okyanuslarınkinden yüksek olduğu için bu alanlar güneş ışığını daha fazla soğurur. Güneş ışınlarının yeryüzü tarafından daha fazla soğurulması Dünya'nın ortalama sıcaklığının artmasına neden olur. Bu durum buzullardaki erimeyi hızlandırır. Sonuçta sistem, bu etkilerin birbirini güçlendirdiğı pekiştirici bir döngüye girmiş durumdadır.

Yellowstone'da kurtlar 1926'da yok oldu ama ekosistemdeki çöküş onlarca yıl sonra fark edildi. Bu durum müdahalenin gecikmesine neden oldu. İklim sisteminde ise karbondioksit artışın etkilerinin anlaşılması çok daha uzun sürebilir. Bugün atmosfere salınan karbondioksitin ısıtma etkisi onlarca yıl sonra tam olarak ortaya çıkacak. Dünyanın ortalama sıcaklığında



bugün görülen artış ise aslında geçmiş yıllarda atmosfere salınan karbondioksitten kaynaklanıyor.

Yellowstone insanlığa umut verici bir ders de bıraktı: Parka bırakılan 14 kurt, ekosistemdeki bozulmayı durdurarak etkileşim döngülerini yönünü değıştirdi. İklim değışikliği bağlamında ise asıl soru şudur: İklim sistemindeki hangi akışı değıştirerek dengeleyici döngüyü etkin hâle getirebiliriz? Atmosfere salınan karbondioksit miktarını artıran hangi süreci yavaşlatırsak ormanların ve okyanusların karbondioksiti soğurma kapasitesi iklim sisteminin yeniden dengeleyebilir?

Yellowstone'da cevap bir hayvandı: kurt. İklim krizinde ise çözüm, milyarlarca insanın kolektif tercihlerine bağlı.

Siz Ne Yapabilirsiniz? Sistem Düşüncesiyle Gündelik Hayat

Sistem düşüncesi sadece bilim insanların ya da politika yapıcıların kullandığı bir düşünme yöntemi değıil. Yellowstone'daki ekosistem çöküşünden küresel iklim krizine, büyük ölçekteki örneklerde gördüğümüz sistem ilişkileri küçük ölçekte de geçerlidir. Aslında günlük hayatımızda farkında olmadan bazı sistem ilişkilerini ortaya koyan sorular soruyoruz. Sistem düşüncesi bunu daha sistematik bir şekilde yapmamızı sağlıyor.

Soru Sormak:

Bir öğrencinin okulda notları düştüğünde “Sınav soruları neden bu kadar zor?” diye sormak yerine şunu sorgulayabilir: Ders çalışma alışkanlığım, uyku düzenim ve dikkat sürem okul başarıyı nasıl etkiliyor? Bu üçü arasında bir ilişki var mı? Tek bir nedene odaklanmak yerine değişkenler arasındaki ilişkileri anlamaya çalışmak etkili çözümler geliştirmeyi sağlar.

Grafik Çizmek:

Geçen ay kaç saat uyudunuz? Sosyal medyada ne kadar zaman geçirdiniz? Bunları bir grafikte gösterdiğinizde ne fark ediyorsunuz? Düzenli bir örüntü mü yoksa kaotik dalgalanmalar mı? Davranış alışkanlıklarının zamana göre nasıl değiştiğini görselleştirmek, aralarındaki örüntüleri fark etmenize yardımcı olabilir.

Döngüleri Görmek:

Stres düzeyim arttıkça daha az uyuyorum diye düşünüyorsanız ardından şunu sorabilirsiniz: Az uyumak da stresinizi artırıyor olabilir mi? Eğer cevabınız evet ise stres ve uykusuzluk arasındaki ilişki bir pekiştirici döngüye dönüşmüş olabilir. Bu döngüyü kırmak için hangi değişkene müdahale etmek daha kolay, uyku düzenine mi yoksa stres kaynağına mı?

Uzun Vadeli Düşünmek:

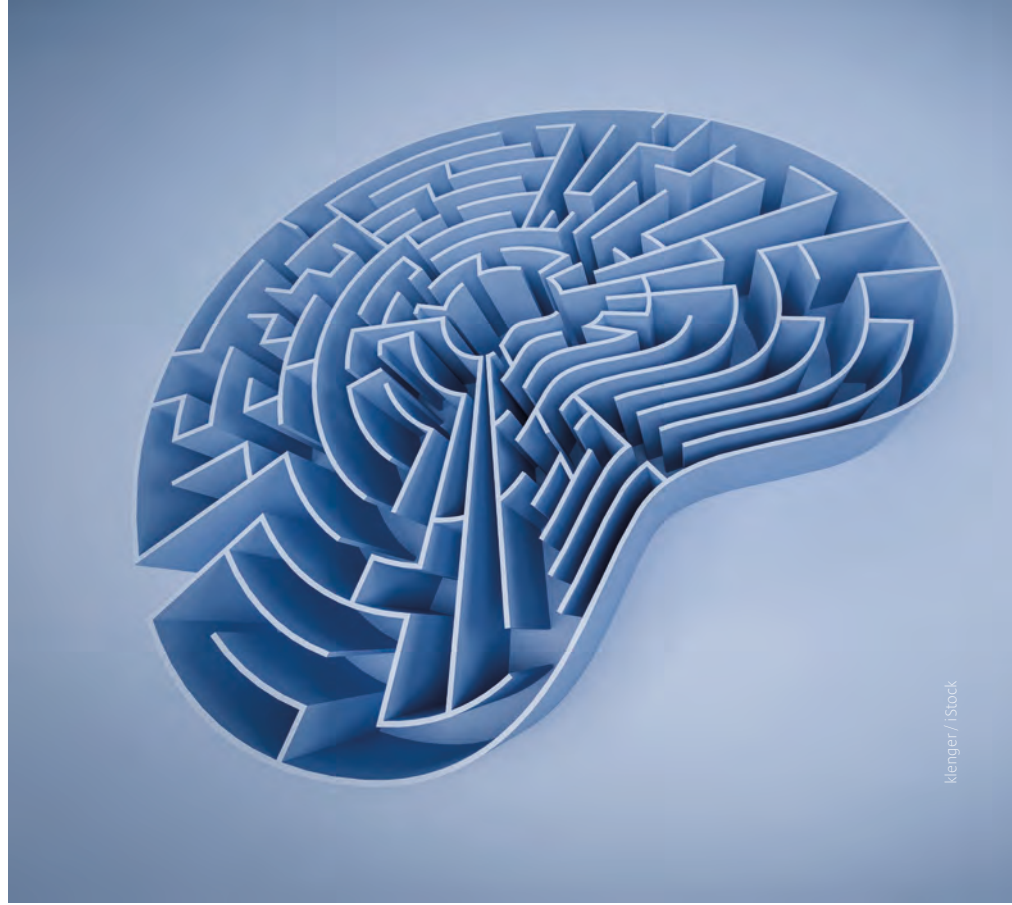
Sınav öncesi gece sabaha kadar çalışmak kısa vadede olumlu sonuçlar verebilir. Ancak bunu her sınavda tekrarlarsanız sürdürülebilir bir çalışma düzeni oluşturmak yerine sadece yaklaşan sınavı atlarsınız. Sistem düşüncesi size şu soruyu sorar: Bu çözüm uzun vadede başarılı olmanızı mı sağlıyor yoksa her sınav döneminde aynı stresi yaşamana mı neden oluyor?

Modellemek:

Bir arkadaşınızla yaşadığınız anlaşmazlığı düşünün. Kâğıda basit bir şema çizin: Ben ne yapınca o nasıl tepki veriyor,

onun hangi tepkisine ben nasıl karşılık veriyorum? Tepkileriniz arasındaki ilişkiyi görselleştirdiğinizde, sorunun kimin haklı olduğuyla ilgili olmadığını fark edersiniz, ardından davranışlarınızın ve tepkilerinizin birbirini nasıl etkilediğini anlamaya başlarsınız.

Yani sistem düşüncesini kullanmak için büyük sorunlar ve bunların çözümünde kullanılacak büyük araçlar gerekmez. Bazen çözümü bulmak için tek gereken “Ne oldu?” sorusu yerine “Neden bu durum tekrar ediyor?” sorusunu sormaktır.



Son Söz: Dünyayı Farklı Gözlerle Görmek

Çoğu insan bir sorun fark ettiğinde ilk aklına gelen nedene yönelir, hızlı bir çözüm uygular ve sorun tekrarladığında şaşırır. Ancak sistem düşüncesini kullanmaya başladığınızda farklı sorular sorabilirsiniz: Bu döngüyü nasıl değiştirebilirim? Bu eğilim ne zamandan beri devam ediyor? Akluma gelen çözümün uzun vadeli etkileri ne olabilir?

Soruna ele alma yaklaşımınızdaki bu değişim önemsiz görünebilir. Ama sonuçları çok etkilidir.

Sistem düşüncesiyle yaklaşan bir çalışan toplantı odasındaki tartışmanın altındaki gerçek nedenleri görür, bir öğretmen sınıfta tekrar eden disiplin sorunlarının arkasındaki davranış örüntülerini fark eder, bir yönetici şehirdeki trafik sorununun çözümü için alınan bazı kararların neden sorunu

daha da büyüttüğünü anlayabilir. Bunlar hayali örnekler değil, sistem düşüncesini özümsemiş insanların gerçek hayatta edindikleri bakış açılarıdır.

Sistem düşüncesi alışılmış düşünce biçimlerini sorgulamayı gerektirir. İlk akla gelen cevapların artık yeterli olmadığını fark edersiniz. Bu rahatsız edici olabilir. Ancak ardından “Bu kimin suçu?” sorusu yerini “Bu durumu ortaya çıkaran değişkenler ve bu değişkenler arasındaki ilişkiler neler?” sorusu alır. Yani suçlu aramak yerine sorunun kökenindeki nedenleri anlamaya başlarsınız. Bu geçiş zordur ama dönüştürücüdür. Sonra karmaşık görünen problemlerin ardında belirli örüntüler ve belirli döngüler olduğunu görürsünüz. Sistemde küçük bir değişikliğin büyük etkilere neden olduğu noktayı fark ettiğinizde, tıpkı Yellowstone’a bırakılan 14 kurt gibi, hangi müdahalenin tüm sistemi dönüştürebileceğini belirleyebilirsiniz. Bu ilişkileri fark eden insan “Bu beni ilgilendirmez.” diyemez. Çünkü kişisel tercihlerinizin,

alışkanlıklarınızın, kararlarınızın bir sistemin parçası olduğunu ve o sistemi beslediğini ya da dönüştürdüğünü görüyorsunuzdur.

Sistem düşüncesi size belirli bir çözüm formülü ya da tekniği vermez, olaylar arasındaki ilişkileri ve örüntüleri fark etmenizi sağlayan bir bakış açısı kazandırır. Bu sayede günlük hayattaki problemlerden küresel sorunlara, karşı karşıya kaldığınız olayları bu bakış açısıyla değerlendirmeye başlarsınız. ■



Ukususha / iStock

Kaynaklar

- Anderson, V., & Johnson, L., Systems thinking basics. Pegasus Communications, 1997.
- IPCC, Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021.
- Meadows, D. H., Thinking in Systems: A Primer. Chelsea Green Publishing, 2008.
- isee Exchange, The Wolves of Yellowstone. System Dynamics Society, 2021.
- Freedman, D. H., Wrong: Why experts keep failing us. Little, Brown and Company, 2010.
- <https://exchange.iseesystems.com/models/player/sdd/kurtlar-ve-nehirler> Erişim: 18 Mart 2026.
- Eğitimde Sistem Düşüncesi, <https://egitimdesistemdusuncesi.org/> Erişim: 18 Mart 2026
- Senge, P., M., Beşinci Disiplin: Öğrenen organizasyon sanatı ve uygulaması, çev. Ayşegül İlçeniz, Ahmet Doğukan, Barış Pala. Yapı Kredi Yayınları. İstanbul, 2020.

Tekno Yaşam

Gürkan Caner Birer [teknoyasam@tubitak.gov.tr]

Kırık Tedavisinde Nefes Alan Alçı

Kemik kırıklarının tedavisinde kullanılan geleneksel alçılar çoğu zaman ağırdır, terlemeye ve kaşıntıya neden olabilir. Singapur'da yeni geliştirilen 3D baskı alçı ise kafes şeklinde yapısının yanı sıra hafif, su geçirmez ve nefes alabilen tasarımıyla daha konforlu bir çözüm sunuyor.

3D baskı yöntemi ve özel malzemelerle hazırlanan alçı önce ısıtılarak yumuşatılıyor. Ardından doktor tarafından kola sarılıyor ve üzerindeki küçük klipslerle kapatılıyor. Soğudukça sertleşiyor ve kolun şeklini alıyor. Ürün 3D baskı ile üretildikten sonra zaman içinde şekil değiştirdiği için kullanılan yöntem "4D baskı" olarak tanımlanıyor.



Geleneksel alçı uygulaması birçok adım ve malzeme gerektirirken bu yeni sistem daha hızlı uygulanabiliyor. Gerekirse çıkarılıp ısıtılarak yeniden şekillendirilebiliyor. Bu da hem hastanın konforunu artırıyor hem de tekrar alçı yapma ihtiyacını azaltabiliyor.

<https://www.fastcompany.com/91537195/this-3d-printed-cast-shapes-to-your-arm-and-makes-healing-a-broken-bone-more-comfortable>



Telefon Anahtara Dönüşüyor

Uzun süredir kullanımda olan akıllı kilitlerin farklı telefon markaları, uygulamalar ve kilit sistemleri ile arasında uyumsuzluk önemli bir sorun oluştuyordu. Aliro adlı yeni standart, bu sorunu azaltmayı hedefliyor. Bu teknolojiyle bir kişi evinin, ofisinin ya da apartman girişinin kapısını telefonundaki veya akıllı saatindeki dijital anahtarla açabilecek. Kullanım biçimi temelde temassız ödeme yapmaya benziyor, cihaz kilide yaklaştırılıyor ve kapı açılıyor.

Aliro'nun önemi, farklı marka cihazlarla çalışacak şekilde tasarlanmasından kaynaklanıyor. Apple, Google ve Samsung gibi büyük platformların desteğiyle hem iPhone hem Android kullanıcıları aynı kilidi kullanabilecek.

Akıllı kilit teknolojisinde, yakın mesafeden kablosuz veri aktarımını mümkün kılan NFC, düşük enerji tüketimiyle kablosuz iletişim sağlayan Bluetooth Low Energy ve UWB adı verilen kısa mesafeli konum algılama sistemi bulunuyor. NFC cihazın kilide dokundurulmasıyla kapının açılmasını sağlarken UWB ise kişinin kapıya dışarıdan yaklaştığını anlayarak eller serbest şekilde kapıyı açabiliyor. Sistem bulut bağlantısı olmadan cihaz ile kilit arasında doğrudan ve güvenli iletişim kuruyor. Yine de bu teknolojinin yaygın bir şekilde kullanılması için mevcut kilitlerin yeni nesil uyumlu kilitlerle değiştirilmesi gerekiyor.

<https://www.theverge.com/tech/885002/aliro-smart-lock-standard-launches-apple-google-samsung-promise-support>

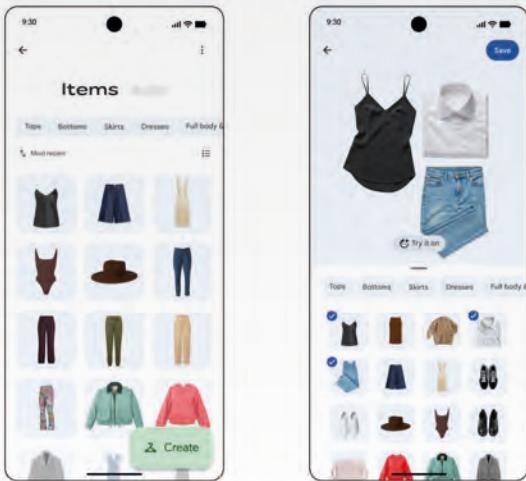
Fotoğraf Albümünden Dijital Gardıroba

Google Fotoğraflar'a eklenmesi planlanan bu yeni özellik, telefonlardaki eski fotoğrafları kullanarak kişiye ait bir dijital gardırop oluşturmayı hedefliyor. Sistem, fotoğraflarda görünen kıyafetleri yapay zekâ yardımıyla tanıyor ve bunları üst giyim, alt giyim, takı gibi kategorilere ayırıyor. Böylece kullanıcı, dolabındaki kıyafetleri tek tek fotoğraflamak zorunda kalmadan geçmiş fotoğraflarından bir kıyafet arşivi oluşturabiliyor.

İnsanlar çoğu zaman sahip oldukları kıyafetlerin tümünü hatırlamıyor, seyahat ya da özel günler için kombin yapmakta zorlanıyor. Dijital gardırop, farklı parçaları bir araya getirerek iş, tatil veya davet gibi durumlar için kıyafet planlamayı kolaylaştırabilir. Sistem zamanla yeni kombinler oluşturma, eksik olan ürünler için öneri yapma gibi özellikler de sunabilir.

Bu özellik yaz aylarında önce Android'e, ardından iOS'a gelecek. Diğer fotoğraf uygulamalarının da benzer özellikler sunması bekleniyor.

<https://blog.google/products-and-platforms/products/photos/google-photos-wardrobe-feature/>



Çocuklar Yapay Zekâ ile Ne Konuşuyor?

Aileler çocuklarının yapay zekâ uygulamaları ile ne konuştuğunu takip etmek isterken çocuklar da mahremiyetlerinin gözetilmesini istiyor. Meta bu soruna iki tarafın da beklentilerini karşılayan bir çözüm sunmak için çocukların yapay zekâ uygulamalarıyla yaptıkları sohbetlerin içeriği yerine konuşulan başlıkları paylaşan bir özellik duyurdu. Facebook, Messenger ve Instagram'daki ebeveyn denetim merkezine eklenen "Insights" bölümü, son bir haftadaki konuşmaları okul, eğlence, yaşam tarzı, seyahat, yazı yazma, sağlık ve iyi oluş gibi başlıklar hâlinde gösteriyor.

Çocukların yapay zekâ ile kurduğu iletişimin tamamen ebeveyn denetiminin dışında kalmaması önemli. Yeni özellik sayesinde mahremiyet kısmen korunurken çocukların sohbet robotları ile konuştuğu riskli veya hassas konular hakkında aile içinde konuşma zemini oluşabiliyor. Bu özellik şu anda ABD, Birleşik Krallık, Avustralya, Kanada ve Brezilya'da kullanıma açıldı.

<https://techcrunch.com/2026/04/23/meta-will-now-allow-parents-to-see-the-topics-their-child-discussed-with-meta-ai>



Haritalar Zenginleşiyor

Google, harita ve uydu görüntüleme uygulamalarına üretken yapay zekâ destekli yeni özellikler eklediğini duyurdu. Bu yenilikler daha çok şirketler, şehir planlamacıları ve veri analistleri için tasarlanmış olsa da etkileri günlük hayata da fark edilebilir. Örneğin bir inşaat projesinin, film sahnesinin ya da şehir düzenlemesinin gerçek bir sokakta nasıl görüneceği “street view” seçeneği üzerinden yapay zekâ ile canlandırılabilir.

Kullanıcı, bir sokakta ya da mekânda görmek istediklerini yazıyor, sistem bunu Google “street view” görüntüsü içinde gerçekçi bir sahneye dönüştürüyor. Google Earth’e eklenen yeni araçlar ise uydu ve havadan çekilen görüntüleri analiz edebiliyor. Bu araçlar yollar, köprüler, enerji hatları gibi yapıları otomatik olarak tanıyabiliyor.

Bu sayede afet yönetimi, şehir planlama, çevresel izleme ve altyapı güvenliği gibi alanlarda, önceden haftalar sürebilen bazı görüntü analizleri dakikalar içinde yapılabilir. Böylece şehirler daha verimli planlanabilir, riskli bölgeler daha erken tespit edilebilir ve büyük ölçekli kararlar alınırken görsel verilerden yararlanılabilir.

<https://techcrunch.com/2026/04/22/google-maps-is-about-to-get-a-big-dose-of-ai/>



Yapay Evren

Gök bilimciler, evrendeki gök adaların nasıl oluştuğu ve zaman içinde geçirdikleri değişimleri anlamak için bir evren simülasyonu geliştirdi. COLIBRE adı verilen proje, evrendeki gök adaların sayısı, büyüklüğü ve kütle dağılımı gibi fiziksel özelliklerini bilgisayar ortamında modellemeyi amaçlıyor. Simülasyon, Durham Üniversitesindeki COSMA8 süper bilgisayarında çalıştırıldı ve en büyük simülasyon için 72 milyon CPU saati kullanıldı.

Evrenin nasıl oluştuğunu anlamak için yalnızca teleskop verileri yeterli değildir, fiziksel süreçleri modelleyen bilgisayar simülasyonları da kullanılır. COLIBRE, önceki modellemelerden farklı olarak soğuk gaz ve kozmik toz parçacıklarını daha gerçekçi modelliyor, bu sayede gök adaların oluşumunu ve gelişimini daha iyi açıklamayı hedefliyor. Ancak henüz James Webb Uzay Teleskobu’nun gözlemlediği, evrenin erken dönemlerine ait gök adaların tüm özelliklerini açıklayamıyor.

<https://futurism.com/space/astronomers-create-synthetic-universe>

Yapay Zekâda Son Gelişmeler

Yeni yapay zekâ modelleri tanıtılmaya devam ediliyor. GPT-5.5 ve Claude Opus 4.7 modelleri uzun ve karmaşık görevleri yerine getirirken planlama, araçları kullanma, çıktılarını performansını değerlendirme gibi konularda daha başarılı olabiliyor. Meta Muse Spark ise “contemplating mode” özelliğiyle karmaşık problemlerde farklı yapay zekâ ajanlarının birlikte değerlendirme yapmasına imkân sağlıyor ve metinle sınırlı kalmayan çok modlu yapısıyla görsel verileri analiz edebiliyor. Bu yaklaşım, gelecekte telefon kamerasından elde edilen verilerle çevreyi algılayabilen, bir ev aletindeki arızayı görsel olarak tespit edebilen veya tıbbi görüntülerden sağlık bilgisini etkileşimli şekilde sağlayan kişisel asistanların temelini oluşturabilir.

DeepSeek V4, 1 milyon token’lık bağlam kapasitesiyle (modelin tek bir istemde işleyebileceği veri kapasitesi) ve açık ağırlıklı model (modelin eğitim parametrelerinin geliştiricilerin erişimine açık olması) yapısıyla dikkat çekiyor. Benzer şekilde Kimi 2.6 da açık ağırlıklı bir model. Google’ın ücretsiz sunduğu Gemma 4 modeli, verimli yazılım mimarisi sayesinde veri merkezlerindeki sunuculara ihtiyaç duymadan doğrudan cep telefonlarında çalışabiliyor. Ayrıca Google metinle birlikte görsel ve grafik de oluşturabilen Google Deep Research Max’ı tanıttı.

Antropic tarafından duyurulan Claude Mythos Preview, büyük ve kapsamlı yazılımların kaynak kodlarındaki karmaşık güvenlik açıklarını bulabiliyor ve bu açıkların pratikte kötüye kullanılıp kullanılamayacağını gösterebiliyor. Ancak zararlı amaçlarla kullanılma riski nedeniyle model genel kullanıma açılmadı. Kritik yazılımları yapay zekâ aracılığıyla daha güvenli hâle getirmeyi amaçlayan Project Glasswing girişimi kapsamında model, yalnızca kritik şirketler ve açık kaynak geliştiricileri gibi sınırlı kuruluşların kullanımına sunuluyor.

Disleksi İçin Renk Değiştiren Gözlük

İngiltere’de 11 yaşındaki Millie Childs, disleksili kişilerin daha rahat okumasını sağlayan bir gözlük tasarladı. Rainbow Glasses adlı cihaz, LED tabanlı bir sistem sayesinde camların rengini kırmızı, yeşil veya maviye dönüştürüyor. Kullanıcı, okuma sırasında görsel zorlanmayı en aza indiren rengi kendisi seçiyor. Kendisi de disleksili olan Millie, okurken kelimelerin sayfada hareket etmesi ve baş ağrıları nedeniyle bu tasarımı geliştirdi.

İlk ve ortaöğretim öğrencilerine yönelik STEM yarışması olan Primary Engineer’a katılan tasarım, Thales UK şirketi tarafından çalışan bir prototipe dönüştürüldü. Millie, MacRobert Medal Ödülleri’nde altın madalya kazandı. ■

<https://www.primaryengineer.com/greater-manchester-pupils-invention-rainbow-glasses-awarded-gold-medal-in-london/>

Yeni Kuşak Yapay Zekâ

Yeni modeller ve yapay zekâ asistanları



Tarladan Sofraya **Gıda Güvenliği**

Doç. Dr. Cem Erdoğan [*Başkent Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakóltesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü ve Gıda Tarım ve Hayvancılığı Geliştirme Enstitüsü*]



Nüfus artışı, gelir yapılarının değişmesi, iklim baskısı ve bazı jeopolitik riskler nedeniyle küresel gıda ve tarım sistemleri yeniden şekilleniyor. İleriki yıllarda talepteki artışın devam etmesi, enerji ve girdi maliyetlerinin yükselmesi, verim artışının yavaşlaması, hasat ve depolama gibi süreçlerde gıda kayıpları yaşanması, biyolojik çeşitliliğin azalması, ülkeler arasında yayılabilen tarım zararlıları ve hastalık riskleri bu sistemlerin kırılganlığını artıran temel unsurlar arasında yer alıyor ve yapısal dönüşüm ihtiyacını zorunlu hâle getiriyor. Bununla birlikte her yıl özellikle gelir düzeyi düşük ülkelerde güvenli olmayan gıda işleme uygulamaları nedeniyle en az 110 milyar dolarlık ekonomik kayıp yaşanıyor.

Gıda güvenliği denince çoğu kişinin aklına ilk olarak pestisitler gelir. Ancak gıda güvenliğini yalnızca nihai ürün üzerinde yapılan pestisit analiz sonuçlarına indirgemek doğru değildir. Asıl mesele gıda güvenliğinin, üretim sürecinin en başından itibaren yönetilip yönetilmediğidir. Bir gıdanın nasıl üretildiği, nasıl taşındığı, nasıl depolandığı, nasıl satıldığı ve evde nasıl hazırlandığı bu zincirin tamamını oluşturur. Başka bir deyişle asıl mesele yalnızca gıdanın içinde ne olduğu değil, o gıdanın hangi aşamalardan geçerek sofraya ulaştığıdır. Bu nedenle gıda güvenliği sadece üreticilerin



değil aynı zamanda tüketicilerin, denetim otoritelerinin ve tüm toplumun ortak sorumluluğudur.

Üretim aşamasında yapılan bir hata çoğu zaman tedarik sürecinin sonraki aşamalarında tam olarak telafi edilemez. Bu nedenle gıda ham maddesinin elde edildiği ilk aşama olan tarımsal üretimde İyi Tarım Uygulamaları (GAP), ürün işleme ve üretim aşamalarında ise İyi Üretim Uygulamaları (GMP), İyi Hijyen Uygulamaları (GHP) ve Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları Sistemi (HACCP) gibi uygulama standartlarının hayata geçirilmesi gerekir. Bu sayede pazarda, markette ve mutfakta ortaya çıkabilecek bazı gıda riskleri azaltılabilir. Ancak gıda güvenliğinin en kritik aşamalarından biri üretim sürecidir.

Gıda Güvenliği ve Gıda Güvencesi

Güvensiz gıdalar yalnızca akut zehirlenmelere yol açmaz, uzun vadede vücuttaki pek çok sistemi etkileyerek kronik sağlık sorunlarına zemin hazırlayabilir. Bu nedenle gıda güvenliği yalnızca bugünün değil, gelecek nesillerin de sağlığını ilgilendiren bir konudur. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu da bu konunun önemine dikkat çekmek amacıyla 20 Aralık 2018’de aldığı bir kararla 7 Haziran’ı “Dünya Gıda Güvenliği Günü” olarak ilan etti.

Gıda güvenliği ile sıklıkla karıştırılan kavramlardan biri gıda güvencesidir. Gıda güvencesi, gıdanın bulunabilirliği, erişilebilirliği ve yeterli besin değerine sahip

olmasıdır. Gıda güvenliği ise gıdaların sağlık açısından risk oluşturmamasını ifade eder. Sağlıklı bir yaşam için herkesin yeterli, güvenli ve sağlıklı gıdaya sürdürülebilir biçimde ulaşma hakkı vardır.

Günümüzde dünya genelinde yaklaşık 2 milyar insan gıda güvencesinden yoksun, yaklaşık 673 milyon insan da yeterli gıdaya düzenli ulaşmıyor. Bunun yanında yaklaşık 3 milyar insan yani dünya nüfusunun %40'ı sağlıklı bir diyetle erişmiyor. Her yıl yaklaşık 600 milyon insan sağlıksız gıda tüketimi nedeniyle hastalanıyor ve yaklaşık yarım milyon insan da hayatını kaybediyor. Bu rakamlar gıda güvenliğinin halk sağlığı açısından ne kadar kritik olduğunu açıkça gösteriyor. Gıda güvencesinin sağlanmadığı bir ortamda gıda güvenliğinden, gıda güvenliğinin tesis edilemediği bir durumda da gıda güvencesinden bahsedilemez.

Türkiye’de Gıda Güvenliği

Türkiye’de gıda güvenliği sistemi büyük ölçüde “çiftlikten çatala” yaklaşımı üzerine kuruludur. Bu yaklaşım, gıdanın üretim aşamasından tüketiciye ulaşıncaya kadar geçen tüm süreçte kontrol ve denetimlerin yapılmasını ifade eder. Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre Türkiye’de yaklaşık 7.200 gıda kontrol görevlisi bulunuyor. Ülke genelinde 41 kamu ve 97 özel olmak üzere toplam 138 gıda kontrol laboratuvarı faaliyet gösteriyor. Bu altyapı sayesinde her yıl 1,3 milyondan fazla gıda denetimi gerçekleştiriliyor.

Türkiye’de gıda güvenliğine ilişkin yasal düzenlemelerin temeli Cumhuriyet’in ilk yıllarına kadar uzanıyor. Gıda güvenliği alanındaki ilk kapsamlı

düzenlemelerden biri 1930’da çıkarılan Umumi Hıfzıssıhha Kanunu’dur. Günümüzde ise gıda güvenliği sistemi büyük ölçüde 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu çerçevesinde yürütülüyor.

Avrupa Birliği’nde Gıda Güvenliği

Avrupa Birliği’nde gıda güvenliği politikası da benzer şekilde “çiftlikten çatala” yaklaşımı üzerine kuruludur. Bu sistemin temel amacı tüketicilere sağlıklı bitki ve hayvanlardan elde edilen güvenli ve besleyici gıdalar sunmaktır. AB gıda güvenliği politikası üç temel hedefle şekillenir:

◆ Gıda ve hayvan yemlerinin güvenli ve besleyici olmasını sağlamak

◆ Hayvan sağlığı ve bitki korumasında yüksek standartlar oluşturmak

◆ Gıdanın kökeni ve içeriği hakkında tüketicilere şeffaf bilgi sunmak

Bu kapsamda gıda üretiminin tüm aşamalarında zorunlu kontroller yapılır ve gıda zinciri boyunca izlenebilirlik sağlanır.



Gıda Zincirindeki Riskler

Gıda güvenliği yalnızca gıdanın görünüşüne bakılarak değerlendirilemez. Mikrobiyolojik riskler gözle fark edilemeyeceği için görünüşünde herhangi bir sorun olmayan ve kötü kokmayan bir ürün bile zararlı mikroorganizmalar içerebilir ve risk taşıyabilir. Gıdalar üretimden tüketime kadar geçen süreçte çeşitli risk faktörlerine maruz kalabilir. Bu riskler genel olarak üç grupta incelenir: fiziksel riskler, kimyasal riskler ve biyolojik riskler. Gıda kaynaklı hastalıkların büyük bölümü biyolojik risklerden kaynaklanır. Örneğin *Salmonella* bakterisinin neden olduğu Salmonelloz,

dünya genelinde en yaygın gıda kaynaklı hastalıklardan birisidir.

Dünya genelinde tespit edilmiş 250'den fazla çeşit gıda kaynaklı hastalık bulunuyor. Dünya Sağlık Örgütü, gıda kaynaklı patojenlerin (hastalığa neden olan mikroorganizmalar ve virüsler) neden olduğu bulaşıcı hastalıklardan en az 600 milyon tüketicinin etkilendiğini tahmin ediyor. ABD'de her yıl yaklaşık 48 milyon, Birleşik Krallık'ta 2,4 milyon ve Kanada'da 4 milyon kişi gıda kaynaklı hastalıklardan etkileniyor. Bu hastalıklar yılda yaklaşık 95,2 milyar dolarlık verimlilik kaybına ve sağlık hizmetlerinde 15 milyar dolarlık maliyet artışına neden oluyor.

Önleme Temelli Yaklaşım

Gıda güvenliği uygulamalarının özünde önleme yatar. Gıda bozulduktan sonra yapılabilecekler sınırlıdır. Bu nedenle temel amaç, bulaşı engelleyerek gıda bozulmasını ve gıda kaynaklı hastalıkları önlemektir.

Temizlik, pişirme, soğutma ve ayırma bu yaklaşımın temelini oluşturur. Temizlik gıda ile temas eden tüm yüzeylerin, çalışanların, ekipmanların ve ortamın hijyenini kapsar. Özellikle el yıkama, bu sürecin en kritik uygulamalarından birisidir. El yıkama işlemi en az 20 saniye sürmelidir. Örneğin doğru ve düzenli uygulandığında ishal kaynaklı gıda hastalıklarının %50'ye kadar önlenildiği biliniyor.

Pişirme aşamasında gıdaların iç sıcaklığının güvenli pişirme sıcaklığına ulaşması gerekir. Et ürünlerinde en az 63 °C, kümes hayvanları ve kıymada ise 74 °C iç sıcaklık sağlanmalıdır. Soğutma işlemi, mikroorganizmaların çoğalmasını yavaşlatmak için uygulanır. 5 °C ile 60 °C arasındaki sıcaklık aralığı, patojenlerin en hızlı çoğaldığı tehlikeli sıcaklık aralığıdır. Bu nedenle gıdaların 4 °C veya altında saklanması,



dondurulacak ürünlerin ise -18 °C'de muhafaza edilmesi gerekir. Ayırma ise çapraz bulaşmayı (bir patojenin bir gıdadan, bir yüzeyden ya da bir ekipmandan başka bir gıdaya geçmesi) önlemek için çiğ ve pişmiş gıdaların ayrı tutulmasını ifade eder.

Gıda işletmelerinde temizlik yalnızca yüzeylerle sınırlı değildir; zeminler, ekipmanlar ve tüm çalışma alanları bu kapsamda değerlendirilir. El yıkama işlemi, tek kullanımlık eldiven kullanılsa dahi ihmal edilmemelidir. Eldiven kullanımı özellikle tüketime hazır gıdalarla çalışırken önerilir ancak el hijyeninin yerini almaz. Açık yaraların bulunduğu durumlarda eldiven kullanımı zorunludur.

Gıda ile temas eden yüzeyler ve mutfak ekipmanları her kullanım öncesi temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir. Gıdalar, tüketiciye ulaşmadan önce bu yüzeylerle temas ettiği için bu alanların hijyeni kritik öneme sahiptir.

Taze ürünlerin hazırlanmasında doğru yıkama uygulanmalıdır. Sebze ve meyveler akan su altında ve gerekiyorsa temiz bir fırça yardımıyla yıkanmalıdır. Dezenfektan solüsyonlar kullanılmamalıdır. Çiğ et ve kümes hayvanlarının yıkanması önerilmez, bu işlem patojenlerin yayılmasına neden olabilir.

zorannm / iStock



Çapraz Bulaşma ve Günlük Uygulamalar

Çapraz bulaşma, gıda güvenliğinde en önemli risklerden biridir. Çiğ ve tüketime hazır gıdalar için ayrı ekipmanlar kullanılmalı, kesme tahtaları ve bıçaklar ayrılmalıdır. Yüzeyler her kullanım sonrası temizlenmeli ve gıdalar hava geçirmez kaplarda saklanmalıdır.

Alışveriş sırasında çiğ et, sebze ve diğer ürünler ayrı tutulmalı, mutfakta hazırlık alanları mümkünse bölgelere ayrılmalıdır.

Bulaşma riskini önemli ölçüde azaltan bazı günlük uygulamalar:

◆ Çiğ etler, taze sebze ve meyveler, kümes hayvanları ve yumurta ürünleri market poşetlerine veya alışveriş arabalarına ayrı ayrı yerleştirilmelidir.

◆ Çiğ ve yemeye hazır yiyecekler hazırlanırken daima ayrı kesme tahtaları ve bıçaklar kullanılmalıdır.

◆ Yiyeceklerle temas eden yüzeyler, mutfak gereçleri ve aletler başka gıda malzemeleriyle kullanılmadan önce daima temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.

◆ Ham maddeler, depolama sırasında çapraz bulaşmayı önlemek için hava geçirmez sız kaplarda saklanmalıdır.



onurdongel / iStock

Taşıma, Depolama ve Soğuk Zincirin Korunması

Gıda güvenliği yalnızca üretim aşamasına bağlı değildir, taşıma ve depolama süreçleri de belirleyicidir. Bu süreçlerde yapılan hatalar, tarlada güvenli üretilmiş bir ürünü riskli hâle getirebilir. En önemli risklerden biri soğuk zincirin kırılmasıdır. Özellikle et, tavuk, süt ve süt ürünleri ile hazır gıdalar belirli sıcaklık aralıklarında taşınmalı ve saklanmalıdır. Soğuk zincir özellikle et, süt, balık ve dondurulmuş ürünlerin üretimden tüketime kadar uygun sıcaklıklarda (soğukta 0-4 °C, dondurulmuşta -18 °C) tutulmasıdır. Bu düzen bozulduğunda mikroorganizmalar hızla çoğalır ve gıda güvenliği ile ilgili riskler artar.

Taşıma ve depolama sırasında dikkat edilmesi gerekenler:

- ◆ Soğuk zincirin korunması,
- ◆ Uygun ambalaj kullanılması,
- ◆ Nem ve sıcaklık kontrolünün sağlanmasıdır.

Bilinçli Tüketici Olmak

Tüketici, gıda güvenliği zincirinin son halkasıdır. Bazı tüketiciler (özellikle hamile kadınlar, 65 yaş üzeri kişiler, 5 yaşın altındaki çocuklar, kronik bir

hastalığı olanlar, bağışıklık sistemi zayıf olan bireyler) hastalıklara karşı daha savunmasız ve bazı kimyasal maddelere karşı daha hassastır. Yani gıda kaynaklı sağlık risklerine karşı daha hassastır. Tüketici tarafından en sık yapılan hatalar mutfakta gerçekleşir. Bu hatalardan biri, çiğ gıdalar ile pişmiş gıdaların temas etmesidir. Bir diğer yaygın hata ise yanlış yıkama yöntemleridir. Sebze ve meyvelerin bol suyla yıkanması önemlidir ancak sirke veya karbonat gibi maddelerin tüm riskleri ortadan kaldırdığı düşüncesi doğru değildir. Çiğ et ve tavuk gibi gıdaların yıkanması, patojenlerin yayılmasına ve çapraz bulaşmaya neden olabilir.

tkpond / iStock



Tüketicilerin Dikkat Etmesi Gereken Hususlar

Bir tüketicinin gıda güvenliği konusunda alabileceği en önemli önlemlerden biri etiket okumaktır. Etiketler, bir gıda ürününün kimliğidir ve gıda güvenliğinin ilk güvenlik adımıdır.

Son tüketim tarihi ile tavsiye edilen tüketim tarihi farklı kavramlardır.

Son tüketim tarihi özellikle et, süt, balık gibi çabuk bozulan gıdaları için geçerlidir. Bu tarih geçtiğinde ürün güvenli kabul edilmez, görünümü ya da kokusu normal olsa bile tüketilmemelidir.

Tavsiye edilen tüketim tarihi ise daha çok kuru gıdalar, bakliyat, makarna, bisküvi gibi ürünlerde yer alır. Bu tarih, ürünün en iyi kalitede olduğu süreyi ifade eder. Tarih geçse bile ürün bozulmamış olabilir ancak tat, koku ve besin değeri değişebilir.

Tüketici olarak temel yaklaşım basittir: Son tüketim tarihi geçen ürünler kesinlikle tüketilmemelidir.

◆ Zorunlu etiket bilgilerinin yer aldığı ambalajlı ve etiketli gıdalar tercih edilmelidir. Ambalajsız gıdalar ile ambalajı yırtılmış veya bozulmuş gıdalar satın alınmamalıdır.

◆ Her gıdanın kendine özgü muhafaza koşullarında (sıcaklık, nem, ışık, vb.) satışa sunulup sunulmadığı kontrol edilmelidir.

Gıdaların bulunduğu buzdolabı ve derin dondurucuların çalışmadığı görüldüğünde ürünler satın alınmamalı ve ALO 174 Gıda Hattı'na bilgi verilmelidir. Gıda etiketinde özel muhafaza koşulu veya kullanım koşulu belirtilmişse bu koşullar sağlanmalı ve kullanma talimatına uyulmalıdır.

◆ Kaynağı bilinmeyen çiğ süt satın alınmamalıdır. Çiğ süt kaynatılmadan tüketilmemelidir. Çiğ süttten yapılan ancak salamura işleminden geçmemiş veya olgunlaştırılmamış peynirler satın alınmamalıdır.

◆ Kırık ve çatlak yumurta tüketilmemelidir.

◆ Tahıl, kuru baklagiller, sert kabuklu yemişler ve yağlı tohumların küflü, böceklenmiş ve kırık taneli olanları satın alınmamalı ve ALO 174 Gıda Hattı'na bildirilmelidir.

◆ Hayvansal gıdaların etiketinde oval şekilde ve içinde Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından verilen işletme onay numarasının bulunduğu tanımlama işareti aranmalı, diğer ürünler için ise yine Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kayıt altına alınan gıda işletmelerine verilen "İşletme Kayıt Numarası"na (İKN) sahip gıdalar tercih edilmelidir.

◆ Etlerin kendine has koku, renk, görünümünün olmasına ve mühürlü olmasına dikkat



edilmelidir. Et, güvenilir yerlerden satın alınmalıdır. Hazır kıyma yerine parça etten çektirilen kıyma, parça tavuk yerine de bütün tavuk tercih edilmelidir.

◆ Balık satın alırken kendine has balık kokusuna sahip olmasına, pullarının parlak, gözlerinin berrak ve hafif kabarık, solungaçlarının kapalı ve kırmızı renkte olmasına dikkat edilmelidir.

◆ Çiğ ve pişmiş gıdaların birbirine temas etmesi önlenmelidir. Çiğ et veya tavuk gibi ürünlerde bulunan mikroorganizmalar pişmiş gıdalara bulaşabilir ve bu durum ciddi sağlık riskleri oluşturabilir.

◆ Bebek maması kategorisindeki ürünler, son kullanma tarihleri geçtikten sonra piyasadan çekilmelidir.

◆ Soğuk zincirin korunup korunmadığı gözlemlenmelidir. Soğuk zincirin korunup korunmadığını tespit etmek çoğu tüketici için ilk bakışta zor gibi görünse de aslında bazı basit işaretleri gözlemleyerek bunu yapmak mümkündür. İlk olarak ürünün satış noktasına dikkat edilmelidir. Soğutucu dolapların kapağının sık açılıp kapanması, bazen açık kalması, ürünlerin soğutucu dışında bekletilmesi ya da dolabın aşırı dolu olması yeterli soğutmayı engelleyebilir.

Ürünlerin ambalajları da önemli ipuçları verir. Dondurulmuş ürünlerde buzlanma, ambalajda

şişme ya da sızıntı gibi durumlar, ürünün çözülüp tekrar donmuş olabileceğini düşündürür. Dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise ürünlerin dokusudur. Yumuşamış ya da beklenenden daha ılık bir ürün riskli olabilir. Alışveriş planlaması ve ürünlerin alışveriş sepetine eklenme sırası da bu zincirin bir parçasıdır. Alışveriş yaparken soğukta muhafaza edilmesi gereken ürünleri en sona bırakmak, mümkünse soğukluğu koruyan özel çanta kullanmak ve eve vakit kaybetmeden ulaşmak gerekir. Çünkü bu ürünlerde soğuk zincir dışında geçen süre uzadıkça risk artar. Son olarak evdeki saklama koşulları da aynı derecede önemlidir. Buzdolabının yaklaşık 4 °C, dondurucunun ise -18 °C civarında olması ve ürünlerin gecikmeden uygun şekilde yerleştirilmesi gerekir.

Temel bir kural olarak pişirilen yemekler en geç iki saat içinde buzdolabına kaldırılmalıdır. Buzdolabının yanlış kullanımı da gıda güvenliği açısından sorun oluşturabilir. Buzdolabında çiğ et, tavuk ve balık gibi ürünler mutlaka kapalı kaplarda ve diğer gıdalardan ayrı tutulmalı, sızdırma ve damlama ihtimaline karşı daha güvenli bölmelerde saklanmalıdır. Pişmiş ve tüketime hazır yiyecekler ise ayrı raflarda ve üzeri kapalı şekilde korunmalıdır. Sıcak yemeklerin doğrudan buzdolabına





seb_ra / iStock

konulmaması ve tüm gıdaların kapalı kaplarda saklanması da önemlidir. Çiğ ve pişmiş gıdalar birbirine temas etmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Böylece mikroorganizmaların damlama veya temas gibi yollarla çiğ gıdalardan diğer ürünlere bulaşması engellenmiş olur. Bir başka risk ise yemeklerin tekrar tekrar ısıtılmasıdır. Gıdalar soğutulup yeniden ısıtıldığında mikroorganizmaların çoğalması için uygun bir ortam oluşabilir. Bu nedenle sadece tüketeceğimiz kadar yiyeceğin ayrı bir kapta ısıtılarak tüketilmesi önerilir. En güvenli sanılan gıdalar bile mutfakta yanlış uygulamalarla riskli hâle gelebilir.

“Doğal” ve “Organik” Her Zaman Güvenli midir?

Pazarlarda, marketlerde ve hatta sosyal medyada “doğal”, “köy ürünü” “ekolojik” veya “organik” gibi ifadeler sıkça kullanılıyor. Ancak bu ifadeler her zaman gıdanın güvenli olduğu anlamına gelmez. Özellikle “organik” ifadesinin güvenilir olabilmesi için ürünün mutlaka sertifikalı üretim süreçleriyle üretilmiş olması ve yetkili kuruluşlar tarafından verilen “organik ürün” sertifikasına sahip olması gerekir. Sertifikası olmayan ürünlerde yalnızca “organik”

kelimesinin kullanılması bir güvence oluşturmaz. “Köy ürünü” veya “doğal” gibi ifadeler de çoğu zaman tüketicide güven duygusu oluştursa da tek başına bilimsel veya yasal bir güvenliği garanti etmez. Bu nedenle tüketicilerin yalnızca ürünün görünümüne ya da pazarlama ifadelerine değil, üretim koşullarına ve etiket bilgilerine de dikkat etmesi gerekir. Doğallık algısı bazen yanlış bir güven hissi oluşturabilir.

Sonuç

Gıda güvenliği yalnızca denetimlerle sağlanabilecek bir mesele değildir, üretimden tüketime kadar uzanan çok katmanlı bir süreçtir. Tarımsal üretimden lojistiğe, depolamadan mutfak uygulamalarına kadar uzanan bu zincirde bilimsel bilgi, doğru uygulamalar ve etkin denetim mekanizmaları belirleyici rol oynar.

Modern gıda sistemlerinde güvenilir gıdanın temeli bilim, denetim ve şeffaflık üzerine kuruludur. Gıda güvenliği, doğru bilgi ve doğru uygulamalarla yönetilebilen bir süreçtir. ■

Kaynaklar

- Erdoğan C. ve Karasungur S. *Gıda Güvenliği Önceliğinde Üreticilerin Yeni Nesil Tarım Uygulamalarını Benimsemelerini Etkileyen Faktörler ve Farkındalık Düzeyleri*. Vizetek Yayıncılık, Editör: Bobat Alaeddin, Özdemir Işıl, sayfa 71-91, 2025.
- <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20220401-16045862.pdf>.
- <https://tvhb.org.tr/2022/06/06/guvenli-gida-saglikli-bir-yasam/>
- https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
- <https://www.efsa.europa.eu/en>
- <https://www.fooddocs.com/post/4-steps-of-food-safety>.
- <https://www.gidamo.org.tr/icerik/dunya-gida-guvenligi-gunu-gida-muhendisi-halkin-saglik-guvencesidir-515>
- <https://guvenilirgida.tarimorman.gov.tr/>
- https://www.medipol.edu.tr/sites/default/files/document/SD_21_34-37.sayfalar_Selman_Turker.pdf
- <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gida-guvenligi-tarladan-sofraya-uzanan-gorunmeyen-zincir>

Merak Ettikleriniz

İlay Çelik Sezer [merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr

Kedilere Süt Vermek Doğru mu?

“Süt içen kedi” tüm dünyada kültürel olarak yaygın bir imge. Hatta dilimizde “süt dökmüş kedi gibi” şeklinde bir deyim bile var. Bu durum doğal olarak kedilerin sütle beslenebileceğini düşündürse de aslında

yetişkin kedilere süt vermenin onlar için çok da sağlıklı olmadığı biliniyor. Öncelikle tıpkı insanlarda olduğu gibi kedilerin de genellikle büyüdükçe süt şekeri olan laktozu sindirme kabiliyetleri azalıyor veya önemli ölçüde düşüyor. Dolayısıyla süt, yetişkin kedilerde ishal ve kusma gibi sindirim sorunlarına neden olabiliyor. Bazı kediler laktozun sindirilmesini sağlayan enzimi yetişkinlikte üretmeye devam etse bile standart kedi mamalarıyla beslenen bir kediye inek sütü vermek beslenme açısından herhangi bir fayda sağlamıyor. Dahası inek sütü oldukça yağlı bir besin olduğu için ev kedilerinin kilo almasına neden olabiliyor.

Ayrıca inek sütü önemli bir fosfor kaynağı olduğu için kronik böbrek hastalığı olan kedileri inek sütünden uzak tutmakta fayda var. Çünkü bilimsel çalışmalar, yüksek düzeyde fosfor alımının kronik böbrek hastası

kedilerin sağlığını olumsuz etkilediğini gösteriyor.

İnek sütü sadece yetişkin kediler için değil yavru kediler için de önerilmiyor. Yavru kediler normalde birkaç aylık olana kadar annelerini emiyor. Emme çağındayken hastalık ya da anne kaybı gibi bir nedenle insanlar tarafından beslenmesi gereken yavru kedi sütü muadili özel mamalar verilmesi öneriliyor. İnek ya da keçi sütü gibi başka süt türleri, besin öğelerinin türü ve oranı bakımından kedi sütünden farklı olduğundan yavru kediler için uygun bulunmuyor.

Kaynak

<https://www.livescience.com/is-it-safe-for-cats-to-drink-milk>



Süt içen kedi imajının özellikle 19. yüzyılda yaygınlaştığı düşünülüyor.

Sanayi Devrimi ile birlikte daha çok insan şehirlere göçmeye başlayınca evcil hayvan olarak kedi ya da köpek besleyenlerin sayısı da arttı. Bu da ressamlar için ilginç bir konu hâline geldi ve evcil hayvanlara ilişkin etkileyici sahneler tuvaleri süslemeye başladı. Fransız ressam Alfred-Arthur Brunel de Neuville’in süt içen kedi tabloları da o dönemde hayli ün yaptı.

Neden Bazen Gözümüz Dalar?

Hepimiz zaman zaman kısa bir süre hiçbir şey yapmadan gözümüzü bir noktaya dikip düşüncelere dalarız. “Göz dalması” olarak adlandırılan bu olgu çoğunlukla sinir biliminde “zihin gezinmesi” (mind-wandering) olarak adlandırılan durumun günlük hayattaki karşılığı olarak kabul edilir. Gözümüz daldığında dikkatimiz dış çevreden uzaklaşıp kendi düşüncelerimize yönelir. Sinir biliminde bu durum, belirli bir göreve odaklanamadığımızda daha aktifleşen varsayılan mod ağının (DMN) etkinliği ile ilişkilendirilir. DMN, beynin medial prefrontal korteks ve posterior singulat korteks gibi bölgelerini içeren bir sinir ağıdır. Dikkat gerektiren bir işle meşgul olmadığımızda DMN’nin etkinliği artar ve çevremize ilişkin farkındalığımız azalabilir. DMN’nin etkinliği ile dikkati odaklamaktan sorumlu ağların etkinliği, genellikle biri artarken diğerinin azaldığı, dinamik bir denge içindedir. Bu nedenle bir iş yaparken dikkatin kısa süreli dağılması normal kabul edilir. İki sistem arasındaki bu geçişlilik durumu, rutin ya da monoton bir etkinlik sırasında insanların neden gözünün daldığına bir açıklama getiriyor.

Nature Communications’ta 2021’de yayımlanan bir araştırma ise göz dalması olgusunun sanılandan daha karmaşık ve çoğu zaman faydalı bir zihinsel durum olduğuna işaret ediyor. Çalışmada rutin ve tekrarlayıcı bir görev yapan katılımcıların beyin etkinlikleri fMRI yöntemi ile izlenerek dikkatlerinin dağıldığını belirttikleri anlar analiz edildi. Bulgular, bu anlarda yalnızca varsayılan mod ağının değil, eş zamanlı olarak birçok beyin bölgesinin dinamik biçimde çalıştığını ortaya koydu. Bu durum, böylesi anlarda beynin dış uyaranlardan içsel düşüncelere yöneldiğini ve geçmiş hatırlama, geleceği planlama, hayal kurma ve duygusal değerlendirme gibi zihinsel süreçlerin devreye girdiğini düşündürüyor. Araştırmacılara göre bu zihinsel “boşluk” anları yaratıcılığı destekleyebilir ve

bilgilerin yeniden düzenlenmesine katkı sağlayabilir. Ancak özellikle depresyon ve anksiyete gibi bazı ruhsal bozukluklarda bu süreç ruminasyon (olumsuz düşünceler ve duygular üzerinde çözüm üretmeden tekrar tekrar düşünme eğilimi) ve aşırı kaygıya neden olabilir.

Sonuç olarak göz dalması, basit bir dikkat kaybından ziyade beynin içsel düşüncelerle aktif biçimde meşgul olduğu, çoğu zaman yararlı ancak bazı durumlarda olumsuz düşünce döngülerini güçlendirerek zihinsel iyi oluşu olumsuz etkileyebilen temel bir bilişsel süreçtir. ■

Kaynaklar

doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015331

<https://mcgovern.mit.edu/2021/03/25/whats-happening-in-your-brain-when-youre-spacing-out/>



Makine Unutması

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Yapay zekâ modellerine bir şeyler öğretmek kolay bir iş değil. Ancak daha da zor olanı eğitilmiş bir yapay zekâ modeline bildiklerini unutturmak, özellikle de söz konusu yapay sinir ağlarına dayalı modeller olduğunda. Bir yapay zekâ modeline sahip olduğu hatalı, tehlikeli, zararlı ya da güncelliğini kaybetmiş bilgileri nasıl unutturulabileceği, günümüzde giderek büyüyen bir araştırma alanı.



Makine unutulmasının temel amacı, eğitilmiş bir yapay zekâ modelini ele alıp yeni bir yapay zekâ modeli geliştirmektir. Öyle ki yeni modelin davranışı, unutulması istenen bilgiler hariç tutularak aynı bilgilerle eğitilmiş bir yapay zekâ modeline denk olmalıdır ya da en azından “öyleymiş gibi” davranmalıdır. Bu tanımlama pek çok soruyu akıllara getirir. Örneğin unutulması istenen bilgiler her zaman iyi ifade edilebilir mi? Arzu edilen amaca ulaşp unutulması istenen bilgilerle hiç karşılaşmamış gibi davranan bir model geliştirmek her zaman mümkün müdür? Eğer mümkün değilse unutulmanın başarısı nasıl ölçülebilir? Unutulmanın başarılı olduğunu ispatlamak ya da denetlemek mümkün müdür? İnsanların yaptığı gibi makinelerin de unutulmuş gibi davranması yeterli midir?

Makine Unutulmasının Kullanım Alanları

Makine unutulması üzerine yapılan ilk çalışmaları motive eden Avrupa Birliği’nin mahremiyet düzenlemeleri (GDPR) arasında yer alan “unutulma hakkı”ydı. Bu düzenleme, bir kullanıcıya hizmet aldığı bir şirketten kendi özel bilgilerinin kaydının silinmesini isteme hakkı verir. Örneğin e-posta hizmeti veren şirketler, bir kullanıcı hesabını kapattığında genel olarak kullanıcının bilgilerini veri tabanlarından silmeyi tercih etmez. Unutulma hakkı, bir e-posta kullanıcısına hesabını sildikten sonra hizmet aldığı şirketten kendi bilgilerinin kayıtlardan silinmesini isteme hakkı verir.

Unutulma hakkı, 2014 yılında ilk kez yürürlüğe konulduğunda makine öğrenmesi göz önünde bulundurularak hazırlanmamıştı. O dönemler yapay sinir ağlarına dayalı modellerin, gün gelip de verileri ve hesapları harmanlayan, çalışma biçimlerinin anlaşılması zor kara kutulara dönüşeceğini tahmin etmek zordu.

Makine unutulmasının, unutulma hakkının dışında da kalan pek çok uygulama alanı var: Eğitimlerde kullanılmış telif haklarına tabii bilgilerin ya da eserlerin istek üzerine eğitim setinden çıkarılmasının gerekmesi, eğitimlerde kullanılmış bilgilerin hatalı ya da güncelliğini yitirmiş olması, uygulamanın zararlı ya da tehlikeli sonuçlara yol açabilecek bilgiler edinmiş olması...

Yapay Sinir Ağlarına Bilgi Unutturmanın Zorluğu

Söz konusu bilgilerin, insanların okuyup anlayabileceği biçimde kodlandığı bilgisayar programları ya da tek tek belgeler hâlinde tutulduğu veri tabanları olduğunda bir sisteme bir şeyi unutturmak pek zor değildir. Programlardaki ilgili kod satırlarını ya da veri tabanlarındaki ilgili belgeleri tespit edip silersiniz. Örneğin Google, geçmişte unutulma hakkı

kapsamında gelen pek çok isteğe cevap vererek veri tabanlarındaki kullanıcı bilgilerini silmişti.

Söz konusu yapay sinir ağlarıyla modellenen programlar olduğundaysa bir yapay zekâ modeline bir şeyi unutturmak pek de kolay değildir. Bu durumun nedeni, bu modellerin tıpkı yapısından esinlendikleri insan beyni gibi bilgiyi tekil birimlerde değil dağınık bir biçimde kodlamalarıdır.

Yapay sinir ağlarıyla modellenen uygulamalarda insan beynindeki sinir ağına benzer bir yapı oluşturulur. Bu modellerde yapay nöronlar bulunur ve bu yapay nöronlar da doğal nöronlar gibi birbiriyle sinapslarla bağlantılıdır. Yapay sinir ağının bir konuda bilgi sahibi olması uzun eğitim süreçleri sonunda mümkün olur. İnsanlar yeni şeyler öğrenirken sinapslar arasındaki bağlantıların güçlenip zayıflamasına benzer biçimde yapay zekâ modelleri eğitilirken de yapay nöronlar arasındaki sinapslar güçlenir ya da zayıflar. Bilginin insan beyninde tekil nöronlarda saklanmaması gibi yapay sinir ağlarında da bilgi tekil nöronlarda kodlanmaz. Veri tabanlarından tekil belgelerin ya da sembolik programlardan satırların silinmesine benzer biçimde yapay sinir ağındaki bir nörona müdahale edilerek belirli bir bilginin sistemden silinmesi sağlanamaz. Tıpkı bir

nörona müdahale edilerek bir insanın bir bilgiyi unutmasının sağlanamayacağı gibi.

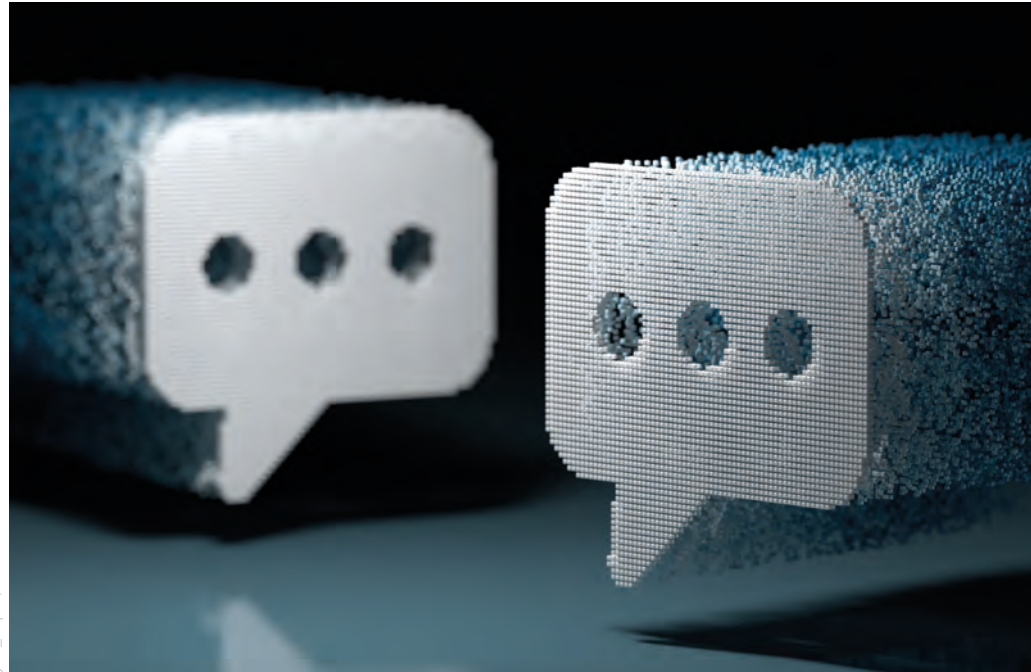
Yapay sinir ağlarına bilgi unutturmanın zorluğu özellikle son 10-15 yılda bu tür yapay zekâ programlarının giderek ön plana çıkmasından sonra makine unutmasının giderek yoğunlaşan araştırmalara konu olmasına yol açtı.

Kesin Unutma

Eğer elinizde belirli bilgileri unutturmak istediğiniz bir yapay zekâ modeli varsa yapılabilecek en basit şeylerden biri tamamen yeni bir yapay zekâ modeli eğitmek olabilir. Eğer bir A algoritmasını ve bir D veri tabanını kullanarak bir $M=A(D)$ modeli elde etmişseniz ve bu modelin unutmasını

istediğiniz bilgi kümesi D_r ise istenmeyen bilgileri veri tabanından silip geriye kalan $D-D_r$ bilgileriyle aynı A algoritmasını kullanarak bir $M'=A(D-D_r)$ modeli oluşturursunuz. Ancak yapay zekâ modellerini eğitmek uzun zaman alan masraflı bir iştir.

Kesin unutma için öne sürülmüş yöntemler, tüm eğitimi en başından tekrar etmeden orijinal modeli yeniden eğitilmiş bir modele dönüştürmeyi amaçlar. Bu durum orijinal yapay zekâ modelinin eğitim prosedürlerinin, bir gün elde edilecek uygulamaya bazı şeyleri unutturmak da gerekebileceğinin göz önünde bulundurularak tasarlanmasını gerektirir. Böylece unutma sürecinin tüm eğitimi en başından tekrar etmeden daha hızlı, daha verimli ve daha ucuz bir biçimde gerçekleştirilmesi mümkün olur.



Just_Super / iStock

Kesin unutma için geliştirilmiş ilk algoritmalarından biri kısaca SISA (*Sharded, Isolated, Sliced, Aggregated*) olarak adlandırılır. SISA uygulamalarında yapay zekâ modelinin eğitimi bir bütün hâlinde yapılmaz. Veri kümesi ufak parçalara (*sharded*) ayrılır. Her bir parça farklı bir alt modelin eğitiminde kullanılır ve eğitimler sırasında farklı modeller birbirinden ayrı (*isolated*) tutulur. Ayrıca her bir modelin eğitimi sırasında veriler, dilimler (*sliced*) hâlinde eğitim setine eklenir. Her bir dilim eğitime eklenmeden önce modellerle ilgili tüm parametreler kaydedilir. Geliştirilen uygulama, kullanıcıların taleplerine cevap vermek için önce her bir alt modelden bir cevap üretmesini ister daha sonra bu cevapları bir araya toplayıp (*aggregated*) kullanıcıya sunacağı nihai cevabı üretir.

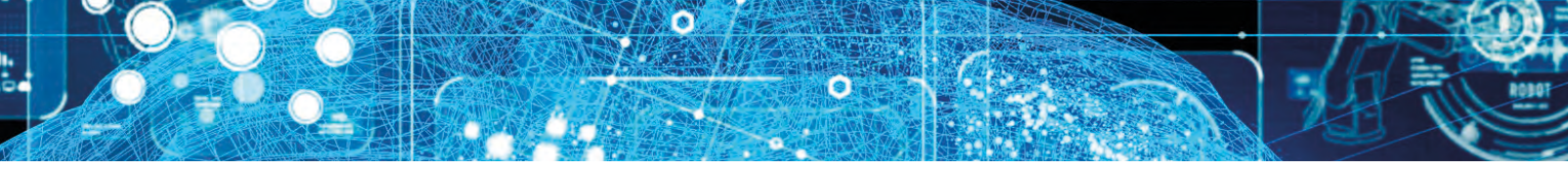
SISA ile geliştirilmiş bir modelin bir bilgiyi unutmasını sağlamak görece daha kolaydır. Eğer veri tabanı başlangıçta N ayrı kümeye bölünmüşse bu durum yeniden belirlenmesi gereken parametrelerin sayısını $1/N$ oranında azaltır. Unutma için uygulamayı meydana getiren N tane alt modelin tamamının yeniden eğitilmesi gerekmez, sadece ilgili bilgilerle eğitimden geçirilmiş tek bir modelin yeniden eğitilmesi yeterlidir. Üstelik modeller eğitilirken veri setindeki bilgiler dilimler hâlinde

verildiği için ilgili modelin eğitiminin en başından tekrar edilmesi de gerekmez. Modeli meydana getiren parametrelerin unutulması istenen bilgilerle karşılaşmadan önceki değerlerini alıp modelin yeniden eğitimini bu noktadan başlatmak yeterlidir. SISA'nın bir dezavantajı ise modeli çok sayıda alt modele bölmenin üretilen cevapların niteliğini düşürmesi, çok sayıda alt modelin performansının tek bir büyük modelin performansının gerisinde kalmasıdır.

SISA'daki performans düşüşünün önüne geçmenin bir yolu, uygulamayı tek bir model eğitimidir geçirerek üretmek ancak eğitimler sırasında ara ara modellerle ilgili parametrelerin kaydını da tutmaktır. Bu yöntemde de SISA'da olduğu gibi tüm eğitime en başından başlamak gerekmez. Sadece modelin unutulması istenen bilgilerle karşılaştıktan sonraki eğitimlerini yenilemek yeterlidir. Ancak bu yöntemin gerçek hayatta uygulanması SISA'ya kıyasla çok daha zordur. Çok sayıda parametrenin güncellenecek olması yeniden eğitimin süresini uzatır. Ayrıca çok sayıda parametrenin, eğitimin farklı aşamalarına denk gelen çok sayıda noktadaki değerlerini kayıt altına alınma gerekliliği, çok büyük bir depolama kapasitesi gerektirir.



Kesin unutma algoritmalarının bir özelliği algoritmaların kendilerinin “unutmanın başarıya ulaştığının” ispatı olmasıdır. Unutulması istenen bilgilerin sadece tek bir modelin eğitiminde kullanılması ve bu modelin yeniden eğitimden geçirilmesi ortaya çıkan son ürünün arzu edildiği gibi istenmeyen bilgilerle hiç karşılaşmamış bir yapay zekâ modeli olacağını garanti eder. Bu yöntemler unutma problemini bir verimlilik/kesinlik problemine dönüştürür.



Bir uygulamanın DP'ye sahip olduğuna ve belirli bir insanın kişisel bilgilerini unutmaya gerek olmadığına karar verilebilmesi için modelin eğitiminde belirli verilerin kullanılıp kullanılmadığını anlamaya çalışan birisinin bir sonuca ulaşamaması gerekir. Bu durum şu soruyu akla getirir: Eğer yapay sinir ağları kara kutu gibi çalışan, nasıl işlediğinin anlaşılması zor sistemlerse bir bilginin, bir yapay sinir ağının eğitim setinde kullanılıp kullanılmadığı hakkında nasıl fikir edinilebilir?

Her ne kadar kara kutu gibi çalışsalar da yapay zekâ modellerinin eğitimleri sırasında hangi bilgilerin kullanıldığı hakkında bir fikir edinmek mümkündür. Bu durumun nedeni yapay zekâ eğitimleri ile ilgili yaygın bir sorundur. Bir yapay zekâ modeli, eğitimler sırasında verilen bilgiler hakkında soru sorulduğunda yüksek doğrulukla tahminler yapacak biçimde eğitilir. Ancak bu durum modelin daha önce hiç karşılaşmadığı durumlar karşısında da aynı doğrulukla tahmin yapacağı anlamına gelmez. Örneğin nesneleri tanıyıp sınıflandırmak için eğitilmiş bir model olduğunu düşünelim. Bu modele eğitim setinde yer alan bir fotoğraf gösterirseniz çok yüksek bir olasılıkla doğru cevabı verecektir. Ancak bu durum modelin eğitim setinde yer almayan bir fotoğraftaki bir nesneyi de yüksek doğrulukla

Diferansiyel Mahremiyet

Diferansiyel mahremiyet (DP) bir makine unutmaya yöntemi değildir. Eğitimli bir modele bir şeyler unutturmak için kullanılmaz. Ancak DP prosedürleri kullanılarak eğitilmiş bir yapay zekâ modeline belirli konulardaki bilgilerin unutturulmasına gerek de kalmaz.

DP, bir öğrenme algoritmasının ortaya çıkardığı sonucun belirli bir verinin eğitim setinde kullanılmasına ya da kullanılmamasına bağlı olarak belirgin bir biçimde değişmemesini amaçlar.

Bir D eğitim seti kullanarak bir M modeli oluşturduğunuz daha sonra da D veri setinden tek bir V kişisi ile ilgili bilgilerin çıkarılmasıyla elde edilmiş D' veri setiyle aynı algoritmaları kullanarak bir M' modeli oluşturduğunuz düşünün. Eğer M ve M' modelleri hemen hemen aynı tahminleri yapıyor, iki modelin tahminleri arasında belirgin bir fark gözlemlenmiyorsa M modeline V kişisi ile ilgili bilgileri unutturmaya çalışmanın bir anlamı yoktur. Model zaten hiçbir zaman V kişisiyle ilgili bilgilerle karşılaşmamış gibi çalışmaktadır.



sınıflandırabileceği anlamına gelmez. İdeal olanı, modelin her koşulda büyük bir doğrulukla tahmin yapmasıdır. Ancak gerçek hayatta bunu yakalamak zordur.

Bir kişinin özel bilgilerinin bir modelin eğitiminde kullanılıp kullanılmadığını belirlemenin bir yolu da o modele, bahse konu bilgilerle ilgili sorular sormaktır. Yapay zekânın verdiği cevapların doğruluk oranı genel ortalamanın çok üzerinde çıkıyorsa bu durum, modelin eğitim sırasında bu bilgilerle karşılaştığına işaret eder. Bu yöntem “üyelik çıkarım saldırısı” olarak adlandırılır.

DP’nin amacı, üyelik çıkarım saldırıları karşısında modelin eğitim materyalleri hakkında dışarıya bilgi sızdırmasını

engellemektir. Bu amaçla eğitim sırasında modele bilgiler verilirken içlerine bir miktar gürültü karıştırılır. Başka bir deyişle veriler bir miktar çarpıtılır. Böylece sonuçları fazla etkilemeden kişiye özel bilgilerdeki ayrıntıların etkileri silinmeye çalışılır. Elde edilen modelin tekil verilerdeki ufak detaylara bağımlılığı azaldığı için eğitim setinden bir materyali çıkarmak, programın yapacağı tahminler üzerinde belirgin bir değişime yol açmaz. Dolayısıyla DP algoritmaları, kişiye özel bilgilerin unutturulmasına olan ihtiyacı ortadan kaldırır.

DP algoritmalarının ne kadar başarılı olacağı verilere ne kadar gürültü eklendiğine bağlı olarak değişir. Daha fazla gürültü, daha fazla mahremiyet

anlamına gelir. Ancak önemli bir noktayı da not edelim: Eğitim setindeki verilere yüksek miktarda gürültü eklemek mahremiyeti artırsa da eğitimin kalitesini düşürür, yapay zekâ modelinin ürettiği cevapların doğruluğunu azaltır. Dolayısıyla DP algoritmalarını kullanırken hassas bir dengeyi korumak da gerekir.

Kesin unutma ile karşılaştırıldığında DP önleyici bir yöntemdir. Kesin unutma yöntemleri gibi bir yapay zekâ modelini verimli bir biçimde yeniden eğitilmiş bir modele dönüştürmeyi amaçlamaz. Eğitimin en başından alınan önlemlerle tekil verilerin etkilerini sınırlamayı amaçlar. Böylece makine unutmaya olan ihtiyacı ortadan kaldırır.



Yaklaşık Unutma

Yaklaşık unutma kapsamına giren yöntemlerin amacı, sıfırdan eğitime başvurmadan çeşitli bilgileri tamamen unutmuş bir modele mümkün olduğu kadar yakın davranışlar sergileyen bir model geliştirmektir. Bu kapsama giren yöntemler genel olarak eğitilmiş bir modeli alır ve bu modeli “bir şeyleri unutması için biraz daha eğitir”.

Yaklaşık unutma yöntemlerinden biri “gradyan tırmanışı”dır. Bu yöntem esasen yapay zekâ modellerinin eğitiminde kullanılan “gradyan alçalması yöntemi”nin tersidir. Gradyan alçalmasında önce bir yapay zekâ modelinin parametrelerindeki ufak değişimlerin, modelin tahminlerini nasıl değiştireceği hesaplanır daha sonra ise parametreler, hata oranını azaltacak biçimde bir miktar değiştirilir. Gradyan tırmanışında da benzer bir biçimde model, parametrelerin güncellenmesine dayanır. Ancak güncellemeler hata oranını azaltacak değil artıracak bir biçimde yapılır. Bir başka yöntemde ise unutma eğitimi sırasında unutulması istenen bilgiler hatalı bir biçimde etiketlenmiş olarak modele sunulur. Böylece modelin kafası karıştırılarak bilgiler unutturulmaya çalışılır.

Yaklaşık unutma yöntemlerinin en önemli uygulama alanlarından biri, unutturulmaya çalışılan bilgilerin net olarak ifade edilemediği durumlardır. Örneğin bir yapay zekâ modeline çeşitli “kavramlar” ya da bir konuda sahip olduğu bilgi dağırcığı (mesela kuantum fiziği) nasıl unutturulabilir.

Bir kavram ya da bir konu eğitim setindeki tek bir örnek değildir. Model, konuları çok sayıda örnekten yavaş yavaş öğrenir. Öğrendiği bilgiler, yapay sinir ağında çok sayıdaki katmanda yer alan çok sayıda nörona kodlanmıştır. Konuyla ilgili kavramlar birbiriyle bağlantılıdır. Model, bu kavramlar arasındaki ilişkileri öğrenerek konuyu kavrar. Üstelik aynı kavramlar çok sayıda farklı konuyla ilgili olabilir. Dolayısıyla bir yapay zekâ modeline kuantum fiziğini unutturmak gibi bir problemi formüle etmek bile hiç kolay değildir: Eğitim setindeki hangi bilgiler kuantum fiziğini “tanımlar?” Kuantum fiziğiyle yakından ilişkili diğer konular hakkında ne yapmak gerekir? Eğitim setindeki kuantum fiziğine verilen dolaylı referanslar hakkında ne yapmak gerekir? Kavramların ya da konuların sınırlarının net olmaması bu ve benzeri sorulara cevap bulmayı zorlaştırır ve kavram unutma probleminin net bir biçimde formüle edilmesini imkânsızlaştırır.

Söz konusu kavramlar olduğunda başvurulacak yöntemlerden biri de modelin cevap vermesini engellemektir. Pekiştirmeli öğrenme gibi yöntemlerle modelin çeşitli konularda cevap vermekten kaçınması sağlanabilir. Bu yöntemde model esasen unutmaz. Hatta ürettiği metinlerde unutturulmak istenen kavramı hiçbir zaman doğrudan kullanmasa bile sahip olduğu bilgilerden üstü kapalı bir biçimde yararlanmaya devam edebilir.

Bir başka yöntem ise kavramların yapay sinir ağında nasıl kodlandığını tespit edip model parametrelerinde değişiklikler yaparak kavramı unutturmaya çalışmak olabilir. Ancak farklı kavramların yapay sinir ağlarındaki temsilleri arasında örtüşmeler olması, bir kavramı unutturmaya çalışmanın başka kavramlar ile ilgili bilgilere de zarar verilmesine yol açar. Bu durum modelin performansını düşürür. Yapay zekâyâ kavramları unutturmaya çalışmak, veri tabanlarından belgelerin silinmesine değil, beyin dokusuna hasar verilmesine benzer.

Unutmayı Değerlendirmek

Makine unutması yöntemlerinin ve algoritmalarının ne ölçüde başarılı olduğunu değerlendirmek pek kolay değildir. Genel olarak göz önünde bulundurulması



unutturulmak istenenleri, eğitim setindeki başka bilgilerden de öğrenebilir. Model, eğitim sırasında çok sayıda başka örnekten öğrendiği genellemelerden yararlanarak hâlâ nitelikli çıktılar üretebilir. Dolayısıyla bir yapay zekâ modelinin unutturulmaya çalışılan örnekler hakkında hâlâ yüksek doğrulukta çıktılar üretmesine bakarak unutmanın başarısız olduğu kanısına varmak her zaman doğru değildir. Örneğin bitkileri sınıflandırmak için geliştirilmiş bir modele, telif haklarına tabi bir fotoğrafı unutturduktan sonra bile model hâlâ yüksek bir doğruluk oranıyla o fotoğraftaki ağaç türünü tanıyabilir. Çünkü eğitim setindeki çok sayıda başka örnekten edindiği bilgilerle o ağaç türü hakkında çeşitli genellemeler yapmıştır. Eğitim setindeki tek bir örnek unutturulsa bile model, başka örneklerden öğrendiği genellemelerden yararlanarak yüksek doğrulukla tahminler yapabilir.

Yapay sinir ağlarının kara kutu gibi çalışmasının yol açtığı bir sorun da unutulacak örneklerin net bir biçimde tanımlı olduğu durumlarda bile “unutulacak bilgilerle hiç karşılaşmamış” bir modelin nasıl olabileceği hakkında bir tanımlama yapmanın imkânsız oluşudur. Örneğin bir sohbet robotuna Wikipedia bilgilerinin unutturulmaya çalışıldığını düşünelim. Eğitimi sırasında hiç Wikipedia makalelerinin

gereken üç ayrı kriter vardır: Birincisi, unutma yönteminin ne kadar verimli olduğu, başka bir deyişle kullanılan algoritmanın sıfırdan eğitim ile kıyaslandığında ne ölçüde daha hızlı olduğudur. İkincisi, kullanılan yöntemin modelin performansını nasıl etkilediği yani söz konusu eğitim setinde geriye kalan bilgiler ya da konular olduğunda modelin ürettiği cevapların niteliğinde bir düşüş olup olmadığıdır. Üçüncüsü, unutmanın ne ölçüde başarılı olduğu, modelin unutulması istenen bilgileri ya da kavramları gerçekten unutup unutmadığıdır.

Unutma algoritmasının verimliliğini ya da modelin performansındaki değişimleri değerlendirmek görece daha kolaydır. Bu değerlendirmeler için gereken ölçümler zaten

eğitim sürecinde rutin olarak yapılır. Makine unutması ile ilgili değerlendirilmesi en zor kriter, unutmanın başarısını ölçmektir.

Kavramları unutturmak gibi sınırları belirsiz bir hedefle kıyaslandığında eğitim verilerindeki tekil örnekleri unutturmak ilk bakışta değerlendirilmesi daha kolay bir hedef gibi görülebilir. Ancak unutulması istenen örneklerin net bir biçimde tanımlandığı durumlarda bile unutmanın başarısını değerlendirmek zor olabilir. Bu durumun bir nedeni, eğitimler sırasında öğrenilen “genellemelerdir”. Modele belirli bir örneği unutturmak için yapılan işlemler başarılı olsa bile bu, modelin o örnekle ilgili kötü tahminler yapacağı anlamına gelmez. Çünkü model



kullanılmadığı bir model bulmak pek mümkün değildir. Dolayısıyla hiç Wikipedia makaleleriyle karşılaşmamış bir sohbet robotunun belirli konularda nasıl metinler üreteceği hakkında net bir fikir edinmek de mümkün değildir. Bu yüzden unutturma işlemleri tamamlandıktan sonra bir karşılaştırma yaparak unutturmanın başarısı net bir şekilde ölçülemez.

Unutmaya Alternatif Yöntemler

Bir şeyleri öğrenmiş bir insana öğrendiklerini unutturmak pek kolay değildir. Ancak sanki unutmuş gibi davranabilir. Benzer biçimde ChatGPT gibi günümüzün en gelişmiş sohbet robotları da sanki unutmuş numarası yapabiliyor. Elde edilmek istenen, belirli bilgileri unutmuş bir model gibi davranması için robota arzu edilen amaca uygun talimatlar verilmesi yeterli. Belki de makinelerden de insanların yaptığından fazlasını beklememek gerekiyor. Ancak bu yöntemin uygulama alanı, sadece

kullanıcılardan talimat alabilen gelişmiş dil modelleriyle sınırlı.

Unutmaya alternatif bir başka yöntem ise “hiç öğrenmemek”. Bu yöntemde eğitimler sırasında modele verilen bilgiler sınırlı tutulur. Bir gün modelin unutması gerekebilecek bilgiler ise bir veri tabanında saklanır. Model, kullanıcıların isteklerine cevap verirken gerektiğinde veri tabanındaki bilgilerden de yararlanır. Eğer bir gün veri tabanındaki çeşitli bilgilerin, modelin erişimi dışında kalması gerekirse basitçe veri tabanındaki ilgili belgeleri silmek yeterli olur. Temel modelin unutturma amacıyla çeşitli işlemlerden geçirilmesi de gerekmez. Araştırmalar, bu modellerin performans açısından tüm bilgilerin eğitim setine dâhil edildiği modellerle rekabet edebileceğini gösteriyor. Ancak bu yöntemin de çeşitli dezavantajları olabilir. Örneğin veri tabanında tutulması gereken bilgi miktarı yüksekse temel modelin bilgi dağarcığı ve dolayısıyla işlevselliği azalacaktır. Ayrıca bilgileri bir kara kutuda kodlamak yerine bir veri tabanında tutmak, sistemi saldırılara daha açık hâle getirir.

Özet

Yapay zekâ modelleri geliştirmek uzun zaman alan masraflı bir iş. Dolayısıyla eğitilmiş bir model hatalı, güncelliğini yitirmiş ya da tehlikeli sonuçlara yol açabilecek bilgilere sahipse her şeye sıfırdan başlayıp yeni bir model geliştirmeye çalışmak pratik ve uygulanabilir değil. Ancak yapay zekâ modellerine özellikle de yapay sinir ağlarına dayalı modellere bir şeyler unutturmak da çok zor. Günümüzde makineler bir şeyler unutturmak için kullanılan yöntemlerin bazıları kesin unutmayı amaçlıyor. Bu amaca verimli bir biçimde ulaşmak içinse, eğitim prosedürlerinin makine unutmaya uygun bir biçimde önceden planlanması gerekiyor. Bazı yöntemler ise orijinal modeli alıp unutulması istenen bilgileri unutmuş bir modele mümkün olduğu kadar yakın davranışlar sergileyen bir hâle dönüştürmeyi amaçlıyor. Bu yaklaşık unutma yöntemleri özellikle kavramlar ya da konular gibi bilgi uzayının sınırlarının tanımlanamadığı durumlarda yararlı oluyor. ■

Kaynaklar

- Liu, Ken Ziyu, “Machine Unlearning in 2024”, <https://ai.stanford.edu/~kzliu/blog/unlearning>, 2024.
- Xu, H., ve ark., “Machine Unlearning: A Survey”, *ACM Computing Surveys*, Cilt 56, Makale No: 9, 2023, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3603620>.
- Bourtole, L., ve ark., “Machine Unlearning”, 42nd IEEE Symposium of Security and Privacy, <https://arxiv.org/abs/1912.03817>, 2021.
- Goel, S., ve ark., “Corrective Machine Unlearning”, *Transactions on Machine Learning Research*, <https://arxiv.org/abs/2402.14015>, 2024.
- Hine, E., ve ark., “Supporting Trustworthy AI Through Machine Unlearning”, *Science and Engineering Ethics*, Cilt 30, Makale No:43, 2024, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11948-024-00500-5>.

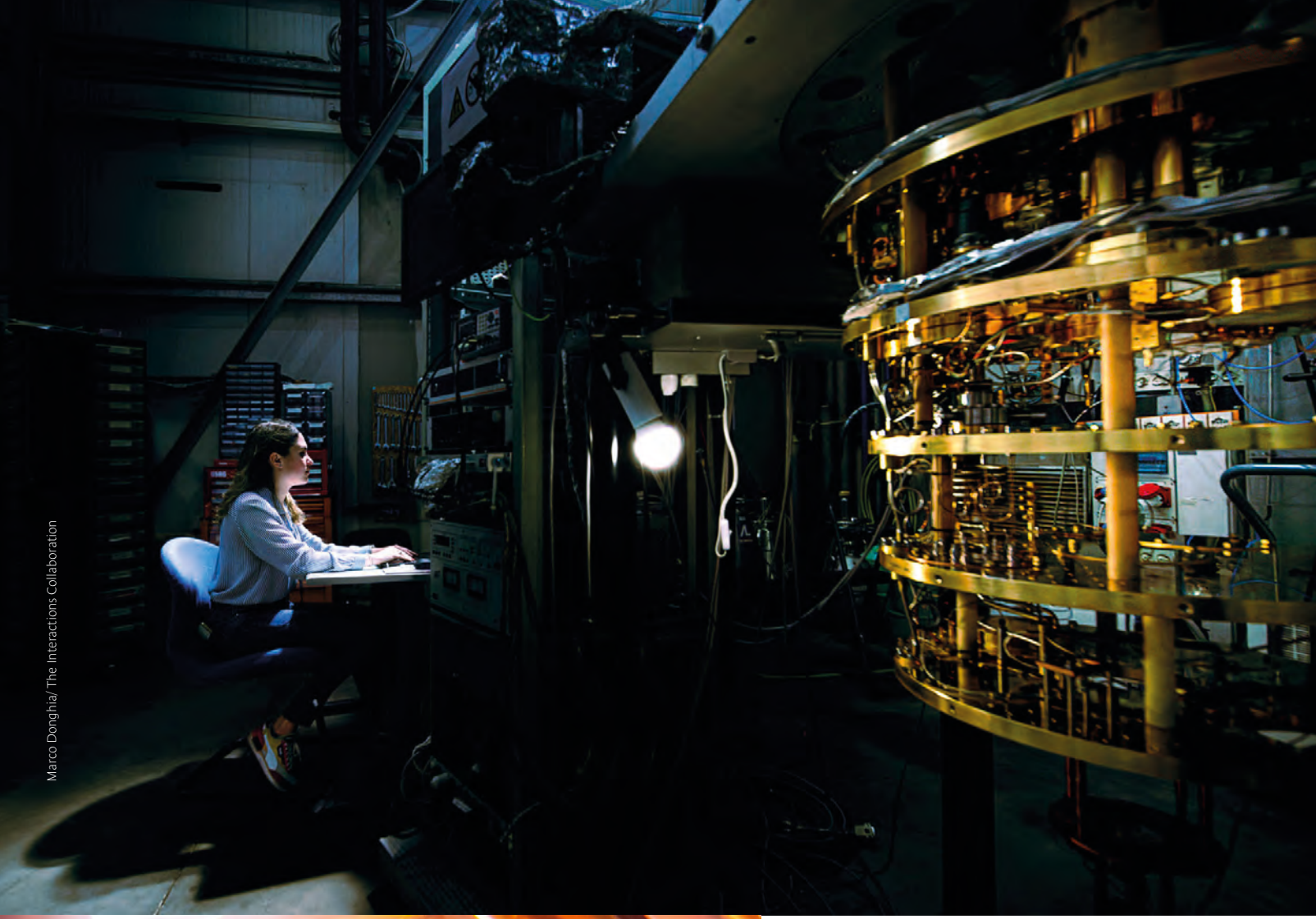
Dünyanın Parçacık Fiziği Laboratuvarlarına Yakından Bakış

2025 Uluslararası Fizik Temalı Fotoğraf Yarışması

Hayriye Yetiş Avcı [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Yarışmada birincilik elde eden bu fotoğraftaki araştırmacı, İtalya Ulusal Nükleer Fizik Enstitüsü'nün (INFN) kriyojenik laboratuvarında kriyostat cihazını kullanıyor. İçine yerleştirilen numunelerin veya ekipmanların çok düşük sıcaklıklarda saklanması sağlayan bu cihaz ile mutlak sıfıra ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) çok yakın sıcaklıklara ulaşılabilir. Bu sayede karanlık maddenin sıradan madde ile etkileşiminden kaynaklanabilecek son derece zayıf sinyalleri tespit edebiliyor.

Evrenin nasıl oluştuğu, geçirdiği değişimler ve geleceği hakkında önemli bilgiler taşıyan atom altı parçacıklar ve bu parçacıkların davranışlarını belirleyen temel kuvvetler, dünyanın dört bir yanındaki parçacık fiziği laboratuvarlarında onlarca yıldır araştırılıyor. İleri düzey teknolojik cihazların yer aldığı bu laboratuvarlarda atom altı ölçekte gerçekleşen süreçleri anlamak amacıyla yoğun mesailer harcanıyor. Yapılan araştırmaları ve elde edilen sonuçları elbette ki yayımlanan bilimsel makalelerden ve haber kaynaklarından takip etmek mümkün. Parçacık fiziği alanında bilim iletişimi çalışmaları yürüten uluslararası bir iş birliği ağı olan *The Interactions Collaboration*'ın düzenlediği 2025 *Global Physics Photowalk* yarışması ise sanat ve bilimi bir araya getirerek parçacık fiziği laboratuvarlarına farklı bir perspektiften bakmayı sağlıyor. Gelin, kimi amatör kimi profesyonel onlarca farklı fotoğrafçı tarafından çekilen, çeşitli ülkelerdeki 16 parçacık fiziği laboratuvarına ait fotoğraflardan derlediğimiz seçkiye birlikte göz atalım.



Hugo Pardoullat/CPPM/CNRS/The Interactions Collaboration

< Kilometreküp Nötrino Teleskobu'nun (KM3NeT) araştırma altyapısını oluşturan iki ana dedektör sisteminden biri olan ARCA dedektörü, Akdeniz'in Fransa açıklarında 2.500 metre derinde bulunuyor. KM3NeT, binlerce optik sensör modülünden oluşuyor. Her bir optik modül, nötrinoların su molekülleriyle etkileşmesiyle oluşan yüklü parçacıkların ürettiği zayıf Cherenkov ışınmasını tespit edebiliyor. Elektriksel olarak yüklü parçacıklar, su ya da cam gibi saydam bir ortamdan geçerken

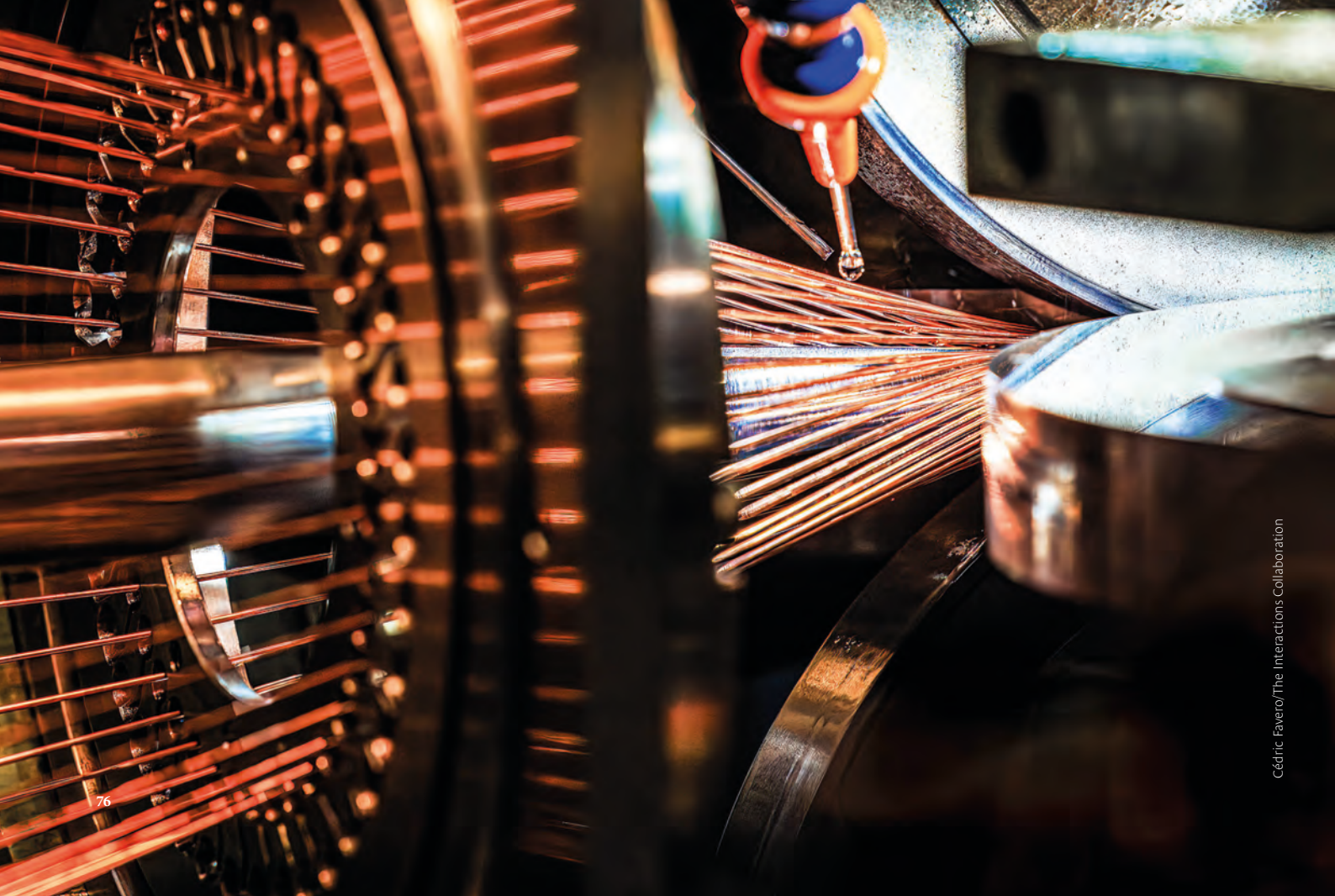
ışığın o ortamdaki hızından daha hızlı hareket ederse foton yaymaya başlar. Mavi tonlarda bir parlama gibi görünen bu ışıma Cherenkov ışıması olarak isimlendirilir. Fotoğraftaki optik modülde hassas ölçümler yapılmasına olanak sağlayan örümcek ağı şeklindeki filtreyi görmek mümkün.



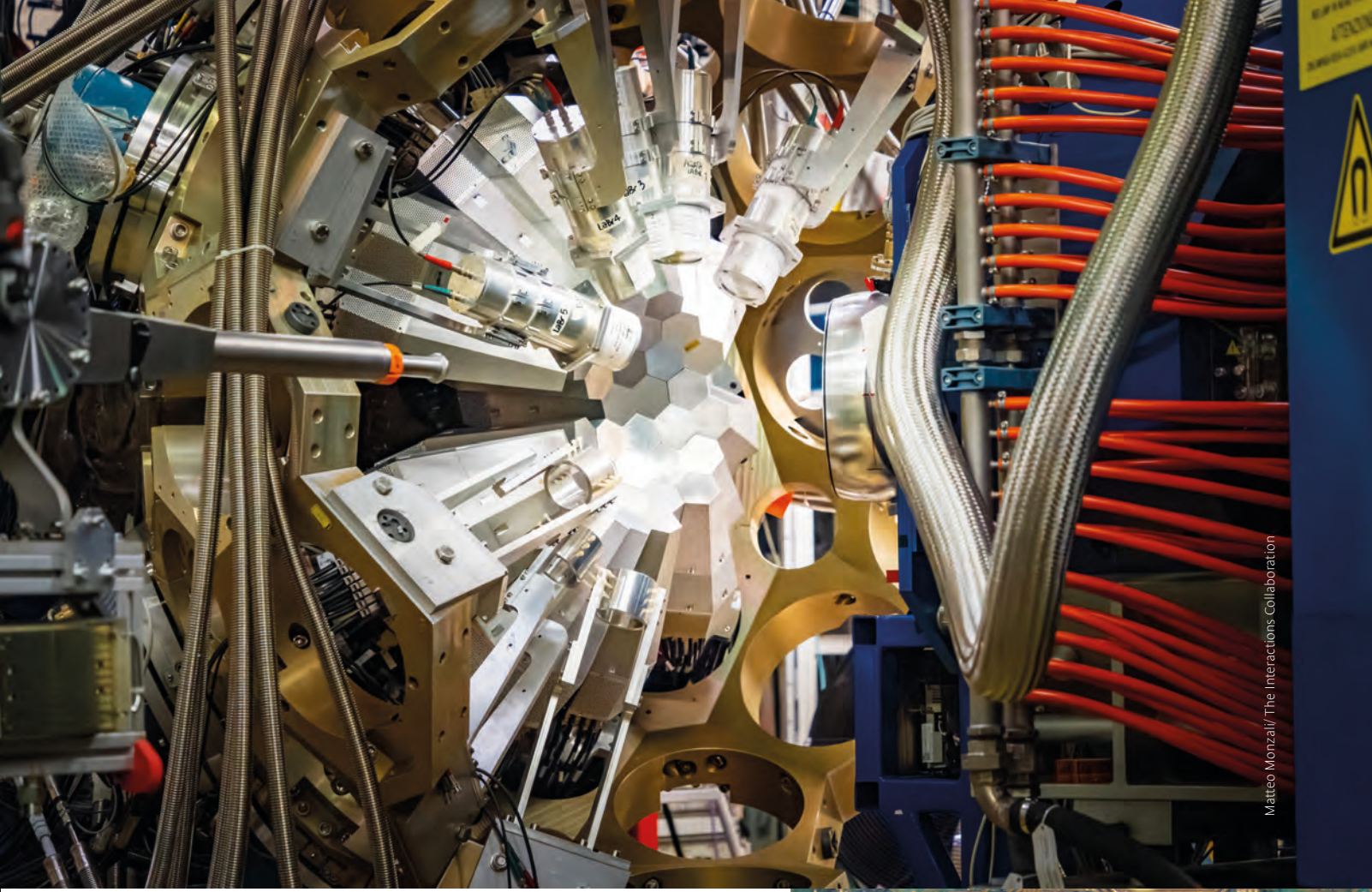
◀ Fotoğraftaki kişi, Sanford Yer Altı Araştırma Tesisinde (SURF) yakın zamanda kazılan bir tünelin içerisinde bulunuyor. ABD'nin Güney Dakota eyaletinde yer alan tesis, yerin 1.479 metre altında kurulu. Bu tünel, yeni nesil nötrino ve karanlık madde deneyleri için ihtiyaç duyulan yer altı araştırma alt yapısını genişletmeye yönelik planın ilk aşamasını oluşturuyor.

Adam Tomjack/The Interactions Collaboration

Avrupa Nükleer Araştırma Merkezindeki (CERN) yüksek sıcaklıklı süperiletken laboratuvarında bulunan bir kablolama makinesi, düzinelerce niyobyum-kalay telini birleştirerek Rutherford kabloları üretiyor. Bu kablolar yüksek enerjili parçacık hızlandırıcılarında yoğun manyetik alanlar oluşturmak için kullanılıyor.



Cédric Favero/The Interactions Collaboration



Matteo Monzal/ The Interactions Collaboration

^
Görselede yer alan AGATA (The Advanced Gamma Tracking Array) dedektörü ve PRISMA adlı manyetik spektrometre, İtalya Ulusal Nükleer Fizik Enstitüsünün (INFN) Legnaro Ulusal Laboratuvarlarında bulunuyor. AGATA, yüksek enerjili gama ışınlarını hassas bir şekilde izlemek ve analiz etmek için kullanılan bir dedektör. PRISMA ise nükleer tepkimelerde ortaya çıkan parçacıkları tespit etmek için kullanılıyor. Fotoğrafta görülen bu cihazlar, düşük ve orta enerjili nükleer fizik deneylerinde ağır iyonların çarpışması sonucu oluşan alışılmışın dışında özelliklere sahip atom çekirdeklerinin yapısının incelenmesine olanak tanıyor.

Fotoğrafta görülen silisyum şerit dedektörü, CERN'deki NA50 deneyinde kullanıldı. CERN'deki en büyük ikinci hızlandırıcı olan Süper Proton Hızlandırıcısında (SPS) yürütülen deney, kuark-gluon plazması adı verilen maddenin yeni bir hâlinin varlığına dair kanıt sağladı. ■

Kaynaklar

<https://interactions.org/photowalk>
<https://www.quantamagazine.org/global-physics-photowalk-2025-winners-revealed-20260401/>

Andrea Giuliani/ The Interactions Collaboration



BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

[Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı]

Bîrûnî'nin Bilimsel Çalışmaları I

Kısa Hayat Hikayesi

Türk bilim ve felsefe tarihinin seçkin temsilcilerinden biri olan Ebû Reyhân Muhammed İbn Ahmed el-Bîrûnî, 973 yılında, Türk dünyasının sayılı bilim ve kültür merkezlerinden biri olan Hârizm bölgesinin Kâs şehrinde doğdu. 13 Aralık 1048'de Gazne'de hayatını kaybetti. Ailesine ve gençlik yıllarına ilişkin bilgi yok denecek kadar azdır. Bilime değer veren ve bilim insanlarına sahip çıkan bir hükümdar olan Gazneli Mahmud'un (971-1030) sunduğu olanaklarla etkileri günümüze kadar uzanan önemli bilimsel çalışmalar gerçekleştirdi.

Başta matematik, astronomi, fizik, kimya ve eczacılık olmak üzere döneminin neredeyse bütün bilim dallarına önemli katkılar yaptı. Ölümünden bu yana 978 yıl geçmesine karşın, düşünceleriyle hâlâ araştırmacılara ilham kaynağı olmaya devam etmesi, bu durumun en büyük kanıtıdır. Nitekim bilim tarihini bir araştırma alanı olarak üniversite programının bir parçası hâline getiren George Sarton (1884-1956) üç ciltlik *Bilim Tarihine Giriş* adlı kitabının birinci cildinin otuz üçüncü bölümüne “Bîrûnî Dönemi” adını verdi ve Bîrûnî’nin evrensel değerine, tarihsel önemine ve entelektüel birikimine dikkat çekerek “bütün zamanların en büyük bilginlerinden biri” nitelemesini kullandı. Dahası düşüncelerinin ve keşiflerinin insanlığın entelektüel tarihi açısından taşıdığı önemi ortaya koymak



Bilim tarihçisi George Sarton

adına Bîrûnî’yi “eleştirel ve kâşif bir ruh ve bu bakımdan modern bilimsel ideale yakın bir kimse” sözleriyle yüceltti.

Bîrûnî ve Hindistan Gözlemleri

Bilim alanındaki yetkinliği sayesinde Gazneli Mahmud’un dikkatini çeken Bîrûnî, kısa süre içerisinde Gazne sarayında saygı gösterilen ve çalışmaları desteklenen bilginlerden biri oldu. Böylece verimli bir entelektüel ortamda çalışma imkânı elde eden Bîrûnî, ana dili olan Türkçenin dışında Arapça, Farsça ve Sanskritçe öğrenerek bu dillerdeki yetkinliğini çeviri yapabilecek ve dillerin birbirlerine olan farklılıklarını, zayıflıklarını ve üstünlüklerini gösterebilecek düzeye taşıdı. Özellikle Gazneli Mahmud’un Hindistan seferlerine katılmış olması Bîrûnî’ye dilsel, bilimsel ve kültürel açıdan eşsiz deneyimler kazandırdı. Bu sayede Sanskritçeyi, Hint inanç sistemlerini, kültürünü ve bilimsel birikimini yakından tanıma fırsatı buldu. Ayrıca hem kadim bir kültür havzası hakkında olağanüstü kavrayış zenginliği kazandı hem de ülkenin geniş coğrafyasını fiziki yönden inceleme olanağı elde etti. Araştırmalarının sonuçlarını *Tahkîku mâ li’l-Hind (Hint Kültürü Üzerine)* isimli kitabında topladı. Karşılaştırmalı kültür



tarihi araştırmalarının ilklerinden olan bu kitap, hâlen bu alanın temel başvuru kaynakları arasında yer alır. Öte yandan Bîrûnî, sadece Hint kültürüyle ilgilenmedi aynı zamanda geniş bir yüz ölçümüne sahip Hindistan coğrafyasını hem fiziki hem de tasvirî açılardan derinlemesine inceledi. Bu yönde yaptığı araştırmaları ve kaleme aldığı eserleriyle de coğrafya alanının sayılı bilginlerinden biri olmayı başardı. Büyük öğrenme merakı, yeniye karşı duyduğu güçlü istek ve keşfetme tutkusuyla kazandığı derin bilgi birikimi sayesinde çağının entelektüel sorunlarıyla ilgilenen ve çözüm önerilerinde bulunan bir bilgin hâline gelen Bîrûnî aynı zamanda bir toplumda bilimsel bilgi birikiminin nasıl gelişeceğı konusunda özgün düşünceler ortaya koyan nadir düşünce insanlarından biri oldu.

Kültür tarihi çalışmaları sonucunda toplumsal gelişme ile bilimsel ilerleme arasında koşutluk olduğunu tespit eden Bîrûnî, bu ilişkinin sürdürülebilmesi için devlet politikalarıyla desteklenmesi gerektiğine vurgu yaptı. Bu bağlamda devletler bilimsel etkinliklerin çoğaltılmasını ve çeşitlendirilmesini, bilim insanlarını teşvik edilmesini daha fazla desteklerse bilimsel ilerlemenin daha da hız kazanacağını belirtti.



wikipedia.org

Bîrûnî (973-1048)

Bîrûnî'nin Bilgi ve Bilim Anlayışı

Bîrûnî'nin bilgi, bilim ve bilim insanı hakkındaki düşünceleri büyük ölçüde geleneksel kabuller ışığında biçimlenmişti. Bununla birlikte Hindistan seferleri sırasında edindiğı deneyimler, mensubu olduğu kültür dünyasının entelektüel kabulleriyle Hint yerel düşüncesinin bilgi ve bilim anlayışı arasında karşılaştırma yapmasına ve bu yoldan her iki kültüre yönelik eleştirel bir yaklaşım geliştirmesine olanak tanıdı. Bu sayede bugün bilim felsefesi kapsamında ele alınan konular hakkında zamanının ötesinde fikirler geliştirdi. Nitekim bilim tarihçisi Franz Rosenthal'e (1914-2003) göre Bîrûnî'nin bilim insanını "bilgi hizmetkârı" olarak betimlemesi ve bir bilim insanını diğeri insanlar arasında seçkin bir konuma taşıyacak olan hususun yaptığı hizmetin

kalitesi olduğunu belirtmesi bilim anlayışının derinliğini yansıtır. Zira tarihin her döneminde pek çok insan bilgi arayışı içinde olmuştur. Ancak sadece bilime katkı sunanlar bilimsel ilerlemeyi sağlayabilir. Bu yaklaşım Bîrûnî'nin geleneksel bilgi felsefesinin bakış açısıyla sınırlı kalmadığını, bilimsel gelişim için özgün katkının önemli olduğunu düşündüğünü gösterir. Bîrûnî'ye göre bir bilim insanı bilimin bütün dallarında uzman olmayabilir, bu son derece doğaldır. Ancak bir bilgiyi diğerinden üstün tutmaması gerektiğinin ve bilginin özü bakımından değerli olduğunun bilincinde olmaması kabul edilemez. Bîrûnî böylece bilgiyi araç değil amaç olarak gördüğünü açıkça gösterir. Dahası "Bilim insanı bilgi ve hakikat arayışının sağladığı düşünsel doyumu değerini kavramış olmalıdır." sözleri ise Sarton'ın dediği gibi modern bilim anlayışıyla örtüşen bir yaklaşım benimsediğini gösterir.

Bîrûnî, bu bağlamda bilginin değeri, bilgi edinme süreci ve bu süreç boyunca uyulması gereken ilkeler ve kurallar konusuna da değinerek geçmiş uygarlıkların bilgi üretimine yaptığı katkılara lâyık olduğu değer verilmesi gerektiğini söyler. Bilimin sistemli bir şekilde gelişmesini sağlamak adına eş değer öneme sahip üç kural koyar: Birincisi önceden yapılmış araştırmaları tekrar etmemek için bir konuda araştırma yapmaya başlamadan önce önceki araştırmacıların o konudaki çalışmalarını incelemek. İkincisi yanlış olduğu ortaya

konan bir bilgiyi kim tarafından ileri sürüldüğüne bakmaksızın kanıta dayalı şekilde düzeltmek. Üçüncüsü ise elde edilen bilgileri ve yapılan düzeltmeleri gelecek nesillerin hizmetine sunacak şekilde kayıt altına almak. Bîrûnî, bir bilim insanının otoritelerin görüşlerini sorgulamaktan çekinmeksizin kendi özgün düşüncelerini kanıta dayalı olarak özgürce ifade etmesi gerektiğini belirterek bir bilim insanında bulunması gereken evrensel özellikleri sıralar. *Kânûnû'l-Mes'ûdî* (Mesud'un Kanunu) adlı kitabı bu bakışın en önemli yansımasıdır.

Gelecek sayımızda Bîrûnî'nin bilimsel çalışmalarını ele almayı sürdüreceğiz. ■



bymuratdeniz / iStock

Kaynaklar

- Rosenthal, F., "Beyrûnî'nin Bilgi Kuramı ve Yöntemiyle İlgili Bazı Önvarysayımları Üzerine" (157-168), Çeviren: Mubahat Türker Küyel, *Beyrûnî'ye Armağan*, Ankara: Türk Tarih Kurumu, 1974.
- Sayılı, A., "Ortaçağ İslam Dünyasında İlmi Çalışma Temposundaki Ağırlaşmanın Bazı Temel Sebepleri (Avrupa İle Mukayese)", *Araştırma*, Sayı: 1, (5-69), Ankara: Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, 1963.
- Sayılı, A., "Bîrûnî", *Belleten*, Cilt: 13, Sayı: 49, (53-88), Ankara: Türk Tarih Kurumu, 1949.
- Whitaker, I., "Bîrûnî Çalışmalarının Bugünkü Durumu: Bir İnceleme ve Bibliyografya" (259-294), Çeviren: Fatma Kızıl, *Uludağ Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 20, Sayı: 1, Bursa 2011.



Doğa
FAUNA

Doç. Dr. Arzu Gürsoy Ergen

Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Zooloji Anabilim Dalı

Doğanın Sınır Tanımayan Gezgini: **Kuyrukkakan**



Ülkemizde en sık rastlanan kuş türlerinden biri olan kuyrukkakan (*Oenanthe oenanthe*), adını konduğunda kuyruğunu sertçe indirip kaldırmasından yani karakteristik kuyruk kakma hareketinden alır. Latince cins adı Antik Yunancada üzüm çiçeklerine ve bu çiçeklerin bahardaki kokusuna atıfta bulunur.

Kızılgerdanlardan biraz daha iri, yaklaşık 13-14 cm boyunda olan bu küçük ötücünün erkekleri oldukça dikkat çekici bir görünüme sahiptir. Üreme dönemindeki erkekler mavimsi gri sırtları, siyah kanatları ve gözlerindeki karakteristik siyah maskeleriyle ayırt edilir. Görsel olarak en ayırt edici özelliği ise kuyruğundadır. Kuyruk sokumundaki beyazlık ile uçtaki siyah bandın birleşimi, uçuş sırasında ters bir T şekli oluşturur. Böcekçil bir tür olan kuyrukkakan ağaçsız, taşlık, kayalık yamaçlar ve seyrek bitkili açık arazileri üreme habitatı olarak tercih eder. Yuvalarını yerdeki oyuklara veya kumul duvarlarına yaparlar.

Kuyrukkakanlar, ötücü kuşlar arasında belki de en etkileyici göç stratejisine sahip olan türdür. Yazı Alaska'nın tundralarında yabani mandalarla geçirip kışı ise Afrika'nın savanlarında zebra ile karşılar.

Bu türün iki farklı alt türü, bambaşka göç yolları takip eder. Araştırmacılar, izotop çalışmalarıyla bu iki grubun ne kışlama ne de üreme alanlarında birbirine asla karışmadığını ortaya koymuştur.

Kanada'nın kuzeydoğusundaki Arktik bölgesinde üreyenler önce Grönland üzerinden Kuzeybatı Avrupa'ya, oradan da Batı Afrika'ya uzanan bir rota izler. Bu olağanüstü uzunluktaki yolculuğun en kritik aşamasını, Atlas Okyanusu üzerinde yaklaşık 3.500 kilometrelik mesafeyi 30 saat boyunca hiç durmadan uçarak geçtikleri transatlantik uçuşu oluşturur.

Kuzeybatı Kanada ve Alaska'da üreyen akrabaları ise Bering Boğazı üzerinden Asya kıtasına geçip kıtayı çaprazlama aşarak Doğu Afrika'ya ulaşan bambaşka bir rota izler. Toplamda 15.000 kilometreyi bulan bu mesafe doğadaki göç rekorlarından biri olarak kabul edilir.

Sadece 25 gram ağırlığındaki bu küçük kuş, birinin mesafesi diğerinin yaklaşık iki katı olan iki farklı rota izler ve okyanusu tek seferde geçebilecek bir uçuş performansı sergiler.

Bu uzun yolculuk, ciddi bir enerji yönetimi gerektirir. Okyanusu geçenler, göç öncesi kütlelerini neredeyse iki katına çıkararak yağ depolar. Kuyrukkakan için vücudunda depoladığı bu yağ, okyanus üzerindeki tek besin ve enerji kaynağıdır. Kara üzerinden beslenerek ilerleyen Alaskalı akrabaları ise bu denli yoğun bir yağ depolama ihtiyacı duymaz. Ömürlerinin büyük bölümünü kıtalar arası ölçekte hareket ederek geçiren kuyrukkakanlar, biyolojik sınırları zorlayan fizyolojik adaptasyon kapasitesi ve yön bulma yeteneğiyle doğanın en karmaşık göç stratejilerinden birini sergiler. ■

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül

[TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Gökyüzünde Venüs ve Jüpiter Buluşması

Haziran ayının en etkileyici gök olayı, gökyüzünün iki parlak gezegeni Venüs ve Jüpiter'in birbirine çok yakın görünmesi olacak. Gökyüzünde çıplak gözle görülebilen gezegenlerden Merkür, Venüs ve Jüpiter haziran ayında Güneş'in batışından sonra görülebilirken Mars ve Satürn gün doğumundan önce gökyüzünde.

21 Haziran'da ise kuzey yarım kürede yaz gün dönümü gerçekleşiyor.

Merkür

Haziran, 2026'da Merkür'ü akşamları gökyüzünde görmek için en uygun ay. Ayın ilk günlerinde Güneş'ten yaklaşık bir buçuk saat sonra kuzeybatı ufkundan batan Merkür'ün ilerleyen günlerde parlaklığı azalsa da ufkun üzerinden yüksekliği ve gözlem süresi artıyor. Merkür, 15 Haziran'da en büyük doğu uzanımı konumuna geliyor. Merkür, bu tarihte Güneş'in batışından yarım saat sonra ufkun yaklaşık 12 derece üzerinde olacak.

Merkür, 16 Haziran'da yeni ay evresinden yakın zamanda ayrılan

Ay ile yakın görünümde. Ay boyunca İkizler Takımyıldızı'nda bulunan Merkür, 18 Haziran'da takımyıldızın en parlak yıldızı Polluks ile birbirine yakın görülebiliyor. Haziran ayında Merkür, Venüs ve Jüpiter ile İkizler Takımyıldızı'nın en parlak yıldızları Polluks ve Kastor'u gökyüzünün aynı bölgesinde görme fırsatını kaçırmayın.

Venüs

Venüs, haziran ayında Güneş'in batışından sonra iki saati aşan gözlem süreleriyle gökyüzünde görülebiliyor. Venüs, ayın başında Güneş'in batışından yarım

saat sonra ufkun yaklaşık 22 derece üzerinde gökyüzünde belirginleşmeye başlıyor. Ayın ilerleyen günlerinde ufkun üzerinden yüksekliği artan Venüs, gökyüzünde Jüpiter'e yaklaşmaya devam ediyor. 7 Haziran'da Venüs, İkizler Takımyıldızı'nın en parlak yıldızı Polluks ile birbirine yakın görülebiliyor.

9 Haziran'da Venüs ve Jüpiter'in gökyüzündeki etkileyici buluşması gerçekleşiyor. Bu tarihte gökyüzünde Venüs, Jüpiter'den daha parlak görünüyor. 17 Haziran'da ise Venüs, hilal şeklindeki Ay ile birbirine yakın görülebiliyor. Ay boyunca



parlaklığı yaklaşık olarak aynı kalan Venüs'ün görünür büyüklüğü artarken gezegen yuvarlığının parlak görünen kısmının oranı azalıyor.

Mars

Mars, haziran ayında gün doğumundan önce gökyüzünde görülebiliyor. Kızıl Gezegen ayın ilk günlerinde Güneş'ten yaklaşık bir buçuk saat önce doğuyor. Ayın ilerleyen günlerinde Mars'ın ufukun üzerinden yüksekliği ve görünür büyüklüğü hafifçe artıyor. Mars, haziranın başında Koç Takımyıldızı'ndayken ayın ortasından sonra Boğa Takımyıldızı'na geçiyor. Kızıl Gezegen'i 28 Haziran'da Güneş'in doğuşundan önce Ülker Açık Yıldız Kümesi'ni oluşturan parlak mavi yıldızların yakınlarında görebilirsiniz.

Mars, 13 Haziran'da şafak vaktinde hilal şeklindeki Ay ile kuzeydoğu-doğu yönünde ufukun üzerinde birbirine yakın görülebiliyor.

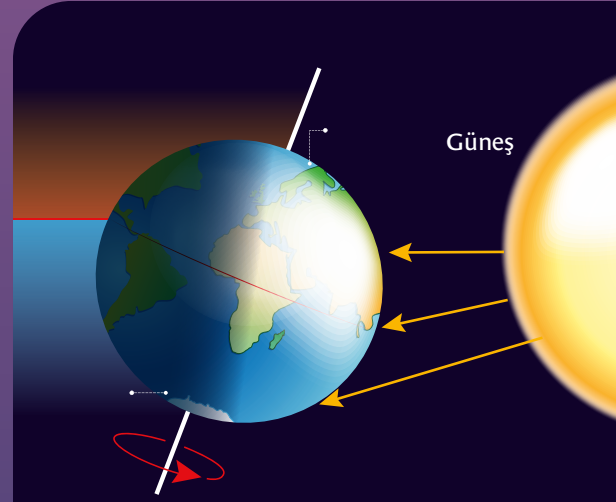
Jüpiter

Jüpiter, haziran ayında akşam vakti gökyüzünde görülebilen gezegenler arasında yer alıyor. Jüpiter ayın başında Güneş'in batışından sonra batı yönünde ufukun yaklaşık 25 derece üzerinde belirginleşmeye başlıyor ve gece yarısından yaklaşık bir saat önce batı-kuzeybatı yönünde ufuktan batıyor. Temmuz ayının

sonunda yörünge hareketi sırasında Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçmeye hazırlanan Jüpiter'in gözlem süresi haziran ayının sonunda yaklaşık bir buçuk saat kısalıyor. 9 Haziran'da gökyüzünde gerçekleşen Venüs-Jüpiter yaklaşmasından sonra gaz devi gezegen 17 Haziran'da hilal şeklindeki Ay ile birbirlerine yakın görülebiliyor. Bu tarihte Venüs, Ay, Jüpiter ve Merkür'ü bir doğru üzerinde sıralanmış gibi görebilirsiniz.

Satürn

Satürn, haziran ayında gün doğumundan önce gökyüzünde. Mart ayında yörünge hareketi sırasında Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçen Satürn, şafak vakti gökyüzünde tekrar görülmeye başlanmıştı. Satürn'ün ufukun üzerinden yüksekliği ve gözlem süresi haziran ayı boyunca artmaya devam ediyor. Ayın ilk günlerinde gece yarısından yaklaşık üç saat sonra doğu yönünde



Yaz Gün Dönümü

21 Haziran'da yaz gün dönümü gerçekleşiyor. Kuzey yarım küre için astronomik olarak yazın başlangıcı olarak kabul edilen bu tarihte güneş ışınları Yengeç Dönencesi'ne dik açıyla gelir.

ufuktan doğan Satürn, ay sonunda iki saat daha erken doğmaya başlıyor.

11 Haziran gecesi Satürn'ü ve Ay'ı doğu yönünde ufukun üzerine bakarak Balıklar Takımyıldızı'nda görebilirsiniz.



Kozmik Tekerlek

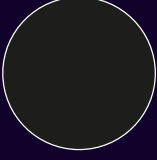
Son dördün

8 Haziran
Saat: 13.00



Yeni ay

15 Haziran
Saat: 05.54



İlk dördün

22 Haziran
Saat: 00.55



Dolunay

30 Haziran
Saat: 02.57



Yeröte

1 Haziran Saat: 07.32 406.366 km
28 Haziran Saat: 10.09 406.265 km

Yerberi

15 Haziran Saat: 02.20 357.198 km

NGC 1291 olarak da bilinen NGC 1269 gök adasının bu görüntüsü, Şili’de bulunan Cerro Tololo Inter-American Gözlemevi’ndeki Víctor Manuel Blanco Teleskobu tarafından kaydedildi.

1826 yılında James Dunlop tarafından keşfedilen gök ada, Johan Ludvig Emil Dreyer tarafından derin uzay cisimlerinin listelendiği NGC kataloğuna NGC 1291 şeklinde kaydedildi. John Herschel aynı gök cismini 1836 yılında tekrar keşfetti ve NGC 1269 adıyla NGC kataloğuna tekrar kaydedildi.

Dünya’dan 33 milyon ışık yılı uzaktaki NGC 1269 gök adası gökyüzünde Irmak Takımyıldızı civarında bulunuyor. Gök adanın merkezinde, sarmal yapıdaki gök adalarda sıkça görülen çubuk benzeri bir yapı bulunuyor. Merkezi çevreleyen disk şeklindeki yapıların NGC 1269’un başka bir gök adayla birleşmesi sonucu oluştuğu düşünülmüyor.

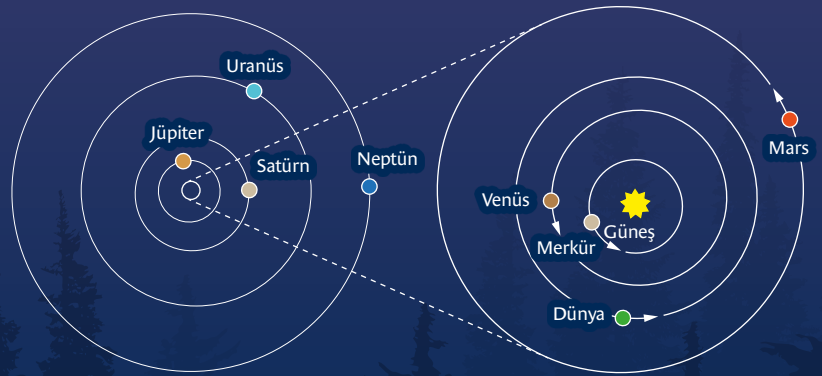


Dark Energy Survey/DOE/FNAL/DECam/CTIO/NOIRLab/NSF/AURA
Görüntü İşleme: R. Colombari & M. Zamani

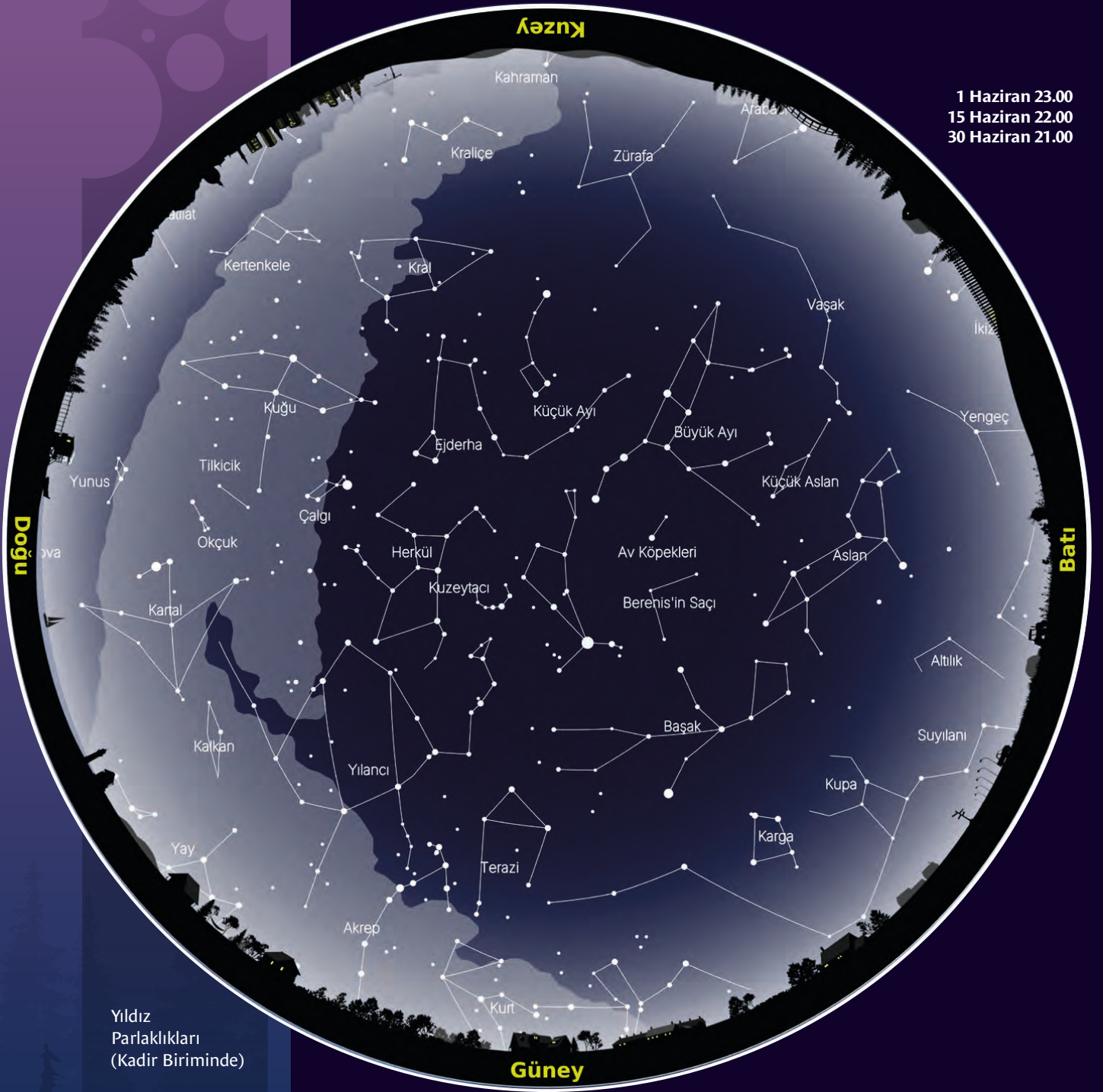
Ayın Önemli Gök Olayları

- 1 Haziran** Ay, Dünya’ya en uzak konumda
- 7 Haziran** Venüs ve Polluks yakın görünümde
- 8 Haziran** Ay, son dördün evresinde
- 9 Haziran** Venüs ve Jüpiter yakın görünümde
- 15 Haziran** Ay, yeni ay evresinde
Ay, Dünya’ya en yakın konumda
Merkür, en büyük doğu uzanımı konumunda
- 16 Haziran** Ay ve Merkür yakın görünümde
- 17 Haziran** Ay ve Venüs yakın görünümde
Ay ve Jüpiter yakın görünümde
- 18 Haziran** Merkür ve Polluks yakın görünümde
- 19 Haziran** Ay ve Regulus yakın görünümde
- 21 Haziran** Yaz gün dönümü
- 22 Haziran** Ay, ilk dördün evresinde
- 23 Haziran** Ay ve Spika yakın görünümde
- 25 Haziran** Merkür ve Jüpiter yakın görünümde
- 27 Haziran** Ay ve Antares yakın görünümde
- 28 Haziran** Ay, Dünya’ya en uzak konumda
- 30 Haziran** Ay, dolunay evresinde

Haziran Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



Çizimdeki oklar, Güneş sisteminde yer alan iç gezegenlerin haziran ayında yörüngelerindeki hareketlerini gösteriyor. Dış gezegenlerin yörüngelerindeki konumları, ay içinde birbirine göre çok değişmediği için haziran ayının ortasındaki konumları, çizimde nokta şeklinde belirtilmiştir.



Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr]

Ayın Oyunu Fillomino

Fillomino Oyununun Kuralları

Diyagramdaki her hücreye öyle bir sayı yazın ki aynı sayı içeren hücreler, o sayı kadar hücreden oluşan ve birbirine kenardan bağlı bölgeler oluştursun.

Kenardan temas eden iki farklı bölge aynı sayıyı içeremez.

Verilen ipuçlarından bazıları aynı bölge içinde yer alabilir. Oluşacak bölgeler için bazı ipuçları verilmemiş de olabilir.

3					5
	1				1
		1		4	
7			3		6
		2		2	
	2				2
6			4		4

4			2		6
			5	6	
4	5			2	
	4		5		4
		2			2
		3	6		
	1		2		3

	4	6	3		
					6
					1
4			3		4
5					
4					
			4	2	4

4		2		3	4	3
4		2				
					4	
				3		1
8	6	4		1		3

Fillomino

Örnek Çözüm

3	2	7	7	1	4
3	2	7	2	2	4
3	1	7	1	4	4
2	7	7	7	3	3
2	3	3	3	5	3
1	5	5	5	5	1

Ödüllü Soru

*Fillomino sorusunun doğru çözümünü *Bilim ve Teknik* internet sitesi üzerinden gönderenler arasında çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Tuhaf Işıltı - Radyasyonun Öyküsü* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü Bölgesel Apartmanlar sorusunu doğru yanıtlayanlar arasında çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyurulmuştur.

1

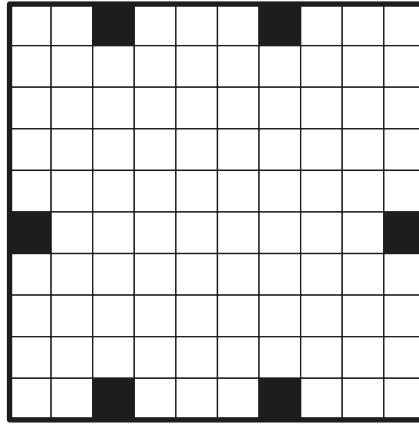
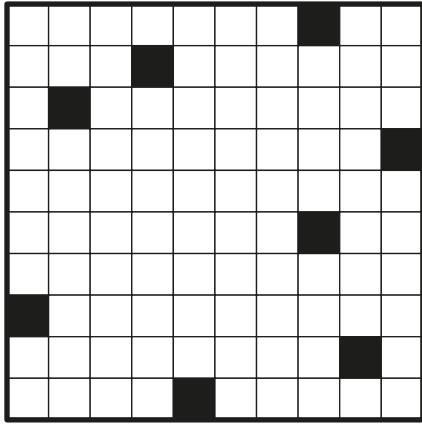
2

					6	4
6	4					
4	5			3		
			2			
					2	
3	5					3

1 ve 2 numaralı okun doğrultusundaki içeriği yazın. Mesela soldaki örnek çözümün ilk satırı 327714 şeklinde yazılmalıdır.

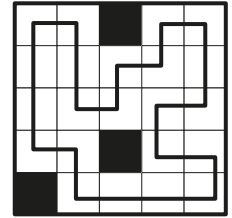


Patika: Diyagramdaki beyaz hücrelerin tamamından yatay veya dikey ilerleyerek geçen bir patika çizin. Patika kendini kesemez ve siyah hücrelerden geçemez.



Patika

Örnek Çözüm



Sudoku Mayın Tarlası: Klasik sudoku tablosu üzerinde “mayın tarlası” oyununun mantığıyla ilerleyen bir oyun türüdür. Temel amaç her satırda, her sütunda ve her bölgede (3 x 3'lük alanlarda) tam olarak 3 adet mayın olacak şekilde tüm mayınların yerini tespit etmektir. Tabloda verilen rakamlar, o hücreye komşu hücrelerde (çaprazdakiler de dâhil) bulunan toplam mayın sayısını gösterir. Rakam bulunan hücrelere mayın konulamaz.

	3				1	2		1
				3	3	2		
1	2	3					4	4
1		3			4			2
				3				
2				4			3	1
	4	3				2	2	2
				3	3	3		
2		1	1				3	

1	2					1		1
		3		3		2		
						4		
2		2			2			4
		2		3		5		
2			3			4		1
		3						
		4		3		2		
2		3					2	1

Toplam Karalama

Örnek Çözüm

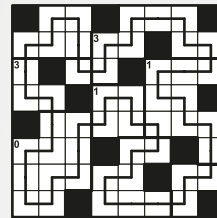
1	1		3	3		2		
4					5			
3					3		2	
2	2		3				3	
2			3	3		4		
2					2	2		

Geçen Sayının Çözümleri

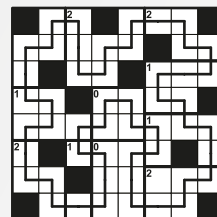
1-6					2	3
4	1	2	5	6	4	3
3	4	1	3	5	6	2
1	6	3	2	4	1	5
5	6	4	3	2	1	5
3	2	5	6	1	3	4
4	3	4	1	2	5	6
3	3		5	2		

1-6			3	4		
5	6	2	1	3	4	
5	1	2	3	4	6	5
3	3	4	6	2	5	1
4	3	1	5	2	6	
6	5	4	3	1	2	
3	2	1	5	6	4	3

1-6						
	5	6	3	1	4	2
4	3	4	1	2	5	6
	1	2	6	4	3	5
	4	1	2	5	6	3
4	2	3	5	6	1	4
6	5	4	3	2	1	6



Ödüllü Soru:
Bölgesel Apartmanlar



Bölgesel Yajilin

38	17	22	4	27	20	16	16
30	9	3	8	5	3	3	6
5	6	3	4	2	4	3	2
9	3	7	5	1	1	4	6
31	6	8	6	4	2	5	6
3	3	1	4	6	1	7	3
22	6	1	3	8	9	2	5
28	8	2	2	7	6	1	6
32	6	3	9	5	7	3	2

17	24	13	24	8	4	19	19
11	7	1	1	2	1	2	1
17	4	4	1	1	4	3	5
33	5	8	1	7	7	1	1
13	2	2	4	3	9	7	8
13	5	6	2	2	8	4	2
6	2	6	8	4	2	8	9
22	9	3	8	1	1	8	3
13	1	1	1	9	8	8	1

Toplam Karalama

Bölgesel Apartmanlar



Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr]

Unutulmuş Ustalar 3: Albin Planinc

“Unutulmuş Ustalar” dizisinde bu kez Albin Planinc’den (1944-2008) söz edeceğiz. Daha önce sizlere tanıttığımız Oldrich Duras ve Rudolf Charousek’in tersine Planinc, 21. yüzyılı gören ve “modern zamanlara” ait bir oyuncu olmasına rağmen bugün çok az biliniyor.

Planinc o dönem Yugoslavya, bugün ise Slovenya sınırları içerisinde kalan Brise’de doğdu. Çocukluğu büyük bir fakirlik içinde geçti öyle ki ailesine yardımcı olabilmek için okulu bırakmak zorunda kaldı ve bir bisiklet fabrikasında çalışmaya başladı.

İçine dönük, sessiz ve depresyona eğilimli bir genç olan Planinc’in satrançla tanışması hayatını değiştirdi. Daha onlu yaşlarda sıra dışı yeteneğiyle parlamaya başlamıştı ve gerçekten de 1962’de Slovenya’da gençler kategorisinde satranç şampiyonu oldu. 1969 yılında ise bir önceki yıl Yugoslavya Şampiyonası’nda oynadığı oyundan çok etkilenen organizatörler onu Milan Vidmar Anı Turnuvası’na davet etti. Satranç meraklıları o yılların Yugoslavya’sının satranç dünyasında ne kadar güçlü bir ülke olduğunu hatırlayacaktır. Planinc bu turnuvada

aralarında efsanevi Svetozar Gligoriç gibi en üst düzey Yugoslav büyük ustaların (GM) yanı sıra ülke dışından gelen Wolfgang Unzicker, Florin Gheorghiu ve Robert Byrne gibi yıldız oyuncularla da mücadele ederek bu devleri birbirinden renkli oyunlarla geride bıraktı ve yarışmayı birincilikle tamamladı. O zamana kadar bilinmeyen genç bir oyuncunun böylesine güçlü bir turnuvadaki beklenmedik performansı, satranç dünyasında deprem etkisi gösterdi. Bu başarı ona uluslararası usta (IM) ünvanını getirdi. Aslında Planinc, görünüşe göre

turnuvada elde ettiği derece ya da payelerden ziyade yalnızca satranç tahtasında olup bitenlerle ilgiliydi, sırf ilginç bulduğu için bir varyanta korkusuzca giriyor ve sonucun ne olacağına aldırmadan sonuna kadar oynuyordu. Eski dünya şampiyonlarından Mikhail Tal’i andıran riskli oyun tarzıyla o artık uluslararası bir yıldızdı!

Uluslararası turnuvaların aranan bir oyuncusu hâline gelen Planinc, Üsküp’te düzenlenen ve ikinci olduğu 20. Satranç Olimpiyatı’nın ardından büyük usta ünvanını aldı. İstikrarsız performansı nedeniyle gücünün



funcky-data / iStock



Albin Planinc

zirvesinde olduğu 1973-1975 yıllarında dahi yalnızca 2.500 dolayında mütevazı bir Elo puanı vardı. Buna rağmen son derece ilginç ve kombinatif oyun tarzı sayesinde güçlü turnuvalara çağırılıyordu. Bugün ise gerçek gücü Elo puanının çok üstünde

olan bir oyuncu olarak değerlendiriliyor. En önemli başarısı 1973 yılında Amsterdam'da yapılan Tigran Petrosian, Boris Spassky, Jan Hein Donner ve Lubomir Kavalek gibi satrancın zirvesindeki oyuncuların katıldığı ve Petrosian'la

birlikte birinciliği paylaştığı IBM Uluslararası Satranç Turnuvası'ydı.

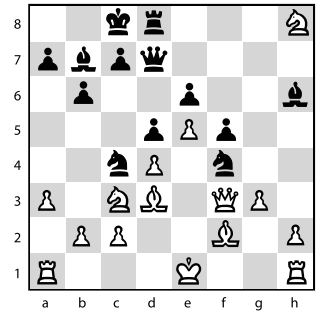
Ne yazık ki sonraki birkaç yıl içerisinde bu sıra dışı oyuncunun performansında büyük ve ani bir düşüş oldu. Oyunu, eski parlaklığını ve yaratıcılığını yitirmişti, katıldığı turnuvaları ancak son sıralarda bitiriyordu. Uluslararası turnuvalardan gelen davetlerin azalmasıyla birlikte artık yalnızca Yugoslavya'da yapılan yarışmalara katılmaya başladı. Bu gerilemenin sebebi onun kişiliğinden, ruhsal yapısından ve muhtemelen kullandığı ağır ilaçlardan kaynaklanıyordu. 1979 yılında aktif satrançtan çekildi, bir süre Yugoslav Federasyonunda antrenör olarak çalıştı. Ancak hastalığının giderek ilerlemesi ve paranoya belirtileri göstermeye başlamasıyla bu görevden de ayrıldı. Bir süre sonra bir psikiyatri servisine yatırılan Planinc, ömrünün son 20 yılını burada geçirecekti. 2008'de bu dünyadan sessiz sedasız ayrıldı.

Albin Planinc Planinc son yıllarda yeniden keşfedildi

diyebiliriz. İnternette onun oyunlarının analiz edildiği Türkçe ve yabancı dilde birçok kaynak var. Biz onun dehasını en parlak hâliyle sergilediği bir oyunu seçtik (Diyagram 1).

Diyagram 1

Rajko Bogdanovic-Albin Planinc
Yugoslavya
Şampiyonası, 1965



Diyagram 1'deki pozisyona baktığımızda suların epey ısınmış olduğunu görüyoruz. Planinc, oyunun önceki safhasında beyazın atı ile h8'deki kalesini almasına müsaade etmiş ve bu atı almakla hiç uğraşmamış, kendi atlarını ise dolu dizgin (!) bir şekilde beyaz kampa iyice yaklaştırmış. Oyunun epeyce ileri bir aşaması olmasına rağmen hâlâ rok yapmaya fırsat bulamamış olan beyaz en son 20. g3 oynayarak f4'teki atı tehdit etmişti ve Diyagram 1'e

ulaşılmıştı. Planinc burada beklenmedik bir hamle yaptı:

20...Ad2!!

Planinc tehdit altındaki atıyla hiç ilgilenmediği gibi bir at daha sunuyor!

21. Şxd2 Axd3+ 22. Fe3

22. Şxd3 Fa6+ 23. Ab5 Vxb5+ 24. c4 Vxc4#

22...Axe5! 23. Vh5

23. dxe5 d4! Hem veziri hem atı hem de fili tehdit eden çok yönlü müthiş bir hamle!

23...Ac4+ 24. Şe2 Fxe3

25. Af7 Kf8 26. Ae5 Axe5

27. Şxe3

27. dxe5 d4 ve siyah kazanır.

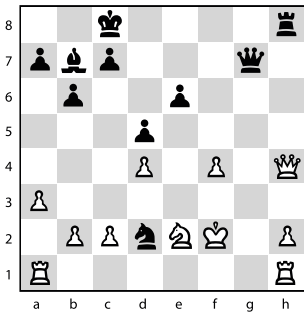
27...Ac4+ 28. Şf2 Vg7 29.

Ae2 Ad2 30. Vh4 f4 31.

gxf4 Kh8!

Bu hamle beyaz veziri tuzağa düşürüyor. (Diyagram 2).

Diyagram 2



Burada (Diyagram 2) beyaz vezirin gidecek yeri yok dolayısıyla bir sonraki hamlesi zorunlu:

32. Vxh8+

32. Vg3/g5 Ae4+ ve çatalla veziri alır!

32...Vxh8 33. h4 Vh5 34.

Şe3 Ac4+ 35. Şf2 Fa6 36.

Kae1 Ad2 37. Şe3 Af3 38.

Kef1 Fxe2 39. Şxe2 ve

beyaz rakibinin hamlesini beklemekten terk etti.

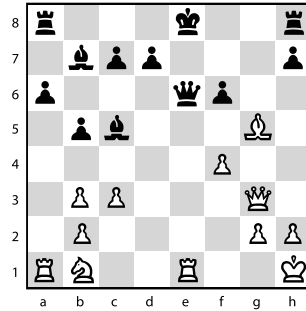
Atak oyunu seven okurlarımızın Planinc'in diğer oyunlarını da incelemelerini tavsiye ederiz.

Ayın Sorusu

Ayın sorusu elbette Planinc'in bir oyunundan.

Diyagram 3

Ljubomir Ljubojevic-Albin Planinc Boris Kostić Anı Turnuvası, 1971



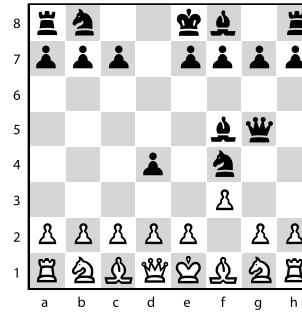
Son hamleyi beyazlar yapmış ve 18. Ke1 oynamıştı. Şimdi kendinizi Planinc'in yerine koyun ve onun gibi düşünmeye çalışın. Nasıl devam ederdiniz?

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Geçen ay sizlere bir "Shortest Proof Game" sorusu ve yakınlarda hayatını kaybeden ünlü oyuncu ve etütçü Jan Timman'ın bir etüdünü sormuştuk. Şimdi bunların çözümlerini veriyoruz.

Diyagram 4

Markus Ott, 1981



Yukarıdaki pozisyon bir oyunda siyahın sekizinci hamlesinden sonra oluşmuş. Oyunun hamlelerini bulun.

Çözüm:

Siyah taşların bulundukları yerlere gelebilmeleri için gerçekten de sekiz hamle gerekir. Esas soru şu: Beyaz, sekiz hamle boyunca ne yaptı? Yalnızca f2-f3 oynamış gibi görünüyorsa da rütbeli taşları bazı hamleler yapıp başladıkları karelere geri dönmüş olmalı. Ama bunun için bir tempo

hamlesi gerekir (neden?), verilen konumda da bunu yapabilecek tek taş beyaz şah. Böyle düşününce çözüm görece kolaylaşıyor:

1. f3 Af6 2. Şf2 Ad5 3.

Şg3 Af4 4. Şg4 d5+ 5.

Şh4 d4 6. Şg3 Vd5 7. Şf2

Vg5 8. Şe1 Ff5 ve verilen

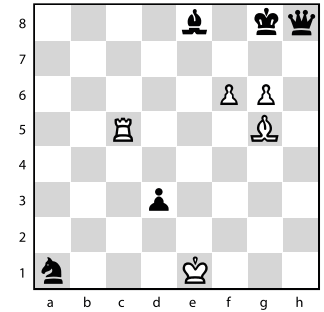
pozisyona ulaşırız. Beyaz şah burada 3. Şg3 4.

Şg4 5. Şh4 hamleleri ile

üçgen manevrası yaparak tempo kaybediyor. Yani g3'ten h4'e hemen gitmek yerine önce g4'e uğrayarak fazladan bir hamle harcıyor.

Diyagram 5

Jan Timman, 2011



Beyaz oynar ve berabere kalır.

Çözüm:

1. f7+ Şg7 2. Fh6+ Şxh6

3. Kh5+ Şxh5 4. g7 Ac2+

4...d2+ 5. Şf2 d1=A+ 6.

Şe1=

5. Şd1 Ae3+

5...Vxg7 6. fxe8=V+ Şh6

7. Şd2 Ab4 8. Ve6+ Vg6 9.

Vh3+=

6. Şc1 ve beraberlik. ■

Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov
Bilkent Üniversitesi, Matematik Bölümü

Soruyu çözüp doğru cevabı Bilim ve Teknik internet sitesi üzerinden gönderenler arasından çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz. Cevabınızı göndermek için:



Bu ay:
Şu Matematik Dedikleri



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır.



bilimteknik.tubitak.gov.tr



Ali Baba'nın Gerçek Altın Sikkeleri Belirlemesi

Ali Baba bir mağarada mahsur kalmıştır. Mağaradan kurtulmak isteyen Ali Baba'nın, mağaranın kapısının kilidini açması gerekiyor. Ali Baba mağaranın ana kilidinin tüm özelliklerini öğreniyor. Mağaranın kapı kilidinin 24 tane deliği bulunuyor. Kilidin açılması için bu 24 deliğin her birine aynı anda 24 gerçek altın sikke yerleştirilmesi gerekiyor.

Mağaranın kapısının önünde her biri 24 altın sikkeden oluşan iki öbek bulunuyor. Bu öbeklerde bulunan 48 sikkeden her biri görüntü olarak gerçek altın sikkeye benziyor. Ali Baba bu öbeklerin birindeki 24 altın sikkenin tamamının gerçek altın sikke olduğunu ve diğer öbekteki 24 altın sikkenin tam olarak 5 tanesinin sahte olduğunu biliyor. Gerçek altın sikkeler eşit ağırlıkta olup her sahte altın sikke gerçek altın sikkeden hem daha ağır hem de daha hafif olabiliyor. Herhangi iki sahte altın sikkenin ağırlıkları aynı veya birbirinden farklı olabiliyor. Örnek olarak bu 5 sahte altın sikkeden 3 tanesi, gerçek altın sikkeden daha ağır ve 2 tanesi daha hafif olabilir.

Ali Baba kilidin deliklerinden herhangi birine sahte altın sikke yerleştirirse kapının kilidi açılmaz ve Ali Baba'nın mağaradan kurtulma şansı kalmaz. Dolayısıyla Ali Baba'nın kilidi açması için kilidin deliklerine 24 gerçek altın sikkeyi tek seferde ve aynı anda yerleştirmesi gerekiyor. Ali Baba, 24 gerçek altın sikkeyi belirlemek için iki kefeli tartı kullanacaktır. Her denemede 48 altın sikkeden istediği kadarını tartının kefelelerine yerleştiriyor ve sonuç olarak hangi kefedeki toplam ağırlığın daha fazla olduğunu veya hangi kefeledeki ağırlıkların birbirine eşit olduğunu anlayabiliyor. Her iki öbekteki altın sikkeler iki ayrı sıraya dizilidir ve Ali Baba kendi işini kolaylaştırmak için her tartımdan sonra kullandığı altın sikkeleri, sıralarını değiştirmeden yeniden aynı şekilde diziyor. Ali Baba her gün tartıyı sadece bir kez kullanabiliyor. Buna göre Ali Baba, tartıyı mümkün oldukça az sayıda kullanarak mağara kapısının kilidini açmayı hedefliyor.

Ali Baba tartıyı N kez kullanarak 24 gerçek altın sikkeyi belirlemeyi garantileyebiliyorsa N sayısının alabileceği en küçük değer kaçtır? Ali Baba'nın, tartıyı bulduğunuz N sayısı kadar kullanarak 24 gerçek altın sikkeyi belirleme stratejisini açıklayınız ve bu N sayısının neden daha az olamayacağını gösteriniz. ■

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı [zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr

BİN SAYISI

1																			
2	3	4																	
9	8	7	6	5															
10	11	12	13	14	15	16													

Kutulara sayı yerleştirme işi devam ettiğinde 1.000 sayısı kaçınıcı satırın kaçınıcı sütununda yer alır?
Örnek:
6 sayısı 3. satırın 4. sütunundadır.

SPOR KULÜBÜ

Bir spor kulübüyle ilgili aşağıdaki bilgiler bilinmektedir:

- I. Tüm futbolcular gençtir.
- II. Tüm basketbolcular gençtir.
- III. Bazı basketbolcular hızlı koşar.

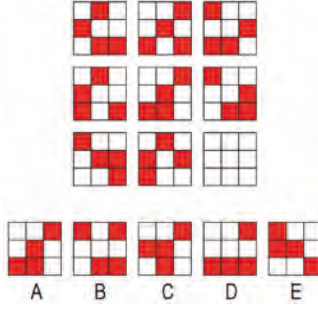
Buna göre aşağıdaki ifadelerden hangileri kesin olarak doğrudur?

1. Tüm futbolcular basketbolcudur.
2. Bazı gençler hızlı koşar.
3. Hiçbir futbolcu hızlı koşmaz.
4. Hızlı koşan bazı gençler basketbolcu değildir.

- A) Yalnız 2
B) Yalnız 4
C) 2 ve 3
D) 2 ve 4
E) 1 ve 2

BOYALI KARELER

Sağ alttaki kareye aşağıdakilerden hangisi gelecek?



GÜNDÜZLÜ-YATILI

Bir okulda gündüzlü ve yatılı öğrenciler vardır.

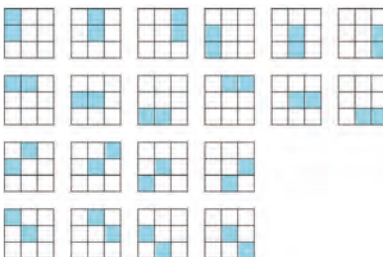
- 32 gündüzlü öğrenci okuldan ayrılıyor. Kalan grupta her 5 gündüzlü öğrenciye karşılık 7 yatılı öğrenci denk geliyor.
- Daha sonra 57 yatılı öğrenci ayrılıyor. Bu kez her 5 gündüzlü öğrenciye karşılık 4 yatılı öğrenci denk geliyor.

Başlangıçta kaç gündüzlü, kaç yatılı öğrenci vardı?

KARE SEÇİMİ

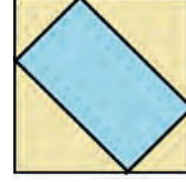
5x5'lik bir satranç tahtasında üçü de aynı doğru üzerinde bulunan ve birbirlerine komşu olan (yatay, dikey ya da çapraz) üç kare seçeceksiniz. Bu işlem kaç farklı biçimde yapılabilir?

Soru 3x3'lük tahta ve iki kare için sorulsaydı cevap 20, çözümler de aşağıdaki gibi olacaktı.



KAREDEKİ DİKDÖRTGEN

Boyutları 1 birim ve 3 birim olan bir dikdörtgenin tüm köşeleri bir karenin kenarları üzerindedir. Bu karenin alanını hesaplayınız.



DAĞCI VE TÜNEL

Bir dağcı, geçilmesi 6 saat süren bir buz tüneline geçmek istiyor.

- Bunun için yardımcı dağcılar bulunuyor ve her biri en fazla 4 saatlik oksijen tüpü taşıyabiliyor.
- Yardımcı dağcılar belirli bir noktaya kadar ana dağcıya eşlik ediyor; kendi dönüşleri için yeterli oksijeni ayırıp kalan oksijeni ana dağcıya aktarıyor ve başlangıç noktasına geri dönüyor.

Ana dağcının tüneli geçebilmesi ve yardımcı dağcıların başlangıç noktasına dönebilmeleri için en az kaç yardımcı dağcı gerekir ve toplam en az kaç saatlik oksijen tüketilir?

SORU İŞARETİ

Soru işaretlerinin yerine neler gelecek?

SIFIR	5
BİR	4
ÜÇ	5
ALTI	10
?	?

ÜÇ SAYI

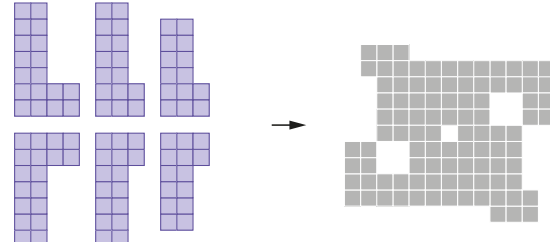
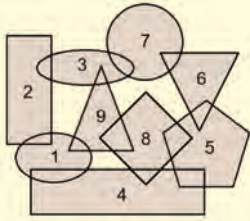
1'den 9'a kadar olan sayılar birer kez kullanılarak üç adet üç basamaklı sayı oluşturulmuştur.

- Birinci sayı ikinci sayıya tam olarak bölünmektedir.
- Birinci ve ikinci sayıların toplamı üçüncü sayıyı vermektedir.

Üçüncü sayı çift sayı olduğuna göre bu üç sayıyı bulunuz.

ALTI "L"

Altı "L" parçasını bir araya getirerek sağdaki şekli elde ediniz. Parçalar döndürülebilir ve ters çevrilebilir.

**GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ****KESİŞEN ŞEKİLLER****OKUMA SÜRESİ**

48 dakika.
17.36 ile 18.24 arası.

SAYI TURU

181

3	7	4	18	17	17	10	1
10	13	11	5	14	13	14	17
14	6	12	12	9	20	1	2
6	16	5	11	15	16	14	4
6	2	20	18	13	16	12	9
19	3	3	7	7	15	19	20
1	18	15	9	4	8	11	8
19	8	13	2	10	12	2	9

MANTIK YARIŞMASI

A=1, B=2, C=2, D=1

KÜPLERİN TOPLAMI

576
(576=4³+8³)

CEVİZ OYUNU

İkinci başlayan oyuncu oyunu kazanır. Bu oyunda kaybeden sayılar; 0, 2, 7, 9, 14, 16, 21, 23, ... şeklinde ilerler.

Yani masada kalan ceviz sayısı 7'ye bölündüğünde 0 veya 2 kalan bir sayı ise sırası gelen oyuncu kaybeden durumdadır. Başlangıçta masada 100 ceviz vardır ve $100 \equiv 2 \pmod{7}$ olduğu için ilk oyuncu oyuna kaybeden durumda başlar.

İkinci oyuncu, rakibinin aldığı ceviz sayısına göre şöyle oynar:

- Rakip 1 ceviz alırsa ikinci oyuncu 1 alır ve masada 98 ceviz kalır.
- Rakip 3 ceviz alırsa ikinci oyuncu 4 alır ve masada 93 ceviz kalır.
- Rakip 4 ceviz alırsa ikinci oyuncu 3 alır ve masada 93 ceviz kalır.

Böylece ikinci oyuncu, rakibine her seferinde 7'ye göre 0 veya 2 kalan sayıda ceviz bırakır. Bu strateji sürdürülürse son cevizi ikinci oyuncu alır ve oyunu kazanır.

SORU İŞARETİ

C gelmelidir.
Bir önceki saatin rakamsal değeri 1,5 ile çarpılıyor.

**E-POSTA HAVUZU**

36 görevli gerekir.

"M" başlangıçtaki e-posta sayısı, "r" her gün gelen yeni e-posta sayısı, "a" bir görevlinin bir günde cevaplandığı e-posta sayısı ve "N" ise 75 günde işi bitirecek görevli sayısı olsun.

$$M+24r=70-24a$$

$$M+30r=60-30a$$

Bu iki denklemden önce $r=20a$ ve sonra yerine konarak $M=1200a$ bulunur.

75 gün için

$$M+75r=75Na \text{ olduğundan}$$

$$1200a+75 \cdot 20a=75Na$$

ve buradan da

$$N=36 \text{ elde edilir.}$$

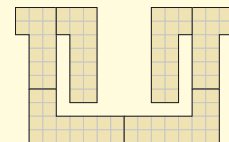
DÖRT KESİRLİ SAYI

Elde edilebilen tam sayı 30'dur.
30 sayısı farklı yollardan elde edilebiliyor. Bunlardan üçü:

$$\left(\left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3} \right) \div \frac{1}{4} \right) \div \frac{1}{5} = 30$$

$$\left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3} \right) \div \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{5} \right) = 30$$

$$\left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3} \right) \div \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{5} \right) = 30$$

ALTI "L"

Yayın Dünyası

Dr. Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Akl Oyunları Görsel Beceriler

Emrehan Halıcı

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2026 (1. Basım)

Akl Oyunları ile düşünme ve problem çözme becerilerinizi geliştirecek, sorunlara farklı açılardan bakabilme yeteneğinizi keşfedeceksiniz. Bu kitap 200 sorudan oluşuyor. Soruları çözerken bir sıra izmeden rastgele kart seçip üzerinde düşünebilirsiniz. Her sorunun zorluk düzeyini 1'den 5'e kadar kutucukları işaretleyerek kendiniz belirleyebilirsiniz. Böylece hem hangi soruları daha önce çözdüğünüzü kaydedebilir hem de tekrar incelemek istediğiniz sorularla ilgili değerlendirmenizi görebilirsiniz. Keyifli bir düşünme yolculuğu dileriz.



Doğanın İzinde Doğanın Döngülerine Dair Bir Rehber

Helen Brown
Çeviri: Bengisu Özdemir
Resimleyen: Claire Scully



TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2026 (1. Basım)

Çizimlerde ok işaretlerini takip ederek ağaçların nasıl yaprak döktüğünü, çiçeklerin nasıl açtığını, yaprakların nasıl fotosentez yaptığını, tohumların nasıl çimlendiğini, mantarların nasıl büyüdüğünü ve bunlar gibi doğaya dair pek çok döngünün hikâyesini bu kitapta bulabilirsiniz.



Nesiller büyüten *Bilim ve Teknik* ile
keşfetmenin sonu yok!



**Bilim
ve
Teknik**
Podcast



Bilim ve teknoloji dünyasındaki güncel gelişmeleri ve önemli konuları alanında uzman kişilerle yaptığımız bilim sohbetlerinde ele alıyoruz. İki haftada bir, yeni bir konu ve konukla sizlerle buluşuyoruz.

Spotify, Apple Podcast, SoundCloud ve
YouTube kanallarından dinleyebilirsiniz.

