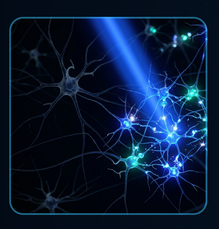
Moletik

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK • SAYI 11 • KASIM 2026

DNA'da Sonsuz Bellek

S. 16–19

Tek bir gramda 215 petabayt veri: Doğanın dört harfli alfabesi dijital çağın hafıza ve enerji krizine nasıl çözüm sunuyor?



2026 NOBEL TIP ÖDÜLÜ • S. 32

Optogenetik: Işığın Nörobilimi

Su yosunundan canlı beyin devrelerine uzanan devrim.

FİZİK & ASTROFİZİK • S. 30

Evren Bizimle mi Ölüyor?

Büyük Donma ve 10^{78} yıllık kozmik kader.

UZAY & BİYOMEDİKAL • S. 10

Uzayda Bağışıklık Nasıl Değişiyor?

Astronotlardan denizaltılara; izole yaşamın izleri.

BU SAYIDA AYRICA

04 Bileğimizdeki Doktor
06 Dünya Diyabet Günü
08 Kuka Mikrop Efsanesi
12 Doğal Boya Kimyası
14 Uçan Araba Gerçek Oluyor
20 Kolektif Bilinç
22 Yeni Penguen Türü
24 Moleküler Dedektif
26 Sormadığı Sorular
28 Yeni Nesil Yapay Zeka

Moletik

KASIM 2026 • SAYI 11

Bileğimizdeki Doktor: Giyilebilir Teknolojiler 04
Yaren Beler • Sağlık & Teknoloji

Dünya Diyabet Günü: Sessiz İlerleyen Hastalık 06
Yaren Beler • Sağlık & Yaşam

Kuka Tespihlerinin Mikrop Öldürücü Özelliği 08
Çağrı Kırallı • Bilim

Uzayda Bağışıklık: Astronotlardan Denizaltılara 10
Sevilay Mete • Uzay & Biyomedikal

Bitkilerin Renkli Dünyası: Doğal Boyalar 12
Fatih Oğulcan KAYA • Botanik & Yaşam

Yeni Nesil Tesla Roadster: Mühendislik ve Sınırlar 14
Hamide Hamidi • Bilim & Mühendislik

DNA ile Veri Depolamak Mümkün mü? (I–II) 16
Egemen Şenol • Kapak Dosyası

Kolektif Bilinç: Aynı Zihnin Parçası Olabilir miyiz? 20
Sevilay Mete • Psikoloji & Yaşam

100 Yıl Sonra Yeni Bir Penguen Türü Keşfedildi 22
Hilal Erkoç • Biyoloji & Ekoloji

Moleküler Dedektifler: Vaka No: 001 24
Esra Nida Dindar • Adli Biyoinformatik

Bir Çocuğun Sormadığı Sorular 26
Fatih Oğulcan KAYA • Bilim & Biliş

Google Gemini 4 Argon: Derin Muhakeme Çağı 28
Moletik • Yapay Zeka & Siber Güvenlik

Evren Bizimle Birlikte mi Ölüyor? 30
Çağrı Kırallı • Fizik & Astrofizik

2026 Nobel Tıp Ödülü: Optogenetik Devrimi 32
Cenk Dunat • Nörobilim & Haber



30

Evren Bizimle mi Ölüyor?

Büyük Donma, Büyük Yırtılma ve Büyük Çöküş senaryolarında kozmosun nihai kaderi.



12

Doğal Boyaların Biyolojisi

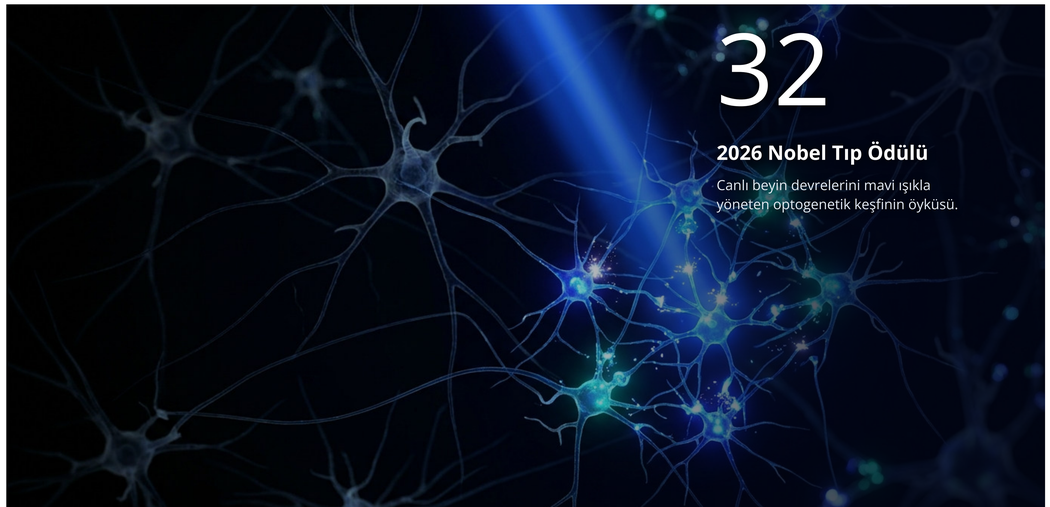
İndigodan kınaya, pancardan kökboyaya doğanın gizli kimyasal renk paleti.



10

Uzayda Bağışıklık

Astronotlardan denizaltılara: İzole ortam ve mikro yerçekimi insan bağışıklığını nasıl etkiliyor?



32

2026 Nobel Tıp Ödülü

Canlı beyin devrelerini mavi ışıkla yöneten optogenetik keşfinin öyküsü.

Moletik

EDİTÖRDEN & KÜNYE

Moletik'in Kasım 2026 sayısında mikroskobik moleküllerden galaksilerin uzak sınırlarına uzanan çeşitli konulardaki özgün içeriklerimizi bir araya getiriyoruz.

Bu sayının kapak dosyasında, doğanın dört harfli alfabesiyle dijital çağın veri krizine çözüm arayan DNA veri depolama teknolojisini iki kapsamlı bölümde inceliyoruz. Yörüngedeki astronotların ve derin denizaltı mürettebatının bağışıklık yanıtlarından 2026 Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü'nü getiren optogenetik devrimine, yüz yıl sonra keşfedilen yeni penguen türünden kukaların kimyasına uzanan zengin bir seçki sizleri bekliyor.

Bilimin merakla birleştiği yeni sayfalarda buluşmak dileğiyle.

YAYIN EKİBİ & YAZARLAR

Genel Yayın Yönetmeni & Editör
Cenk Dunat

Katkıda Bulunan Yazarlar
Çağrı Kırallı
Cenk Dunat
Egemen Şenol
Esra Nida Dindar
Fatih Oğulcan KAYA
Hamide Hamidi
Hilal Erkoç
Sevilay Mete
Yaren Beler

Grafik Tasarım
Cenk Dunat
Sudenaz Şencan

İletişim & Arşiv
info@moletik.com • Kasım 2026 • Sayı 11

Bileğimizdeki Doktor: Giyilebilir Teknolojiler



Akıllı saatlerin optik sensörleri kalp ritmi, oksijen doygunluğu ve uyku verilerini kesintisiz izliyor.

Bir akıllı saat, henüz farkında bile olmadığımız bir sağlık sorununun ilk işaretlerini mi yakalıyor?

Kulağa bilim kurgu gibi gelse de giyilebilir sağlık teknolojileri bedenimizin sessiz sinyallerini takip ederek hastalıkların erken fark edilmesinde giderek daha önemli bir rol üstleniyor. Bileğimize taktığımız bir saat artık yalnızca zamanı göstermiyor; kalp ritmimizi ölçüyor, uykumuzu analiz ediyor ve gün boyunca vücudumuzda meydana gelen değişimleri kaydediyor.

Bazı cihazlar ise bu verileri uzun vadede değerlendirerek alışılmış düzenin dışındaki farklılıkları da belirleyebiliyor. Böylece sağlık, yalnızca hastalandığımızda ilgilendiğimiz bir konu olmaktan çıkıp günlük yaşantımızın bir parçası haline dönüşmüş oluyor.

Bedenin fısıltılarını duymak

İnsan vücudu, bazen küçük değişimlerin yolunda gitmemesini haber verse bile diyabet ve kalp-damar hastalıkları gibi birçok kronik rahatsızlıklar, uzun süre belirti vermeden ilerleyebilir. Giyilebilir teknolojiler de bu değişimleri gözlemlememize yardımcı olan dijital araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Örneğin, EKG özelliğine sahip bazı akıllı saatler, atriyal fibrilasyon adı verilen kalp ritmi bozukluğuna ilişkin işaretleri tespit edebiliyor. Sürekli glikoz izleme sistemleri ise kan şekeri düzeyindeki değişimleri takip ederek diyabet yönetimini kolaylaştırıyor. Bu veriler, kişinin sağlık durumunu daha yakından izlemesine ve gerektiğinde tıbbi değerlendirmeye başvurmasına katkıda bulunur.

> *Bazen hastalığın ilk işareti, güçlü bir ağrı değil; bedenin sessizce değiştirdiği küçük bir ritimdir.*

Ancak asıl dikkat çekici gelişme ise, tek bir ölçümden çok, zaman içinde biriken verilerin sunduğu olanaklarda gizlidir. Yapay zeka destekli sistemler, kişinin olağan değerlerini analiz ederek belirli değişimleri kullanıcıya fark ettirir. Dinlenme halindeki kalp atım hızından uyku düzenine kadar uzanan bu veriler, sağlık durumunun değerlendirilmesinde kullanıcıya ve hatta bazen hekimlere yeni ipuçları gösterebiliyor.

Erken teşhis mi, erken uyarı mı?

Giyilebilir teknolojilerin sunduğu imkanlar heyecan verici olsa da önemli bir ayrımı gözden kaçırmamak gerekir; bir hastalığın olası işaretlerini belirlemek, ona kesin tanı koymakla aynı şey değildir.



Sensörlerin ölçüm hataları, yanlış alarmlar ve kişiden kişiye değişen fizyolojik özellikler, sonuçların dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Üstelik normal görünen bir ölçüm, kişinin sağlıklı olduğunu da kesin olarak göstermez. Bu nedenle akıllı cihazları doktorların yerini alan araçlar olarak değil, sağlık takibini destekleyen yardımcı teknolojiler olarak düşünmeliyiz.

Bedenimize ilişkin bilgilerin sürekli kaydedildiği bir dünyada, bu verilerin nasıl saklandığı ve kimlerle paylaşıldığı gibi sorular, kişisel sağlık verilerinin gizliliğinin de bu dönüşüme dahil olması en az teknolojinin kendisi kadar önem taşımaktadır.

Geleceğin sağlığı bileğimizde mi?

Giyilebilir teknolojiler, sağlık hizmetlerini yalnızca hastalık ortaya çıktıktan sonra müdahale eden bir anlayıştan bağımsız, riskleri daha erken fark ettirmeye çalışan bir yaklaşıma doğru taşıma potansiyeli taşır. Gelecekte bu cihazların sağlık sistemleriyle daha koordineli ve etkin biçimde bütünleşmesi, kişiye özgü takip süreçlerini geliştirebilmektedir.

Belki de yakın gelecekte sağlığımızı anlamak için yalnızca kendimizi nasıl hissettiğimize değil, vücudumuzun günler ve aylar boyunca biriktirdiği verilere de bakmamız gerekecektir. Çünkü bazen hastalığın ilk işareti, güçlü bir ağrı ya da belirgin bir semptom olmaksızın; bedenin sessizce değiştirdiği küçük bir ritimdir.

Teknoloji bu ritmi duymamıza yardımcı olurken onu doğru yorumlamak ise hala bilimin ve tıbbın sorumluluğunda olacaktır.

Kaynak 1. Perez, M. V. ve ark. (2019). Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. The New England Journal of Medicine, 381, 1909–1917. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1901183 https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31722151/ 2. Lubitz, S. A. ve ark. (2022). Detection of Atrial Fibrillation in a Large Population Using Wearable Devices: The Fitbit Heart Study. Circulation, 146(19), 1415–1424. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.060291

Dünya Diyabet Günü: Sessiz İlerleyen Hastalık

Dünya genelinde 589 milyon yetişkin diyabetle yaşıyor; erken tanı ve düzenli takip hayati önem taşıyor.



Türkiye’deki diyabetli bireylerin yaklaşık %45’i henüz hastalığının farkında değil.

Dünya diyabet günü her yıl 14 Kasım'da kutlanarak dünya genelinde milyonlarca insanı etkileyen diyabet hastalığına farkındalık yaratmakta. Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından desteklenen bu özel gün, diyabetin yalnızca kan şekeri yüksekliğinden ibaret olmadığını, yaşamın birçok alanını etkileyebilen kronik bir sağlık sorunu olduğunu hatırlatıyor.

Uluslararası Diyabet Federasyonunun (IDF) 2025 yılında yayımladığı 11. Diyabet Atlası verilerine göre, 2024 yılı itibarıyla dünya genelinde 20-79 yaş aralığındaki yaklaşık 589 milyon yetişkinin diyabetle yaşadığı bildirilmiştir. Bu rakam, ilgili yaş grubundaki nüfusun %11,1'ine karşılık gelmektedir. Türkiyede ise aynı yaş grubunda yaklaşık 9,6 milyon diyabet hastası bulunduğu açıklanmıştır.

Dünya diyabet günü kapsamında paylaşılan bu veriler, diyabetin küresel ölçekte ne kadar önemli bir halk sağlığı sorunu olduğunu göstermektedir.

Hücrelerin enerji kapısı: İnsülin nasıl çalışır?

Besinlerle alınan karbonhidratlar sindirim sırasında glikoza parçalanarak kana karışır. Kan şekerinin yükselmesiyle pankreasın beta hücreleri insülin salgılar hale gelir. İnsülin, glikozun özellikle kas ve yağ hücrelerine alınmasını sağlayan önemli bir hormonudur. Böylece hücreler ihtiyaç duydukları enerjiyi elde edip kandaki glikoz seviyesi de dengelenirken diyabette ise bu mekanizma bozulur.

Yani kısaca diyabet, vücudun kan şekerini düzenlerken insülin hormonunu yeterince üretememesi veya üretilen insülini etkili biçimde kullanamaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Belirtileri ise sürekli su içme isteği, sık idrara çıkma, kilo kaybı, yorgunluk ve bulanık görme olarak bilinmektedir.

En yaygın türleri TİP1 ve TİP2 diyabettir. TİP1 diyabet, bağışıklık sisteminin pankreastaki insülin üreten beta hücrelerine zarar vermesiyle gelişirken, TİP2 diyabet ise, hücrelerin insüline karşı duyarsızlaşması ile birlikte zamanla pankreasın insülin üretim ihtiyacını karşılayamaz haline gelmesi sonucu glikozun kanda birikmesine sebep olmasıdır. Bu durum uzun süreler belirgin bir şikayet vermeden de ilerleyebilmektedir. Ayrıca Türkiye'deki diyabetli bireylerin yaklaşık %45'i henüz hastalığının farkında değildir. Mevcut eğilimin devam etmesi durumunda ise dünya genelindeki diyabetli yetişkin sayısının 2050 yılında 853 milyona (%14,1) ulaşacağı öngörülmektedir. Bu verilerle birlikte diyabetle mücadelede erken tanı, 3-6 ay arası düzenli sağlık kontrolleri ve kan şekeri ölçümleri farkındalık çalışmalarının önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Gebelik döneminde ortaya çıkan gestasyonel diyabet de diğer önemli diyabet türlerinden biridir.

Kontrol altına alınmayan diyabet; kalp- damar hastalıkları, böbrek hasarı, görme kaybı ve sinir sistemi sorunları gibi ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Özellikle TIP 2 diyabet için dengeli beslenme, düzenli fiziksel aktivite, ideal vücut ağırlığının korunması ve hekim tarafından belirlenen tedaviye uyum, hastalığın yönetiminde önemli bir hususdur. Ayrıca diyabet gibi kronik hastalıkların erken teşhisinde teknolojik gelişmeleri de unutmamak gerekir.

Farkındalık, sağlıklı bir geleceğin ilk adımı

Diyabet, yalnızca bireysel bir sağlık sorunu değil, giderek büyüyen küresel bir halk sağlığı meselesidir.

Her yıl 14 Kasım'da gerçekleştirilen Dünya Diyabet Günü, bu konuda toplumsal bilinci arttırmayı ve diyabetle yaşayan bireylere destek olmayı amaçlamaktadır. Bu sebeple mavi halka ile simgelenen bu farkındalık hareketi diyabetle mücadelede küresel dayanışmayı temsil eder. Unutulmamalıdır ki diyabetle mücadelede en güçlü adımlardan biri, hastalığı tanımak ve belirtilerini göz ardı etmemektir. Çünkü bazen küçük bir kontrol, gelecekte oluşabilecek büyük bir sağlık sorunlarının önüne geçebilir.

Kaynak IDF Diabetes Atlas 2025 – Küresel Veriler https://diabetesatlas.org IDF Türkiye Diyabet İstatistikleri IDF 11. Diyabet Atlası 2025 American Diabetes Association (ADA), Standards of Care in Diabetes.

Kuka Tespihlerinin Mikrop Öldürücü Özelliği

Tespih, binlerce yıllık insanlık tarihi boyunca hem dini ibadetlerin ve meditasyonların vazgeçilmez bir parçası olmuş hem de estetik, zanaat ve statü simgesi olarak kültürler arası köprüler kurmuş eşsiz bir objedir. Kökleri antik çağlara uzanan bu gelenek, özellikle İslam, Hristiyanlık, Budizm ve Hinduizm gibi dünyanın büyük inanç sistemlerinde odaklanmayı, zihni sakinleştirmeyi ve sayımı kolaylaştırmayı amaçlamıştır.

Osmanlı kültüründe ve Türk el sanatlarında ise tespih sadece dini bir araç olmanın ötesine geçerek sabrın, estetiğin ve ustalık eserinin somut bir temsiline dönüşmüştür. Oltu taşı, kehribar, mercan, deve-sığır kemiği, çeşitli ağaç türleri ve özellikle kuka, bu zanaatin en kıymetli hammaddeleri arasında yer almıştır.

Kuka tespihi nedir?

Kuka tespihi, tropikal palmiye türlerinin (Phytelephas cinsi) sertleşmiş tohumlarından ve meyve kabuklarından üretilen, camsı sertliği sebebiyle literatürde "bitkisel fildişi" olarak adlandırılan organik ve dayanıklı bir aksesuardır. İçeriğindeki selüloz, hemiselüloz ve mannan polimerleri malzemeye yüksek mekanik direnç kazandırır. Yapısındaki lignin maddesi ten teması ile oksijenle etkileşime girerek tespihin zamanla açık kahverengiden derin koyu siyah bir tona dönüşmesini ve parlamasını sağlar. Kehribar veya oltu taşına kıyasla darbelere karşı çok daha sağlam olan kuka, çekim esnasında terleme yapmaz ve ilgisiz kalıp kenarda bırakıldığında matlaşarak tespih kültüründe "küsme" denilen duruma geçer. Bu matlık ise ele sürülen az miktarda doğal ceviz yağı ile kolayca giderilebilir.

Osmanlı döneminde hekimler ve saray çevresi dahil geniş kitlelerce tercih edilen bu değerli ürünü sahtelerinden ayırt etmek için ustalar renk değişimi ve su testine başvururlar. Plastik veya akrilik gibi sentetik taklitler zamanla doğal bir renk değişimi göstermeyip yapay parlaklığını korurken, gerçek kuka kullanıldıkça özgün patinasını kazanır ve hafif gözenekli yapısı sayesinde nemi bünyesine çeker. Sentetik malzemenin suyu tamamen itmesi ve avuç içinde ovuşturulduğunda kimyasal koku yaymasına karşın, orijinal kuka ısıtıldığında kendine has odunsu ve tohumsu doğal kokusunu dışarı vurarak kalitesini belli eder.

Kukanın maddesinin kimyasal içeriği nedir?

Selüloz ve Hemiselüloz: Hücre duvarının temel iskeletini oluşturan, malzemeye mekanik sertlik ve lifli yapı kazandıran karbonhidrat polimerleri.

Lignin: Odunsu dokulara rijitlik veren, oksijen ve ten temasında malzemenin renginin koyulaşmasını (kararmasını) sağlayan karmaşık bir fenolik polimer.

Mannan (Mannoz Polimerleri): Bitki tohumlarında depo karbonhidratı olarak yüksek oranlarda bulunur ve kukanın "vegetatif fildişi" (vegetable ivory) olarak anılmasını sağlayan yoğun, camsı sertliği verir.

Doğal Tanenler ve Reçineler: Bitkinin savunma mekanizmasında yer alan eser miktardaki fenolik bileşikler ve reçinemsi organik kalıntılar.

Kuka tespihi antibakteriyel özellik taşır mı?

Kuka tespihin yapısı ve mikrobiyolojik özellikleri hakkında akademik literatür tarandığında, doğrudan insan elindeki patojenleri yok ettiğine dair yapılmış klinik veya tıbbi bir çalışma bulunmamaktadır (PubMed, Web of Science vb.). Bitki kimyası alanındaki araştırmalar incelendiğinde tanen ve fenolik bileşen içeren tropikal tohum kabuklarından özel kimyasal çözücüler (etanol, metanol vb.) yardımıyla elde edilen sıvı özütlerin, laboratuvar ortamında bazı bakteri türlerinin çoğalmasını yavaşlatabildiği görülmektedir. Ancak bu laboratuvar bulguları, çözücülerle yoğunlaştırılmış sıvı özütlerle ilgilidir. İşlenmiş, sertleştirilmiş ve kuru bir tespih tanesiyle doğrudan ilişkilendirilemez.

Bir materyalin eldeki canlı mikroorganizmaları veya virüsleri etkisiz hale getirebilmesi için, temas anında hücre duvarını lizise uğratacak, protein yapısını denatüre edecek veya zarf lipidlerini eritecek aktif ve uçucu etken maddeler (alkol, hipokloröz asit, klorheksidin gibi) salgılaması gerekir. Kuka ise tohum kabuğunun sertleşmesiyle elde edilen ölü bir bitkisel dokudur. Yapısındaki selüloz, hemiselüloz, mannan polimerleri ve lignin gibi bileşenler tepkimesizdir. Dolayısıyla kullanım sırasında el yüzeyindeki mikroorganizmaları parçalayacak kimyasal bir salınım veya aktif bir dezenfeksiyon mekanizması söz konusu değildir.

Kukaya atfedilen dezenfektan etkisinin bilimsel temeli, esasen malzemenin kendi iç yüzey direncinden kaynaklanmaktadır. Kukanın yapısındaki doğal tanenler ve reçinemsi fenolik yapılar, malzemenin kendi üzerinde bakteri ve mantar kolonizasyonunu (biyofilm oluşumunu) zorlaştıran doğal bir savunma sağlar. Bu durum tespihin kendi bünyesinde mikrop barındırma riskini düşürse de, bu etki dışa dönük değildir. Yani tespih eldeki kiri, bakteriyi veya virüsü temizleyen bir hijyen aracı ya da tıbbi dezenfektan olarak işlev göremez.

Kuka tespih, zarafeti ve tarihi mirasıyla eşsiz bir koleksiyon parçası olsa da, el hijyeni ve mikrop koruması için sabun ve dezenfektanların yerini tutamayacak kıymetli bir gelenek simgesidir.

Kaynak Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews, 12(4), 564–582.
Scalbert, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. Phytochemistry, 30(12), 3875–3883.
Yıldırım, N. (2010). İstanbul'un sağlık tarihi: Osmanlı döneminde tıp, hastaneler ve salgınlar. İstanbul 2010 Avrupa Kültür Başkenti Ajansı.
https://www.academia.edu/42025114/T%C3%9CRK_%C4%B0SLAM_SANATINDA_TESB%C4%B0H_%C3%9CZER%C4%B0NE_NOTLAR
https://www.tesbihkenti.com/blog/icerik/kuka-tesbih-rehberi-faydalari-ozellikleri-ve-kusen-tesbih-bakimi?srsltid=AYCX9vKJSSSksHkHLdE2FB2cmWKUwYLkifIC5BMkqYeogFEfwxpAY3zk



"Kuka el yüzeyindeki mikropları yok eden bir dezenfektan değil; kendi yüzeyinde biyofilm oluşumunu zorlaştıran bitkisel fildişidir.

Uzayda Bağışıklık Nasıl Değişiyor? *Astronotlardan Denizaltılara*

Bir astronot ile bir denizaltı personelinin ortak noktası ne olabilir? Biri Dünya'nın yüzlerce kilometre üzerinde çalışırken, diğeri denizin yüzlerce metre derinliğinde görev yapar. Her ikisi de görevleri sırasında kapalı bir ortamda bulunur, sınırlı ve dar bir alanı ekip arkadaşlarıyla paylaşarak yoğun bir çalışma temposuna uyum sağlar. Astronotların karşılaştığı mikro yerçekimi ve uzay radyasyonu ise bu karşılaştırmaya farklı bir boyut kazandırır.

Avrupa Uzay Ajansının Exposome Signature araştırması, bu benzerliklerden ve farklılıklardan yola çıkarak bir soruya yanıt arıyor: Astronotların bağışıklık sisteminde gözlemlenen değişimlerin ne kadarı uzay ortamından, ne kadarı kapalı ve izole bir ortamda yaşamaktan kaynaklanıyor? [1]

Uzay uçuşu bağışıklık sisteminde nasıl bir iz bırakıyor?

Bağışıklık sistemi, enfeksiyonlara karşı savunma sağlamasının yanı sıra dokuların hasara ve strese verdiği tepkilerde de rol oynar. Araştırmacılar bu sistemin nasıl çalıştığını anlamak için kandaki bağışıklık hücrelerini, bu hücrelerin iletişim kurmak için kullandığı molekülleri ve hangi genlerin ne ölçüde aktif olduğunu inceler.

Uzay uçuşları sırasında yapılan ölçümlerde, bu göstergelerin bazılarında değişimler gözlemleniyor. Örneğin, üç günlük Inspiration4 görevinin ardından yayımlanan araştırmalar, kısa süreli bir uzay uçuşunun bile bağışıklık sistemiyle ilişkili sinyallerde ve bazı bağışıklık hücrelerinin gen etkinliğinde değişikliklere yol açabileceğini gösterdi. Ölçülen değişimlerin büyük bölümü ise uçuş sonrasındaki takip sürecinde, uçuş öncesi seviyelerine yaklaştı. [2, 3]

ESA'nın uzun süreli uzay görevlerinde takip ettiği durumlardan biri düşük düzeyli inflamasyondur. İnflamasyon, bağışıklık sisteminin bir uyarana karşı verdiği yanıtlardan biridir. Düşük düzeyli inflamasyon, belirgin bir şikâyete neden olmadan, kan örneklerinde ölçülebilen bazı biyolojik sinyaller aracılığıyla takip edilebilir.

Araştırmacılar, bu sinyalleri zaman içinde izleyerek hangilerinin geçici bir uyum süreciyle ilişkili olduğunu, hangilerinin ise görev sonra erdikten sonra da devam ettiğini anlamaya çalışıyor. Bu noktada, görev öncesinde alınan ölçümler büyük önem taşımaktadır. Bir astronottan dönüşte alınan kan örneği ile aylar önce aynı astronottan alınan örnekle karşılaştırmak, zaman içinde meydana gelen değişimlerin yönünü belirlemeye yardımcı oluyor. [1, 3]

Araştırmada neden denizaltı personeli var?

Uzay uçuşu sırasında birçok koşul aynı anda değişir. Astronotlar, mikro yerçekimine alışmaya çalışırken kapalı bir ortamda görev yapar ve alışık oldukları uyku-uyanıklık düzeninden farklı bir ritim yaşayabilir. Uçuş sırasında alınan kan örneklerinde herhangi bir değişiklik gözlemlendiğinde, bu koşullardan ne ölçüde etkili olduğunu yalnızca bu örneklere bakarak belirlemek güçtür.

ESA'nın araştırması, bu nedenle astronotları ve İtalyan Deniz Kuvvetlerine bağlı denizaltı personelini paralel olarak takip etmektedir. Denizaltı personeli de izolasyon ve kapalı ortam koşullarına maruz kalıyor ancak yörüngedeki mikro yerçekimi ve uzay radyasyonu gibi etkenlerden etkilenmiyor. [1]

Örneğin, görev sonunda her iki grupta da aynı inflamasyon göstergesinde artış görülürse kapalı ortamda yaşamak veya yoğun görev temposu gibi ortak etkenlerin rolü araştırılabilir. Bir değişim yalnızca astronotlarda gözlemlenirse, bunun uzay uçuşuna özgü koşullarla ilişkisi daha ayrıntılı incelenebilir. Ancak böyle bir değişimin mikro yerçekiminden mi yoksa radyasyondan mı kaynaklandığını belirlemek için ek ölçümlere ve deneylere ihtiyaç vardır.

Denizaltı personeliyle yapılan bu karşılaştırma, bağışıklık sistemindeki değişimlerin olası nedenlerini birbirinden ayırmaya ve sonraki araştırmalarda hangi konulara öncelik verilmesi gerektiğini belirlemeye yardımcı olur. [1]

Dünya'ya döndükten sonra takip neden sürüyor?

ESA'nın Ekim 2026 tarihli açıklamasında, astronot Sophie Adenot'nun yaklaşık sekiz ay süren epsilon görevinin ardından, ilk iki hafta boyunca fiziksel uyum programına katıldığı ve bilimsel ölçümlere tabi tutulduğu belirtiliyor. Exposome Signature araştırması kapsamında uçuş sonrası takip süreci altı ay boyunca devam ediyor. Araştırma ekibi, bağışıklık ve inflamasyon göstergelerinin yanı sıra metabolizmayı, hücrelerin stres yanıtlarını ve gen etkinliğini de izliyor.

Bu sayede, belirli bir göstergenin inişin hemen ardından nasıl değiştiğini ve sonraki aylarda nasıl bir seyir izlediğini birlikte değerlendirmek mümkün oluyor. ESA'nın 23 Ekim tarihli açıklaması, araştırmanın tasarımına ve veri toplama sürecine ilişkin bilgiler sunuyor. Ancak astronotlar ile denizaltı personelinin karşılaştırmalı sonuçları bu açıklamada henüz yer almıyor. [1]

Aynı ay yayımlanan ayrı bir çalışma, kişiden kişiye değişen farklılıkların da araştırılması gerektiğini ortaya koyuyor. npj Microgravity dergisinde yayımlanan makalede araştırmacılar, Uluslararası Uzay İstasyonu'nda görev yapan astronotların gen etkinliği verilerini yaş gruplarına göre karşılaştırdı. Araştırmada, bağışıklık yanıtı ve hücrelerin enerji üretiminden sorumlu olan mitokondrilerle ilişkili genlerde yaşa bağlı farklılıklar tespit edildi.

Bu bulgular, yaşın uzay uçuşuna verilen biyolojik yanıtları değerlendirirken dikkate alınabilecek etkenlerden biri olabileceğini düşündürüyor. Ancak gen etkinliğinde meydana gelen değişimlerin astronotun sağlığı ve görev performansı açısından ne anlama geldiğini belirleyebilmek için bu verilerin klinik ölçümlerle birlikte değerlendirilmesi gerekiyor. [4]

Bir kan örneği uzayda erken uyarı sağlayabilir mi?

Bu araştırmanın biyomedikal mühendisliği açısından öne çıkan sorularından biri, hangi ölçümlerin görev sırasında kullanılabileceğidir. Bir biyobelirteç, vücutta gerçekleşen bir sürece ilişkin ölçülebilir bir göstergedir.



> *"Değişim uzaydan mı, yoksa kapalı ve izole yaşamdan mı kaynaklanıyor?*

Örneğin, kandaki bir proteinin düzeyi buna aday olabilir. Ancak bir ölçümün erken uyarı amacıyla kullanılabilmesi için kişinin normal değerlerinin ne ölçüde değişkenlik gösterdiğinin ve hangi değişimlerin daha sonra ortaya çıkan bir sağlık sorunuyla ilişkili olduğunun bilinmesi de gerekir. Bunun için aynı kişiden farklı zamanlarda alınan örneklerin ve sağlık kayıtlarının birlikte incelemesi önem taşır. [1, 3]

Ölçümün nerede yapıldığı da önem taşıyor. NASA, Ekim 2026'da Uluslararası Uzay İstasyonu'nda kompakt bir mikroplaka okuyucunun test edilmesini içeren bir araştırma duyurdu. Bu araştırmada, cihazın antikorlar ve diğer proteinler gibi biyolojik göstergeleri yörüngede ölçme kapasitesi değerlendiriliyor. Örnekleri Dünya'ya göndermeden analiz edebilmek, uzun süreli uzay görevlerinde sağlık ekibinin meydana gelen değişimleri daha erken değerlendirmesine yardımcı olabilir.

Ancak böyle bir cihazdan elde edilen ölçüm sonuçlarının ne anlama geldiğini, Exposome Signature gibi araştırmalar kapsamında toplanan zaman içindeki veriler ortaya koyacak. Bir astronotun ölçüm değerinde değişiklik görüldüğünde yanıtlanması gereken temel soru şu olacak: Bu değişim, vücudun göreve uyum sağladığını mı gösteriyor, yoksa daha yakından izlenmesi gereken bir durumun ilk işareti mi? [1, 5]

Kaynak: European Space Agency (23 Ekim 2026), Exposome Signature. Molecular and physiological changes in the SpaceX Inspiration4 civilian crew (Nature, 2024). The Space Omics and Medical Atlas (SOMA) (Nature, 2024). Jimenez-Chavez, L. ve ark. (2026), npj Microgravity. NASA Science Editorial Team (12 Ekim 2026).

Bitkilerin Renkli Dünyası: Doğal Boyaların Biyolojisi



Doğada gördüğümüz bir renk, canlılığın kimyasal tarihini yansıtan bir izdir.

İnsanlık, çevresindeki canlıları yalnızca besin veya barınak kaynağı olarak değerlendirmemiştir. Doğanın sunduğu renkleri de keşfederek gündelik yaşamına taşımıştır. Bitkilerin yapraklarından, köklerinden, kabuklarından, çiçeklerinden ve tohumlarından elde edilen hammadde; kumaşların renklendirilmesinden saç ve deri süslemelerine kadar pek çok alanda kullanılmıştır. Sentetik boyaların yaygınlaşmasından çok önce, bitkiler insanlığın renk paletini oluşturuyordu.

Peki bir bitki; nasıl oluyor da mavi, kırmızı, sarı veya turuncu renkler sunabiliyor? Bu renklerin arkasında hangi kimyasal bileşikler bulunuyor? Üstelik bitkiden elde edilen bir renk, başka bir nesneye nasıl aktarılabiliyor? Gelin, şu palete birlikte göz atalım!

Bitkiler neden renk üretir?

Bitkilerde bulunan bileşiklerin tamamı aynı biyolojik görevlere hizmet etmez. Klorofil fotosentezde ışık enerjisinin yakalanmasına katkı sağlarken, karotenoidler ışık hasarına karşı koruyucu görevler üstlenebilirler. Antosiyaninler ise çiçek ve meyvelere renk vererek tozlaştırıcıların ve tohum dağıtıcılarının dikkatini çekebilir. Bazı pigmentler ayrıca ultraviyole ışığının zararlarına karşı korunma ve çevresel strese yanıt süreçlerinde rol oynar.

Bitkisel renk maddeleri arasında klorofiller, karotenoidler, antosiyaninler, betalainler ve çeşitli fenolik bileşikler bulunur. Bunların kimyasal yapıları, ışığı soğurma biçimlerini ve dolayısıyla gözlemlediğimiz renkleri oluşturur.

Ancak bitkisel boya üretiminde yalnızca rengin belirgin olması yeterli değildir. Bir bileşiğin bitkiden çıkarılabilmesi, işlenebilmesi ve uygulandığı yüzeyde kalıcılık gösterebilmesi de önemlidir. İşte bu noktada doğal boyaların kimyası devreye girer.

İndigo: Bitkilerden gelen mavi

Bitkisel boyalar denildiğinde akla gelen en tanınmış örneklerden biri indigodur. Indigofera tinctoria türü, tarih boyunca mavi boya üretiminde önemli bir kaynak olmuştur. Bu bitkinin yaprakları, indigo üretiminde kullanılan öncül bileşikleri barındırır.

İlginç olan, bitkinin yapraklarından elde edilen rengin doğrudan mavi olmamasıdır. Bitkide bulunan indikan gibi öncül bileşikler, uygun işleme ve hidroliz süreçleriyle indoksil türevlerine dönüşebilir. Bu bileşikler oksijenle karşılaştığında birleşerek mavi renkli indigotin molekülünü oluşturur.

İndigonun boyama süreci de kendine özgü bir kimyaya sahiptir. İndigotin suda kolay çözünmez. Bu nedenle tekstil boyamacılığında önce indirgenerek suda çözünebilen bir forma dönüştürülür. Kumaşa uygulandıktan sonra hava ile temas ettiğinde yeniden oksitlenir ve çözünmeyen mavi forma geçer. Böylece renk kumaşın liflerine yerleşir. Bu şekilde mavinin ortaya çıkışı, bitkide başlayan kimyasal bir sürecin insan eliyle devam ettirilmesinin güzel bir örneğidir.

Kına: Kırmızı-turuncu rengin kimyası

Doğal boyaların bir diğer tanınmış temsilcisi kınadır. Lawsonia inermis bitkisinin özellikle yaprakları, geleneksel olarak saç, deri ve tekstil boyamacılığında kullanılır. Kınanın karakteristik turuncu-kızıl renginden sorumlu temel bileşik lawsone olarak bilinir. Kimyasal adı 2-hidroksi-1,4-naftokinon olan bu bileşik, kinonlar grubunda yer almaktadır.

Lawsone, saç ve deride bulunan keratin gibi proteinlerle etkileşime girebilmektedir. Bu etkileşim sonucunda uygulanan yüzeyde turuncudan kızıl-kahverengiye uzanan tonlar oluşturur. Elde edilen rengin yoğunluğu; bitkinin kimyasal içeriğine, hazırlama koşullarına, uygulama süresine ve boyanan yüzeyin özelliklerine bağlı olarak değişebilir.

Cassia (Nötr Kına / Sarı Kına)

Bitkisel saç boyaları arasında sıklıkla karşılaşılan bir diğer isim cassia'dır. Özellikle Cassia obovata adıyla tanıtılan bitkisel ürünler, ticari kullanımda çoğu zaman nötr kına (neutral henna) olarak adlandırılır. Ancak burada önemli bir ayrım bulunur: Cassia, gerçek kınayla aynı bitki değildir. Gerçek kına L. inermis türünden elde edilirken cassia ürünleri şu an bahsini ettiğimiz bitki kaynağına dayanmaktadır.

Cassia ürünleri genellikle saç bakımına yönelik, sarı renk tonlarını oluşturan uygulamalarla ilişkilidir. Özetlersek, nötr kına ifadesi botanik açıdan gerçek kınayla eş anlamlı değildir. Bu ayrım, bitkisel ürünlerin tanıtımında bilimsel adlandırmanın neden önemli olduğunu tekrar göstermektedir.

Renk paletinin diğer üyeleri: Pancar, aspir ve kökboya

Bitkisel boyaların dünyası en popüler örnek olan indigo ve kınayla sınırlı değildir. Farklı bitki türleri, kimyasal yapılarına bağlı olarak oldukça geniş bir renk çeşitliliği sunmaktadır.

Pancar (Beta vulgaris), kırmızı-mor renklerinden sorumlu betalain pigmentleriyle dikkat çeker. Bu pigmentlerin başlıca grupları kırmızı-mor betasiyaninler ve sarı betaksantinlerdir. Betanin, pancarın karakteristik kırmızı renginde önemli rol oynayan bileşiklerden biridir. Bununla birlikte betalainler ışık, oksijen ve yüksek sıcaklıktan etkilenebilir. Bu nedenle pancardan elde edilen renklerin kalıcılığı ve kullanım alanları, indigo gibi boyalarla karşılaştırıldığında farklı özelliklere sahiptir.

Aspir (Carthamus tinctorius) ise çiçeklerinden elde edilen sarı ve kırmızı renk maddeleriyle tarihsel açıdan önemli bir boya bitkisidir. Sarı renkli pigmentleri arasında kartamidin, kırmızı renkli bileşenleri arasında ise kartamin öne çıkar. Özellikle kartamin, geleneksel tekstil boyamacılığında kullanılan bitkisel renk maddelerinden biridir.

Kökboya (Rubia tinctorum) da kırmızı ve turuncu tonlarıyla tanınır. Bitkinin köklerinde bulunan alizarin ve diğer antrakinon türevleri, tarih boyunca kumaşların renklendirilmesinde kullanılmıştır.

Bu örnekleri verme sebebimiz; bitkisel renklerin yalnızca görsel çeşitlilik sunmadığını, aynı zamanda farklı kimyasal ailelerin de ürünü olduğunu ortaya koymak isteğimizdir.

Bitkiden boyaya: Renk nasıl kalıcı hale gelir?

Bir bitkide renk veren bileşiğin bulunması, onun doğrudan etkili bir boya olacağı anlamına gelmez. Boyanın elde edilmesi için uygun ekstraksiyon yöntemlerinin kullanılması gerekir. Su, alkol veya farklı çözücüler; pigmentin kimyasal yapısına göre tercih edilebilir.

Boyama sırasında mordanlama adı verilen yöntemlerden de yararlanılabilir. Örnek vermek gerekirse, kumaş boyanmadan önce mordan çözeltisinde bekletilir ve sonra boyama işlemine geçilir veya önce boyanır sonra çözeltiye yatırılır. Mordanlar, boya molekülleri ile kumaş lifleri arasındaki etkileşimi değiştirebilen maddelerdir. Bazı metal tuzları bu amaçla kullanılarak rengin tonu veya lif üzerindeki tutunması sıklığını değiştirmektedir.

Bununla birlikte her doğal boya mordan gerektirmez. İndigonun indirgenme ve yeniden oksitlenme süreci ile kınadaki lawsone bileşiğinin proteinlerle etkileşimi birbirinden farklı mekanizmalardır. Ayrıca doğal boyaların çevresel açıdan avantajlı olabileceği düşünülse de bu durum kullanılan bitkinin yetiştirilmesi, ekstraksiyon yöntemi, su ve enerji tüketimi, kullanılan yardımcı kimyasallar ve atık yönetimi gibi değişkenlere bağlıdır. Doğal kaynaklı olmak tek başına sürdürülebilirlik garantisi değildir.

Sonuç: Doğanın kimyasal renk paleti

Bitkilerin renkli dünyası, doğanın biyokimyasal çeşitliliğini gözler önüne serer. İndigonun mavisi, kınanın kızıl tonları, pancarın moru ve kökboyanın kırmızısı birbirinden farklı moleküllerin ve kimyasal süreçlerin sonucudur.

İnsanlık bu renkleri yüzyıllardır kullanırken aslında bitkilerin ürettiği karmaşık moleküllerden yararlanıyordu. Günümüzde ise bilim; bu bileşiklerin yapılarını, üretim yollarını ve kullanım olanaklarını daha ayrıntılı biçimde incelemektedir ve geliştirmektedir.



Bitkisel pigmentler fotosentezden UV korumasına uzanan biyokimyasal görevler taşır.

Belki de bitkilerin renkli dünyasını ilginç kılan en önemli nokta şudur: Doğada gördüğümüz bir renk, canlılığın kimyasal tarihini yansıtan bir izdir.

Kaynaklar Cui, H., Xie, W., Hua, Z., Cao, L., Xiong, Z., Tang, Y., & Yuan, Z. (2022). Recent Advancements in Natural Plant Colorants Used for Hair Dye Applications: A Review. Molecules (Basel, Switzerland), 27(22), 8062. https://doi.org/10.3390/molecules27228062 Santiago, D., Cunha, J., & Cabral, I. (2023). Chromatic and medicinal properties of six natural textile dyes: A review of eucalyptus, weld, madder, annatto, indigo and woad. Heliyon, 9(11), e22013. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22013 Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. Food & function, 8(4), 1357–1372. https://doi.org/10.1039/c7fo00144d Forestier J. P. (1981). A cosmetic senna, Cassia obovata: 'neutral henna'. International journal of cosmetic science, 3(5), 211–226. https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.1981.tb00284.x



Yeni Nesil Tesla Roadster



> “Bilim kurgu ile mühendislik arasındaki mesafe yeniden tanımlanıyor.

İnsanlık, otomotiv endüstrisinin ortaya çıktığı ilk günden bu yana yalnızca daha hızlı ve daha gelişmiş araçlar üretmeyi değil, aynı zamanda onları yollardan gökyüzüne taşımayı da hayal etti. Uzun yıllar boyunca bilim kurgu filmlerinde ve gelecek tasvirlerinde kendine yer bulan uçan otomobil fikri, mühendislik ve teknoloji dünyasının en dikkat çekici alanlarından biri olarak öne çıkıyor.

Elektrikli otomobil teknolojisinde öncü adımlar atan Tesla, 15 Ekim 2026'da tanıttığı yeni nesil Roadster modeliyle bu hayali yeniden gündeme taşıyor. SpaceX ve Tesla işbirliğiyle tanıtılan araç, elektrikli otomobil kavramının sınırlarını zorlayan sıra dışı bir mühendislik gösterisiyle tanıtıldı. Yaklaşık 25 dakika süren lansmanda izleyiciler gerçekten uçan bir Tesla aracına şahit olurken Elon Musk aracın 2028 yılında piyasaya sürüleceğini belirtti.

Aslında Roadster'ın hikâyesi yeni değil. Modelin ikinci nesli, 2017 yılında oldukça iddialı performans hedefleriyle tanıtılmış, ancak geliştirme ve üretim sürecinin yıllarca ertelenmesi nedeniyle uzun süre beklenen otomobiller arasında yer almıştı. Yıllar süren bekleyişin ardından 2026'da yeniden tanıtılan araç, bu kez yalnızca elektrikli otomobil teknolojisinin değil, farklı mühendislik disiplinlerinin bir araya geldiği yeni bir yaklaşımın temsilcisi olarak karşımıza çıkıyor.

Tesla'nın bu tanıtımı, otomotiv mühendisliğinin geleceğine ilişkin önemli soruları da beraberinde getiriyor: Bir otomobilin tekerlekleriyle yolda ilerlemenin ötesine geçerek havalanması fiziksel olarak nasıl mümkün olabilir? Söz konusu bu teknolojiler günlük ulaşımın bir parçası hâline gelebilir mi? Bu soruların yanıtları, yeni nesil Roadster'ın tasarımından çok daha fazlasını, geleceğin ulaşım teknolojilerine ilişkin önemli mühendislik tartışmalarını da beraberinde getiriyor.

Roadster'ın Mühendislik Altyapısı

Yeni nesil Roadster'ı diğer elektrikli otomobillerden ayıran en önemli özellik, yalnızca yüksek performans sunmayı değil, otomobilin hareket kabiliyetini farklı bir boyuta taşımayı ve farklı disiplinleri tek bir araçta bir araya getirmeyi hedeflemesi.

Roadster'ın performansının temelinde elektrikli güç aktarım sistemi bulunuyor. Günümüzde kullanılan otomobillerde hareket, yakıtın yanmasıyla çalışan motorlar aracılığıyla sağlanırken elektrikli araçlarda bu görev bataryalardan aldığı enerjiyi harekete dönüştüren elektrik motorlarına ait. Elektrik motorlarının sunduğu yüksek güç ve hızlı tepki, Roadster'ın kısa sürede yüksek hızlara ulaşmasını sağlarken sürücünün hızlanma talebine neredeyse anında karşılık vermeyi amaçlıyor. Roadster da bu teknolojinin sunduğu avantajlardan yararlanarak oldukça iddialı hızlanma hedefleri vadediyor.

Ancak yüksek hızlara ulaşmak, güçlü motorlara sahip olmakla sınırlı değil. Bir otomobil hızlandıkça karşılaştığı hava direnci de artıyor. Bu nedenle Roadster'ın tasarımında aerodinamik önemli bir yer tutuyor. Aracın altındaki hava akışını kontrol etmeye yönelik çok modlu emiş sistemi, aracın altındaki basıncı azaltarak yüksek yere bastırma kuvveti oluşturabilir. Böylece araçta yere bastırma kuvveti, lastiklerin yol yüzeyine daha güçlü basmasını sağlayarak virajlarda tutunmayı artırabilir. Bu aktif aerodinamik yaklaşımı sayesinde Roadster'ın farklı sürüş koşullarına göre ayarlanması hedefleniyor.

Roadster'ın en dikkat çekici yeniliği ise SpaceX'in roket teknolojilerinden esinlenen itki sistemi. Normalde otomobiller hareket etmek için tekerleklerinden yararlanırken bu sistem, yüksek basınç altında depolanan gazı özel çıkışlardan dışarı püskürterek itiş gücü oluşturuyor. Soğuk gaz iticileri olarak adlandırılan bu teknoloji, roketlerde kullanılan itki sistemlerinin daha farklı bir uygulaması olarak karşımıza çıkıyor. Tesla'nın geliştirdiği bu yaklaşımda gaz yakılmadan kullanılıyor ve böylece aracın farklı yönlerde hareket etmesine yardımcı olacak bir itki sistemi meydana geliyor. Tesla, bu teknolojinin Roadster'a aracın hızlanmasına yardımcı olması dışında kısa süreli havalanma ve havada manevra yapabilme kabiliyeti kazandıracağını iddia ediyor.

Üç Farklı Konfigürasyon

Tanıtılan Roadster'ın her versiyonu uçan bir otomobil değil. Tesla, standart Performance modelini, ek iticilerle donatılan Thrust sürümünü ve tam uçuş sistemi olarak tanımladığı Rocket versiyonunu birbirinden ayırıyor. Bu versiyonlar arasındaki temel fark, yalnızca performans seviyelerinde değil, araca eklenen teknolojilerde ve tasarlandıkları kullanım alanlarında da ortaya çıkıyor.

Performance - Elektrikli Spor Otomobil Roadster ailesinin günlük yol kullanımına yönelik versiyonu olarak öne çıkıyor. İki kişilik oturma düzenini koruyan bu modelde aktif aerodinamik parçalar ve çok modlu emiş sistemi bulunuyor.



SpaceX teknolojisinden esinlenen soğuk gaz iticileri, aerodinamik yol tutuşu ve itkiyi birleştiriyor.

Aracın altındaki havayı fanlar aracılığıyla kontrol eden bu sistem, lastiklerin yolla temasını güçlendirmeyi ve özellikle yüksek hızlarda daha iyi yol tutuşu sağlamayı amaçlıyor. Böylece Performance, roket iticilerine ihtiyaç duymadan elektrikli bir spor otomobilin hızını ve viraj performansını yakalamaya odaklanıyor.

Thrust - İtki Destekli bu altyapıyı bir adım ileri taşıyor. İki kişilik yapısını koruyan versiyona, aracın arka bölümüne yerleştirilen soğuk gaz iticileri ekleniyor. Basınç altında depolanan gazın dışarı püskürtülmesiyle itiş kuvveti oluşturan bu sistem, otomobilin yalnızca tekerlekleri ve lastiklerinin yol tutuşuyla sınırlı kalmadan hızlanmasına yardımcı olmayı hedefliyor. Tesla, bu versiyonun saatte yaklaşık 97 kilometreye (60 mil) bir saniyeden kısa sürede ulaşabileceğini öne sürüyor.

Rocket - Uçuş Sistemi Serinin en sıra dışı seçeneği ise Rocket. Tek kişilik olarak tasarlanan bu versiyonda soğuk gaz iticileri yalnızca arka bölümde değil, aracın çevresine yerleştiriliyor. Bu düzenek, ileri ve yukarı yönlü hareketin yanı sıra farklı yönlerde manevra yapılmasını da hedefliyor. Performance ve Thrust modellerinde yol tutuşu ile hızlanma ön plandayken Rocket, otomobilin hareket kabiliyetini havacılık ve uzay teknolojilerinden esinlenen bir boyuta taşımayı amaçlıyor.

Rocket Versiyonu Neden Trafiğe Çıkamaz?

Yeni nesil Roadster'ın tanıtımında ortaya konan teknolojiler oldukça dikkat çekici olsa da bu iddialı özelliklerin gerçek hayatta ne ölçüde uygulanabilir olduğu önemli bir soru işareti oluşturuyor. Özellikle Rocket versiyonuyla gündeme gelen uçuş kabiliyeti, otomobilin gelecekteki kullanımına ilişkin tartışmaları da beraberinde getiriyor. Çünkü bir aracın kontrollü bir ortamda havalanabilmesi ile günlük yaşamda güvenli ve sürdürülebilir bir ulaşım aracı olarak kullanılabilmesi birbirinden oldukça farklı iki mesele.

Tesla'nın tanıtımı, bu açıdan yalnızca yeni bir otomobilin özelliklerini sergilemekten öte, şirketin mühendislik kapasitesini ve teknolojik iddialarını ortaya koyduğu büyük bir gövde gösterisi niteliği taşıyor. Ancak gösterişli bir tanıtım ve etkileyici performans vaatleri, söz konusu teknolojilerin kullanıma hazır olduğunu kanıtlamıyor.

Özellikle uçuş sisteminin gerçek kullanım koşullarında nasıl çalışacağı, ne kadar süre havada kalabileceği ve farklı çevresel koşullara nasıl tepki vereceği gibi sorular henüz yanıtlanmayı bekliyor.

Bu teknolojinin önündeki en önemli engellerden biri güvenlik. Bir otomobilin havalanması durumunda yalnızca sürücünün değil, çevredeki insanların ve diğer araçların güvenliği de dikkate alınmak zorunda. İticilerin oluşturduğu kuvvetin kontrol edilmesi, olası sistem arızaları ve aracın güvenli biçimde yere inmesi gibi konular, günlük kullanım açısından ciddi mühendislik sorunları doğuruyor.

Bunun yanında, Tesla her ne kadar hafiflikten ve ağırlığı dengelemekten bahsetse de uçuş sistemlerinin araca eklediği ağırlık, enerji tüketimini artırarak hem sürüş menzilini hem de havada kalma süresini kısıtlayabilir. İticilerde kullanılan basınçlı gazın sınırlı kapasitesi uzun süreli uçuşu zorlaştırırken sistemin düzenli bakım ve teknik kontrol gerektirmesi de kullanım sürecini daha karmaşık hâle getirebilir.

Bir diğer önemli mesele ise yasal düzenlemeler. Mevcut karayolu ve havacılık düzenlemeleri, araçları kullanım amaçlarına ve teknik özelliklerine göre farklı kategoriler altında değerlendiriyor. ABD'de karayolu güvenliğinden sorumlu NHTSA ile havacılık düzenlemelerini yürüten FAA'nın yetki alanları da bu ayrımı yansıtıyor. Ancak hem karayolunda ilerlemek hem de roket iticileri aracılığıyla yerden kesilerek havada hareket etmek üzere tasarlanan bir aracı mevcut araç kategorilerinden hangisine dahil etmek gerektiği belirsizliğini koruyor. Böyle bir teknolojinin hangi otorite tarafından denetleneceği, hangi güvenlik standartlarına tabi tutulacağı ve kullanımı için nasıl bir ehliyet veya uçuş izni gerekeceği henüz açıklığa kavuşmuş değil. Hava sahasının kullanımı ve farklı araçların aynı ortamda güvenli biçimde hareket etmesi gibi konular da düşünüldüğünde, bu tür bir teknolojinin yaygınlaşması yalnızca mühendislik açısından değil, hukuki açıdan da önemli düzenlemeler gerektiriyor.

Bütün bunlara ek olarak Roadster'ın yıllardır ertelenen geliştirme ve üretim süreci de açıklanan iddiaların ne zaman gerçeğe dönüşeceği konusunda soru işaretleri yaratıyor. Tanıtımda ortaya konan performans hedeflerinin seri üretim araçlarında aynı şekilde karşılanıp karşılanamayacağı ve bu teknolojilerin ne zaman kullanıcılarla buluşacağı henüz kesinleşmiş değil.

Sonuç olarak rocket versiyonu, mühendislik açısından sınırları zorlayan bir konsept ortaya koysa da bugün için günlük ulaşımda kullanılabilecek uçan bir otomobilden çok, geleceğe yönelik iddialı bir teknoloji gösterisi olarak değerlendirilmeli. Halka açık yollarda kullanım için onaylı olmadığının Tesla tarafından belirtilmesi de bu ayrımın altını çiziyor. Dolayısıyla Roadster'ın tanıtımını, uçan otomobillerin günlük yaşamda kullanılmaya başlandığının kanıtı olarak görmek henüz doğru değil. Roadster'ın gerçek başarısı da tanıtım sırasında ortaya koyduğu gösteriden ziyade, bu iddiaları çalışan, güvenilir ve sürdürülebilir bir araca dönüştürüp dönüştüremeyeceğiyle ölçülecek.

Geleceğin Ulaşımı

Roadster gibi projeler, geleceğin ulaşım teknolojilerine ilişkin düşünme biçimimizi değiştirebilecek bir potansiyel taşıyor. Elektrikli araçlardan otonom sürüş sistemlerine, havacılık teknolojilerinden yeni nesil itki mekanizmalarına kadar farklı alanlarda yaşanan gelişmeler, ulaşımın geleceğinin tek bir teknolojiyle değil, birbirini tamamlayan mühendislik çözümleriyle şekilleneceğini gösteriyor.

Belki de asıl mesele, otomobillerin ne zaman gökyüzüne çıkacağı değil, insanlığın yıllardır hayalini kurduğu bu teknolojileri ne kadar güvenli, erişilebilir ve sürdürülebilir hâle getirebileceği. Yeni nesil Roadster, bu sorunun henüz kesinleşmiş bir yanıtı olmasa da bilim kurgu ile mühendislik arasındaki mesafenin giderek yeniden tanımlandığını gösteren dikkat çekici örneklerden biri olarak karşımıza çıkıyor.

Kaynaklar https://www.tesla.com/tr_tr/roadster
https://www.reuters.com/business/autos-transportation/tesla-set-unveil-next-generation-roadster-sports-ev-after-years-delay-2026-10-15

DNA ile Veri Depolamak Mümkün mü?

İnsanoğlu var olduğu günden bu yana hayatta kalmak için beslenme, barınma, korunma ve üreme gibi temel ihtiyaçlara sahiptir. Bu temel ihtiyaçların yanında, hayatta kalma açısından onlar kadar zorunlu olmasa da gelişim açısından son derece önemli bir konu daha vardır: İnsanoğlunun sahip olduğu bilgiyi bir sonraki nesillere aktarabilmesi.

En eski zamanlarda bu ihtiyaç mağara duvarlarına yazılan yazılarla karşılanmıştır. Daha sonra kâğıtlara ve taşlara yazılan bilgilerle devam eden bu süreç, 9.yüzyıldan itibaren kitap biçiminde arşivlemeye doğru ilerlemiştir (1). Ancak bu bilgiler o kadar büyük boyutlardadır ki onları geleneksel fiziki yöntemlerle saklamak hem neredeyse imkânsız hem de pratik değildir. Tam da bu nedenle artık bilgiler dijital olarak da saklanmaya başlamıştır. Günümüzde bilgi büyük çoğunlukla bilgisayarlarda ve en önemlisi devasa veri merkezlerinde saklanmaktadır. Google, Meta ve Apple gibi dev şirketlerin veri merkezlerine yaptığı büyük yatırımları mutlaka duymuşsunuzdur.

Veri merkezleri temel olarak, herhangi bir bilgiyi ihtiyaç duyulduğunda okunabilecek şekilde uzun ömürlü bir şekilde saklayabilen yapılar olarak tanımlanabilir. Veri merkezlerindeki bilgiler, dijital dünyada ikili sistem (binary code) olarak bilinen yöntemle, yani 0 ve 1'lerden oluşan kodlarla tutulur. (Bu kısmı unutmayın; ileride kritik bir benzetmeyle tekrar döneceğiz.)

Bir veri merkezinin işleyebilmesi için üç temel koşulun kesintisiz sağlanması gerekir. Birincisi kesintisiz enerjidir. Sunucular elektriksiz kalmayı göze alamaz, çünkü çok kısa bir kesinti bile veri kaybına ya da hizmetlerin durmasına yol açabilir. Bu nedenle sistemler, ekipman arızalarında veya şebeke kaynaklı sorunlarda bile çalışmaya devam edecek şekilde tasarlanır. İkincisi kesintisiz soğutmadır. Sunucular sürekli olarak yüksek miktarda ısı ürettiği için soğutma sistemlerinin de günün her saati çalışması gerekir. Soğutma durduğu anda sıcaklık hızla yükselir ve ekipmanlar kendilerini korumak için kapanır. Üçüncüsü ise kesintisiz işleyiştir. Veri merkezleri mümkün olan en yüksek çalışma süresini hedefler, bu yüzden bakım, onarım ve ekipman değişimi gibi işlemlerin bile merkez hiç kapatılmadan yapılması gerekir (2).

Bu sistem, maliyet sorunu dışında oldukça pratik görünmektedir. Ancak bu üç koşulu sağlamanın bedeli oldukça yüksektir. Veri merkezlerini 7/24 açık tutmak ve verileri depolamak için muazzam bir enerjiye, bu enerjinin ortaya çıkardığı devasa ısıyı kontrol altına almak için de sürekli çalışan soğutma sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu problemler bugün için çözülmüş olsa da mevcut çözümler ciddi bir maliyet yaratmaktadır. Bunun yanı sıra Günümüzde dünya genelinde her gün yaklaşık 400–500 milyar gigabayt veri üretiliyor, kopyalanıyor ya da tüketiliyor. Bu da yılda 150-180 zettabayta karşılık geliyor (3). Bu kadar devasa bir hızda üretilen dataların saklanması için daha az maliyetli ve pratik çözüm ihtiyaçları gerekebilir. DNA'lı Data Technologies CEO'su Kyle Tomek'e göre 2060 yılına kadar üreteceğimiz verileri depolamak için dünyanın çevresini tamamen data centerlar ile kaplamamız gerekecek.

DNA Yolu ile Veri Saklama Mümkün Olabilir Mi?

Girişte bilgisayarların her şeyi 0 ve 1'lerle sakladığını söylemiş ve bu kısmı unutmamanızı istemiştik. Bilgisayar iki harfli bir alfabe kullanırken, doğa milyarlarca yıldır dört harfli bir alfabeyle çalışıyor: DNA'yı oluşturan A (adenin), T (timin), G (guanin) ve C (sitozin) nükleotidleri. Bir canlının tüm genetik bilgisi, bu dört harfin belirli bir sırayla dizilmesiyle kaydedilir. Peki aynı dört harfle bir fotoğrafı, bir kitabı ya da bir videoyu yazabilir miyiz? Cevap evet aslında bakarsanız doğa zaten milyarlarca yıldır daha önemlisini yapıyor bütün canlılarla ilgili bilgileri bu şekilde DNA içinde nükletotidler sayesinde saklıyor. Peki DNA insanlar tarafından üretilmiş verileri nasıl DNA formunda saklayabilir?

1. Veri oluşturulur ve ikili sisteme çevrilir. Bir fotoğrafın pikselleri, bir metnin harfleri ya da bir ses kaydı, bilgisayarda 0 ve 1'lerden oluşan diziler olarak saklanır.

2. İkili kod üçlü koda dönüştürülür. 2013'te Nick Goldman ve ekibinin geliştirdiği yöntemde, bu 0 ve 1'ler Huffman kodlaması adı verilen bir teknikle 0, 1 ve 2'lerden oluşan üçlü bir sisteme çevrilir. Bu yöntem sık kullanılan karakterleri daha kısa, nadir olanları daha uzun kodlarla gösterdiği için veriyi bir miktar sıkıştırır. Ancak bu adımın asıl amacı veriyi bir sonraki aşamaya hazırlamaktır.

3. Üçlü kod DNA harflerine çevrilir. Bu adım, sistemin en zekice kısmıdır. DNA sentezlenirken ve okunurken en sık yaşanan hatalardan biri, aynı harfin arka arkaya tekrarlandığı bölgelerde (örneğin AAAA) ortaya çıkar. Bunu önlemek için her rakam, bir önceki harften farklı olan üç harften biriyle eşleştirilir. Örneğin bir önceki harf A ise 0 T'ye, 1 C'ye, 2 ise G'ye karşılık gelir. Böylece dört harf mevcutken yalnızca üçünün kullanılması, hiçbir harfin arka arkaya tekrarlanmamasını garanti eder.



Dört harfli nükleotid alfabesi, dijital veriyi binlerce yıl enerji gerektirmeden saklayabiliyor.



Mikroakışkan DNA sentez çipleri laboratuvar tezgâhından veri merkezlerine taşınıyor.

4. DNA sentezlenir. Bilgisayar ortamında oluşturulan bu harf dizisi, laboratuvarda kimyasal yollarla gerçek DNA moleküllerine dönüştürülür. Bilgi, kısa DNA parçaları halinde yazılır. Her parçaya, bütün içindeki yerini gösteren bir "adres" etiketi eklenir. Hatalara karşı önlem olarak aynı bilgi birden fazla parçada tekrar edilir.

5. DNA saklanır. Sentezlenen DNA kurutularak ya da koruyucu kapsüllere yerleştirilerek saklanabilir. Bu aşamada ne elektrik ne de soğutma gerekir.

6. Bilgi geri okunur. İhtiyaç duyulduğunda DNA sekanslanır, yani harf dizisi okunur. Ardından yukarıdaki adımlar tersine işletilerek harfler önce üçlü koda, sonra 0 ve 1'lere, en sonunda da orijinal dosyaya geri çevrilir (4).

Kısacası, bilgisayarın iki harfli dili doğanın dört harfli diline tercüme edilir, gerektiğinde de geri çevrilir. Girişte sorduğumuz sorunun cevabı da burada gizli: Bir kez yazıldıktan sonra enerji ve soğutma gerektirmeyen bir depolama ortamı.

Bu yöntemin işe yarayıp yaramadığını sizlere bir örnek vererek göstermek istiyorum. 2013 yılında Avrupa Biyoenformatik Enstitüsü'nden Nick Goldman ve Ewan Birney liderliğindeki ekip, ilginç bir soruyu yanıtlamaya karar verdi. Bilgisayarlarımızda sakladığımız herhangi bir dosyayı DNA'ya yazıp, hiçbir şey kaybetmeden geri okuyabilir miyiz? Bunu test etmek için birbirinden çok farklı beş dosya seçtiler: Shakespeare'in 154 sonesinin tamamı, Watson ve Crick'in DNA'nın çift sarmal yapısını dünyaya duyurduğu 1953 tarihli makale, enstitünün renkli bir fotoğrafı, Martin Luther King'in ünlü "I Have a Dream" konuşmasından 26 saniyelik bir ses kaydı ve çalışmada kullanılan kodlama anahtarının kendisi. Metin, belge, fotoğraf ve ses: Yani bir bilgisayarda bulunabilecek hemen her tür dosya.

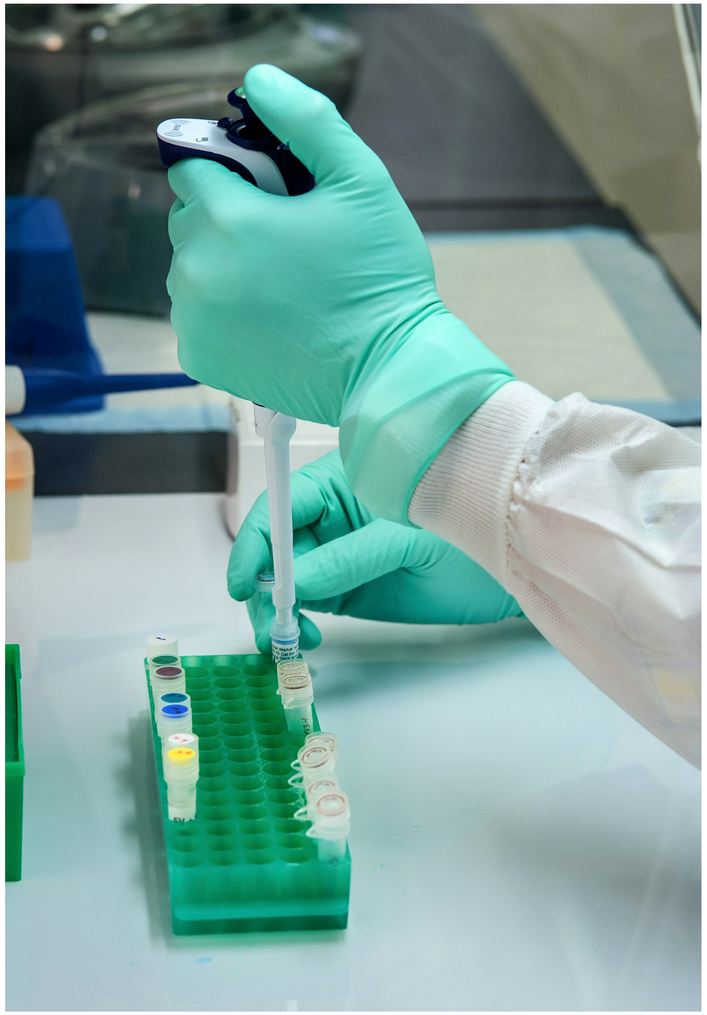
Laboratuvarda sentezlenen DNA, kurutulmuş halde, hiçbir özel koruma ya da soğutma olmadan, sıradan bir kargoyla ABD'den İngiltere üzerinden Almanya'ya gönderildi. Orada okunan DNA yeniden dijital dosyalara çevrildiğinde sonuç şaşırtıcıydı: Beş dosyanın tamamı eksiksiz geri elde edildi. Shakespeare'in soneleri tekrar okunabiliyor, King'in sesi tekrar duyulabiliyordu. Belki de en şiirsel olanı, DNA'nın yapısını anlatan makalenin, bizzat DNA'nın içinde saklanıp geri okunmasıydı.

Çalışmanın asıl önemi, gösterdiği potansiyelde yatıyor. Araştırmacıların hesaplarına göre bu yöntemle tek bir gram DNA'ya yaklaşık 2,2 petabayt veri sığabiliyor. Bu, yüz binlerce filmlik bir arşive denk. Üstelik bu DNA, serin, kuru ve karanlık bir ortamda hiçbir enerji harcamadan binlerce yıl saklanabilir. Tabii bir de bedeli var: O dönemde bir megabayt veriyi DNA'ya yazmak yaklaşık 12.400 dolara mal oluyordu. Yani DNA henüz günlük kullanım için değil, nadiren açılan ama asla kaybolmaması gereken arşivler için uygun bir çözümdü. Ancak araştırmacılar, DNA sentez maliyetlerinin hızla düştüğüne dikkat çekerek, bu teknolojinin çok daha yakın bir gelecekte pratik hale gelebileceğini öngörüyordu (5).

Avantajlar neler?

DNA'nın en çarpıcı özelliği yoğunluğu. Goldman ve ekibinin hesabına göre tek bir gram DNA'ya yaklaşık 2,2 petabayt veri sığabiliyor. Daha yeni kodlama yöntemleriyle bu rakam gram başına 215 petabayta kadar çıkarıldı. Bir başka deyişle, futbol sahası büyüklüğündeki bir veri merkezinin içeriği bir avuç toza sığabilir. İkinci büyük avantaj dayanıklılık: Sabit diskler ve manyetik bantlar birkaç on yılda bozulup verinin sürekli yeni ortamlara kopyalanmasını gerektirirken, DNA serin, kuru ve karanlık bir ortamda binlerce yıl bozulmadan kalabiliyor. Üstelik bunun için ne elektrik ne de soğutma gerekiyor. Goldman'ın ekibi bunu, verilerini kurutulmuş DNA halinde, hiçbir özel koruma olmadan kıtalar arasında kargoyla göndererek kanıtladı. Üçüncü avantaj ise belki de en kalıcı olanı: Disketler ve CD'ler birkaç on yılda kullanılamaz hale geldi, ancak DNA'yı okuma teknolojisi asla eskimeyecek. Çünkü biz de DNA'dan oluşan canlılarız ve bu molekülü okumaya her zaman ihtiyacımız olacak.

DNA Veri Depolama



Alana yapılan yatırım da artıyor; Harvard Üniversitesi, Avrupa Moleküler Biyoloji Laboratuvarı ve Semiconductor Research Corporation gibi kurumlar DNA tabanlı veri depolama teknolojilerini geliştirmek için çalışmalara destek veriyor. Tüm bunlara rağmen DNA, yakın gelecekte bilgisayarınızın sabit diskinin yerini almayacak. Onun asıl yeri, yıllarca hiç açılmayan ama asla kaybolmaması gereken "soğuk arşivler": Devlet kayıtları, kültürel miras, bilimsel veri ve tıbbi arşivler.

Şu anda Bilim Dünyasında Neler Oluyor, Neredeyiz?

Bu alanda son birkaç yıl, önceki on yılın tamamından daha hareketli geçti. Üstelik gelişmelerin neredeyse tamamı aynı soruna yöneliyor: Yazma maliyetini nasıl düşürürüz?

En büyük kırılma 2024 yılının ekim ayında geldi. Pekin Üniversitesi'nden Cheng Zhang ve Long Qian'ın ekibi, Nature'da yayımlanan çalışmalarında DNA'yı sıfırdan sentezleme zorunluluğunu tamamen ortadan kaldırdı. Fikir matbaadan esinlenmişti: Her harfi tek tek üretmek yerine, önceden hazırlanmış 700 adet DNA "hareketli harfi" ve beş şablon kullanılıyor. Bilgi de artık bazların dizilimine değil, DNA'ya enzimle eklenen metil gruplarına yazılıyor. Araştırmacılar bu küçük kimyasal işaretlere "epi-bit" adını verdi. Ekip bu yolla hiç sentez yapmadan yaklaşık 275.000 bit yazdı; yazılanlar arasında bir Çin kaplan baskısı ve bir panda fotoğrafı da vardı. Hata oranı %1,42'ye kadar düştü. Ama belki de en çarpıcı ayrıntı şu: Sistemi, profesyonel laboratuvar deneyimi hiç olmayan 60 gönüllü de kullanabildi. Yani DNA'ya veri yazmak, uzman gerektiren bir işlem olmaktan çıkmaya başlıyor [5, 6, 7].

Maliyeti düşürmenin ikinci yolu ise sentezin kendisini değiştirmekten geçiyor. Bugüne kadar kullanılan klasik kimyasal sentez zahmetli, yavaş ve zehirli yan ürünler açığa çıkaran bir süreç. Enzimatik sentez ise suda, tıpkı canlı bir hücrenin DNA üretme biçimine yakın şekilde çalışıyor; hem daha hızlı hem de daha uzun zincirler üretebiliyor. Ticari tarafta bu yarış çoktan başladı: DNA Script 280, Camena 300, Ansa Biotechnologies ise 1.005 nükleotitlik zincirlere ulaştı [8].

Bu arada DNA yazımı laboratuvar tezgâhından çıkıp çipin üzerine taşınıyor. Harvard'da geliştirilen bir silikon çip, elektrik ve su bazlı enzimler kullanarak aynı anda onlarca DNA dizisi yazabiliyor [9]. Benzer bir çalışmada, 256 halka elektrot çiftine sahip bir CMOS çipiyle 64 farklı dizi paralel olarak sentezlendi ve bununla 169 baytlık bir metin DNA'ya kodlandı [10]. Bu, yarı iletken endüstrisinin onlarca yıldır mükemmelleştirdiği üretim mantığının biyolojiye uygulanması anlamına geliyor. Araştırmacıların vurgusu da tam olarak bu noktada: DNA veri depolama, sentezden bugünün ihtiyaçlarının çok ötesinde bir ölçek talep ediyor; suda çalışan enzimatik sentezi önemli kılan da bu [9].

Süreç aynı zamanda otomatikleşiyor. DNA-DISK adlı platform; sentez, depolama ve okuma adımlarını dijital mikroakışkan bir çip üzerinde birleştirerek masaüstü bir cihazla tam otomatik veri depolama sağlıyor [8]. Donanım tarafında ise Iridia adlı şirket daha da ileri gidip DNA sentez kimyasını nano ölçekli elektronikle birleştirmeye, yani DNA depolama çipleri üretmeye çalışıyor. Hedef, DNA depolamayı bugün SSD'lerin veri merkezlerine takıldığı gibi takılabilen fiziksel bir cihaza dönüştürmek [11].

Tüm bunlar alanın artık yalnızca akademik bir merak olmadığını gösteriyor. Girişimler uzun vadeli arşivleme, soğuk veri depolama, uzay görevleri, ilaç sektörü veri güvenliği ve devlet arşivleri gibi somut pazarları hedefliyor [11]. 2020'de kurulan DNA Data Storage Alliance ise Western Digital ve Seagate gibi geleneksel depolama devlerini üyeleri arasında barındırıyor; yani sektörün kendisi de bu teknolojiyi ciddiye alıyor [12].

Yine de tabloyu abartmamak gerekiyor.

Peki neden hâlâ kullanmıyoruz?

En büyük engel maliyet. 2013'te Goldman'ın ekibi bir megabayt veriyi DNA'ya yazmak için yaklaşık 12.400 dolar harcıyordu. Aradan geçen yıllarda fiyatlar ciddi biçimde düştü, ancak sorun hâlâ ortada: Daha yakın tarihli bir projede 2 megabaytlık veriyi DNA'ya yazmanın maliyeti 7.000 dolar, bu veriyi geri okumanın maliyeti ise 2.000 dolar oldu. İkinci sorun hız. DNA'ya yazmak ve DNA'dan okumak, diğer bellek türlerine kıyasla çok daha yavaş; bir sabit diskten veri okumak milisaniyeler alırken burada saatlerden söz ediyoruz. Üçüncüsü, DNA'da okuma işlemi genellikle örneğin tüketilmesi anlamına gelir; yani sistem, bir belgeyi günde yirmi kez açıp kapatacağınız bir yapı değildir. Son olarak, milyonlarca DNA parçasının içinden aradığınız tek bir dosyayı bulup çıkarmak da başlı başına bir problem ve alanın en aktif çalışılan konularından biri.

Yine de tablo umut verici. DNA okuma maliyetleri çarpıcı biçimde geriledi: Bir megabazlık (yani bir milyon baz çiftlik) DNA'yı sekanslamak 2002'de 31.250 dolara mal olurken, 2024 itibarıyla bu rakam 50 sente kadar indi. Bu, yirmi yılda on binlerce kat ucuzlama demek.

2026 tarihli bir teknik değerlendirme durumu net biçimde özetliyor: DNA depolama; SSD, HDD ve hatta manyetik bant ile erişim gecikmesi açısından hâlâ rekabet edemiyor. Alan son yıllarda en çok okuma ve çözümleme tarafında ilerledi; sentez maliyeti, üretim hacmi ve okuma gecikmesi ise en önemli kısıtlar olmayı sürdürüyor. Aynı değerlendirmenin sonucu şu: Teknoloji artık mimari tartışmaların ciddiyetle yapılabileceği bir olgunlukta, ancak 2026'da standart bir depolama katmanı olarak satın alınacak seviyede değil [13].

Gelecekte Data Centerlar Tamamen Tarihi mi Olacak Yoksa DNA Sadece Bir Alternatif mi?

Bugünün en gelişmiş yazma yöntemlerinden biri saniyede yaklaşık 40 bit hızında çalışırken, sıradan bir sabit disk saniyede 160 megabayt yazıyor. Aradaki fark milyonlarca kat. Bu uçurum birkaç yılda kapanacak türden değil.

Ama teknolojinin doğru sorusu "sabit diskin yerini alacak mı" değil, "hangi boşluğu dolduracak". Bugün dünyadaki verinin büyük bölümü aslında hiç açılmıyor; yıllar önce arşivlenmiş devlet kayıtları, tamamlanmış klinik çalışmaların verileri, bilimsel ölçümler, kültürel miras, hukuki belgeler. Bu veriler manyetik bantlarda duruyor ve her on yılda bir yeni ortamlara kopyalanmak zorunda. İşte DNA'nın gerçek rakibi sabit disk değil, bu bantlar. Ve bu alanda gerçekten rekabetçi.

Önümüzdeki on yıl için makul beklenti şu: DNA depolama, önce niş ve yüksek bütçeli arşivlerde kullanılmaya başlayacak. Ulusal arşivler, uzay görevlerinin veri kayıtları, ilaç şirketlerinin onlarca yıl saklamak zorunda olduğu klinik veriler, sanat ve kültür kurumlarının koleksiyonları. Bu kullanıcıların ortak özelliği, veriye nadiren erişmeleri ama verinin asla kaybolmaması gerekmesi. Maliyet onlar için ikinci planda; kalıcılık birinci planda.

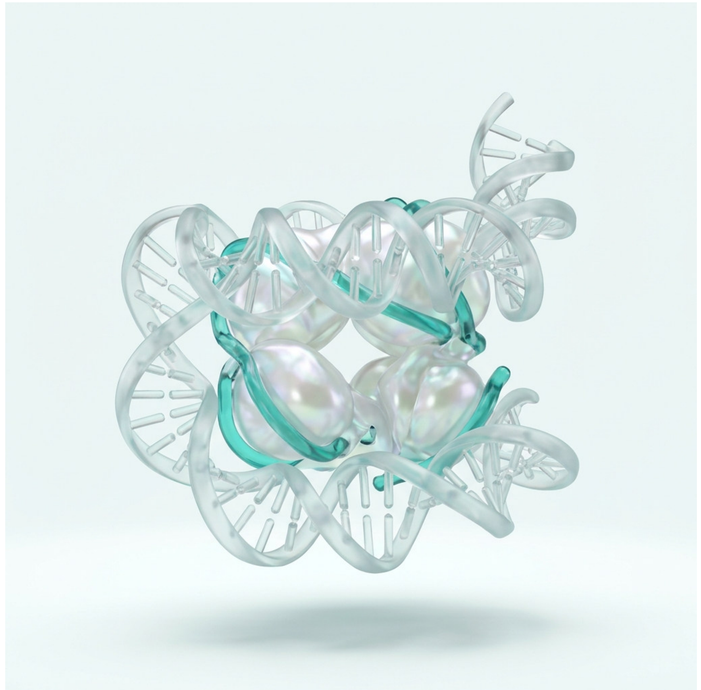
Teknolojinin yaygınlaşması ise tek bir eşiğe bağlı: Yazma maliyeti. Okuma tarafında savaş neredeyse kazanıldı; bir megabazlık DNA'yı okumak 2002'de 31.250 dolarken bugün 50 sente kadar indi. Yazma tarafı ise hâlâ darboğaz. Ancak son yıllardaki iki gelişme burada umut veriyor: Her harfi tek tek sentezlemek yerine hazır DNA parçalarını matbaa harfleri gibi dizen epi-bit yöntemi ve DNA yazımını yarı iletken çiplerin üretim mantığına taşıyan enzimatik sentez platformları. İkisi de maliyeti aşağı çekmenin farklı yollarını deniyor.

Buna karşılık temkinli olmak için de sebep var. Bu alan uzun süredir "on yıl içinde hazır olacak" sözüyle anılıyor; Goldman'ın ekibi 2013'te bile maliyetlerin on yıl içinde yeterince düşeceğini öngörmüştü. Aradan geçen on üç yılda teknoloji çok ilerledi, ancak hâlâ standart bir depolama seçeneği değil. Alanın 2026 tarihli değerlendirmeleri de bunu teyit ediyor: Teknoloji artık mimari tartışmaların ciddiyetle yapılabileceği bir olgunlukta, ama bir veri merkezi yöneticisinin bugün satın alma listesine ekleyeceği bir ürün değil.

Yine de resmin tamamına bakmakta fayda var. Dünya her gün yaklaşık 500 milyar gigabayt veri üretiyor ve bu rakam her yıl büyüyor. Veri merkezlerinin enerji tüketimi iklim tartışmalarının gündemine girmiş durumda. Bu baskı sürdükçe, bir kez yazıldıktan sonra hiçbir enerji harcamadan binlerce yıl bekleyebilen bir depolama ortamının cazibesi artacak.

Belki de en kalıcı avantajı şu: Disket birkaç on yılda kullanılamaz hale geldi, CD'nin ömrü de sınırlı. Bugün kullandığımız her formatın bir gün okunamaz hale gelme riski var. Ama DNA'yı okuma yeteneğimizi asla kaybetmeyeceğiz, çünkü biz de DNA'dan oluşan canlılarız. Bir gün gelip de bugünkü arşivlerimizi açmak isteyen birileri olursa, o bilgiyi hâlâ okuyabilecek olmalarının en güvenilir garantisi, bilgiyi yaşamın kendi diliyle yazmış olmamız olabilir.

Enzimatik sentez ve epi-bit yaklaşımları DNA yazım maliyetini hızla aşağı çekiyor.



McDermott, J. P. (2006). A social history of the Chinese book: books and literati culture in late imperial China (Vol. 1). Hong Kong University Press.

https://www.youtube.com/watch?v=cTwvUqLNQrM&list=PLFXQBJlBdA0HTB4jnM6EaqlNpDOlGKLgB&index=1

https://soax.com/research/data-generated-per-day

Goldman, N., Bertone, P., Chen, S., Dessimoz, C., LeProust, E. M., Sipos, B., & Birney, E. (2013). Towards practical, high-capacity, low-maintenance information storage in synthesized DNA. nature, 494 (7435), 77-80.

Zhang, C., Wu, R., Sun, F., Lin, Y., Liang, Y., Teng, J., Liu, N., Ouyang, Q., Qian, L., & Yan, H. (2024). Parallel molecular data storage by printing epigenetic bits on DNA. Nature. https://doi.org/10.1038/s41586-024-08040-5

Tom's Hardware. (2024, 25 Ekim). New DNA storage tech aims for 215,000 TB per gram goal — writes to the 'epi-bits' of existing DNA with movable-type-based method. https://www.tomshardware.com/pc-components/storage/new-dna-storage-tech-aims-for-215-000-tb-per-gram-goal-writes-to-the-epi-bits-of-existing-dna-with-movable-type-based-method

Peking University News. (2024, 31 Ekim). Advanced DNA storage: Cheng Zhang and Long Qian's team introduce epi-bit method in Nature. https://newsen.pku.edu.cn/news_events/news/research/14530.html

DNA-DISK: Automated end-to-end data storage via enzymatic single-nucleotide DNA synthesis and sequencing on digital microfluidics. (2024). PNAS. https://doi.org/10.1073/pnas.2410164121

ScienceDaily. (2026). Harvard scientists turn a silicon chip into a DNA writing machine. https://www.sciencedaily.com/releases/2026/07/260708022202.htm

Parallel enzymatic DNA synthesis using a semiconductor chip. (2026). Nature Electronics. https://www.nature.com/articles/s41928-026-01662-9

Linknovate. (2025). Top DNA Data Storage Startups in 2026: The Future of Digital Memory. https://blog.linknovate.com/top-dna-data-storage-startups-in-2026-the-future-of-digital-memory/

SynBioBeta. (2023). Is DNA Data Storage Ready for Data Centers? https://www.synbiobeta.com/read/is-dna-data-storage-ready-for-data-centers

TechBytes. (2026). DNA Data Storage [2026] Molecular Computing Report. https://techbytes.app/posts/dna-data-storage-2026-molecular-computing-report/

> *DNA'yı okuma yeteneğimizi asla kaybetmeyeceğiz; çünkü bilgiyi yaşamın kendi diliyle yazıyoruz.*

Kolektif Bilinç: Aynı Zihnin Parçası

Vizyona yeni giren KOLONİ isimli filmin ele aldığı konuyu incelemek istedim. Birinin algıladığı şeyi diğerleri de biliyor. Birinin yöneldiği yere diğerleri de yöneliyor. Tek tek bakıldığında sıradan görünen bireyler, bir araya geldiklerinde neredeyse tek bir organizma gibi hareket ediyor.

İlk bakışta bu yalnızca bir bilim kurgu fikri gibi görünüyor. Fakat biraz düşündüğümüzde konu bizi doğrudan insan zihnine götürüyor.

Gerçekten bir topluluk tek bir zihin gibi hareket edebilir mi? Belki de daha ilginç soru şu: Biz zaten bunu, farkında olmadan bir ölçüde yapıyor muyuz?

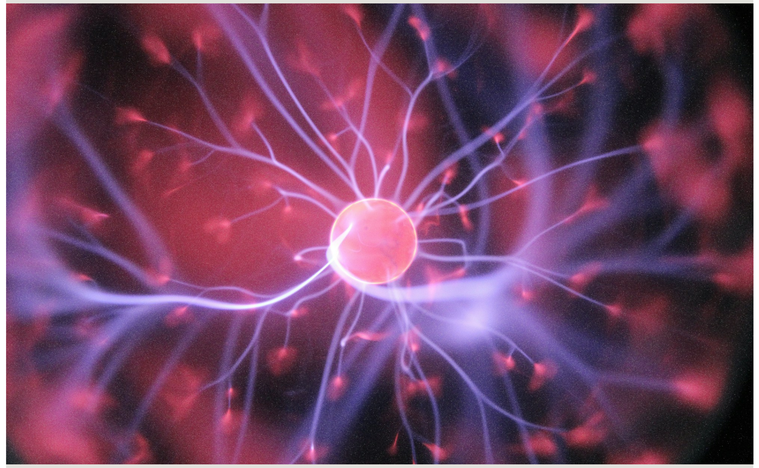
İnsan zihni gerçekten yalnız mı çalışıyor?

Bilinç dediğimiz şey genellikle oldukça kişisel bir deneyim olarak düşünülüyor: Benim düşündüklerim bana ait, senin düşündüklerin sana ait; kendi anılarımız, korkularımız, beklentilerimiz ve kararlarımız var. Beynimiz de bütün bunların merkezinde yer alıyor fakat insanı diğer canlılardan ayıran önemli özelliklerden biri, zihnimizin sosyal çevreden çok fazla etkilenmesi.

Bazen bir arkadaşımızın yüzüne baktığımızda onun üzgün olduğunu anlamamız için tek kelime etmesine gerek kalmaz. Birinin korktuğunu gördüğümüzde biz de istemsizce daha dikkatli hale geliriz. Kalabalık bir ortamda herkes paniklemeye başladığında, nedenini tam olarak bilmesek bile bizim de endişelenmemiz mümkündür.

Hatta bazen yalnızca bir kişinin gülmesi bile bulunduğu ortamın havasını değiştirebilir.

Bunların hiçbiri telepati değil. Birinin düşüncesinin doğrudan bizim beynimize aktarılması da söz konusu



değil fakat beynimiz çevresindeki insanların davranışlarını sürekli olarak izliyor ve bu bilgiler kendi kararlarımızı etkiliyor. Yani aslında zihnimiz düşündüğümüz kadar yalnız değil.

Bir insanın duygusu diğerine geçebilir mi?

Günlük hayatta bunun çok fazla örneğini görüyoruz.

Çok heyecanlı bir arkadaşınızla konuştuğunuzda onun heyecanına kapılabilirsiniz. Bir ortamda herkes gerginse siz hiçbir şey yaşamamış olsanız bile kendinizi huzursuz hissedebilirsiniz. Bir insanın korktuğunu gördüğünüzde çevrede gerçekten bir tehlike olup olmadığını anlamaya çalışırsınız.

Psikolojide bu durumun önemli bir kısmı duygusal bulaşma kavramıyla açıklanıyor. Buradaki "bulaşma" kelimesi mecazi. Bir virüs gibi duyguyu birbirimize aktarmıyoruz. Daha çok yüz ifadeleri, beden dili, ses tonu ve davranışlar üzerinden birbirimizi etkiliyoruz.

İNSAN ZIHNI SOSYAL ÇEVREDEN SÜREKLI BESLENEN CANLI BIR AĞ GIBI ÇALIŞIR.

Bir insanın beyninde başlayan bir duygusal tepki, onun davranışlarına yansıyor. Çevresindeki insanlar da bu davranışları algılıyor ve kendi duygusal durumlarını buna göre değiştirebiliyor. Böylece tek bir kişinin yaşadığı duygu, küçük bir grup içerisinde yayılabiliyor. Bu noktada kolektif davranışın ilk izlerini görmeye başlıyoruz.

Kalabalıklar neden bazen tek bir organizma gibi davranıyor?

Bir stadyum düşünün, binlerce insan var; herkesin farklı bir hayatı, farklı düşünceleri ve farklı bir hikâyesi bulunuyor fakat maç sırasında bir gol olduğunda neredeyse herkes aynı anda ayağa kalkıyor, aynı anda bağırıyor, alkışlıyor ve birbirine benzeyen hareketler yapıyor. Kimse tek tek bütün insanlara ne yapması gerektiğini söylemiyor.

Benzer bir durum tehlike anında da ortaya çıkabiliyor. Bir kişi aniden koşmaya başladığında, diğer insanlar neden koştuğunu bilmeden onu takip edebiliyor. Birkaç saniye içerisinde bütün kalabalık aynı yöne doğru hareket etmeye başlayabiliyor.

Burada ilginç olan şey, ortada mutlaka tek bir merkezî yönetici bulunmaması. İnsanlar birbirlerini izliyor, bir kişinin davranışı diğerini etkiliyor, diğerinin davranışı bir başkasını etkiliyor ve sonunda tek tek bireylerin davranışlarından daha büyük bir toplu davranış ortaya çıkıyor. İşte kolektif bilinç fikrini ilginç yapan noktalardan biri de bu.

Peki kolektif bilinç tam olarak nedir?

Kavramın tek bir tanımı yok. Farklı disiplinlerde farklı anlamlarda kullanılıyor.

Sosyoloji açısından düşündüğümüzde; bir toplumun üyeleri tarafından paylaşılan değerler, inançlar ve normlar kolektif bilincin bir parçası olarak ele alınabilir. İnsanların neyin doğru, yanlış, normal veya kabul edilebilir olduğuna ilişkin ortak düşünceleri; bireysel düşüncelerimizin ötesinde toplumsal bir yapı oluşturur fakat bilim kurgu dünyasında kullanılan kolektif bilinç bundan biraz farklı. Burada daha çok "hive mind", yani ortak zihin fikrinden söz ediyoruz.

Bu senaryoda bireyler hâlâ ayrı bedenlere sahip olabilir ancak bilgi, algı veya karar mekanizmaları ortak hale gelir. Bir kişinin bildiğini diğerleri de bilir, bir kişinin algıladığı tehlike bütün grubu etkileyebilir. Doğada bunun çok daha basit örneklerini görebiliyoruz.

Karıncaları ele alalım, tek bir karınca oldukça sınırlı bilgiye sahip fakat binlerce karınca bir araya geldiğinde ortaya şaşırtıcı derecede organize bir yapı çıkıyor; yiyecek buluyorlar, yollar oluşturuyorlar, yuvalarını düzenliyorlar ve çevredeki değişikliklere birlikte tepki veriyorlar. Burada bütün koloniyi yöneten tek bir karınca beyni yok.

Her karınca kendi çevresinden aldığı küçük miktardaki bilgiyi kullanıyor fakat bu küçük kararlar bir araya geldiğinde büyük ve organize bir davranış ortaya çıkıyor. Bilim dünyasında buna sürü zekâsı deniyor. Benzer örnekleri kuş sürülerinde, balık topluluklarında ve arı kolonilerinde de görmek mümkün.

Burada aslında çok önemli bir fikir var: Bazen sistemin tamamında ortaya çıkan özellik, tek bir bireyde bulunmuyor.

İnsanlarda da böyle bir "ortaya çıkış" olabilir mi?

Bir grubun tek tek bireylerini incelemek her zaman o grubun nasıl davranacağını anlamamıza yetmeyebilir. Örneğin sosyal medyada bir düşüncenin nasıl yayıldığını düşünelim.

Bir kişi bir fikir ortaya atıyor, başka biri bunu görüyor ve paylaşıyor, bir başkası yorum yapıyor.



Sonra insanlar tartışmaya başlıyor, birkaç saat içinde binlerce insan aynı konu hakkında konuşuyor.

Burada tek bir kişinin kontrol ettiği bir sistem yok ama sonuçta milyonlarca insanın davranışını etkileyebilen bir toplumsal hareket ortaya çıkabiliyor. İnternet bu süreci daha da hızlandırdı. Eskiden bir düşüncenin yayılması günler veya aylar sürebilirken bugün bir fikir birkaç saat içerisinde dünyanın farklı noktalarına ulaşabiliyor. Bu nedenle modern dünyada kolektif davranışları anlamak giderek daha önemli hale geliyor.

Jung'un kolektif bilinçdışı bundan farklı

Kolektif bilinç konusu konuşulurken sık yapılan bir hata da Carl Gustav Jung'un "kolektif bilinçdışı" kavramını bununla aynı şey sanmak.

Aslında ikisi oldukça farklı. Jung, insan psikolojisinin yalnızca kişinin kendi yaşam deneyimlerinden oluşmadığını; insanlığın ortak geçmişiyle ilişkili daha derin psikolojik yapıların da bulunduğunu savunuyordu. Bu düşünce içerisinde arketipler önemli bir yere sahipti.

Örneğin kahraman, anne, bilge kişi veya gölge gibi bazı sembolik figürlerin farklı toplumlarda ve kültürlerde benzer biçimlerde ortaya çıkması Jung'un teorisi kapsamında ele alınıyordu. Bu, insanların birbirlerinin düşüncelerini doğrudan paylaşması anlamına gelmiyor.

Dolayısıyla filmdeki zombilerin ortak zihni ile Jung'un kolektif bilinçdışı kavramını birbirine karıştırmamak gerekiyor. Biri daha çok ortak bir zihin veya bilgi ağı fikrine dayanırken, diğeri insan psikolojisinin derin ve ortak yapılarını açıklamaya

BEYINLER BIRLEŞMIYOR; INSANLAR BIRBIRINI ETKILIYOR.

yönelik bir teoridir.

Peki beyinler birbirine gerçekten bağlanabilir mi?

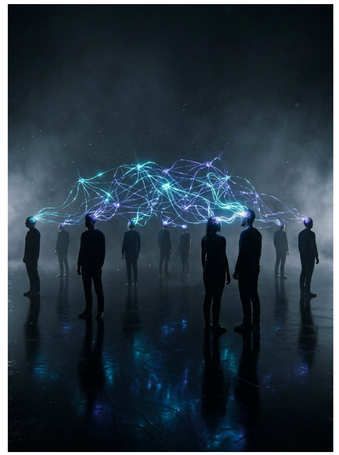
Işin nörobilim tarafına geldiğimizde konu daha da ilginç hale geliyor. İnsanlar birlikte bir görevi yerine getirirken veya yoğun bir iletişim içerisindeyken beyin aktivitelerinde bazı benzerlikler ve senkronizasyonlar gözlemlenebiliyor.

Bunu bazen "beyinler senkronize oluyor" şeklinde duyuyoruz fakat burada dikkatli olmak gerekiyor. Bu, iki insanın tek bir bilinç oluşturduğu anlamına gelmiyor.

İnsanlar aynı çevrede bulunuyor, aynı sesleri duyuyor, birbirlerinin yüz ifadelerini görüyor ve birbirlerinin davranışlarına tepki veriyor. Dolayısıyla beyin aktivitelerinde belirli benzerliklerin ortaya çıkması şaşırtıcı değil. Başka bir ifadeyle; beyinler birleşmiyor, insanlar birbirlerini etkiliyor. Bugünkü bilimsel bilgilerimiz açısından söyleyebileceğimiz en doğru şey bu.

Teknoloji bu sınırı değiştirebilir mi?

Belki de kolektif bilinç fikrinin gelecekteki en ilginç tarafı burada. Beyin-bilgisayar arayüzleri geliştikçe, beynin ürettiği bazı elektriksel sinyalleri ölçmek ve bu sinyalleri bilgisayar sistemlerine aktarmak mümkün hale geliyor. Bugün bunların kapasitesi hâlâ sınırlı. Bir insanın bütün düşüncelerini okuyabilen bir teknolojiye sahip değiliz ama geleceği düşünmek için bugünkü teknolojiyle sınırlı kalmak zorunda değiliz.



Bir gün insanların belirli beyin sinyallerinin dijital sistemler üzerinden başka insanlara aktarılabildiğini varsayalım. O zaman iki insan fiziksel olarak aynı beyne sahip olmayacak fakat aralarında bir bilgi köprüsü bulunacak. Bu sistem milyonlarca kişiye yayıldığında ise ortaya bugünkünden çok farklı bir insan topluluğu çıkabilir. Belki geleceğin kolektif bilinci; insanların biyolojik olarak birleşmesiyle değil, insanların teknoloji aracılığıyla birbirine bağlanmasıyla ortaya çıkacak.

Peki kolektif bilinç iyi bir şey mi?

Aslında bu sorunun net bir cevabı yok. Bir tarafta çok büyük bir avantaj var; çünkü milyonlarca insanın bilgisi, deneyimi ve problem çözme yeteneği bir sistem içerisinde bir araya geliyor.

Bilimsel araştırmalarda, afet yönetiminde veya büyük toplumsal problemlerin çözümünde böyle bir iş birliği son derece güçlü olabilir fakat aynı mekanizma tehlikeli de olabilir çünkü insanlar doğru bilgiyi paylaşabildiği gibi yanlış bilgiyi de paylaşabilir. Bir grubun tamamı aynı yanlış düşünceye inanabilir. Çoğunluğun düşüncesine uymak, bireyin kendi fikrini sorgulamasını zorlaştırabilir. Sosyal medyada bunun küçük örneklerini zaten görüyoruz. Bir düşünce çok fazla kişi tarafından paylaşıldığında, srf bu kadar insan inanıyor diye daha doğruymuş gibi algılanabiliyor oysa çoğunluk her zaman haklı değildir.

Bazen bir grubun en değerli üyesi, herkesin aynı şeyi düşündüğü anda "Bir dakika, ya yanılıyorsak?" diyen kişidir.

Kaynak [1] Arkonaç, S. (2011). Kollektif bilinç/kollektif temsiller: Wundt ile Durkheim. İstanbul University Journal of Sociology, 3 (21), 103-113. [2] Taş, M. R. (2019). TOPLUMSAL BİLİNCİN KIRILGANLIĞI VE YAKINSAYAN DİSTOPYALAR: KATHARİNE BURDEKİN'İN SWASTIKA NIGHT ADLI ROMANININ DURKHEIM'IN KOLEKTİF BİLİNÇ KAVRAMI ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ. Edebî Eleştiri Dergisi, 3 (1), 35-56. [3] Karadağ, M. V., & Çalışır, G. (2024). Toplumsal Gerçeklik ve Habitus Ekseninde Toplumsal Belleğin İnşası. 4. BOYUT Medya ve Kültürel Çalışmalar Dergisi, (25), 207-229. [4] Varol, E., & Alataş, B. (2017). Sürü zekâsında yeni bir yaklaşım: Kuş sürüsü algoritması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 8 (1), 133-146. [5] Ajder, A. (2023). Geleneksel Yaklaşımlar: Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması. Teknobilim-2023: Yapay Zeka ve Mühendislik, 21.

100 Yıl Sonra Yeni Bir Penguen Türü

"Genetik kanıtlar, tek sanılan gentoo penguenlerinin aslında dört ayrı tür olduğunu ortaya koydu.

21 Eylül 2026 tarihinde yayınlanan yeni bir çalışmaya göre bilim insanları ıssız bir adada saklanan yeni bir penguen türü keşfetti. Güney Okyanusu'nun besin zincirinin en üst sırasında yer alan ve Antarktika'da yaşayan, ismini 1,2 metre uzunluğunda olan boyundan alan İmparator penguen (Aptenodytes forsteri), penguen ailesinin en bilinen üyesi olabilir ancak yalnız değil. Güney Yarım Küre'de on yedi farklı penguen türü daha yaşamaktadır.

Penguenlerin birçoğu, bilim insanlarının ulaşmasının ve üzerinde inceleme yapmasının zor olduğu izole adalarda yaşamaktadır. Bu uzaklık, tüm bir gentoo pengueni türünün nasıl bu kadar uzun süre fark edilmeden kaldığını açıklamaya yardımcı olabilir. Bu kuşlar, sürekli yerleşimin bulunduğu herhangi bir kara parçasından yaklaşık 2.000 mil (yaklaşık 3.200 km) uzaklıkta bulunan ve Fransızcada "Issızlık Adaları" (Desolation Islands) olarak bilinen Kerguelen Adaları'nda yaşamaktadır. Şili ve California Üniversitesi, Berkeley'deki araştırmacıların liderliğindeki uluslararası bir ekip, söz konusu popülasyonu ayrı bir tür olarak tanımladı; böylece bu, 100 yılı aşkın bir süredir adlandırılan ilk yeni penguen türü oldu. Bulgular Communications Biology dergisinde yayımlandı.

DNA çalışmaları dört gentoo penguen türünü ortaya çıkardı

Genetik kanıtlar, bilim insanlarının bir zamanlar tek ve yaygın olarak dağılmış bir gentoo penguen türü olarak ele aldıkları şeyin aslında dört ayrı türden oluştuğunu gösteriyor.

Bunlardan biri daha önce resmi olarak tanınmamıştı. Morfolojik olarak vücut büyüklüğü ve davranışsal karakterler olarak seslendirmelerindeki ince farklılıklar dışında, penguenlerin avcılardan kaçınmasına ve okyanusta avlanmasına yardımcı olan tanıdık beyaz alt kısmı ve siyah sırtıyla diğer gentoo penguenlerine çok benziyor. Ancak genetik olarak açıkça farklı olduğu bu yeni çalışma ile anlaşıldı. Bilimde bu tür organizmalara kriptik tür deniyor; yani önemli genetik farklılıklara rağmen ilgili türlere çok benziyor.

Bu bildiğiniz üzere bir kamuflaj mekanizması!

Araştırmacılar ayrıca, daha önce alt tür olarak sınıflandırılan üç gentoo popülasyonunun, tam tür olarak tanınacak kadar genetik olarak farklı olduğunu belirledi.

Küresel ısınma tehdidi

Ancak küresel ısınma tehdidi diğer tüm canlılar gibi bu yeni tanımlanan güneydoğu gentoo pengueni Pygoscelis kerguelensis 'i belirsiz bir gelecek beklemesine sebep olabilir. Küresel ısınmanın, yaşam alanları olan Antarktika ve Antarktika altı bölgeleri yeniden şekillendirmesiyle birlikte, yeni tanımlanan diğer iki tür de savunmasız kalabilir.

Şu anda Pygoscelis ellsworthi olarak bilinen güney gentoo pengueni, bu dört tür arasında Antarktika'da yaşayan tek türdür. İklim projeksiyonları, bu türün iklim değişikliğinden nispeten az etkilenebileceğini ve hatta yayılım alanını genişletebileceğini öne sürüyor.

Şili'nin Santiago kentindeki Andrés Bello Ulusal Üniversitesi'nde ekosistem ve çevre profesörü ve makalenin kıdemli yazarlarından biri olan Juliana Vianna, "Elbette Antarktika'da iklim değişikliği tehdidi altında olan türler gentoo penguenleri değil, diğer türlerdir," dedi. "Ancak gentoo penguenleri, Antarktika'nın kuzeyinde yer alan ve Şili, Güney Afrika, Fransa, Hollanda, Avustralya ve Yeni Zelanda dahil olmak üzere çok sayıda ülkenin yönetimi altındaki birbirinden uzak adalardan oluşan Antarktika altı bölgesinde büyük endişe kaynağı oluşturuyor."

Vianna sözlerine şöyle devam etti: "İlgili tüm ülkelerdeki koruma kuruluşlarının bu üç gentoo pengueni türünü tanıması ve onları kurtarmak için uygun adımları atması büyük önem taşıyor."

Penguenler Güney Yarım Küre'ye nasıl yayıldı?

Bowie ve Vianna, yaklaşık on yıllarını penguenlerin nasıl evrimleştiğini ve çeşitlendiğini inceleyerek geçirdiler. 2019'da ise penguenlerin kökeninin yaklaşık 22 milyon yıl önce Avustralya ve Yeni Zelanda yakınlarına dayandığını gösteren bir araştırma yayımladılar.

En yaygın olan iki tür olan İmparator ve Kral penguenler daha sonra diğer soylardan ayrıldı; İmparator penguenler Antarktika ile, Kral penguenler ise Antarktika altı bölgelerle özdeşleşti. Yaklaşık 12 milyon yıl önce, kutup çevresi akıntısının oluşumu, diğer penguen gruplarının Antarktika altı bölgelere yayılmasına yardımcı oldu; bu gruplar zamanla uzak adalara ve takımadalara yerleşerek kuzeyde Afrika ve Güney Amerika'ya kadar ulaştı.

Gentoo penguenleri, pek çok akrabasına kıyasla önemli bir avantaja sahiptir: Beslenme konusunda esnektirler. Tek bir av türüne aşırı bağımlı olmak yerine, su altında yakalayabildikleri hemen hemen her şeyi tüketirler.

İmparator Penguenlerinin ana besin kaynağı Antartika gümüş balığı olsa da bir diğer önemli besin kaynağı ise Antartika Krilleridir. Kiril popülasyonları azaldıkça, bu beslenme esnekliği giderek daha büyük bir önem kazanmaktadır. İmparator ve Adélie penguenleri gibi daha kısıtlı bir beslenme düzenine sahip türlerin sayısı bazı bölgelerde azalmaktadır. Buna karşılık, Antarktika Yarımadası'nda onlarla aynı bölgelerde yaşayan Gentoo penguenlerinin sayısı ise artış göstermektedir.

İklim değişikliği ada penguenlerini çıkmazda bırakabilir

Ekip ayrıca, 2050 yılında uygun gentoo yaşam alanlarının nerelerde bulunabileceğini tahmin etmek için çeşitli iklim modellerinden yararlandı. Orta düzeyde bir iklim değişikliği senaryosunda, adalarda yaşayan bu sub-Antarktik tür, halihazırda bulunduğu tüm adalardaki uygun yaşam alanlarını kaybedebilir. Pek çok durumda, uygun bir alternatif yaşam alanı sunan yakınlarda başka ada bulunmayabilir veya bulunanlar da yetersiz kalabilir.

Antarktika'daki gentoo penguenlerinin durumu ise çok daha farklı olabilir. Koşullar değiştikçe, bu tür için uygun yaşam alanlarının kıtanın içlerine doğru genişleyeceği öngörülüyor. Aynı zamanda; deniz buzlarının yok olması ve buzun altında gelişen kril popülasyonlarının bundan etkilenmesi nedeniyle İmparator, Adélie ve Çene Kayışı (chinstrap) penguenlerinin sayılarında düşüş yaşanması bekleniyor.

Vianna, iklim değişikliğinin Antarktika dışındaki penguenlerin karşı karşıya olduğu tek tehlike olmadığını belirtti. Isınan okyanuslar, yaşam alanlarının tahribatı, sıçan ve köpeklerin avcılığı, ticari balıkçılık faaliyetleriyle yaşanan rekabet ve balık ağlarına kazara takılma gibi unsurlar da birçok popülasyonu tehdit ediyor.

Vianna, "İklim değişikliği bağlamında, popülasyon büyüklükleri oldukça düşük olan ada türleri, sub-Antarktik Gentoo penguenleriyle kıyaslanabilir," dedi. "Galapagos ve diğer adalarda yaşayan penguen türleri, bu adalara özgü (endemik) oldukları için, çevrelerinde meydana gelecek bir değişim sonrasında gidecek başka bir yer bulamayacaklardır. Söz konusu adalar son derece izoledir ve bu penguenler başka bölgelere yerleşmek üzere kolayca uyum sağlayamazlar."

Genomik çalışmalar penguenleri korumaya yardımcı olabilir

Bowie'nin belirttiğine göre, araştırma için bir araya getirilen alışılmadık derecede büyük ve çeşitli veri seti, penguen sınıflandırması sorularının çok ötesinde değerli olabilir.

Vianna, halihazırda dünya çapında penguen, kuş ve memeli popülasyonlarını etkileyen kuş gribinden kurtulmayla ilişkili genetik farklılıkları incelemek için penguen genomlarını inceliyor. Direnç veya savunmasızlıkla bağlantılı genetik özelliklerin belirlenmesi, koruma uzmanlarının hangi popülasyonların en büyük tehlikeyle karşı karşıya olduğunu belirlemelerine yardımcı olabilir.

Bowie, "Tüm genom dizilemesi, adaptasyona sadece şeylerin nasıl çeşitlendiği perspektifinden bakma yeteneğimizi dönüştürmekle kalmadı, aynı zamanda gerçekten önemli bir koruma değerine de sahip" dedi.

Bu tür çalışmalar, ekosistemi bütüncül bir şekilde kavramamız ve dolayısıyla koruyabilmemiz açısından kritik bir öneme sahiptir. Nitekim ekosistem ayrılmaz bir bütündür; bugün Antarktika'da keşfedilen yeni bir türü korumak, yarın gezegenin ve bizim geleceğimize katkı sağlayabilir.

Kaynak Noll, D., Younger, J., Pertierra, L. R., Greve, M., Pizarro, E. J., León, F.,... & Vianna, J. A. (2026). Integrative evidence reveals adaptive divergence and speciation in gentoo penguins. Communications Biology. University of California - Berkeley. (2026, September 21). Scientists discover first new penguin species in more than 100 years. ScienceDaily. Retrieved September 28, 2026 from www.sciencedaily.com/releases/2026/09/260920222410.htm https://ansiklopedi.tubitak.gov.tr/kutup/ansiklopedi/imparator-penguen https://en.wikipedia.org/wiki/Emperor_penguin Noll, D., Younger, J., Pertierra, L. R., Greve, M., Pizarro, E. J., León, F.,... & Vianna, J. A. (2026). Integrative evidence reveals adaptive divergence and speciation in gentoo penguins. Communications Biology.





Gentoo penguenlerinin genetik haritası dört ayrı türü ortaya çıkardı.

Moleküler Dedektifler: Vaka No: 001

Beyaz önlük, tamam; steril eldivenler, tamam; maske, tamam; bilgisayar, tamam; dedektif büyüteci, tamam. Öyleyse sizleri sadece bir araştırmacı değil aynı zamanda bir moleküler dedektif ilan ediyorum. Özel serimizde başrol sizsiniz. Biyoloji ve bilgisayar biliminin multidisipliner yaklaşımına bir de adli biyoloji alanından bakış atmaya, biyoinformatik araçlarını dijital bir otopsi olarak kullanmaya hazırsak başlayabiliriz.

"Biyoinformatik araçları adli bilimde adeta dijital bir otopsi görevi görüyor.

Karmakarışık grafikler, anlamsız gelen işaretler, içinden çıkılamayan bir labirent gibi görünen şekiller; bir araştırmacı için vazgeçilmez kaynaklardır. Yazılan makaleyi destekleyen en önemli bölümlerdir. Yani kanıtlar... Bilginin doğruluğu, tutarlılığı, geçerliliği bu birincil kaynaklara dayanır. Bu kavramlar günlük yaşam için de oldukça önemlidir.

Doğruluk, durumun gerçek değere ne kadar yakın olduğunu gösterir.
Bir düşünelim; sabahın ilk ışıkları ile güne merhaba dediniz ve sağlıklı bir kahvaltı sonrası özel olarak aldığınız filtre kahvenizi yapmak üzere mutfağa gittiniz. Kahvenin tadına varabilmek amacıyla etiketinde yazılı olan tarifi uygulamaya karar verdiniz. Etiketinde 20 gram kahve eklemeniz isteniyor ve siz de tartınızı kullanarak 20 gram kahve koydunuz. Tartı 20.0 olarak ölçüyorsa sonuç doğrudur. Tartı bozuk olsaydı sonuç doğru olmayacaktı. Bilgi doğruluğunu kaybettiğinde, alınan sonuçlar hedefine ulaşamaz. Kahve, laboratuvarda analiz edeceğiniz ürün; tartı, biyoinformatik araçlar; tartıda çıkan değer, yukarıda bahsettiğim karmakarışık, anlamsız görünen, labirent benzeri çizgi ve noktalar olarak değerlendirebiliriz.

Tutarlılık, koşullar ve uygulanan yöntemler aynı olduğunda sonucun her zaman aynı olması durumudur.
Filtre kahvenizi her gün aynı yöntemle ve aynı ölçüde yapıyorsunuz ama bir gün acı, bir gün tam istediğiniz gibi, bir gün de tatlı oluyorsa yöntemde tutarlılık yoktur. Tutarlılık güvenilirlik anlamına gelir. Eğer bir süreç tutarlı değilse nerede hata yapıldığı anlaşılamaz. Burada yöntemi, biyoinformatik araçları kullanmayı; kahvenin tadını, grafik değerlerinin aynı sonucu verip vermeme durumu olarak düşünebiliriz.

Geçerlilik, durumun doğru yöntemlerle yapılması yani bilginin amacına hizmet etmesidir.
Kahvenizi tartmak için hassas tartı kullanmak yerine tartma işlemini yapmayan herhangi farklı bir aleti ya da mekanizma kullanılırsa o alet doğru ve tutarlı olsa bile geçerli olmaz. Yöntem amacına uygun kullanılmamıştır. Burada yöntem, biyoinformatik araçlarını temsil eder ve amacına uygun kullanım gerektirir. Örneğin bir biyoinformatik aracı proteinin ağırlığını hesaplıyorsa ama siz bu aracı proteinin 3D yapısına bakmak için kullanıyorsanız geçerli bir sonuç alamazsınız.

Moleküler dedektif olarak birinci göreviniz, doğru çalışan ve güvenilir biyoinformatik aracınızı amaca uygun olarak seçmek. Bu görev için biyoinformatiğin ne olduğunu, önemini ve biyoinformatik araçlarının ne işe yaradığını benimseyebilmemiz gerekir.

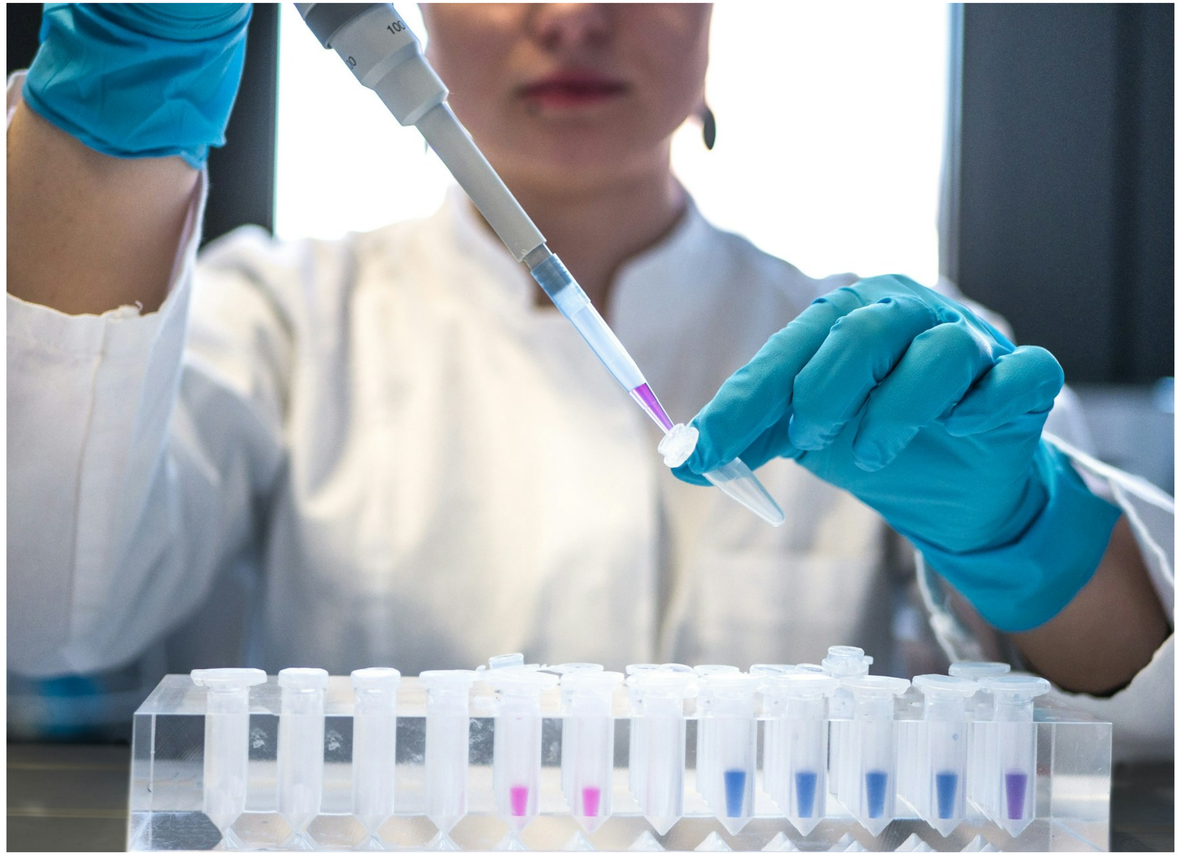
Peki biyoinformatik nedir? Biyoinformatik araçlar ne işe yarar?
Biyoloji, canlı bilimi, informatik ve bilgisayar bilimi olarak tanımlanmaktadır. Biyoinformatik, canlı bilimi olan biyoloji ve bilgisayar biliminin yanı sıra matematik, fizik ve tıp alanlarıyla yakından ilişkili bir çalışma alanıdır. Bu sayede canlıların yapıtaşı olan DNA, olmazsa olmaz protein ve aminoasitlerin tüm yapısal özellikleri adeta kimliklendirilir. Bileşenlerin tanınması için ağırlığı, yoğunluğu, kaynakları, diğer bileşenlerle etkileşimleri, yapıları gibi özellikler bilgisayar platformuna kaydedilir ve gelecek araştırmalar için major rol oynar.

Biyoinformatik araçları, yapay zeka ve yazılım bilimini kullanarak verileri görüntüleyen, analiz eden ve verileri depolayan birer yazılım uygulamalarıdır. Adli süreçlerde dizileme cihazından elde edilen ham genetik veri (A, T, G, C nükleotid dizilimleri), adli analizciler tarafından bu gelişmiş yazılımlara aktarılır.

Adli biyoinformatikte delilin yolculuğu
Bir suç mahallinde bulunan bir biyolojik doku, faillin veya kurbanın kimliğini ortaya çıkaracak devasa bir veri hazinesi taşır. Ancak bu verinin adaletin hizmetine sunulabilmesi için fiziksel delilden daha fazlasına ihtiyaç duyulur. Analiz edilecek doku parçası ilk olarak saha aşaması ya da diğer adı ile wet lab aşamasından geçer. Ardından elde edilen genetik veriler dry lab denilen bilgisayar tabanlı platformlarla analiz edilir.

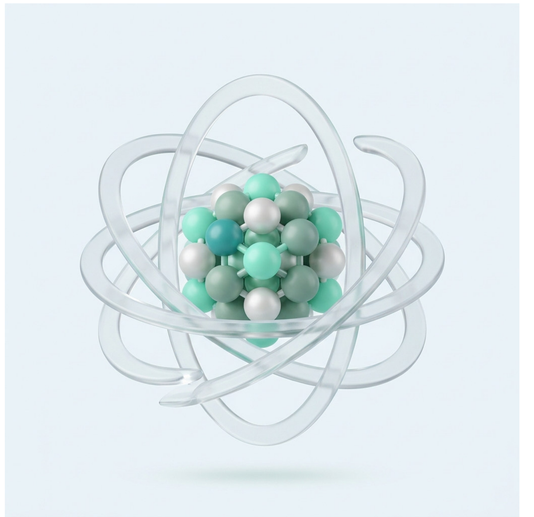
Wet Lab Nedir?
Saha ve Islak Laboratuvar (Wet Lab) Aşaması:
Delinin Toplanması ve Muhafazası: Olay yerinde bulunan kan, kıl, tükürük veya doku örnekleri steril koşullarda muhafaza edilerek toplanmaktadır.

DNA İzolasyonu ve PCR Amplifikasyonu: Toplanan numunelerin hücreleri laboratuvar ortamında parçalanır ve saf DNA elde edilmektedir. Bu işleme DNA izolasyonu denmektedir. Miktarı yeterli olmayan örnekler PCR adı verilen cihaz ile DNA nın çoğaltılması sağlanmaktadır. Bu işleme PCR amplifikasyonu denmektedir.





Wet lab aşamasında elde edilen DNA dizileri bilgisayar analizine aktarılıyor.



Biyoinformatik araçları genomik hizalama ile kimlik tespiti yapıyor.

Genetik Dizileme (Sequencing): PCR ile çoğaltılan hücre DNA'ları dizileme cihazlarına konularak nükleotit dizilimleri (A, T, C, G harf dizileri) elde edilmektedir.

Kuru Laboratuvar (Dry Lab) ve Biyoinformatik Aşaması:
Wet lab aşamasında laboratuvara getirilen deliller dizilenir sonraki aşama ise biyoinformatik analiz aşamasıdır.

Dizilerin Veritabanlarında Taranması (BLAST): Elde edilen bilinmeyen DNA dizisi, BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) algoritması ile GenBank ve NCBI 1 gibi veritabanlarındaki bilinen tüm DNA dizileri ile karşılaştırılır.

Hizalama ve Skorlama: BLAST algoritması yerel dizilim 2 hesaplaması yaparak bilinmeyen DNA dizisi ile veritabanınındaki diziler arasındaki benzerlik skorunu hesaplar. En yüksek skora sahip eşleşme, örneğin hangi canlıya, kurbana ya da şüpheliye aitliğine dair bilgi verir. Google görsellere bir fotoğraf eklediğimizde algoritma nasıl bize benzerlerini sunuyorsa BLAST algoritması da aynı şekilde işimizi kolaylaştırmaktadır.

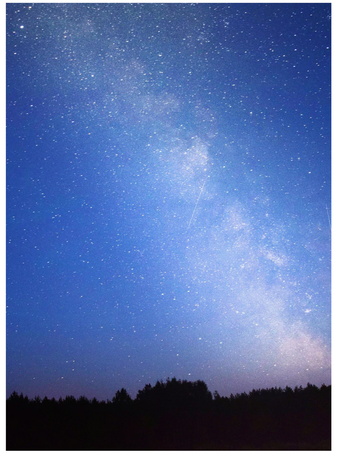
Genomik Hizalama ve Kimliklendirme: İki veya daha fazla DNA, RNA ya da protein dizisi yan yana getirerek aralarındaki benzerlik ve farklılıkları (mutasyonlar, eklemeler, silinmeler) tespit edilir. Ensembl gibi genom haritalama sistemleri kullanılarak örneğin DNA parçasının fonksiyonu ve kromozom üzerindeki konumu doğrulanır. Google haritalarda konumun sokak, cadde bilgilerinin bulunabilmesi gibi Ensembl da DNA parçasının konumunu bulur.

Adli vakalarda sadece sahada bulunan örnekle şüpheli ya da kurbanın kimliği tespit edilememektedir. Kimliklendirme için olay yeri incelemesinden sonra bilgisayar tabanlı algoritmalar kullanılarak kesin bilgilere ulaşılabilir. İki aşama da adli vakaların çözümlenmesi ve adaletin sağlanması için oldukça önemli ve güçlü kanıtlar oluşturur. Gelecek serilerde görüşmek üzere...

Kaynak Stein, L. Genome annotation: from sequence to biology. Nat Rev Genet 2, 493–503 (2001). https://doi.org/10.1038/35080529 Bayat A. Science, medicine, and the future: Bioinformatics. BMJ. 2002 Apr 27;324(7344):1018-22. doi: 10.1136/bmj.324.7344.1018. PMID: 11976246; PMCID: PMC1122955. https://www.hyperec.com/blog/wet-lab-vs-dry-lab/



Bir Çocuğun Sormadığı Sorular



Çocuğun henüz kendisine anlatılmayan bilgi boşluklarını fark etmesi bilişsel derinliği gösterir.

Bir çocuğun üstün bilişsel yeteneklerini fark etmek denildiğinde aklımıza çoğu zaman hızlı öğrenen, yüksek notlar alan, çok şey bilen ya da yaştılarından önce bazı becerileri kazanan çocuklar gelir. Oysa üstün yeteneklilik yalnızca bilgi miktarı veya akademik başarıyla açıklanabilecek kadar basit bir kavram değildir. Araştırmalar; bilişsel yetenek, yaratıcılık, öğrenme biçimi, metabiliş ve yetenek gelişimi gibi birçok unsurun birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Bu nedenle belki de çocukları gözlemlerken yalnızca "ne biliyor?" sorusunu değil, "ne soruyor?" sorusunu da kendimize sormamız gerekir. Çünkü bazı çocuklarda dikkat çekici olan, kendilerine öğretilen bilgileri hızlıca öğrenmeleri değil; henüz kimsenin açıkça anlatmadığı bir bilgi boşluğunu fark edip onu kendi sorularına dönüştürmeleridir.

Çevresinde göremediği şeylere karşı duyduğu merak

Dinozorlar bunun güzel bir örneği olabilir. Bir çocuk çevresinde hiç dinozor görmemiştir fakat kitaplarda, oyuncaklarda, filmlerde ve yetişkinlerin konuşmalarından onların varlığını öğrenir. Burada basit bir merak başlar: "Dinozor nedir?" Fakat soru bununla kalmayabilir. "Gerçekten yaşadılarsa neden şimdi yoklar?", "Ne zaman yaşadılar?", "İnsanlar o zaman var mıydı?", "Bütün dinozorlar nasıl öldü?" Böylece çocuk; somut bir canlıdan zaman kavramına, yok oluşa ve canlıların değişimine doğru ilerleyebilir.

Bu soruların kendisi üstün zekânın kanıtı değildir. Çocukların merak etmesi gelişimin doğal bir parçasıdır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken şey sorunun yalnızca konusu değil, nasıl üretildiğidir. Çocuk verilen cevabı olduğu gibi kabul ediyor mu, yoksa cevabın içindeki yeni problemi fark edip başka bir soru mu üretiyor?

Merak üzerine yapılan güncel araştırmalar, çocukların merakının çoğu zaman bir bilgi boşluğunun fark edilmesiyle ilişkili olduğunu gösteriyor. Soru sorma üzerine yapılan çalışmalar, çocukların rastgele soru üretmediğini; mevcut bilgileri, merakları ve nedensel düşünceleri doğrultusunda sorularını şekillendirebildiklerini ortaya koyuyor. Dolayısıyla önemli olan yalnızca çocuğun "çok soru sorması" değil, soruların oluşum planıdır.

Ama bu açıklama doğru değil!

Bu kalıp, basit bir örüntü tanımanın ötesindedir. Çocuk gözlem yapar, bir tutarsızlık fark eder, bilgi boşluğunu belirler, bir açıklama oluşturur ve ardından bu açıklamayı gerçeklikle karşılaştırır. Gözlem → tutarsızlık → soru → açıklama → yeniden değerlendirme.

Bilişsel açıdan ilginç olan süreç budur. Metabiliş, yani kişinin kendi düşünme süreçleri üzerine düşünmesi de bu noktada önem kazanır. Üstün yetenekli çocukların metabilişsel gelişimini inceleyen çalışmalar, bu alanda farklı bileşenler bulunduğunu ve üstünlüğün tek bir metabilişsel özellik üzerinden açıklanamayacağını gösteriyor. Bu nedenle "çok soru soruyor" veya "çok meraklı" gibi tek bir davranıştan hareket ederek bir çocuğa üstün zekâ etiketi koymak doğru değildir fakat bu davranışlar, özellikle başka bilişsel özelliklerle birlikte görüldüğünde öğretmen ve ebeveyn için önemli gözlem noktaları olabilir.

Ölüm: Çocukluktaki en büyük bilgi boşluklarından biri

Bana göre bu durumun en çarpıcı örneklerinden biri ölüm kavramıdır. Bir çocuk "öldü" kelimesini öğrenebilir. Fakat ölümün ne anlama geldiğini kavramak başka bir meseledir. Bir insan vardı, sonra artık yok. Peki "yok olmak" ne demekti? Vücudu burada olabilir ama kişi nerede? Bizi duyabilir mi? Hala düşünebilir mi? Ben de bir gün ölecek miyim? Öldüğümde ben olmaya devam edecek miyim?

Çocukların ölüm kavramını anlamaları üzerine yapılan çalışmalar; bu anlayışın yaş, bilişsel gelişim ve ölümle ilgili deneyimler gibi birçok faktörle ilişkili olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla erken yaşta ölüm hakkında düşünmek tek başına üstün zekâ göstergesi olarak değerlendirilemez ancak çocukların dağınık çevresel ipuçlarından ölüm hakkında kendi zihinsel modellerini oluşturabilmeleri oldukça ilginçtir. Bazen çocuklara ölüm kavramını bilmediklerinde, "o amca eşyalarını topladı ve seyahate gitti ama dönmeyecek." gibi inandırıcı hikâyeler uydururuz. Bazı çocuklar bu hikayeyi dinler ve aradan sıyrılır, inanmazlar; bazen çaktırmadan inanır gibi yaparlar ama zihinleri halen o noktayı düşünmektedir. Bir gün kendilerince bir senaryoyla gelir ve "Hikâyeye inanmadım." diye söze girerler çünkü çevreyi analiz etmişlerdir ve başka şeyler bu açıklamayla uyuşmuyordur.

"Yetişkinlerin davranışları, cenaze, mezarlık ve dedemin artık geri dönmemesi başka bir gerçeğe işaret ediyordu.

Kimse bana uzun uzun ölümü anlatmamıştı fakat elimdeki ipuçlarını birleştirerek bunun bir "gitmek" olmadığını anlamıştım. Dedemin bedeninin artık ona ihtiyacı olmayacaktı. Mezarlığa gittiğimde ise ölüm, ahiret veya varoluş hakkında bugün bildiğim hiçbir şeye sahip değildim. Bildiğim tek dua kahvaltı duasıydı, onu okudum."

Bazıları için sadece basit bir kurgu gelebilir ama bir örüntü ipucu veren bir özdür fakat anılar bazen başka bir şey gösterir. Çocuklar bazen kendilerine anlatılmayan bir gerçekliği, çevrelerindeki küçük parçaları birleştirerek fark edebilir. Mesela kimin gerçekten art niyetli olduğunu ve kimin gerçekten rol yapmayıp iyi biri olduğunu gayet iyi bilirler. Bunun da izahı şudur: Henüz birilerine yaranacak kadar çakma ahlaka ve toplumsal maske ihtiyacına sahip değillerdir.

Gördüğünüz gibi bazen her şey sorularda saklıdır.

Kaynak Ronfard, S., Zambrana, I. M., Hermansen, T. K., & Kelemen, D. (2018). Question-asking in childhood: A review of the literature and a framework for understanding its development. Developmental Review, 49, 101–120. https://doi.org/10.1016/j.dr.2018.05.002 Nicholas Tippenhauer, Laura Janakiefski, Megan M Saylor, Children's question asking: some answers and more questions, Child Development Perspectives, Volume 20, Issue 1, March 2026, Pages 41–46, https://doi.org/10.1093/cdpers/aadaf003 Yılmaz, S. (2012). DEATH CONCEPT IN 8-13 YEARS CHILDREN'S COGNITIVE DEVELOPMENT. Cumhuriyet Universitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 16(1), 9-42. https://izlik.org/JA53RR97SF

Google Gemini 4 Argon: Derin Muhakeme Çağı



Gemini 4 Argon, 1 milyon token çıktı kapasitesi ve otonom kod dönüşümleriyle öne çıkıyor.

Yapay zekâ teknolojilerinde öncü modellerin gelişimi sürerken, Google yeni nesil modeli Gemini 4 Argon 'u duyurdu. Google DeepMind Kıdemli Başkan Yardımcısı ve Google Baş AI Mimarı Koray Kavukçuoğlu tarafından aktarılan bilgilere göre; yeni model özellikle gerçek dünya yazılım mühendisliği, hukuk ve finans gibi kurumsal bilgi işleme alanları ile siber savunma süreçlerindeki karmaşık iş akışlarında üst düzey performans sergilemek üzere tasarlanmıştır.

Gemini 4 Argon, ilk etapta siber güvenlik uzmanlarına yönelik Fairwind Programı kapsamında erişime açılmış olup, kademeli bir dağıtım stratejisiyle geliştiricilere ve kurumsal kullanıcılara sunulacak.

Genişletilmiş Çıktı Kapasitesi ve Derin Muhakeme

Modelin en belirgin teknik güncellemelerinden biri, tek bir işlem akışında üretebildiği çıktı limiti kapasitesindeki artış. Önceki modellerde 64 bin token olan maksimum çıktı limiti, Gemini 4 Argon ile birlikte 1 milyon token seviyesine çıkarılmış. Bu kapasite genişlemesi, modelin çok adımlı ve uzun erimli problemleri çözerken derin muhakeme yürütmesine ve tek seferde kapsamlı çıktılar üretmesine olanak tanımaktadır.

Şirket İçi Mühendislik Üretkenliği ve Kod Tabanı Dönüşümleri

Gemini 4 Argon, Google'ın kendi iç mühendislik ve araştırma süreçlerinde aktif olarak kullanılmakta. Modelin şirket içi projelerdeki somut uygulamaları şu şekilde öne çıkmaktadır:

Kuantum Algoritma Optimizasyonu: Kuantum bilişim araştırmalarında darboğaz oluşturan alt rutinlerin kübit ve kapı kaynaklarını optimize etmede kullanılan model, yayınlanmış mevcut referans değerini dakikalar içinde %40 oranında geliştirmiş.

Bellek Verimliliği: Otonom çalışan Argon ajanları, Google veri merkezlerindeki bellek kullanım verilerini analiz ederek yapılan optimizasyonlarla ilk etapta 300 TiB'ın üzerinde bellek tasarrufu sağlamış; toplam tasarrufun 500 TiB ile 1 PiB arasında gerçekleşmesi öngörülmekte.

Geniş Ölçekli Kod Tabanı Taşıma İşlemleri: Model, C/C++ dilindeki kodların Rust diline dönüştürülmesi süreçlerinde görev almaktadır. Çekirdek kütüphanelerden Fuchsia OS Zircon çekirdeğindeki 800 bini aşkın satıra kadar uzanan bu süreçte; açık kaynaklı video kod çözücüsü libgav1 üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, bellek açısından güvenli ve C++ optimizasyonuna yakın bir performans sergileyen 2,7 kat daha hızlı bir Rust sürümü elde edilmiş.

> **1 milyon token çıktı kapasitesiyle çok adımlı mühendislik ve siber savunma görevlerinde yeni dönem.**

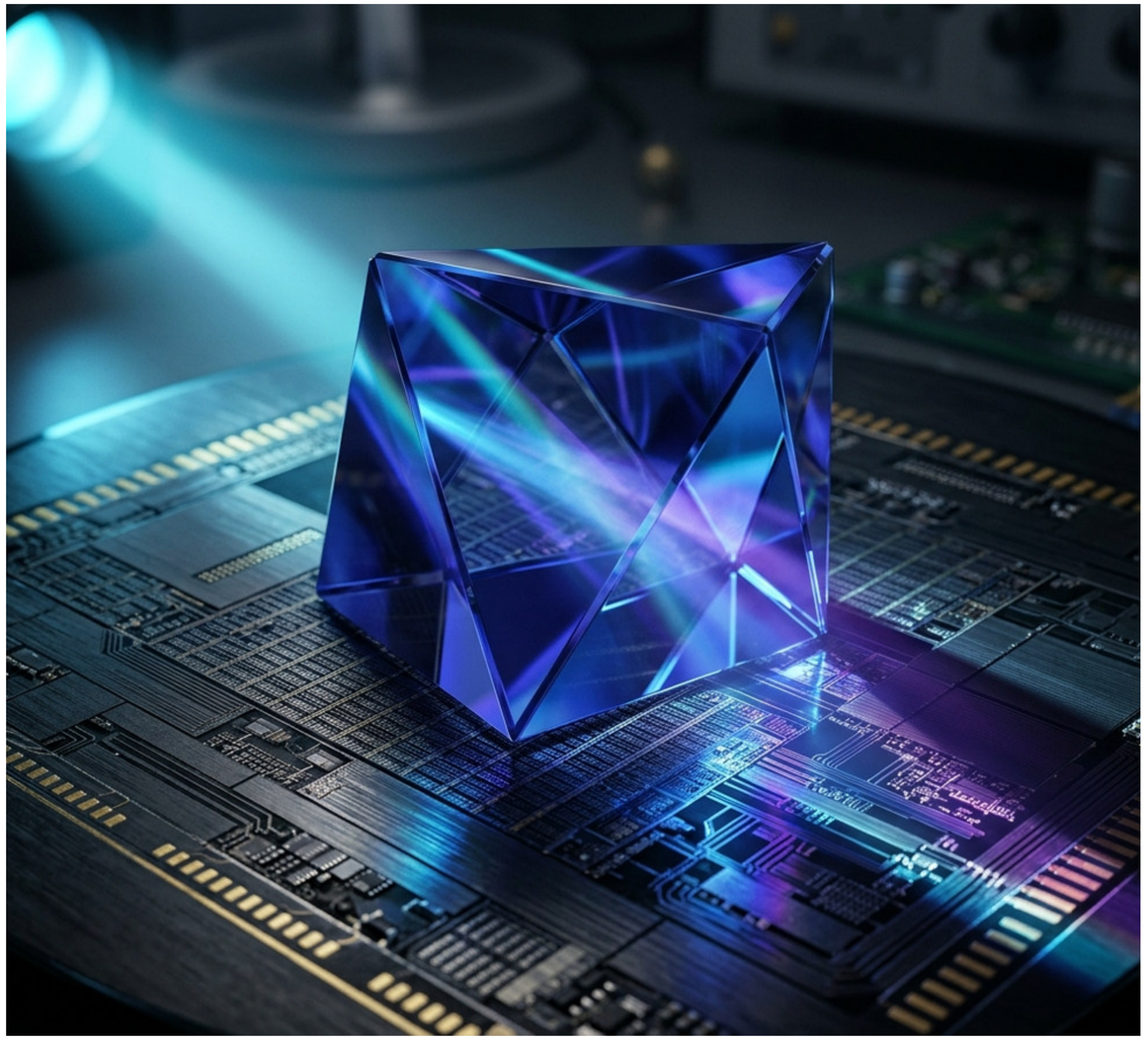
Sektörel Performans ve Standart Test Başarımları

Yapay zekâ modelinin yetkinlikleri, farklı alanlara yönelik bağımsız test ve değerlendirme platformlarında geçerlenmiş:

Yazılım Mühendisliği: Gerçek dünya uzun erimli yazılım mühendisliği görevlerini ölçen DeepSWE v1.1 testinde %77,9 başarı puanı elde edilmiştir.

Kurumsal ve İktisadi Görevler: Finans, hukuk, vergi ve kodlama alanlarının ABD GSYİH katkısına göre ağırlıklandırıldığı Vals Index değerlendirmesinde birinci sırada yer almıştır. Ayrıca Zapier'in iş süreçlerini ölçen AutomationBench testinde 51,3 puanla lider konumdadır.

Görsel İşleme ve Video Analizi: Uzun video içeriklerini anlama kapasitesini ölçen LVBench değerlendirmesinde %91,7 puan elde edilmiştir.



Siber Savunma ve Güvenlik Protokolleri

Siber güvenlik alanında proaktif savunma yetenekleriyle eğitilen model, yazılım açıklarını otonom olarak tespit etme, doğrulama ve yamalama kapasitesine sahiptir. Güvenlik alanındaki testlerde şu sonuçlar kaydedilmiştir:

Güvenlik açıklarını giderme yeteneğini ölçen CWE-bench v1 değerlendirmesinde %68 puan ile birinciliği paylaşmaktadır.

Wiz ortaklığıyla yürütülen "Scan for Good" insiyatifi kapsamında, dünya genelinde hastanelerde kullanılan bir sağlık yazılımında hassas kişisel verileri riske atan kritik bir güvenlik açığı model tarafından tespit edilmiştir.

Canlı web sistemlerinin analiz edildiği testlerde model, saldırı yüzeyini belirleme ve kanıt üretme hususunda yüksek başarı göstermiştir.

Güvenlik Önlemleri ve Hizmet Mimarisi

Modelin yaygın kullanıma sunulması öncesinde kötüyü kullanım ve hileli yönlendirmelere karşı koruma katmanları güçlendirilmiştir:

Kötüye Kullanıma Karşı Korumalar: Siber ve CBRN (kimyasal, biyolojik, radyolojik, nükleer) tehditlerine karşı zararlı talepleri reddedecek şekilde tasarlanmış; iç aktivasyon izleme yöntemleriyle güvenlik testi yapılmıştır.

Dolaylı Komut Enjeksiyonu (Prompt Injection): Gray Swan IPI değerlendirmesinde dolaylı komut enjeksiyonu saldırılarına karşı direnç göstermiştir.

Hizalama ve İzleme: Modelin düşünce zinciri (chain-of-thought) ve eylemleri şeffaf biçimde izlenerek, kullanıcı amacının dışına çıkan durumlarda müdahale eden sistemler kurulmuştur.

Yayın Takvimi ve Fiyatlandırma

Gemini 4 Argon'un sunumu, ABD hükümetinin yayın öncesi model erişim süreçleri gözetilerek kademeli olarak gerçekleştirilecektir. Modelin başlangıç tanıtım fiyatı 1 milyon girdi tokeni için 2 dolar, 1 milyon çıktı tokeni için 10 dolar olarak belirlenmiştir (önbelleğe alınmış girdilerde %95 indirim uygulanmaktadır). Tanıtım süreci sonrasında standart tarife girdi için 4 dolar, çıktı için 20 dolar şeklinde uygulanacaktır.

Kaynak Kavukcuoglu, K. Introducing Gemini 4 Argon: our next era of frontier intelligence. Google Blog https://blog.google/innovation-and-ai/models-and-research/gemini-models/gemini-4-argon/ (2026).

Evren Bizimle Birlikte Mi Ölüyor?

Evrenin nasıl ortaya çıktığı ve gelecekte onu nasıl bir sonun beklediği, bilim dünyasının en büyük ve en çok merak edilen gizemlerinden biridir. Bilim insanları evrenin nihai kaderine dair çeşitli teoriler ve senaryolar üzerinde çalışmaktadır. Ancak bu olası sonları anlayabilmek için öncelikle evrenin başlangıcına ve mevcut işleyişine göz atmak gerekmektedir.

Büyük Patlama ve Genişleyen Evren

Evrenin hikayesi, bilim insanlarının "Büyük Patlama" olarak adlandırdığı teoriyle açıklanmaktadır. Buna göre, yaklaşık 13,8 milyar yıl önce evren son derece sıcak ve yoğun bir haldeydi. 1929 yılında astronom Edwin Hubble'ın yaptığı gözlemler, evrenin durağan olmadığını ve galaksilerin birbirinden uzaklaşarak sürekli genişlediğini kanıtlamıştır. Hubble Yasası'na göre, bir galaksi bizden ne kadar uzaksa, bizden uzaklaşma hızı da o kadar yüksektir.

Son yıllarda yapılan gözlemler, bu genişlemenin hızlanarak devam ettiğini ortaya koymuştur. Kütleçekimi; gezegenleri, yıldızları ve galaksileri bir arada tutan birleştirici bir kuvvet iken, karanlık enerji adeta bir anti yerçekimi gibi çalışarak itici bir etki yaratmaktadır. Uzmanlara göre, evrenin yaklaşık %68,3 ile %70'ini oluşturan bu karanlık enerji, evrenin giderek ivmelenerek genişlemesine neden olmaktadır.

Evrenin Sonu İçin Bilimsel Senaryolar

Bilim insanları, evrenin nasıl sona erebileceği konusunda temel olarak üç ana senaryo üzerinde durmaktadır.

Büyük Donma: Evren mevcut haliyle genişlemeye devam ederse, enerji uzay boşluğunda tamamen dağılacaktır. Galaksiler birbirinden çok uzaklaşacak, yeni yıldızların oluşumu duracak ve zamanla mevcut yıldızlar da ölecektir. Trilyonlarca yıl içinde evren karanlık, soğuk ve neredeyse tamamen boş bir alana, adeta devasa bir mezarlığa dönüşecektir. Tüm atomlar termal dengeye (her yerde aynı sıcaklık) ulaşacak ve hareket duracaktır.

Büyük Yırtılma: Karanlık enerjinin neden olduğu hızlanan genişleme eğer çok daha şiddetli bir boyuta ulaşırsa, kütleçekim kuvveti maddeleri bir arada tutmakta yetersiz kalacaktır. Bu "Büyük Yırtılma" teorisinde, genişleme o kadar kontrolsüz bir hale gelir ki galaksilerin ardından yıldızlar, gezegenler ve en nihayetinde atomların kendisi bile birbirinden koparak parçalanacaktır.

Büyük Çöküş ve Sıçrama: Karanlık enerjinin zamanla zayıflaması ya da tersine dönmesi hâlinde kütleçekimi tekrar baskın güç hâline gelebilir. Bu durumda genişleyen evren duracak ve kendi içine, yeniden tek bir noktaya doğru çökmeye başlayacaktır. Buna "Büyük Çöküş" adı verilir.

Hatta bazı teoriler, bu çöküşün yeni bir Büyük Patlama'yı tetikleyeceğini ve "Büyük Sıçrama" adıyla evrenin sonsuz bir yok oluş ve yeniden doğuş döngüsüne girebileceğini öne sürmektedir.

Son Ne Zaman?

Evrenin sonunun ne zaman geleceğini kesin olarak bilmek günümüz bilimiyle mümkün değildir. Tahminlere göre bu son, insan aklının sınırlarını zorlayan trilyonlarca yıl sonrasında gerçekleşebilir. Evrenin 13,8 milyar yaşında olduğu düşünülürse, 1 trilyon yaşına ulaşmasına bile yaklaşık 986,2 milyar yıl vardır. Hollanda'daki Radboud Üniversitesi'nde yapılan yakın tarihli bir hesaplamaya göre, evrendeki son yıldız kalıntılarının yok olması dahi 10^{78} (1'in yanında 78 sıfır) yıl sürebilir. Kesin olan tek şey, evrenin sırlarının, genişleme oranının ve karanlık enerjinin yapısının bilim insanları tarafından keşfedilmeyi bekleyen en büyük çalışma alanlarından biri olmaya devam etmesidir.

Bilimle kalın değerli Moletik okurları:)

Kaynakça Biernath, A. (2026, 24 Mart). Evren nasıl ve ne zaman yok olabilir? Bilim insanlarının üç senaryosu. BBC News Türkçe. https://www.bbc.com/turkce/articles/cx2lrv9zy7xo Justice, P. R. (2022). Expansion of the Universe. EBSCO. https://www.ebsco.com/research-starters/astronomy-and-astrophysics/expansion-universe/

> *"Evrendeki son yıldız kalıntılarının yok olması dahi 10^{78} yıl sürebilir.*

2026 Nobel Tıp Ödülü: Optogenetik

İsveç'teki Karolinska Enstitüsü Nobel Meclisi, 2026 Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü 'nü optogenetik ve ışığa duyarlı iyon kanalları alanındaki devrim niteliğindeki keşifleri sebebiyle üç bilim insanına verdi. Ödülü, Amerikalı araştırmacı Karl Deisseroth (Howard Hughes Tıp Enstitüsü ve Stanford Üniversitesi) ile Alman bilim insanları Peter Hegemann (Berlin Humboldt Üniversitesi) ve Georg Nagel (Würzburg Üniversitesi) ortaklaşa kazandı.

Toplam 12 milyon İsveç kronu (yaklaşık 1,2 milyon dolar) tutarındaki ödül miktarı, üç araştırmacı arasında eşit olarak paylaştırıldı. Geliştirilen bu çığır açıcı yöntem, canlı bir beyindeki tekil sinir hücrelerinin faaliyetini ışık yardımıyla açıp kapatmayı mümkün kılıyor. Günümüzde dünya genelindeki pek çok laboratuvarda kullanılan optogenetik, nörobilimde yepyeni bir dönemin kapılarını aralamış durumda.

Su yosunlarından beyin hücrelerine uzanan keşif yolculuğu

Beynin duyguları, davranışları ve bedensel işlevleri nasıl yönettiği uzun yıllar boyunca bilim dünyasının en büyük bilmecelerinden biri olmuştur. 20. yüzyılda araştırmacılar beynin farklı bölgelerinin hangi işlevlerle ilişkili olduğunu haritalandırmaya başlasalar da, ellerindeki mevcut teknikler doğrudan nedensellik ilişkilerini kanıtlamaya yetmiyordu.

Süreç, Peter Hegemann'ın Chlamydomonas adıyla bilinen tek hücreli bir su yosununun ışığa doğru nasıl yönelip yüzdüğünü merak etmesiyle başladı. 2000'li yılların başında Hegemann ve Georg Nagel, bu su yosununun hücresel yüzeyinde channelrhodopsin adı verilen sıra dışı bir protein keşfetti. Bu protein mavi ışıkla aydınlatıldığında yapısındaki bir kanal açılmakta, içeri giren yüklü iyonlar vasıtasıyla hücresel bir elektriksel uyarı oluşmaktaydı. Araştırmacılar, bu proteini aktardıkları her hücrenin ışığa karşı duyarlı hale geldiğini saptadı.

Canlı beyinde ışıkla kontrol edilen sinyaller

Karl Deisseroth, channelrhodopsin genini sıçanlardan alınan sinir hücrelerine aktararak ilk büyük kırılmayı gerçekleştirdi. Mavi ışık uygulayarak nöronal sinyalleri tetiklemeyi başaran Deisseroth, bu tarihi çalışmasını 2005 yılında yayımladı. İki yıl sonra ise ışıkla kontrol edilen bu hücresel anahtarı canlı farelerin beyninde çalışır hale getirmeyi başardı.

Optogenetik olarak adlandırılan bu teknik, nörolojik ve psikiyatrik rahatsızlıkların temelinde yatan bellek, duygu ve davranış nöral devrelerinin çözümlenmesini sağladı. Yöntem günümüzde klinik tıp araştırmalarında, özellikle görme engelli bireylerin görme yetilerini yeniden kazandırmaya yönelik çalışmalarda da aktif olarak test edilmektedir.

Kaynak The Nobel Assembly at Karolinska Institutet. Press release: The 2026 Nobel Prize in Physiology or Medicine. NobelPrize.org (2026). https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2026/press-release/

> *"Tek hücreli su yosunundan canlı beyin devrelerini ışıkla yöneten devrime uzanan keşif.*