TÜBİTAK

Bilim ve Teknik

LİSELİ GENÇLERDEN POPÜLER BİLİM YAZISI DENEMELERİ

Bilim ve Teknik

"Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır."
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik Dergisi
Haziran 2026 Sayısı
Özel Dergi Eki

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Ömer Kökçam

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Editörler
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Özlem Ak
Dr. Tuba Sarıgül

Grafik Tasarım
Hüseyin Diker
İlkim Eda Şahin

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

TÜBİTAK

Ön Söz

TÜBİTAK Popüler Bilim Dergileri aracılığıyla toplumda bilimsel yaklaşımın benimsenmesine, bilim, teknoloji, yenilik kültürünün geliştirilmesine, yaygınlaştırılmasına ve Türkiye'nin bir bilim toplumu hâline gelmesine katkıda bulunmak, çocukların ve gençlerin bilimsel çalışmalara yönelmelerini teşvik etmek, bilim ve teknoloji gelişimine katkı sağlayabilecekleri yönünde bilinçlendirmek, farkındalık oluşturmak, her yaştan insanı bilimle tanıştırmak, bilimi sevdirmek, toplumumuzda bilime dair olumlu bir bakış geliştirerek bilginin bireysel kazanımına yönelik merak ve motivasyonu uyandırmak ve öncü bireylerin yetişeceği bir bilgi toplumunun oluşmasına destek olmak hedefleniyor.

Bu kapsamda, bilimsel ve teknolojik gelişmeleri en doğru, hızlı, özgün ve anlaşılır bir dille her yaştan insanın bilgisine sunmak amacıyla 1967'den beri *Bilim ve Teknik*, 1998'den beri *Bilim Çocuk*, 2007'den beri *Meraklı Minik* dergileri basılı olarak her ay yayımlanıyor.

Bilim okuryazarı nesillerin yetişmesine 59 yıldır katkı sağlayan *Bilim ve Teknik* dergisinin bu özel ekinde lise eğitimine devam eden gençlerimizin hazırladığı "popüler bilim yazısı denemelerine" yer vermeye devam ediyoruz. Bu yazıların bir kısmını Mayıs 2026 sayımızda yayımlamıştık. Kalanını da Haziran 2026 sayımızın özel dergi ekinde yayımlıyoruz. Bilimsel değeri olan bir bilginin, doğru, anlaşılır ve akıcı bir dille aktarılabilmesi için yayımlanması uygun görülen metinleri editoryal düzenlemelerle destekledik.

Dergimize içerik üretebilmek için en az lisans derecesine sahip olunması gerekiyor. Tüm gençlerimizin bilim okuryazarı olmalarını ve popüler bilim ekosistemine dâhil olmalarını çok istiyoruz. O nedenle genç arkadaşlarımızın hazırladıkları içerikleri dergi içeriğinden bağımsız bir özel dergi ekinde değerlendiriyoruz.

Genç arkadaşlarımızdan merak etmeye, sorgulamaya, doğru bilgiye ulaşmak için araştırmaya, okumaya ve ilgi duydukları konular hakkında yazmaya devam etmelerini özellikle rica ediyoruz. Bizler de dergimiz içeriğindeki popüler bilim yazıları aracılığı ile doğru bilgiyi özgün ve anlaşılır bir şekilde nasıl ifade edebileceğinize dair sizlere yol göstermeye devam edeceğiz.

Bilim ve Teknik dergisinin "genç bilim muhabirleri" sürecini hem liseli hem de lisans eğitimine devam eden üniversiteli gençlerimizi kapsayacak şekilde sürdürmeyi planlıyoruz. Konu ile ilgili detaylı bilgiyi ilerleyen aylarda sizlerle ayrıca paylaşacağız. Bunun için aylık basılı dergimizi, internet sitemizi (bilimteknik.tubitak.gov.tr) ve sosyal medya hesaplarımızı takip edebilirsiniz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,

Dr. Özlem Kılıç Ekici

Bilim ve Teknik Aralık 2025 ve Mayıs 2026 sayıları ile birlikte verilen "Liseli Gençlerden Popüler Bilim Yazısı Denemeleri" özel dergi eklerini okumak için kare kodları kullanabilirsiniz.

İçindekiler

2 **CRISPR ile Kanser Tedavisinde Çığır Açan Yenilik**
Mahmet Kırşan, TÜBİTAK Fen Lisesi

4 **Yıldızlar Arası Seyahat Gerçek Olabilir mi?**
Nil Sevim, İzmir Atatürk Lisesi

6 **Yapay Zekâ Gerçekten Düşünebilir mi?**
Aziz Doğu Erdoğan, Özel Esenyurt Modern Bilimler Akademisi Fen Lisesi

8 **Uykuya Dalarken, Rüya veya Kâbus Gördüğümüzde Beynimizde Ne Olur?**
Deniz Çetin, Özel PEV Amiroğlu Fen Lisesi

10 **Fregoli Sendromu: Ya Çevremizdeki Herkes Aynı Kişinin Kılık Değiştirmiş Hâliyse?**
Ekin Eren, Zonguldak Fen Lisesi

12 **Yapay Zekâ mı Yoksa Kusursuz Bir Taklit mi?**
Damla Kadakal, Gazi Lisesi

14 **Gazın Akışını Sağlayan Kısılma Olayı**
Gülderen Akengin, Özel Kocaeli Enka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi

16 **Karbon Bazlı Yaşam**
Hafsa Hepşenoğlu, Seyyid Ömer Anadolu Lisesi

17 **Yapay Zekâya Ne Kadar Güvenmeliyiz?**
Ezgi Dağtekin, The Macduffie School, ABD

20 **Kanser Tedavisinin Geleceği: Mühendislik Ürünü T Hücreleri ve CAR-T Teknolojisi**
Kayla Ece Baş, Özel Hisar Lisesi

22 **Yapay Yer Çekimi ve Canlılar Üzerindeki Etkisi**
Mehmet Arel Şimşek, İstanbul Alibeyköy Anadolu Lisesi

24 **Yapay Zekâ Duyguları Hissedebilir mi?**
Havva Sude Yıldız, Yahya Akel Fen Lisesi

26 **Fermi Paradoksu: Uzaylıları Neden Bulamıyoruz?**
Ömer Aytekin, Gebze Anadolu Lisesi

28 **Maglev: Raylara Değmeyen Dünya'nın En Hızlı Treni**
Mehmet Doruk Oruğ, Özel Üsküdar Amerikan Lisesi

30 **Yapay Zekâ İnsan Beyninin Yerini Alabilir mi?**
İpek Candan, Ankara Özel Bahçeşehir Koleji 50. Yıl Fen ve Teknoloji Lisesi

32 **Schwarzschild Yarıçapı Nedir?**
Merve Otman, Bursa Atatürk Anadolu Lisesi

34 **Soframızdaki Gizli Tehlike Mikroplastikler**
Nefes Ahmetoğlu, Özel Esenyurt Modern Bilimler Akademisi Anadolu Lisesi

36 **Asal Sayılar: Düzenin İçindeki Kaos**
Mustafa Poyraz Çolak, Bakırköy Anadolu Lisesi

38 **Hatırlamayı Unutmak: Ceplerimizdeki Yapay Beyinlerin Bedeli**
Nisan Ayaz, Özdemir Sabancı Emirgan Anadolu Lisesi

41 **Asteroit Madenciliği: İnsanlığın Ham Madde Geleceği**
Ömer Ozan Çubukçu, Özel PEV Amiroğlu Fen Lisesi

44 **Beton Griliğinden Orman Yeşiline: Şehirlerin Dikey Dönüşümü ve Akıllı Mimari**
Öykü Uzun, Özel Gaziemir Modern Bilimler Akademisi Fen Lisesi

46 **Yapay Zekâ Kansere Karşı: Erken Teşhisin Sır Perdesi Aralanıyor mu?**
Zeynep Berber, Özel Amerikan Robert Lisesi

48 **Bir Sineğin Beynini Dijital Ortama Aktarmak**
Ozan Hamdullahpur, İstanbul Üsküdar Lisesi

50 **Güvenmenin Matematiği**
Yağmur Kayra Ural, ODTÜ Geliştirme Vakfı Okulları

52 **İğne Deliği Kamera**
Yalçın Ata Oruğ, Özel Üsküdar Amerikan Lisesi

54 **Denklemlerin Zarafeti: Antimaddenin Keşfi**
Mustafa Sıdar, Ceyhan Anadolu Lisesi

Nesiller büyüten TÜBİTAK Bilim ve Teknik dergisinin okurlarına armağanıdır.

CRISPR ile Kanser Tedavisinde Çığır Açan Yenilik

Mahmet Kırşan
TÜBİTAK Fen Lisesi, 9. sınıf

Kanser tedavisinde son yıllarda en hızlı gelişen alanlardan biri bağışıklık sistemini kullanarak kanseri hedef alan tedavi yöntemleridir. İmmünoterapi olarak adlandırılan bu yöntemlerin en dikkat çeken örneklerinden biri CAR-T hücre tedavisidir. Özellikle kimi kan kanseri türlerinde çok başarılı sonuçlar veren bu yöntemin bazı hastalarda kanseri tamamen ortadan kaldırabildiği gösterilmiş. Ancak günümüzde uygulanan CAR-T hücre tedavileri oldukça pahalı ve tedavi süreçleri son derece karmaşık. Mart 2026'da yayımlanan yeni bir araştırma ise bu tedavi yöntemini çok daha basit hâle getirebilecek önemli bir yaklaşım ortaya koydu. Bilim insanları, CRISPR-Cas9 gen düzenleme teknolojisini kullanarak kanser hücreleri ile mücadele eden bağışıklık hücrelerini doğrudan farelerde üretmeyi başarmış ve bu yöntemin bazı kanser türlerinde etkili olduğunu tespit etmiş.

Bağışıklık sistemimizin en önemli bileşenlerinden biri T hücreleridir. Bu hücreler normalde patojenleri veya hasar görmüş hücreleri tanıyıp yok edebilir. Ancak kanser hücreleri bazen bağışıklık sisteminden kaçabilir. İşte CAR-T hücre tedavisinde bilim insanları T hücrelerini genetik olarak değiştirerek kanser hücrelerini daha etkili bir şekilde tanıyabilecek hâle getirir. Bu süreçte hücrelerin DNA'sına CAR (Chimeric Antigen Receptor) adı verilen yapay bir gen eklenir. Bu gen sayesinde T hücreleri, kanser hücrelerinin yüzeyindeki belirli proteinleri kolayca tanır ve onları doğrudan hedef alarak yok eder. Geleneksel CAR-T hücre tedavisi oldukça uzun bir hazırlık süreci gerektirir. Önce hastadan kan alınarak T hücreleri toplanır. Daha sonra bu hücreler laboratuvar ortamında genetik olarak değiştirilir ve çoğaltılır. Bu süreç haftalar sürebilir. Hazırlanan CAR-T hücreleri daha sonra kanser hücrelerini yok etmeleri için tekrar hastaya verilir. Bu yöntem özellikle lösemi, lenfoma ve multiple miyelom gibi kan kanseri türlerinde etkili sonuçlar göstermiştir.

Bu tedavinin bazı önemli zorlukları vardır. Laboratuvar ortamında hücrelerin genetik olarak değiştirilip çoğaltılması oldukça

pahalıdır ve karmaşık altyapılar gerektirir. Ayrıca tedaviye başlamadan önce hastalara çoğu zaman güçlü kemoterapi tedavileri uygulanır. Bu süreçte vücuttaki mevcut bağışıklık hücreleri geçici olarak azaltılarak yeni CAR-T hücrelerinin çoğalması için uygun bir ortam oluşturulur. Fakat bu durum hastaların kısa bir süre de olsa enfeksiyonlara karşı daha savunmasız hâle gelmesine yol açabilir. Bu nedenle bilim insanları uzun süredir CAR-T hücrelerini laboratuvar ortamı yerine doğrudan vücut içinde üretmenin mümkün olup olmadığını araştırıyor.

Hücreleri Vücut İçinde Programlamak

Bu noktada CRISPR-Cas9 teknolojisi devreye giriyor. CRISPR, DNA'nın belirli bir bölümünü kesip genetik materyalin değiştirilmesine imkân veren çok hassas bir gen düzenleme aracıdır. Araştırmacılar bu teknolojiyi kullanarak T hücrelerini doğrudan vücudun içinde yeniden programlamayı hedefledi. Ancak böyle bir yaklaşımın güvenli olması büyük önem taşır. Eğer gen düzenleme sistemi yanlış hücreleri hedef alırsa istenmeyen genetik değişiklikler ortaya çıkabilir.

Bu riski azaltmak için araştırmacılar hedef hücrelere yönelik bir sistem tasarladı. Bu sistemde gen düzenleme araçlarını hedef hücrelere ulaştırmak amacıyla iki farklı biyolojik taşıyıcı kullanıldı. Bu taşıyıcılardan ilki olan virüs benzeri parçacıklar Cas9 enzimini ve kılavuz RNA'yı (Cas9 enzimini kesilecek DNA noktasına yönlendiren RNA parçası) taşırken ikinci taşıyıcı olan genetik olarak değiştirilmiş virüsler ise CAR reseptörünü kodlayan DNA'yı hücrelere ulaştırdı. Bir T hücresinin CAR-T hücresine dönüşebilmesi için bu iki genetik bileşenin de hücreye aktarılması gerekiyor. Bu yöntem sayesinde yanlış hücrelerin genetik materyalinde değişiklik yapılma ihtimali önemli ölçüde azaltıldı.

Araştırmacılar ayrıca CAR geninin DNA içinde rastgele bir noktaya eklenmesini önlemek için CRISPR sistemini genomun belirli bir bölgesini hedefleyecek şekilde tasarladı. Bu sayede potansiyel olarak tehlikeli genetik değişimlerin ortaya çıkma riski de azaltılmış oldu.

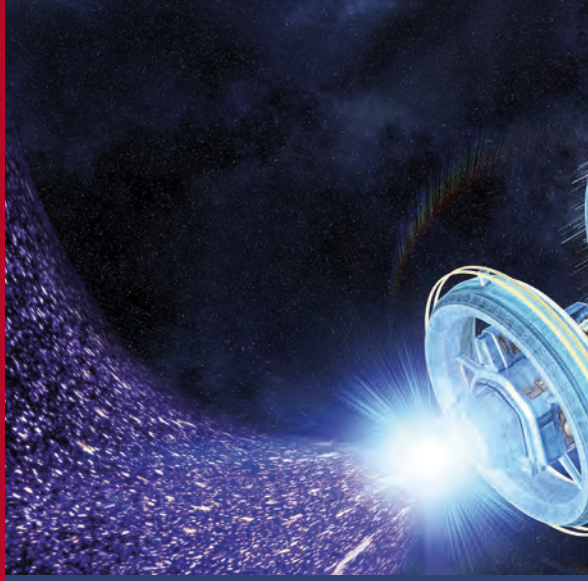
Yeni geliştirilen yöntem daha sonra insan kökenli kanser hücrelerini taşıyan farelerde test edildi. Deneylerde lösemi, multiple miyelom ve rahim sarkomu gibi farklı kanser türleri incelendi. Sonuçlar oldukça dikkat çekiciydi. Lösemi ve multiple miyelom bulunan farelerde kanser hücreleri tamamen ortadan kaldırıldı. Rahim sarkomu bulunan farelerin ise yarısından fazlasında tümörlerin tamamen yok olduğu görüldü. Bu bulgu, geleneksel CAR-T hücre tedavilerinin genellikle katı tümörlerde daha sınırlı başarı göstermesi nedeniyle dikkat çekici olarak değerlendiriliyor.

Geliştirilen yöntemin en büyük avantajlarından biri tedavi sürecini büyük ölçüde basitleştirme potansiyeline sahip olmasıdır. Eğer bu teknoloji gelecekte klinik uygulama aşamasına geçerse hastadan hücre toplamaya ve laboratuvarda haftalar süren işlemlere gerek kalmayabilir. Bunun yerine doğrudan hastaya uygulanacak enjeksiyon ile gen düzenleme sistemi

doğrudan T hücrelerine aktarılabilir. Böylece bağışıklık hücreleri vücut içinde yeniden programlanarak kanser hücrelerini yok eden CAR-T hücrelerine dönüşebilir. Bu yöntem hem tedavi maliyetlerini düşürebilir hem de tedavi süresini kısaltabilir. Ayrıca kemoterapi ihtiyacını azaltma potansiyeline de sahiptir. Bazı araştırmacılara göre ise bu teknoloji henüz geliştirilme aşamasında. CRISPR sisteminin DNA'da istenmeyen değişikliklere yol açıp açmayacağı tam olarak bilinmiyor. Ayrıca yöntemin vücuttaki başka hücreleri nasıl etkilediği ve tedavinin uzun vadede ne kadar etkili olacağı da araştırılması gereken önemli konular arasında yer alıyor.

Bilim insanları şu anda bu yöntemi farklı hayvan modelleri üzerinde de test etmeye hazırlanıyor. Bu çalışmalar başarılı olursa önümüzdeki yıllarda insanlarda klinik deneylerin başlaması planlanıyor. Klinik deneyler başarıyla tamamlanırsa CAR-T hücrelerinin CRISPR yöntemi ile vücut içinde üretilebilmesi, bu tedavi yaklaşımını kanserle mücadelede daha hızlı, daha düşük maliyetli ve daha erişilebilir hâle getirebilir.

• Dimitri, A., Herbst, F. & Fraietta, J. A. Engineering the next-generation of CAR T-cells with CRISPR-Cas9 gene editing. Molecular Cancer 21, 78 (2022).
• https://doi.org/10.1186/s12943-022-01559-z
• Wei, W., Chen, Z.-N. & Wang, K. CRISPR/Cas9: A Powerful Strategy to Improve CAR-T Cell Persistence. International Journal of Molecular Sciences 24, 12317 (2023).
• https://doi.org/10.3390/ijms241512317
• Deng, P et al. Systematic discovery of CRISPR-boosted CAR T cell immunotherapies. Nature (2025).
• https://doi.org/10.1038/s41586-025-09507-9



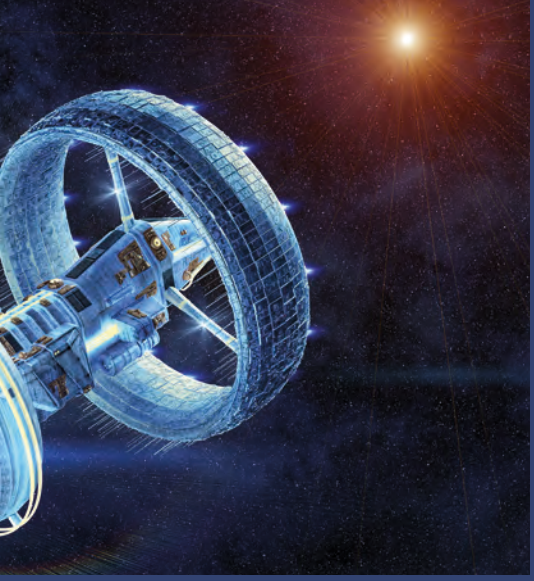
Yıldızlar Arası Seyahat Gerçek Olabilir mi?

Nil Sevim
İzmir Atatürk Lisesi, 9. sınıf

Bir zamanların popüler bilim kurgu filmlerinde yıldızlar arası yolculuklarda kullanılan *warp drive* teknolojisinin gerçeğe dönüşmesi mümkün mü?

Uzay Yolu ve Yıldız Savaşları gibi bilim kurgu filmlerinde *warp drive*, çok kısa sürede başka bir yıldız sistemine yolculuk etmeyi sağlayan bir itki sistemiydi. Uzun yıllar boyunca fizikçiler tarafından imkânsız olarak görülse de sonraki yıllarda yapılan teorik çalışmalarda, bu fikrin sanılanın aksine fizik yasalarına aykırı olmadığı öne sürüldü.

Bilim kurgu filmlerinde uzay-zaman dokusu *warp drive* teknolojisi ile bükülerek uzay



Gregoire Cirade / SPL

gemisi ışık hızından daha hızlı hareket edecek şekilde hızlandırılır. Bu fikir kulağa imkânsız gelebilir. Çünkü Albert Einstein'ın görelilik teorisine göre evrendeki hiçbir nesne ışık hızından daha hızlı hareket edemez.

Fizikçi Miguel Alcubierre 1994 yılında yayımladığı bir makalede, uzay-zamanın uzay gemisinin önünde sıkıştırıldığı ve arkasında genişletildiği matematiksel bir model geliştirdi. "Alcubierre drive" adı verilen bu modelde, uzay-zamanın büküldüğü bölge (uzay gemisinin etrafında oluşan kabuk) dış bir gözlemciye göre ışıktan daha hızlı hareket edebilir. Ancak Alcubierre drive çok yüksek enerji ve negatif enerji yoğunluğu gerektiriyordu. Ayrıca negatif enerjinin, matematiksel modellerde ortaya çıkan varsayımsal bir kavram olduğu düşünülüyordu.

Alcubierre'nin makalesinden sonraki yıllarda, NASA'daki araştırmacılar da dâhil olmak üzere pek çok bilim insanı bu model üzerinde çalıştı. Amaçları, negatif enerji yoğunluğu gereksinimini azaltmak ya da tamamen ortadan kaldırmaktı. Bu konuda çalışan bilim insanlarından Alexey Bobrick ve Gianni Martire, Alcubierre'nin modelinin ötesinde *warp drive* kavramını daha genel bir model olarak ele almaya karar verdi. 2021 yılında bu ikili, yayımladıkları makalede modellerindeki uzay-zaman geometrisini açıkladı. Bobrick ve Martire, modellerinde negatif enerji yoğunluğu gereksiniminin azaldığını ayrıca pozitif enerji yoğunluğu ile ışık hızının altındaki hızlarda hareketin mümkün olabileceğini gösterdiler. Bobrick ve Martire'ın çalışması *warp drive* teknolojisi için kuramsal olarak daha tutarlı bir matematiksel model ortaya koydu.

Tabii *warp drive*'ın enerji ihtiyacının nasıl karşılanacağı hâlâ cevaplanması gereken bir soru. Soğuk füzyon gibi varsayımsal enerji kaynakları gerçeğe dönüşse bile ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması için birkaç gezegenin kütlesine denk miktarda kütleye ihtiyaç var.

Warp drive hâlâ teorik bir kavram. Ancak özellikle son yıllarda yapılan araştırmalar bu fikrin bir hayalden öteye geçebileceğini gösteriyor. Belki de insanlar bir gün uzay gemilerine binip bambaşka bir yıldız sistemine gidebilir.

• https://www.nationalgeographic.com/science/article/warp-drive-science-fiction-physics
• https://ntrs.nasa.gov/citations/20110015936

Yapay Zekâ Gerçekten Düşünebilir mi?

Aziz Doğu Erdoğan
Özel Esenyurt Modern Bilimler Akademisi Fen Lisesi, 10. sınıf

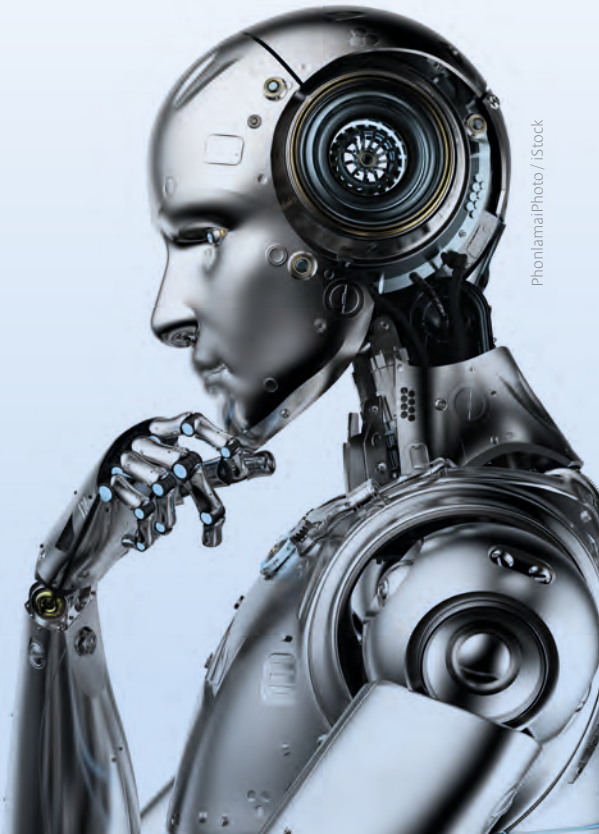
Yapay zekâ sistemleri artık yalnızca hesap yapmıyor; metin, görsel, ses ya da video üretebiliyor, hatta insanlara duygusal destek bile sunuyor. Yapay zekâ son yıllarda telefonlarımızdaki sesli asistanlardan sosyal medyadaki öneri algoritmalarına, çeviri uygulamalarından tıbbi teşhis sistemlerine kadar hayatımızın neredeyse her alanına yerleşmiş durumda. Peki, tüm bu üretkenliğin arkasında gerçek bir düşünme süreci mi var yoksa son derece karmaşık bir taklit mi? Bu soruyu cevaplamak göründüğü kadar basit değil. Çünkü cevap, büyük ölçüde "düşünmek" kavramını nasıl tanımladığımıza bağlı ve bu tanım üzerinde henüz bilim insanları arasında bile bir uzlaşı yok.

Düşünmek Ne Demektir?

İnsan düşüncesi salt bilgi işleme sürecinden ibaret değil. Deneyimden etkilenir, bağlamla şekillenir, belirsizliği yönetme kapasitesine sahiptir. İnsanlar karar verirken yalnızca mantık yürütmez; duygular, yaşanmışlıklar hatta bazen içgüdüler de bu süreci etkiler. Örneğin bir hekim teşhis koyarken hastadaki semptomları değerlendirdiği kadar yıllar içinde gelişen sezgisini de devreye sokar.

Bir şair kelime seçerken anlam kadar ses ritmini, duygu boyutunu da dikkate alır. Bunların hiçbiri sadece bilgi işleme süreçleriyle açıklanamıyor.

Yapay zekâ sistemleri ise bir çıktı üretirken insana özgü bu tür düşünme süreçleri yürütmüyor. Bunun yerine büyük ölçekli veri setleriyle eğitiliyor, bu veriler arasındaki istatistiksel örüntüleri belirliyor ve bu örüntülere göre sonuç üretiyor. Doğal dil işleme tekniği sayesinde yazılan metinleri analiz edip anlamlı cevaplar oluşturabiliyor. Bu yüzden bazen gerçekten düşünüyormuş izlenimi veriyor. Aslında bu sistemlerde kendi kendine bilinçli bir düşünme süreci gerçekleşmiyor.



PhonlamaiPhoto / iStock

Turing'den Searle'e Uzanan Tartışma

1950'de Alan Turing, Hesaplama Makineleri ve Zekâ başlıklı makalesinde ilk kez kamuoyuyla paylaştığı bir soru ortaya koydu: Bir makine insan gibi konuşabiliyorsa onu düşünüyor saymamak için elimizde ne gibi bir gerekçe var? Daha sonra Turing testi olarak adlandırılan yaklaşımın temelini oluşturan bu soru, o günden bu yana hem ilham kaynağı hem de tartışma konusu olmaya devam ediyor. Günümüzde büyük dil modellerinin verdiği yanıtları kimi durumlarda insanlarınkinden ayırmak giderek zorlaşıyor. Ancak felsefeci John Searle bu yaklaşıma bir itirazda bulunuyor: Searle'ün 1980'de Zihinler, Beyinler ve Programlar adıyla yayımladığı makalede ortaya attığı "Çin odası" düşünce deneyi şöyle işliyor: Bir odada Çince bilmeyen biri oturuyor, odada Çince sembolleri nasıl kullanacağını açıklayan bir kural kitabı bulunuyor. İçerideki kişi dışarıdan gelen Çince sorulara elindeki kural kitabını takip ederek yanıt veriyor. Dışarıdan bakıldığında bu kişinin Çince bilen biri olduğu düşünülebilir. Ancak aslında söylenenleri anlamıyor. Searle'e göre bu tür semboller kullanılarak yapılan işlemler, anlama kabiliyetini ifade etmiyor, yapay zekâ düşünüyor gibi görünse de aslında zekâyı taklit ediyor, kendi mantık yürütmüyor.

Beklenmedik Çözümler ve Sınırlar

Yine de şunu ifade etmek gerekiyor: Modern yapay zekâ sistemleri zaman zaman şaşırtıcı başarılar elde edebiliyor. Mesela satrançta insanların daha önce düşünmediği hamleler keşfediyor, protein yapılarını tahmin etmede onlarca yıldır kabul görmüş yöntemleri geride bırakıyor. Bazı matematik problemlerinde matematikçilerin fark etmediği alternatif çözüm yolları buluyor. Bu başarıları sadece istatistiksel verilere dayalı olasılık hesabı diye küçümsemek kolay olabilir ancak olasılık hesabına dayalı sonuçların insan zekâsını geçtiği durumlar artık sıradan hâle geldi. Ne var ki bu başarıların büyük çoğunluğu dar tanımlı problemlerde elde ediliyor. Bir problemde başarılı olan bir sistem başka alandaki bir problemde başarılı olamıyor. Hata yaptıklarında düzeltemiyor ancak düzeltiliyorlar. Bu nedenle şu an için yapay zekâyı gerçek bir "zekâ"dan çok son derece gelişmiş bir araç olarak konumlandırmak daha doğru olabilir.

- https://academic.oup.com/mind/article-abstract/LIX/236/433/986238
- https://home.csulb.edu/~cwallis/382/readings/482/searle.minds.brains.programs.bbs.1980.pdf
- https://en.wikipedia.org/wiki/Chinese_room
- https://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/
- https://www.britannica.com/topic/Chinese-room-argument

Devrimb / iStock

Uykuya Dalarken, Rüya veya Kâbus Gördüğümüzde Beynimizde Ne Olur?

Deniz Çetin
Özel PEV Amiroğlu Fen Lisesi, 10. sınıf

Gece yatağa uzandınız, gözleriniz yavaş yavaş kapanıyor. Peki, tam o anda beyninizde neler oluyor?

Gün boyunca düşündükçe ve hareket ettikçe beynimizde adenozin adı verilen bir madde birikir. Bu maddenin beynimizdeki düzeyi arttıkça kendimizi yorgun hissederiz. Yani beynimiz bize dinlenme zamanının geldiğini söyler. Ayrıca akşam olup hava karardığında ise beynimizdeki pineal bez, melatonin hormonu salgılar. Bu hormon uyanıklık düzeyini düşürür ve biyolojik saati yani sirkadiyen ritmi düzenler. Bu iki süreç uykuya geçişi kolaylaştırır.

Uyku Evreleri ve Beynin Gece Çalışması

Uyku, birkaç evreden oluşur. Bu evreler yaklaşık 90 dakika süren döngüler hâlinde tekrar eder. Her döngüde vücuttaki fizyolojik süreçler ve beyin işlevleri değişiklikler gösterir. İlk evrede kalp atımı ve nefes alışverişi yavaşlar ve kaslar gevşer.

İkinci evrede uyku derinleşir ve kişi hâlâ uyandırılabilir durumdadır. Bu sırada bazen düşüyormuş gibi bir his ve ani kas kasılmaları görülebilir. Üçüncü evre ise derin uyku evresidir. Bu evrede uyanmak daha zordur ve vücudun dinlenmesi için gerekli evredir.

Uyku döngüsünün en dikkat çekici kısmı ise REM (hızlı göz hareketleri) evresidir. Bu evrede rüyalar görülür. Ancak kasların büyük bölümü geçici olarak devre dışı kalır. Sadece göz kasları ve nefes almayı sağlayan diyafram kası aktiftir. Bu duruma uyku felci (REM atonisi) denir.

Uykunun REM aşamasında yaşanan bu durumun bir güvenlik mekanizması olduğu düşünülüyor. Çünkü örneğin rüyanızda birinden kaçtığınızı düşünün. Eğer beyniniz bu hareket sinyallerini kaslarınıza gerçekten gönderseydi muhtemelen yataktan düşerdiniz.

Bazen bu sistemde bir senkronizasyon hatası olabilir. Uyanırsınız yani bilinciniz açılır, gözlerinizi açıp etrafı görebilirsiniz ama bu sırada hareket edemez ve konuşamazsınız. Kâbus gördüğümüzde yaşadığımız o "sesim çıkmıyor, hareket edemiyorum" hissinin sebebi de tam olarak budur. Beyniniz bağırmanız için sinyal gönderir. Ancak bu sinyaller kaslara tam olarak ulaşamaz. Bu nedenle yalnızca hafif sesler çıkarılabilir veya hızlı nefes alıp verilebilir.

Uyku felci genellikle düzensiz uyku, stres, aşırı yorgunluk veya sırtüstü uyuma gibi durumlarda daha sık görülür. Yani günlük hayatımızdaki alışkanlıklar da bu deneyimi yaşama ihtimalimizi etkileyebilir.

Normalde uyandığımızda atoni yani kaslar üzerindeki sinirsel kontrolün baskılanma durumu hızla ortadan kalkar. Fakat uyku felci sırasında bilincimiz açık olsa da bazen beynimiz vücudumuzu hâlâ uykuda zannedebilir ve bu koruyucu mekanizma bir süre daha devam eder. Bu yüzden ne bağırabilir ne de hareket edebilirsiniz. Uyku felci sırasında göğüs bölgesinde hissedilen baskı ise kaslarınızın uyku modunda yavaş çalışmasından kaynaklanır. Bu yüzden korkulacak bir durum yoktur, bu tamamen beynimizdeki bir zamanlama hatasıdır.

Sonuç olarak uyku sadece dinlenme süreci değildir, beynimizin yönettiği karmaşık bir süreçtir. Rüyalar sırasında vücudumuzu korumaya yönelik bu sistemde küçük aksamalar olabilir. Bu tür durumları korkutucu olarak algılasak da gerçekte yaşanan, beynimizin kontrolü kaybetmesi değil aksine hâlâ kontrolü elinde tutmaya çalışmasıdır.

• https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/parmagimizi-bile-kipirdatmamiza-izin-vermeyen-uyku-felcinin-sebebi-nedir
• https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21974-sleep-paralysis
• https://www.healthdirect.gov.au/sleep-paralysis#what-is
• https://www.nidirect.gov.uk/conditions/sleep-paralysis
• https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562322/
• https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8060736/
• https://www.thensf.org/what-are-the-sleep-stages/
• https://icrrd.com/public/media/16-05-2021-080425Why-We-Sleep-Unlocking-the-Power-of-Sleep.pdf
• https://www.health.harvard.edu/diseases-and-conditions/sleep-paralysis-causes-symptoms-and-treatments
• https://www.sleepfoundation.org/parasomnias/sleep-paralysis
• https://www.webmd.com/sleep-disorders/sleep-paralysis

pepifoto / iStock

Fregoli Sendromu: Ya Çevremizdeki Herkes Aynı Kişinin Kılık Değiştirmiş Hâliyse?

Ekin Eren
Zonguldak Fen Lisesi, 11. sınıf

Hiç çevrenizdeki kişilerin aslında tanıdığınız bir kişinin kılık değiştirmiş hâlleri olabileceğini düşündünüz mü? Fregoli sendromu olarak adlandırılan bu durum şizofreni gibi bazı psikiyatrik bozukluklarda nadir olarak görülebilir. Peki nedir bu Fregoli sendromu? Gelin yakından bakalım.

Fregoli sendromu, kişinin tanıdığı bir insanın görünüşünü değiştirerek yabancı bir kişi kılığına girdiğine inandığı bir psikolojik bozukluktur. Gerçek dışı düşüncelere dayanan bu sendromda birey, çevresindeki kişilerin kendisine zarar vereceğini, kendisini aldattığını ya da takip ettiğini düşünür. Bu sendromun görüldüğü kişiler, karşısındaki insanın fiziksel görünümünün farklı olduğunu doğru şekilde algılar ancak tanıdığı bir kişi ile aynı kimliğe sahip olduğunu düşünür. Uyku sorunları, halüsinasyonlar, hafıza problemleri de Fregoli sendromunun belirtileri arasında yer alır.

Sendrom, ilk kez 1927 yılında iki Fransız psikiyatrist Paul Courbon ve Georges Fail tarafından tanımlandı. Yirmi yedi yaşında

tiyatroya ilgi duyan genç bir kadın, izlediği tiyatro oyunundaki iki aktrisin başka kişilerin kılığına girerek kendisini takip ettiklerine inanır. Genç kadın, bu kişilerin kendi düşüncelerini kontrol etmeye, bazı davranışlarını engellemeye ya da ona komutlar vermeye çalıştığını düşünür.

Peki Fregoli sendromunun sebebi nedir? Bu kısma geçmeden önce bazı kavramları kısaca açıklamakta fayda var. Psikoz, kişinin gerçeklik algısının bozulduğu bir durumu ifade eder ve genel olarak ikiye ayrılır. Birincil psikoz, herhangi bir fiziksel hastalık ya da dış etkene bağlanamaz ve doğrudan beyin işlevlerindeki bir bozukluktan kaynaklanır ve kronik bir seyir izler. İkincil psikoz ise beyin tümörleri, enfeksiyonlar, epilepsi, madde kullanımı ve vitamin eksiklikleri gibi belirli fiziksel nedenlere bağlı olarak ortaya çıkar ve çoğu zaman geçicidir. Bu ayrımı yaptıktan sonra Fregoli sendromunun nedenlerini daha yakından inceleyebiliriz.

2022 yılında yapılan bir araştırmada Fregoli sendromunun birincil psikozla mı yoksa ikincil psikozla mı ilişkili ortaya çıktığı incelenmiş. Bu kapsamda 119 Fregoli sendromu vakasının yer aldığı 83 çalışma değerlendirilmiş. Bulgulara göre Fregoli sendromunun, 62 hastada birincil psikoz, 50 hastada ikincil psikoz ile ilişkili olduğu tespit edilmiş. Geri kalan 7 vakada ise psikozun nedeni belirsiz olarak rapor edilmiş.

Yetersiz veri içeren sonuçlar çalışmadan çıkarıldıktan sonra kalan 89 Fregoli sendromu vakası üzerinden yapılan değerlendirmede Fregoli sendromunun 55 hastada birincil psikozla, 34 hastada ise ikincil psikozla ilişkili olarak ortaya çıktığı gözlenmiş. Birincil psikozla ilişkili görülen 55 hastanın 32'sinde şizofreni, 7'sinde bipolar bozukluk, 5'inde psikotik depresyon ve 4'ünde şizoaffektif bozukluk tespit edilmiş.

İkincil psikoza bağlı olarak ortaya çıkan 34 vakada ise en sık görülen durumlar arasında felç (9 hasta) ve travmatik beyin hasarı (7 hasta) yer alıyor. Bunları nörodejeneratif hastalıklar (5 hasta), madde kullanımı (4 hasta) ve sistemik hastalıklar (4 hasta) takip ediyor.
Bu bulgular, Fregoli sendromunun yalnızca psikiyatrik değil aynı zamanda nörolojik süreçlerle de ilişkili olabileceğini düşündürüyor. İnsan beyninin algı, bellek ve gerçeklik değerlendirme mekanizmaları arasındaki hassas denge bozulduğunda, birey çevresini tamamen farklı bir şekilde yorumlayabiliyor.

• https://psychiatryonline.org/doi/full/10.1176/appi.neuropsych.22010011
• https://www.proquest.com/openview/56ee718581af6f6ccc0774da0e480acc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5425106
• https://www.hiwellapp.com/blog/fregoli-sendromu
• https://shs.cairn.info/revue-journal-francais-de-psychiatrie-2009-4-page-37?lang=fr

Yapay "Zekâ" mı Yoksa Kusursuz Bir Taklit mi?

Damla Kadakal
Gazi Lisesi, 10. sınıf

Bir yapay zekâ programının şiir yazdığını hayal edin. Ortaya çıkan metin sizi etkileyebilir, kelime seçimlerindeki hassasiyet derin duygular uyandırabilir. Ancak bu estetik deneyimin hemen ardından zihnimizi şu temel soru kurcalar: O şiiri yazan sistem şiirde ifade edilen duyguyu gerçekten "hissetti" mi yoksa sadece eğitildiği büyük veri kümesine dayalı olarak bir "hissetme simülasyonu" mu sundu? Son yıllarda yapay zekâ teknolojilerinin baş döndürücü bir hızla gelişmesi, makinelerin bir zamanlar yalnızca insan zihnine özgü olduğu düşünülen yaratıcılık, analiz ve sentez gibi birçok yeteneği sergilemesini sağladı. Metin yazabilen, görseller oluşturan ve karmaşık mühendislik problemlerini kısa süre içinde çözen sistemler artık günlük yaşamın ve modern bilimsel araştırmaların ayrılmaz bir parçası hâline geldi. Bu devrim niteliğindeki ilerleme, bilim dünyasından felsefe kürsülerine kadar herkesin aklına o temel soruyu getiriyor: Yapay zekâ gerçekten zeki mi yoksa sadece insan zekâsının çok iyi bir taklidi mi?

Zekâ genellikle öğrenme, akıl yürütme, problem çözme ve çevresel uyaranlara uyum sağlama gibi zihinsel süreçlerin bütünü olarak tanımlanır. Ancak bu tanımın en kritik ve belki de en gizemli boyutu çoğunlukla göz ardı edilir: bilinç. İnsan sadece aldığı girdiye göre çıktı üreterek bilgi işleyen bir biyolojik makine değildir aynı zamanda deneyimleyen, duyguları olan ve en önemlisi öz farkındalık sahibi bir varlıktır. Yapay zekâ tam da bu noktada insan zihninden radikal bir biçimde ayrılır. Günümüzün yapay zekâ sistemleri, esasen büyük veri setleri üzerinde eğitilmiş, milyarlarca parametreye sahip karmaşık matematiksel modellerdir. Bu sistemler, derin öğrenme algoritmaları sayesinde kendilerine sunulan örneklerden istatistiksel örüntüleri çıkarır ve bu örüntülere dayanarak yeni durumlara yanıt verir. Örneğin bir metin üretirken aslında kelimeler arasındaki olasılıkları hesaplar, hangi kelimeden sonra hangi kelimenin gelme olasılığının daha yüksek olduğunu belirler. Dolayısıyla ortaya çıkan yanıtlar ne kadar anlamlı ve tutarlı görünse de sistem ürettiği çıktıların anlamının veya yaratacağı etkinin bilincinde değildir. Başka bir deyişle yapay zekâ herhangi bir anlam üretmez, insan tarafından üretilen metinlerdeki örüntülere dayanarak anlamı taklit eder.

Turing'den Searle'e: Davranış mı, anlayış mı? Bilim tarihine baktığımızda 1950 yılında Alan Turing tarafından önerilen "Turing testi" bu tartışmada hâlâ merkezi bir referans noktasıdır. Turing'e göre bir insan bir makineyle iletişim kurarken karşısındakinin insan ya da makine olduğunu ayırt edemiyorsa bu makinenin "zeki" kabul edilmesi gerekir. Bugün kullandığımız büyük dil modelleri bu testi geçmeye oldukça yaklaştı hatta bazı durumlarda insanları yanıltmayı başarıyor. Ancak burada temel bir ontolojik ayrım karşımıza çıkar: İnsan gibi davranmak, gerçekten insan gibi düşünmek ve anlamakla aynı şey midir? Bu soruya en çarpıcı itirazlardan biri filozof John Searle'den gelmişti. Searle'nin ünlü "Çin odası" düşünce deneyi, yapay zekânın içsel işleyişini anlamak için hayati bir örnektir. Deneye göre hiç Çince bilmeyen bir insanı bir odaya kapatıp eline Çince karakterleri nasıl eşleştireceğine dair bir kural kitabı verirseniz dışarıdan gelen Çince sorulara doğru yanıtlar verebilir. Odanın dışındaki gözlemci, içerideki kişinin Çince bildiğini düşünebilir oysa içerideki kişi sadece kuralları uygulayarak sorulara cevap vermiştir. İşte güncel yapay zekâ sistemleri de bu odadaki kişi gibidir: Sembolleri yani verileri işlerler ama sembollerin yani verilerin temsil ettiği anlama dair bir fikirleri yoktur. Bu bakış açısına göre yapay zekâ, özünde yüksek hızda çalışan sembolik bir işlemcidir.

Belki de asıl sorun, zekâyı insan merkezli, biyolojik ve bilinç temelli bir kavram olarak dar bir çerçeveye hapsetmemizdir. Eğer zekâyı sadece "belirli bir girdiyle en verimli sonucu elde etme yeteneği" olarak tanımlarsak makinelerin insanlardan daha zeki olduğu durumlar söz konusu olabilir. Ancak zekâyı anlamlandırma ve mantık yürütme kapasitesi olarak tanımlarsak makinelerin bu alandaki kapasitesi hâlâ sınırlıdır. Bugün geldiğimiz noktada yapay zekâ, insan zekâsının biyolojik bir kopyası değil, insan zekâsı tarafından üretilen verilerdeki istatistiksel örüntüleri matematiksel olarak modelleyen bir sistemdir. Bu nedenle terimdeki "zekâ" kelimesi, kelimenin bire bir sözlük anlamıyla değil, işlevsel bir mecazı olarak kullanılır. Ancak bu sistemler o kadar başarılı ki bu durum bizi kendi zihnimizin doğasını sorgulamaya zorlar. Sonuç olarak yapay zekâyı "zeki" olarak adlandırmak, bakış açımıza göre hem doğru hem de eksiktir. Doğrudur çünkü yüksek bilişsel yetenekleri başarıyla simüle edebilir ve insanoğlunun uzun zamanda yapacağı hesaplamaları çok kısa süre içinde tamamlayabilir. Eksiktir çünkü bu işlemlerin arkasında bir anlam, bir etik kaygı veya bir yaşam deneyimi yoktur.

• Alan Turing (1950)- Computing Machinery and Intelligence. Mind Journal.
• John Searle (1980)- Minds, Brains, and Programs. Behavioral and Brain Sciences.
• Stuart Russell & Peter Norvig (2021)- Artificial Intelligence: A Modern Approach.
• Stanford University ve MIT-Artificial Intelligence ve cognition araştırmaları

Gazın Akışını Sağlayan Kısılma Olayı

Gülderen Akengin
Özel Kocaeli Enka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, 10. sınıf

Bir sprey kutusundan çıkan gazın neden buz gibi soğuk hissettirdiğini hiç merak ettiniz mi? Bu etkinin temelinde "kısılma olayı" olarak isimlendirilen olgu yer alır. Bu olay, gazların yüksek basınçlı bir ortamdan düşük basınçlı bir ortama geçerken genleşmesi sonucu gerçekleşir. Örneğin sprey kutusunun valfinden çıkan gaz tam da bu prensiple çalışır. Peki bu ani soğuma nasıl gerçekleşir? Gelin birlikte adım adım inceleyelim.

Kısılma olayı, gaz veya sıvı akışkanın yüksek basınçlı bir ortamdan, akış kesiti küçük bir aralık boyunca (mesela bir valf, vana veya kılcal boru) hareket ederek düşük basınçlı bir ortama geçmesi sırasında meydana gelir. Bu süreç 1850'li yıllarda bilim insanları James Joule ve William Thomson tarafından keşfedildiği için termodinamik kitaplarında sıklıkla "Joule-Thomson etkisi" olarak adlandırılır. Kısılma olayı sırasında sistem çevresi üzerinde iş ya da çevresiyle ısı alışverişi yapmaz. Bu yüzden kinetik enerji ve potansiyel enerji değişimleri sıfıra yakın olur, gazın entalpisi yani toplam ısı içeriği yaklaşık olarak sabit kalır. Bu duruma "izentalpik hâl değişimi" denir. Yani gazın basıncı düşerken enerji dengesi gazın sıcaklığı üzerinde belirleyici rol oynar.

Basınç azalırken sıcaklık nasıl değişir? İşte burada durum ilginçleşir. Gazın sıcaklığı artabilir, azalabilir veya hiç değişmeyebilir. Bu değişimin yönünü belirlemek için Joule-Thomson katsayısı kullanılır. Bu katsayı, entalpinin sabit olduğu durumda sıcaklığın basınçla nasıl değiştiğini gösterir. Eğer katsayı pozitifse gazın sıcaklığı düşer, negatifse sıcaklık artar, sıfır olursa sıcaklık değişmez. İdeal gazlarda basınç değişimine bağlı olarak sıcaklık değişimi görülmez çünkü ideal gazların entalpisi yalnızca sıcaklığa bağlıdır. Gerçek gazlarda ise moleküller arasındaki itme-çekme kuvvetleri ihmal edilemez. Sprey kutusundan çıkan gazın hızla soğumasının nedeni, yüksek basınçlı ortamdan düşük basınçlı ortama geçerken aralarındaki çekim kuvvetleri nedeniyle moleküllerin hareket enerjisinin azalmasıdır.

Nikiteev_Konstantin / iStock

Peki, bu soğuma etkisi gazın çıkış hızına bağlı olarak nasıl değişir? Balıkesir Üniversitesinde yapılan deneysel bir çalışma tam da bu soruyu aydınlatıyor. Araştırmacılar, kauçuk köpükle yalıtılmış bakır borulardan ve farklı çaplarda vanalardan oluşan bir düzenek hazırlamış. Oda sıcaklığında ve standart atmosfer basıncı altında yapılan deneylerde altı farklı gaz türü kullanılmış: hava, argon, oksijen, freon-22 (klorodiflorometan), karbondioksit ve azot. Özellikle boru çapı büyüdükçe ve gazın vanadan çıkış hızı arttıkça sıcaklığın belirgin şekilde düştüğü görülmüş. Bu bulgu, teorik modellerin yanı sıra gerçek akış koşullarının önemini gösteriyor.

Deneylerde en dikkat çekici sonuç, molekül kütlesi ve yoğunluğu yüksek gazlarda elde edilmiş. Özellikle freon-22 ve karbondioksit gibi gazlardaki sıcaklık düşüşünün, azot veya hava gibi görece hafif gazlara göre belirgin olduğu anlaşılmış. Freon-22 için ölçülen sıcaklık düşüşü 6 dereceye kadar ulaşmış. Diğer yandan azot, argon, hava ve oksijen gibi gazların soğuma derecelerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiş. Deney düzeneğinin iyi yalıtılmış olması sayesinde çevre sıcaklığının ve atmosfer basıncının etkisi neredeyse tamamen ortadan kalkmış, sonuçlar sadece kısılma koşullarına bağlı kalmış.

Peki, bu sonuçlar neden önemli? Kısılma olayı sadece sprey kutularındaki gazın davranışını açıklamaz. Günlük hayatta birçok alanda etkileri görülür. Buzdolaplarımız ve klima sistemleri bu prensiple çalışır.

Bu sistemlerde Linde yöntemiyle gazlar sıvılaştırılırken kriyojenik sıcaklıklara soğutmak için bu olgudan yararlanılır. Ayrıca buhar makinelerinde basınç kontrolü için kullanılır, petrol kuyularındaki gazların yoğuşturulmasında rol oynar. Kısılma olayı, endüstriyel uygulamalarda gazların sıvı hâle getirilmesinde kullanılan temel bir araçtır. Bu yüzden mühendisler soğutma sistemleri tasarlarken Joule-Thomson katsayısından yararlanır.

Kısılma olayı bize termodinamiğin günlük hayatta mühendislik uygulamaları için ne kadar önemli olduğunu gösterir. Basit bir sprey kutusundan dev soğutma makinelerine kadar birçok alanda aynı temel kurallar geçerlidir. Bilim insanları bu etkiyi keşfettiğinden beri soğutma teknolojileri büyük ilerleme kaydetti.

Unutmayın, bilimin etkilerini hayatımızın her alanında gözleriz. Her yeni keşif, hayatımızı kolaylaştıracak mühendislik uygulamalarının geliştirilmesine zemin hazırlar. Basit gibi gözüken sistemler, temel bilimsel mekanizmalara dayanır. Bu mekanizmaları keşfettikçe evreni daha iyi anlıyoruz. Merakınız hiç solmasın.

• Kon, O., ve Mertbaş, Ö. S., Termodinamik kısılma olayında farklı çıkış hızlarında gazların sıcaklık ve basınç değişimi. *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, s. 40-51, 2005. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/228327

Karbon Bazlı Yaşam

Hafsa Hepşenoğlu
Seyyid Ömer Anadolu Lisesi, 9. sınıf

Vücudumuzdaki DNA, yağ, şeker, protein molekülleri karbon elementi içerir. Peki ya hiç düşündünüz mü neden karbon evrendeki temel yapı taşı elementlerden biri? Bu durumun iki temel nedeni var: Karbonun evrende en bol bulunan elementlerden biri olması ve bağ kurabilme yeteneği.
Evrende en bol bulunan elementler sırasıyla hidrojen, helyum, oksijen ve karbon iken insan vücudunda en bol bulunan elementler sırasıyla oksijen, karbon, hidrojen ve azottur. Dikkat ettiyseniz hidrojen, karbon ve oksijen hem insan vücudunda hem de evrende ortak olarak en bol bulunan elementlerdir. Peki hidrojen ve oksijen evrende yaygın olarak bulunmasına rağmen neden organik moleküllerin omurgasını karbon oluşturur? Bu da karbonun ikinci özelliği ile ilişkilidir: bağ kurabilme yeteneği.

Karbon atomlarında toplamda dört değerlik elektronu bulunur. Dolayısıyla karbon atomları dört bağ kurabilir. Ayrıca karbon atomları birçok farklı biçimde bağ yapabilir. Örneğin karbon atomları kendi aralarında kararlı bağlar oluşturabilir. Hidrojenle yaptığı bağlar daha az reaktifken oksijenle daha reaktif bağlar kurar. Ayrıca karbon, tetrahedral bağlanma geometrisi sayesinde farklı üç boyutlu yapılara sahip moleküller oluşturabilir. Oksijenin ve hidrojenin değerlik elektron sayısı ise sırasıyla altı ve birdir. Yani karbon kadar farklı geometrik yapılar oluşturamaz ve karmaşık bağ yapamazlar.

Merkezdeki bir karbon atomuna bağlı dört hidrojen atomundan oluşan metan molekülü, tetrahedral yani düzgün dörtyüzlü geometriye sahiptir.

Aklınıza şu soru gelebilir: Silisyum elementinin değerlik elektron sayısı da dörttür yani dört bağ yapabilir. Ayrıca yeryüzünde bol bulunur. O hâlde neden silisyum yaşamla ilişkili moleküllerin omurgasını oluşturmuyor? Bunun temel nedeni, silisyumun değerlik elektronlarının çekirdeğe olan uzaklığının fazla olmasıdır. Silisyumun değerlik elektronları üçüncü kabukta, karbonun değerlik elektronları ise ikinci kabukta bulunur. Bu durum silisyum atomlarının kendi aralarında ya da başka atomlarla yaptığı bağların daha zayıf olmasına yol açar. Eğer sayılar ile ifade edersek silisyum-silisyum bağının enerjisi 196 kJ/mol, karbon-karbon bağının enerjisi ise 334 kJ/mol'dür. Yani karbon atomları arasındaki bağı kırmak için gerekli enerji, silisyum atomları arasındaki bağı kırmak için gerekli olandan büyüktür.

Sonuç olarak karbon, belirli özelliklerinden dolayı evrendeki en önemli elementlerden biridir. Kim bilir, belki de evrenin en derinliklerinde karbon temelli olmayan yaşam formları olabilir.

• https://www.acs.org/pressroom/reactions/library/why-is-carbon-the-key-to-life-on-earth-anyway.html
• https://www.youtube.com/watch?v=kAFC4RY1cKQ
• https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-based_life

patpitchaya / iStock

Yapay Zekâya Ne Kadar Güvenmeliyiz?

Ezgi Dağtekin
The Macduffie School, MA ABD, 11. sınıf

Gece saat 23.47. Yarın teslim etmen gereken bir ödevin var ve sen hâlâ bitirmemişsin. Son çare olarak yapay zekâyı kullanmaya karar veriyorsun: "Bana bunu açıklar mısın?"

Birkaç saniye sonra ekrana bir cevap düşüyor. Akıcı, mantıklı hatta fazlasıyla tatmin edici. Ama aklına küçük bir soru takılıyor: "Bu gerçekten doğru mu?"

İşte tam o anda aslında sadece bir cevabı kabul edip etmeyeceğine karar vermiyorsun. Aynı zamanda yapay zekâya ne kadar güveneceğini de sorguluyorsun.

Bugün yapay zekâ destekli araçlar, öğrencilerin hayatında oldukça yaygın. Ödev yaparken, konu tekrar ederken bazen de karar verirken bu sistemlere başvuruyoruz. Artık çoğu insan sosyal hayatında da bu araçları kullanmaya başladı.

Bilim insanları ise bu teknolojileri farklı bir açıdan değerlendiriyor. Onlar için asıl soru şu: İnsanlar bu sistemlere neden ve nasıl güveniyor? Çünkü güvenilirlik sadece teknolojik bir özellik değil aynı zamanda psikolojik bir süreç.

Araştırmalar, yapay zekâya duyulan güvenin birkaç temel faktörden etkilendiğini gösteriyor. İlk olarak doğruluk algısı öne çıkıyor. Bir sistem kendinden emin, akıcı, mantıksal olarak tutarlı ve dilsel olarak düzgün cevaplar verdiğinde insanlar o bilgiyi daha az sorguluyor. Bazı çalışmalarda katılımcıların yaklaşık %70'inin yanlış olsa bile iyi yazılmış yapay zekâ cevaplarını doğru kabul ettiği görülüyor.

İkinci olarak duygular devreye giriyor. Bazı öğrenciler yapay zekâyı sorgulamadan rahat bir şekilde kullanırken bazıları tedirgin olabiliyor. Bu fark, kullanım alışkanlıklarını doğrudan etkiliyor.

Üçüncü önemli nokta sistemin iletişim biçiminin insana benzerliği. Daha açıklayıcı, doğal ve samimi bir dil kullanan sistemler, kullanıcıya daha fazla güven veriyor. Yani aslında teknolojiye değil, onun insan gibi iletişim kurmasına güveniyoruz.

Son faktör ise sistemin kullanıcılar tarafından denetlenebilirliği. Eğer bir kullanıcı sistemin nasıl çalıştığını anlamıyorsa ya ürettiği yanıtlara tamamen güveniyor ya da verdiği cevapları tamamen reddediyor.

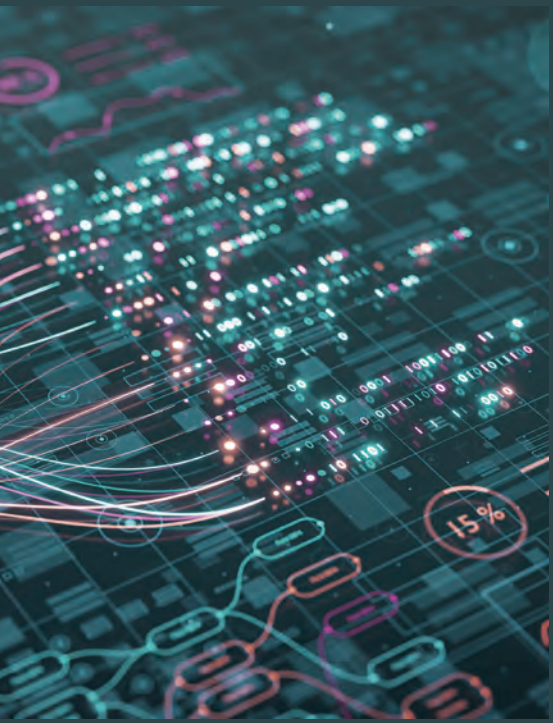
Belki de üzerinde düşünülmesi gereken asıl sorun yapay zekâya güvenmek ya da güvenmemek değil, ne kadar güveneceğimizi bilmemek. Bilim insanları bu durumu "uygun güven" olarak isimlendiriyor. Yani ne körü körüne inanmak ne de tamamen uzak durmak. Bu durumu basit bir örnekle ele alalım. Bir öğrenci, yapay zekânın verdiği bilgiyi hiç kontrol etmeden kullanıyor. Hızlı, pratik ama riskli. Çünkü bazı araştırmalar, yapay zekânın verdiği bilgilerin yaklaşık %10-15'inin eksik ya da hatalı olabileceğini gösteriyor.

Başka bir öğrenci ise yapay zekâ sistemlerinin verdiği her bilgiyi reddediyor. Bu yöntem ise hatayı azaltıyor ancak verimsiz. Çünkü sistemin sunduğu faydalardan yararlanmayı engelliyor. Gerçek çözüm, bu iki uç arasında bir denge kurmak.

Belki de en kritik nokta ise şu: Yapay zekâ sadece bilgi vermiyor aynı zamanda düşünme biçimimizi de etkiliyor.

Eğer kendimiz araştırmak yerine sürekli yapay zekâ sistemlerinin verdiği hazır cevapları kullanır ve bu sistemlerin verdiği yanıtları sorgulamazsak problem çözme ve eleştirel düşünme gibi üst düzey bilişsel becerilerimiz zamanla zayıflayabilir. Ama doğru kullanıldığında bu teknoloji, öğrenmeyi gerçekten kolaylaştıran ve güçlendiren bir araç hâline gelebilir.

Günümüzde yapılan çalışmalar, yapay zekâya duyulan güvenin öğrenme performansını doğrudan etkilediğini gösteriyor. Dolayısıyla bu konu sadece yeni bir teknolojinin kullanılması ile ilgili değil aynı zamanda psikolojik ve etik yönleri olan bir mesele.



NicoElNino / iStock

Gelecekte yapay zekâ, eğitim sisteminin çok daha merkezinde olacak. Belki de öğrenciler yalnızca öğretmenleriyle değil, kişisel yapay zekâ asistanlarıyla birlikte öğrenecek.

Ama o gün geldiğinde şu soru değişmeyecek: "Yapay zekâya ne kadar güvenmeliyim?"

Belki de en doğru yaklaşım şu: Yapay zekâyı bir otorite olarak değil, öğrenme sürecini destekleyen bir araç olarak görmek. Çünkü en gelişmiş teknoloji bile senin yerine düşünemez ama doğru soruları sorman için sana yardım edebilir.

Bu yüzden yapay zekâ çağında en önemli beceri doğru cevapları bulmak değil, doğru soruları sorabilmektir.

• Binns, R. (2018). Fairness in Machine Learning.
• Glikson, E., & Woolley, A. (2020). Human Trust in Artificial Intelligence.
• OECD (2021). Artificial Intelligence in Education.
• UNESCO (2023). AI and Education: Guidance for Policy-makers.

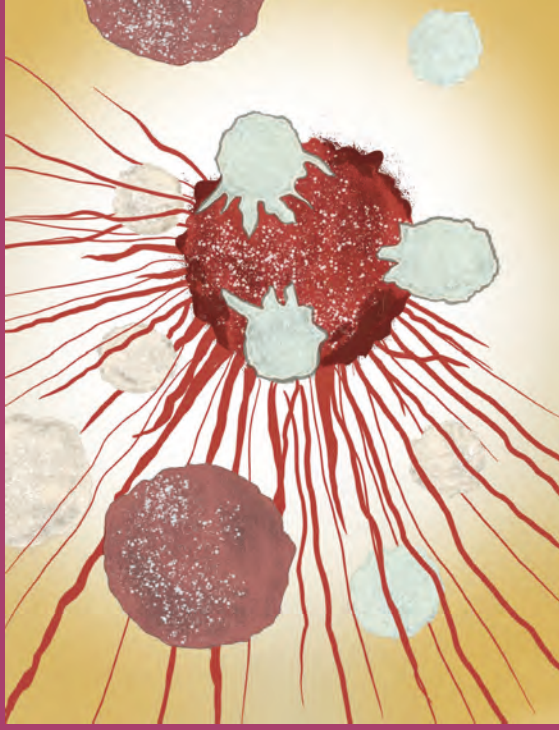
Kanser Tedavisinin Geleceği: Mühendislik Ürünü T Hücreleri ve CAR-T Teknolojisi

Kayla Ece Baş
Özel Hisar Lisesi, 9. sınıf

Her yıl dünya genelinde 10 milyondan fazla insan, kanser nedeniyle hayatını kaybediyor. Bazı kanser türlerinde tümör hücrelerinin vücudun bağışıklık sisteminden kaçabilmesi ve tedaviye direnç gösterebilmesi hastalığın kontrolünü zorlaştırabiliyor. Peki ya kendi bağışıklık sistemimiz, bu tehditleri yok edecek şekilde tasarlanabilseydi? Bilim insanları CAR-T hücre tedavisi adı verilen yöntemle, hastanın kendi bağışıklık hücreleri olan T hücrelerini yeniden programlayarak kanser hücrelerini daha etkili bir şekilde tanıyıp yok etmesini sağlıyor. Peki mühendislik ürünü bu hücreler kanser hücrelerini nasıl yok ediyor?

T Hücreleriyle Tanışın: Bağışıklık Sistemimizin Askerleri

Bağışıklık sisteminin temel bileşenlerinden olan T hücreleri, beyaz kan hücrelerinin bir türüdür. Kan dolaşımı ile taşınan T hücreleri yüzeylerindeki özel reseptörler sayesinde anormal ya da enfekte (bir patojenin saldırısına uğramış) hücreleri tespit ederler. Bir T hücresi bir tehdit tespit ettiğinde hedef hücreyi yok etmek için harekete geçer ve diğer bağışıklık hücrelerini aktive eder. Bazı T hücreleri ise bellek T hücrelerine dönüşür. Bu hücreler daha



idalle / iStock

önce karşılaştıkları tehlikeleri hatırlayarak aynı tehditle yeniden karşılaşıldığında daha hızlı ve etkili bir bağışıklık yanıtı verilmesini sağlar. T hücreleri anormal ve enfekte hücreleri tanıyıp ortadan kaldırarak vücudun savunmasında rol oynar ve diğer bağışıklık hücrelerini aktive ederek bağışıklık yanıtının düzenlenmesine yardımcı olur. Peki T hücreleri bu kadar etkiliyse kanser neden hâlâ her yıl milyonlarca insanın hayatına mal oluyor?

Kanser Bağışıklık Sistemimizi Nasıl Alt Ediyor?

T hücreleri son derece etkili savunma hücreleri olmalarına rağmen kanser hücreleri bağışıklık hücreleri tarafından tanınmalarını zorlaştıran mekanizmalar geliştirebilir. Örneğin bazı kanser hücreleri

yüzeylerindeki, T hücreleri tarafından tanınmalarını sağlayan antijenlerin düzeyini düşürebilir. Bazı kanser hücreleri ise yüzeylerinde bağışıklık baskılayıcı sinyaller oluşturarak T hücrelerinin etkinliğini azaltabilir. Bunun yanında kanser hücreleri, çok hızlı çoğaldıkları için bağışıklık sistemi tarafından kontrol edilmeleri zordur.
Peki bilim insanları T hücrelerine kanser hücrelerini daha etkili bir şekilde yok etme yeteneğini nasıl kazandırabilir?

T Hücrelerini Yeniden Programlamak: Bağışıklık Hücrelerini Kanserle Mücadele Eden Hücrelere Dönüştürmek

Bilim insanları T hücrelerini kanserle mücadelede kullanmak için önce hastadan kan örneği alır. Özel yöntemler kullanarak T hücrelerini diğer kan hücrelerinden ayırır ve laboratuvarda çoğaltır. Daha sonra bu T hücreleri genetik olarak değiştirilir ve CAR (Kimerik Antijen Reseptörü) adı verilen özel bir reseptör eklenir. CAR-T hücre tedavisi olarak bilinen bu süreç, T hücrelerine kanser hücrelerini etkili bir şekilde tanımalarını sağlayacak bir algılama sistemi kazandırır. Bu hücreler yeterli sayıya ulaşana kadar çoğaltılır ve ardından kanser hücrelerini hedef alıp yok etmek üzere hastanın vücuduna geri verilir.

Mühendislik Ürünü T Hücreleri ve Kanser

Yeniden programlanan T hücreleri, hedefini bulduğunda kanser hücresine bağlanır ve hücre ölümünü başlatan moleküller salgılar. Aynı zamanda diğer bağışıklık hücrelerinin de aktive olmalarını sağlarlar. Hedefe yönelik bu etki, CAR-T tedavisini mevcut tedavi yöntemlerinin yetersiz kaldığı kanser türlerine karşı güçlü bir seçenek hâline getirir. Klinik çalışmalarda, ileri evre kan kanseri olan bazı hastalarda tümörlerin küçüldüğü hatta bazı durumlarda tamamen ortadan kaybolduğu görülmüş.

Laboratuvardan Hayata: Mühendislik Ürünü T Hücrelerinin Geleceği

Günümüzde CAR-T tedavisi, hastanın kendi bağışıklık hücrelerini kullanarak birçok kanser hastasının kanserle daha etkili mücadele etmesine yardımcı oluyor. Ancak bu tedavilerin maliyeti yüksek, bazen ciddi yan etkilere yol açabiliyor ve her kanser türünde etkili olmayabiliyor. Bu nedenle araştırmacılar CAR-T hücre tedavisini daha güvenli, daha etkili ve daha seçici hâle getirmenin yollarını araştırıyor. Ayrıca tedavisi daha zor olan katı tümörleri hedefleyen yeni tedavi yaklaşımları geliştiriliyor. Gelecekte yeniden programlanan T hücreleri daha fazla kanser türü için etkili bir tedavi seçeneği hâline gelebilir.

- https://doi.org/10.1056/NEJMra1706169
- https://doi.org/10.1056/NEJMoa1709866
- https://doi.org/10.3892/mmr.2024.13171

Yapay Yer Çekimi ve Canlılar Üzerindeki Etkisi

Mehmet Arel Şimşek
İstanbul Alibeyköy Anadolu Lisesi, 11. sınıf

Teknoloji geliştikçe insanlığın tükenmeyen keşfetme tutkusu, uzayı sadece bir hedef değil, belki de yeni bir yuva hâline getiriyor. Ancak hâlâ Dünya'nın yörüngesinin ötesinde kalıcı bir yaşam alanı kurmadık. İnsanlığın uzayda bir yerleşim kurması hedefinin önünde büyük bir engel var: Yer çekimi.

Yer çekimi insan vücudu için hayati bir öneme sahip. Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (ISS) görev yapan astronotlar her gün düzenli spor yapıyor. Çünkü ağırlıksız ortam koşullarında spor yapmazlarsa kas ve kemik kaybı meydana gelebiliyor.

Ağırlıksız ortam uzun süreli uzay görevleri içinse daha da büyük bir problem. Örneğin astronotlar, Dünya'dan Mars'a gitmek için yaklaşık 6 ay uzayda yolculuk yapacak. Ağırlıksız ortam koşullarında gerçekleştirilen uzun süreli uzay görevleri ise insan fizyolojisini olumsuz etkileyebiliyor. Bu etkileri hafifletmek için bilim insanları yapay yer çekimi fikri üzerine birçok deney yapıyor.

Yapay yer çekiminde sistem döndürülerek Dünya'daki yer çekimine benzer bir etki oluşturulur. Bu yöntemle ağırlıksız ortam koşullarının insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi amaçlanıyor.

$$\alpha = \omega^2 \cdot r$$

Dönme sırasında oluşan yer çekimi ivmesini veren bu formülde:

α: yer çekimi ivmesi
ω: çemberin dönüş hızı
r: çemberin yarıçapı

NASA'nın, uzaydaki yapay yer çekiminin canlılar üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yürüttüğü bir deney kapsamında meyve sinekleri ISS'ye gönderildi. Deneyde meyve sineklerinin seçilmesinin nedeni, insanlarda hastalığa neden olan genlerin meyve sineklerindeki genlerle %75 oranında örtüşmesiydi. Bir aylık görev süresince meyve sinekleri gruplara ayrıldı: Bir grup, astronotlara benzer şekilde uzaydaki ağırlıksız ortam koşullarında tutulurken diğer grup dönen bir düzenek içerisinde yapay yer çekimine maruz kaldı. Meyve sineklerinin davranışları kameralar aracılığıyla bir ay boyunca kaydedildi. Gözlemlenen değişikliklerin bir kısmı istasyonda fark edilirken bazıları ise sineklerin Dünya'ya dönmesinden sonra ortaya çıktı.

Meyve sinekleri Dünya'ya döndükten sonra gerçekleştirilen tırmanma testlerinde ağırlıksız ortam koşullarına maruz kalanların, yapay yer çekimi grubuna kıyasla daha fazla zorlandığı görüldü. Ayrıca yeryüzüne döndükten hemen sonra gerçekleştirilen ayrıntılı analizlerde ağırlıksız ortam koşullarına maruz kalan grupta nörolojik değişiklikler saptandı. Meyve sinekleri uzay

nechaev-kon / iStock

yolculuğundan sonra Dünya'daki koşullara uyum sağlama sürecindeyken yapay yer çekimine maruz kalan meyve sineklerinde yaşlanma süreçleri diğer gruptakilerden farklılık gösterdi: Bu grupta da ağırlıksız ortam koşullarının bazı etkileri görülse de bu etkiler diğer gruptaki meyve sineklerine kıyasla daha hafifti.

Her ne kadar meyve sinekleri insanlarla genetik benzerlikler gösterse de elde edilen sonuçların doğrudan insanlara genellenemeyeceği unutulmamalıdır. Yapay yer çekimi, uzun süreli uzay yolculuklarının insan vücudunda neden olabileceği sorunlara kesin bir çözüm olmasa da ağırlıksız ortam koşullarının etkisini büyük ölçüde hafifletebilir.

Uzayı keşfetmek insanlığın ortak hedeflerinden biridir. Yapay yer çekimi ile Dünya'daki koşulların kısmen taklit edilmesi, bu hedefin gerçeğe dönüşmesini kolaylaştırabilir. Belki de gelecekte uzay sadece bilimsel çalışmaların yapıldığı bir ortam olmayacak aynı zamanda insanlığın ikinci evi hâline gelecek.

• https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4470275/
• https://sparkgravity.com/journal/artificial-gravity-101/
• https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/ames/artificial-gravity-provides-partial-protection-for-biology-in-space/

Yapay Zekâ Duyguları Hissedebilir mi?

Havva Sude Yıldız
Yahya Akel Fen Lisesi, 9. sınıf

Günümüzde yapay zekâ, kendisine sorular sorduğumuzda veya sohbet edildiğinde, ifadelerdeki dilsel yapıyı, bağlamı ve duygusal unsurları anlayıp buna uygun cevaplar veriyor gibi görünüyor. Peki, gerçekten duyguları hissediyor mu? Son yıllarda yapay zekâ uygulamalarının kullanımı yaygınlaştıkça bunun gibi sorular daha sık sorulmaya başlandı. Bu yazıda bu sorunun cevabını inceliyoruz.

Duygu nedir?

Duygu, yaşadığımız durumlara, olaylara ve düşüncelere karşı verdiğimiz tepkilerdir. Beyindeki sinirsel aktiviteler, hormon salınımı ve otonom sinir sistemi tepkileri duyguların oluşum sürecinde önemli bir rol oynar. Mutluluk, üzüntü, korku ve sevinç gibi duygular yalnızca zihinsel değil aynı zamanda fiziksel etkiler de oluşturur. Mutlu olduğumuzda rahatlarız, utandığımızda yanaklarımız kızarır ve korktuğumuzda kalp atışlarımız hızlanır. Duygular, insanların sosyal ilişkilerin yönlendirilmesinde ve çevrelerini anlamasında önemli rol oynar.

Yapay Zekâ Nasıl Çalışır?

Yapay zekâ insan beyninden tamamen farklı çalışır. Büyük veri setleri ile eğitilir, bu veriler arasındaki örüntüleri tespit eder ve bu örüntülere uygun sonuçlar üretir.

Örneğin bir öneri algoritması geçmiş aramalarımıza veya izlediğimiz videolara göre tahminler yaparak yeni içerikler önerir. Bu nedenle bazen aklımızdan geçirdiklerimizin internette karşımıza çıktığını düşünebiliriz. Aslında bu durum, verilerin analiz edilmesinin bir sonucudur.

Yapay zekâ, insanlar gibi doğuştan gelen duygulara sahip değildir. İnsanlar duyguları hem zihinsel hem de fiziksel olarak deneyimler. Yapay zekâ, ise kullanıcıdan aldığı verileri analiz ederek uygun cevaplar üretir. Bu nedenle kendisine sunulan ifadelerdeki duyguları gerçekten algılamaz, yalnızca ifadelerdeki duygusal ögeleri örüntüler üzerinden tespit etmeye çalışır.

Çin Odası Deneyi

Bu durumu açıklayan önemli bir örnek olan Çin odası deneyi, Filozof John Searle tarafından 1980 yılında ortaya atılan bir düşünce deneyidir. Searle, kendimizi Çince bilmeyen biri olarak kapalı bir odada hayal etmemizi ister. Önümüzde üzerinde Çince karakterler bulunan kartlar ve kendi dilimizde yazılmış, hangi Çince karaktere hangi karakterle karşılık vermemiz gerektiğini

söyleyen bir kural kitabı vardır. Dışarıdaki Çince konuşan kişiler, kapının altında Çince sorular gönderir. Kural kitabına bakarak Çince soruların uygun karşılıklarını bulur ve dışarıya göndeririz. Dışarıdaki kişiler, verdiğimiz doğru cevaplara bakarak Çince bildiğimizi düşünebilir. Fakat Çince sorulara doğru cevaplar vermek Çince bildiğimiz anlamına gelmez.

Yapay zekâ da benzer şekilde çalışır. Kendisine verilen kurallar ve veriler doğrultusunda doğru cevaplar üretebilir. Ancak bu durum, yapay zekâ sistemlerinin kendisine verilen ifadeleri gerçekten anladığı ya da ifadelerdeki duygusal anlamları hissettiği anlamına gelmez.

Turing Deneyi

Turing testi, 1950 yılında Alan Turing tarafından önerilen bir yöntemdir. Bu testte bir kişi, ayrı odalarda bulunan bir makine ve bir insanla iletişim kurup sorular sorarak hangisinin makine, hangisinin insan olduğunu anlamaya çalışır. Kişi karşısındaki makine mi insan mı olduğunu ayırt edemezse makine testi geçer. Bir makinenin Turing testini geçmesi, insanların sahip olduğu mantık yürütme, problem çözme, duyguları anlama gibi bilişsel becerilere sahip olduğu anlamına gelmez, sadece bunları başarıyla taklit edebildiğini gösterir. Örneğin yapay zekâ insanların ses tonunu ve diğer verileri analiz ederek duygu durumları hakkında tahminde bulunabilir ve buna göre uygun cevaplar verebilir.

Günümüzde birçok insan telefonda veya bilgisayardaki yapay zekâ uygulamalarıyla sohbet ediyor ve bu uygulamalar kişinin ifadelerindeki anlam ilişkilerini, bağlamı ve duygu durumunu analiz ederek buna uygun cevaplar veriyor. Büyük dil modellerine dayanan yapay zekâ uygulamaları hayatımızı kolaylaştırsa da bazı araştırmalar aşırı kullanımın sosyal etkileşimi azaltabileceğine işaret ediyor. Bu durum insanların diğer insanlarla daha az iletişim kurmasına yol açabilir, bu da zamanla yalnızlık hissinin artmasına neden olabilir. İnsanlar için yüz yüze iletişim ve sosyal ilişkilerin ruhsal ve fizyolojik sağlık açısından anahtar rolü vardır. Bu nedenle uzmanlar yapay zekâ ile kurulan etkileşimin, insan ilişkilerinin yerini tamamen alamayacağına dikkat çekiyor.
Ayrıca yapay zekâ, zaman zaman işlerimizi kolaylaştırsa da her zaman doğru cevaplar vermeyebilir. Bu nedenle sunduğu bilgileri sorgulamak ve farklı kaynaklarla karşılaştırmak önemlidir.

Atlas Studio / iStock

• Turing, A. M. "Computing Machinery and Intelligence", *Mind*, cilt 59, sayı 236, s. 433–460, 1950.
• Searle, J. R. "Minds, Brains and Programs", *Behavioral and Brain Sciences*, cilt 3, sayı 3, s. 417–457, 1980.
• Russell, S. ve Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Pearson, 2021.
• https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/turingden-bugune-yapay-zeka-testleri
• https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence

Fermi Paradoksu: Uzaylıları Neden Bulamıyoruz?

Ömer Aytekin
Gebze Anadolu Lisesi, 9. Sınıf

Gözlenebilir evrende 2 trilyon gök ada bulunabileceği, gök adalardaki ortalama yıldız sayısının da 100 milyar olduğu tahmin ediliyor. Hemen her yıldız ise bir gezegen sistemine sahiptir. Kepler Uzay Teleskobu'ndan elde edilen verilere göre yapılan tahminler, içinde bulunduğumuz Samanyolu Gök Adası'nda Dünya benzeri yaklaşık 17 milyar ötegezegen bulunabileceğini gösteriyor. Bu gezegenlerin bazılarında yaşam ortaya çıkmış olabilir. Peki neden henüz bununla ilgili hiçbir kanıt bulamadık? İşte Fermi paradoksu tam da bunu sorguluyor.

İtalyan fizikçi Enrico Fermi bir gün öğle yemeği sırasında meslektaşlarıyla evrende başka uygarlıkların var olup olamayacağı üzerine konuşurken şu soruyu sordu: "Herkes nerede?"

Yıllardır bu paradoksu çözmek için onlarca hipotez geliştirildi. Bazıları zeki yaşamın sadece Dünya'ya özgü olduğunu ya da yaşamın belirli bir zekâ seviyesine ulaşmasının önünde aşılamaz engeller bulunduğunu savunur. Bazıları ise uzaydaki gelişmiş uygarlıkların bizi izlediğini ancak bizimle özellikle iletişim kurmadıklarını veya evrenin tehlikeli bir yer olması nedeniyle her uygarlığın kendini koruma içgüdüsüyle sessiz kaldığını öne sürer. Belki de teknolojik seviyelerimiz o kadar farklıdır ki birbirimizin sinyallerini algılayamıyoruz.

Fermi paradoksunu açıklayan başka bir etken ışığın sonlu bir hızda yayılması olabilir. Işık saniyede 300.000 km hızla yol alır. Bu nedenle gökyüzüne baktığımızda gök cisimlerinin şu anki değil geçmişteki hâllerini görürüz. Örneğin Dünya ile Güneş arasındaki mesafe yaklaşık 150 milyon km'dir ve Güneş ışınları gezegenimize yaklaşık 8 dakikada ulaşır. Dolayısıyla eğer Güneş eğer bir anda yok olsaydı 8 dakika sonra fark ederdik.

65 milyon ışık yılı uzağımızdaki bir yıldız sisteminde zeki bir uygarlık olsaydı, gezegenimizi gözlemlediklerinde Dünya'nın 65 milyon yıl önceki hâlini yani dinozorların yaşadığı Dünya'yı göreceklerdi.

NASA'nın Goddard Enstitüsünde iklim modelleri üzerine çalışmalar yapan Gavin Schmidt ve Rochester Üniversitesinden astrofizikçi Adam Frank'in 2018 yılında ortaya attığı Silüryen hipotezi, bir gezegendeki teknolojik uygarlıklardan kalan jeolojik ve kimyasal izlerin tespit edilip edilemeyeceğini sorgular. Ayrıca bir gezegendeki yaşam, teknolojik sinyaller yayacak düzeyde gelişmiş bir uygarlık seviyeye ulaşmadan önce de atmosferindeki biyolojik faaliyetler

bjdlzx / iStock

sayesinde uzaktan tespit edilebilir. Bu aşamadaki bir gezegende yaşam olabilir ama henüz radyo sinyalleri gibi uzaktan tespit edilebilecek sinyaller yayamaz.

Bir gezegenin atmosferindeki oksijen gibi yaşama dair izleri tespit eden uzak bir uygarlık, oraya ulaştığında gelişmiş bir medeniyetle mi yoksa kurak bir gezegenle mi karşılaşacağını kesin olarak bilemez.

Peki, ya uzaylılar bu zaman gecikmesinin farkındaysa?

• https://doi.org/10.1089/ast.2017.1729
• https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/kozmik-sessizlik/
• https://doi.org/10.1073/pnas.1304213111
• https://doi.org/10.1089/ast.2017.1737
• https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/dunyaya-benzeyen-17-milyar-gezegen/257375
• https://doi:10.1017/S1473550418000095
• https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-astrobiology/article/silurian-hypothesis-would-it-be-possible-to-detect-an-industrial-civilization-in-the-geological-record/77818514AA6907750B8F4339F7C70EC6

Maglev: Raylara Değmeyen Dünya'nın En Hızlı Treni

Mehmet Doruk Oruğ
Özel Üsküdar Amerikan Lisesi, 10. sınıf

Neredeyse raylara temas etmeden ilerleyen Maglev trenlerinin çalışma mantığı, klasik trenlere alışkın insanlar için ilk bakışta şaşırtıcı olabilir. Geleneksel raylı ulaşım sistemlerinde tekerlekler ve raylar arasında fiziksel temas vardır. Bu, trenin hareketini kontrol etmek için gerekli olsa da sürtünme kaynaklı enerji kaybına ve hız sınırlamalarına neden olur. Ayrıca uzun vadede bakım gereksinimini artıran temel etkenlerden biridir. Maglev trenleri bu geleneksel ulaşım anlayışını değiştirerek yeni bir bakış açısı getirir.

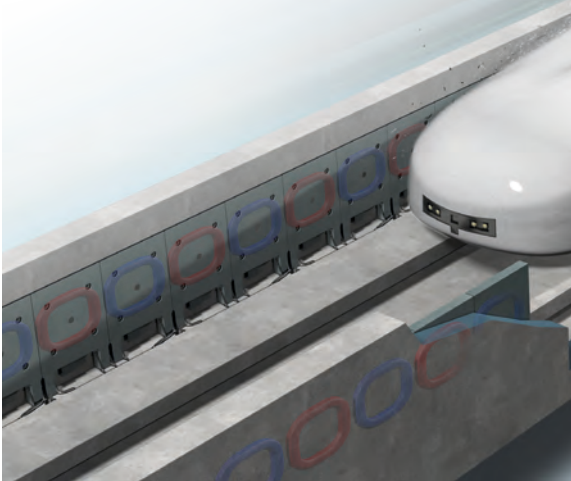
"Maglev" kelimesi manyetik levitasyon (havada asılı kalma) kavramından türetilmiştir. Bu terim, sistemin temel çalışma mantığını yansıtır. Maglev trenlerinde güçlü mıknatıslar kullanılarak oluşturulan manyetik alan treni havada tutar ve hareket etmesini sağlar.

Maglev trenlerini geleneksel trenlerden ayıran en önemli özelliklerinden biri, tekerlekler ve raylar arasında fiziksel temas olmamasıdır. Bu durum daha az sürtünmeye neden olur ve trenin daha yüksek hızlara ulaşmasını mümkün kılar. Geleneksel trenlerde sürtünmenin büyük bir kısmı fiziksel temastan kaynaklanır. Maglev trenlerinde ise bu etki sınırlıdır.

Bu durum, sistemin enerji verimliliği açısından önemli bir avantaj sağlar. Ayrıca manyetik levitasyona dayalı ulaşım sistemleri daha sessiz ve sarsıntısızdır. Bu da yolculuk konforu bakımından dikkate değer bir fark oluşturur.

Genel maglev ulaşım sistemleri iki gruba ayrılır: elektromanyetik ve elektrodinamik sistemler. Çalışma mekanizmalarının teknik ayrıntıları farklı olsa da her iki sistem de treni manyetik levitasyon ile havada tutar.

Maglev trenlerinin ulaştığı yüksek hızlar, bu sistemin en dikkat çekici özelliklerindendir. Ticari olarak kullanımda olan en uzun maglev tren hattı Çin'in Şanghay şehrinde kurulu. Uzunluğu yaklaşık 30 kilometre olan hatta ulaşılan en yüksek hız saatte yaklaşık 430 kilometre. Japonya'da bulunan 42,8 kilometre uzunluğundaki Yamanashi Maglev Test Hattı'nda 2015 yılında yapılan testlerde ise L0 serisi trenler ile saatte 603 kilometre hıza ulaşıldı. Bu örnekler maglev teknolojisinin sadece



fütüristik bir fikir olmadığını, gerçek dünyada da uygulanabileceğini açıkça gösteriyor.

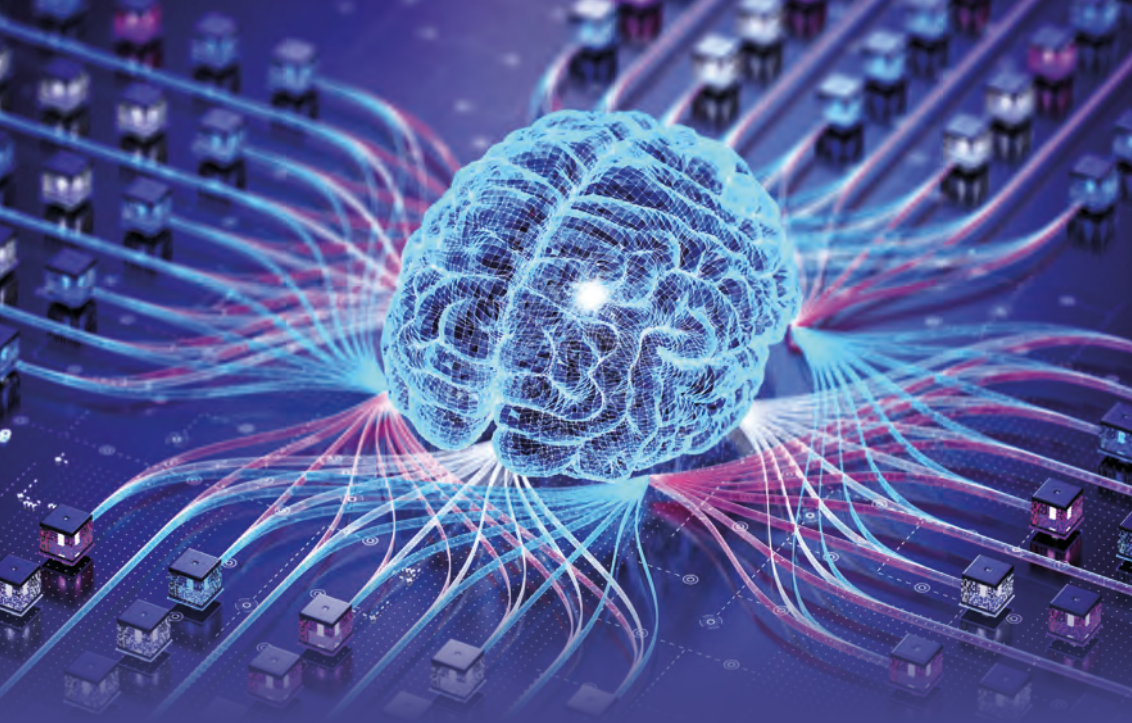
Manyetik levitasyonla çalışan ilk ticari tren 1984'te kullanılmaya başlansa da bu teknoloji ilerleyen yıllarda yaygın olarak kullanılmadı. Bu sistemin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biri yüksek altyapı maliyeti. Maglev trenleri normal ray hatlarında kullanılamaz. Manyetik levitasyon teknolojisinin kullanılabilmesi için özel bir ray hattı inşa edilmesi gerekir.

Bu teknolojinin kullanım alanı yalnızca ulaşım ile sınırlı değildir. Manyetik levitasyon prensibi biyomedikal uygulamalardan enerji depolama sistemlerine farklı alanlarda kullanılır.

Örneğin bir tür mikroakışkan teknolojisi olan MagDense sistemlerinde hücreleri yoğunluklarına bağlı olarak ayırmak için manyetik alan kullanılır. Bu sistem özellikle hassas biyolojik ölçümlerde avantaj sağlar. Yani hem dev ulaşım sistemlerinde hem de mikroskobik biyolojik örneklerde kullanılabilen manyetik levitasyon prensibi farklı ölçeklerde uygulamalara sahiptir.

• https://doi.org/10.1039/D1LC00686J
• https://doi.org/10.1073/pnas.2512246122

Claus Lunau / SPL



Blacklack3D / iStock

Yapay Zekâ İnsan Beyninin Yerini Alabilir mi?

İpek Candan
Ankara Özel Bahçeşehir Koleji 50. Yıl Fen ve Teknoloji Lisesi, 9. Sınıf

Yapay zekâ, günümüzde yaşamın her alanında bizlerle birlikte. Sesli asistanlardan otonom araçlara, tıbbi teşhisten sanatsal üretime kadar bu teknoloji farklı amaçlarla kullanılıyor. Ancak yapay zekânın insan beyninin işlevlerini ne ölçüde taklit edebileceği sorusu, bilim insanları ve felsefeciler arasında hararetli tartışmalara yol açıyor.

İnsan beyni, yaklaşık 86 milyar nöron ve trilyonlarca bağlantı sayesinde çok miktarda veriyi eş zamanlı olarak işleyebilir. Bilişsel işlevlerin gerçekleşmesinde sadece elektriksel sinyallerin değil, kimyasal etkileşimlerin de rolü vardır. Buna karşılık ChatGPT, Gemini veya Grok gibi büyük dil modellerine dayalı yapay zekâ uygulamaları, insan dilindeki örüntüleri öğrenmek için büyük veri kümelerini işler. Bu sistemler günümüzde belirli görevlerde başarılı olsalar da genel yapay zekâya ulaşmaktan çok uzaktır.

Yapay zekânın performansında hız ve ölçeklenebilirlik belirleyici rol oynar. Örneğin çok sayıda tıbbi görüntüyle eğitilen yapay zekâ modelleri doktorların fark etmekte zorlanabileceği bazı kanser belirtilerini tespit edebiliyor. Ayrıca Google DeepMind

tarafından geliştirilen AlphaFold, amino asit dizilimlerinden yola çıkarak protein yapılarını yüksek doğrulukla tahmin edebiliyor. Daha önce proteinlerin üç boyutlu yapısının deneysel yöntemlerle belirlenmesi son derece zorlu bir süreçti.

Bir yandan da insan beyni enerji verimliliği açısından son derece verimli bir sistemdir. İnsan beyni yaklaşık 20 watt güç tüketirken yapay zekâ veri merkezlerinin güç tüketimi ise megawatt ölçeğindedir. Bu fark, yapay zekâ sistemlerinin artan enerji gereksinimleri nedeniyle bir "enerji duvarı" sınırıyla karşı karşıya olduğunu gösteriyor.

Peki, yapay zekâ gerçekten bir gün insan beyninin yerini alabilir mi? İnsan beyninin çalışma şeklini taklit eden bir hesaplama yaklaşımı olan nöromorfik hesaplamaya dayalı bilgisayarlar bu konuda umut veriyor. Nöromorfik bilgisayarlar, nöron benzeri yapılarla insan beyninin bilgiyi paralel işleme yeteneğini taklit ediyor. IBM'in TrueNorth veya Intel'in Loihi çipleri gibi projeler, silisyum temelli geleneksel işlemcilerden ayrışıyor. Gelecekte nöromorfik hesaplama yönteminin kuantum hesaplama ile birlikte kullanıldığı hibrit sistemlerin iklim modellemesi veya ilaç keşfi gibi karmaşık sorunların çözümünde önemli avantajlar sağlayacağı düşünülüyor. Ancak yapay zekâ için özgünlük hâlâ zorlu bir hedef. Yapay zekâ, istatistiksel tahminler yoluyla Shakespeare'inkilere benzer şiirler üretebiliyor ancak sanatsal değeri olan üretimler, yapay zekânın sahip olmadığı acı veya sevinç gibi duygusal deneyimlerden kaynaklanıyor.

Duygusal zekâ, insan beyni ile yapay zekâ arsındaki en önemli farklardan biridir. Empati, ahlaki değerlendirmeler, sosyal etkileşimler gibi sosyal-bilişsel süreçler beyindeki amigdala ve prefrontal korteks gibi yapılar tarafından düzenlenir. Rosalind Picard'ın geliştirdiği insanların yüz ifadelerinden duygu durumlarının tahmin edilmesini sağlayan sistemlere benzer yaklaşımlarda yapay zekâya "duygu" kazandırma çabaları sınırlıdır. Yapay zekâ ile ilgili en zor problem hâlâ anlaşılmaz kalıyor: Neden öznel deneyimlerimiz var? Filozof David Chalmers, yapay zekânın insan benzeri davranabileceğini ancak bunun öznel deneyimlere sahip olduğu anlamına gelmeyeceğini savunuyor.

Sonuç olarak yapay zekâ insan beyninin bilişsel yeteneklerine tam olarak sahip olmayabilir ancak onu destekleyebilir. Kişiselleştirilmiş eğitim, tarımsal verim artışı gibi birçok alanda insanlığa katkı sağlar. Yapay zekânın sorumlu ve doğru kullanımı ise bilim okuryazarlığını artırmakla yakından ilişkilidir.

• https://personal.lse.ac.uk/ROBERT49/teaching/ph103/pdf/Chalmers_The_Conscious_Mind.pdf
• https://dn790006.ca.archive.org/0/items/kurzweil-ray-the-singularity-is-near/Kurzweil%2C%20Ray%20-%20The%20Singularity%20Is%20Near.pdf
• European Commission. Artificial Intelligence Act. Official Journal of the European Union. (Risk-based regulation for high-risk AI systems.), 2024. https://artificialintelligenceact.eu/
• https://arl.human.cornell.edu/linked%20docs/Picard%20Affective%20Computing.pdf
• https://bilgem.tubitak.gov.tr/wp-content/uploads/sites/8/TR-UlusalYZStratejisi2021-2025.pdf

Schwarzschild Yarıçapı Nedir?

Merve Otman
Bursa Atatürk Anadolu Lisesi, 10. sınıf

Kütle çekiminde ışığın bile kaçamadığı gök cisimleri olan kara delikler, insanların hayal gücünü fazlasıyla zorlayan nesnelerdir. Peki hiç düşündünüz mü bir yıldız nasıl kara deliğe dönüşür?

Kara deliklerin kuramsal varlıkları 1915 yılında Einstein tarafından ortaya konulan genel görelilik kuramında gizli. Bundan sadece bir yıl sonra Alman Fizikçi Karl Schwarzschild, kara deliklerin matematiksel olarak mümkün olduğunu gösterdi. Schwarzschild, kendi etrafında dönmeyen ve yüksüz kara delikler için Einstein'ın denklemlerinin çözümlerini buldu. Bu çözümlerden türetilen Schwarzschild yarıçapı, belirli bir kütleye sahip bir cismin, bir kara deliğe dönüşmesi için sahip olması gereken kritik yarıçapı ifade eder. Eğer belirli bir kütle, yarıçapı Schwarzschild yarıçapından daha küçük bir hacmin içine sıkıştırılırsa o cisim bir kara delik hâline gelir. Bu durum ilk başta şaşırtıcı gelebilir çünkü teorik olarak tüm nesneleri bir kara deliğe dönüştürmenin mümkün olduğu anlamına gelir. Ancak bunu pratikte gerçekleştirmek imkânsızdır çünkü gereken basınç ve enerji olağanüstü derecede yüksektir.

Schwarzschild yarıçapı aşağıdaki formül ile hesaplanır:

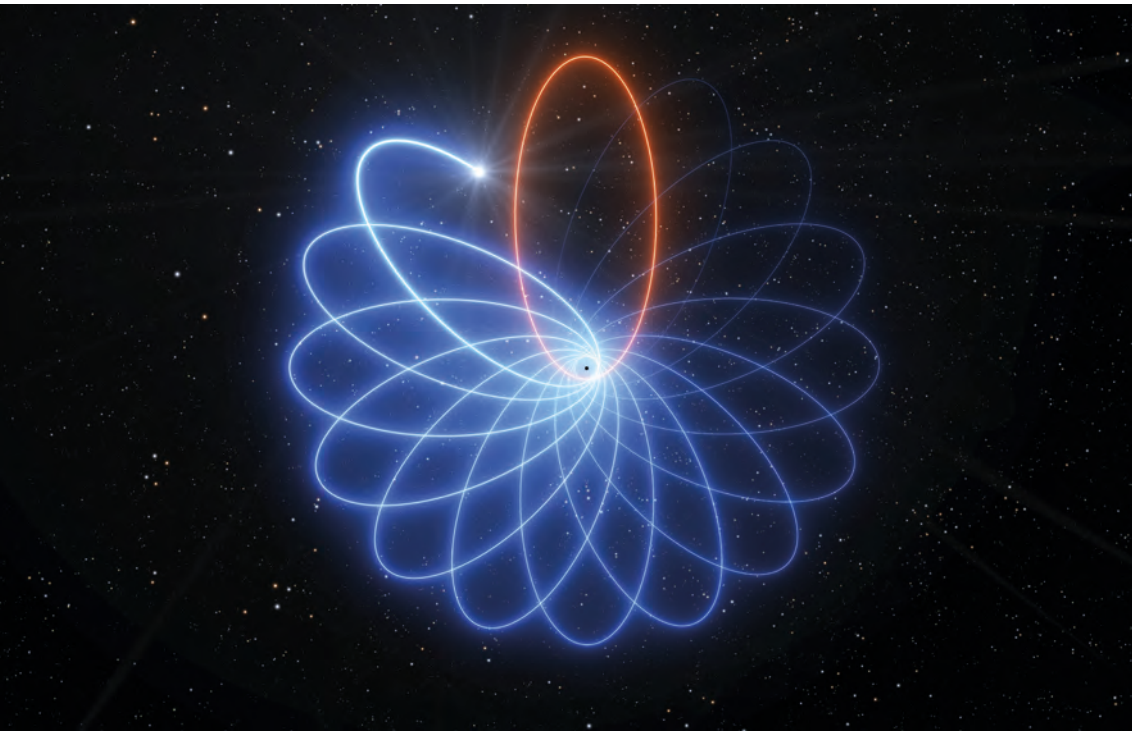
$$R_s = \frac{2GM}{c^2}$$

Burada R_s Schwarzschild yarıçapını, G evrensel kütle çekim sabitini, M kara deliğin kütlesini ve C ışığın boşluktaki hızını temsil eder.

Schwarzschild yarıçapı kavramını somut bir örnek üzerinden daha iyi anlayabiliriz. Örneğin Güneş'i ele alalım. Güneş'in şu anki yarıçapı 696.350 kilometredir. Hesaplamalara göre Güneş'in Schwarzschild yarıçapı yaklaşık 3 kilometredir. Yarıçapı 6.371 kilometre olan Dünya'nın Schwarzschild yarıçapı ise yaklaşık 8,87 milimetredir. Yani tüm kütlesi bir bilye kadar küçük bir hacme sıkıştırılabilseydi Dünya bir kara deliğe dönüşebilirdi.

Aslında bir kara delik, Schwarzschild yarıçapından daha küçüktür. Çünkü Schwarzschild yarıçapı, kara deliğin etrafındaki olay ufku bölgesini tanımlar. Bir kara deliği diğer gök cisimlerinden ayıran en temel özellik etrafında bir olay ufku oluşmasıdır. Kara deliği çevreleyen bu hayalî yüzeyin üzerinde kara deliğin

European Southern Observatory / SPL



kütle çekiminden kurtulmak için ulaşılması gereken hız ışık hızına eşittir. Dolayısıyla kara deliğin kendisi Schwarzschild yarıçapından daha küçüktür.

Olay ufkunun içinde gerçekleşen hiçbir olay dışarıdan gözlemlenemez. Çünkü ışık dâhil hiçbir parçacık olay ufkunu bir kez geçtikten sonra bir daha dışarıya çıkamaz. Bu yüzden bilim insanları, kara deliklerin iç yapısını doğrudan gözlemleyemez ve yalnızca olay ufkunun dışındaki etkileri üzerinden çıkarım yapabilir.

Kara deliklerin bir diğer ilginç özelliği ise dışarıdan bakan bir gözlemciye göre bir cismin olay ufkuna yaklaştıkça yavaşlamasıdır. Ancak bu cisim için olay ufkunu geçmesi anlık bir olay gibi gerçekleşir. Kısaca kara delikler uzayda var olduğunu bildiğimiz ancak gizemini henüz çözemediğimiz gök cisimleridir.

• https://www.omnicalculator.com/
• https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/schwarzschild-radius
• https://www.britannica.com/science/black-hole
• https://www.britannica.com/science/Schwarzschild-radius

Soframızdaki Gizli Tehlike Mikroplastikler

Nefes Ahmetoğlu
Özel Esenyurt Modern Bilimler Akademisi Anadolu Lisesi, 9. sınıf

Plastiğin modern toplumun temelini oluşturan malzemelerden biri olması nedeniyle bulunduğumuz zaman dilimi "plastik çağı" olarak da isimlendiriliyor. Ancak bir zamanlar hayatımızı kolaylaştıran bu mucizevi buluş şimdi önemli bir sağlık ve çevre sorununa dönüştü. Plastik atıklar Pasifik Okyanusu'nun ortasında, genişliği Türkiye'nin yüzölçümünün yaklaşık iki katı olan devasa bir çöp alanı oluşturdu. Ayrıca plastik parçaları Everest'in zirvesinden Antarktika'daki buzullara kadar dünyanın erişilmesi en zor bölgelerine dâhi ulaştı. Plastiklerin parçalanması sonucu oluşan gözle görülemeyecek kadar küçük bu parçacıklar "mikroplastik" olarak isimlendiriliyor. Peki, bu yeni nesil kirleticiler ne kadar güvenli?

Mikroplastik Nedir ve Nereden Gelir?

Bilimsel tanımıyla mikroplastikler, boyutu 5 milimetreden küçük olan plastik parçacıklarıdır. Bunlar iki ana grupta incelenir: Birincil mikroplastikler, doğrudan bu boyutta üretilen (örneğin kozmetik ürünlerdeki peeling parçacıkları veya endüstriyel ham maddeler) parçacıklardır. İkincil mikroplastikler ise doğaya atılan plastik şişeler, poşetler, sentetik kıyafetler gibi plastik ürünlerin Güneş ışığı, rüzgâr ve dalga hareketleri etkisiyle aşınarak ufalanması sonucu oluşur. Daha da kritik olan bu parçalanma sürecinin durmamasıdır. Atık plastiklerin boyutları nanometre (metrenin milyarda biri) seviyesine kadar iner. Bu aşamada plastikler artık sadece bir katı atık olmaktan çıkar: Hücre zarından geçebilen ve biyokimyasal süreçleri etkileyebilen kirleticilere dönüşür.

Soframızdaki Davetsiz Misafirler: Tabaktan Vücuda Yolculuk

Mikroplastiklerin çevreye yayılma süreci genellikle su kaynaklarında başlar. Atık sular ve nehirler aracılığıyla denizlere ulaşan bu parçacıklar, temel olarak planktonlar tarafından sudan alınır. Daha sonra küçük balıklardan dev orkinoslara kadar besin zinciri boyunca taşınır ve sofralarımıza kadar ulaşır. Ancak mikroplastikler sadece deniz ürünlerinin yapısında bulunmaz. Yapılan araştırmalar; musluk suyundan şişelenmiş sulara, baldan tuza kadar birçok gıda ürününde mikroplastiklerin bulunduğunu gösteriyor. 2022 yılında Hollanda'da yapılan bir araştırma ilk kez insan kanında mikroplastik

mtreasure / iStock

parçacıklarının bulunduğunu ortaya koydu. Bu bulgu, plastiklerin sadece sindirim sistemimizden geçerek vücuttan atılmadığını, kan dolaşımımız aracılığıyla hayati organlarımıza kadar taşınabildiğini gösteriyor. Bu parçacıklar akciğer dokularında, karaciğerde ve hatta plasentada tespit edildi.

Sağlığımız Üzerindeki Etkileri: Moleküler Bir Truva Atı

Mikroplastiklerin insan sağlığı üzerindeki etkileri hâlâ araştırma konusu olsa da bilim insanları fiziksel ve kimyasal etkiler olmak üzere iki temel risk üzerinde duruyor. Fiziksel olarak bu parçacıklar dokularda yangıya (enflamasyon) ve oksidatif strese yol açabiliyor. Kimyasal olarak ise durum daha karmaşık: Plastiklerin üretiminde kullanılan fitalat veya BPA gibi katkı maddeleri, vücudumuzda hormonları taklit ederek endokrin sistemimizi bozabiliyor.

Dahası mikroplastikler okyanuslardaki zehirli kimyasal maddeleri veya hastalık yapıcı bakterileri yüzeylerinde tutarak vücudumuza girmelerine neden olabiliyor yani sadece kendileri değil, taşıdıkları maddeler aracılığıyla da sağlımızı olumsuz etkileyebiliyorlar.

Bilimsel Çözümler

Peki, hayatımızın her alanını kuşatan plastiklerin neden olduğu bir sorundan kurtulmak mümkün mü? Nanoteknolojik yaklaşımlar sayesinde sudaki mikroplastikleri %99 oranında filtreleyebilen özel membranlar ve manyetik nanorobotlar geliştiriliyor. Ayrıca doğada çözünebilen biyoplastikler ve plastiklerin biyolojik olarak parçalanmasını sağlayan özel enzimler (örneğin *Ideonella sakaiensis* bakterisi tarafından üretilen PETaz ve MHETaz) üzerindeki çalışmalar umut verici. Ancak plastiklerin tüketim hızı dikkate alındığında, geliştirilen çözümler plastik kirliliğinin önüne geçmek için yetersiz kalıyor.

Genç Bir Bilim Muhabirinin Gözünden: Değişim Bizimle Başlar

Sorun küresel ve devasa ölçekte görünse de bireysel farkındalık elimizdeki en güçlü araç. Sentetik kıyafetler yerine doğal malzemelerden üretilen kıyafetleri tercih etmek, tek kullanımlık plastikleri (pipet, bardak, poşet) mümkün olduğunca kullanmamak ve sürdürülebilirliği desteklemek mikroplastik kirliliği sorununu önemli oranda azaltabilir. Sonuç olarak mikroplastik krizi sadece çevre mühendislerinin veya biyologların değil, hepimizin ortak meselesidir. Geleceğin bilim insanları olan biz bilinçli gençler bu "görünmez" sorunu bilimsel verilere dayalı olarak görünür kılmak zorundayız. Unutmayın, doğa plastikleri hızla yok edemiyor olabilir ancak bizler bu sorun hakkında farkındalığımızı artırarak ve günlük alışkanlıklarımızı değiştirerek plastik kirliliği zincirini kırabiliriz.

- https://pure.amsterdamumc.nl/en/publications/discovery-and-quantification-of-plastic-particle-pollution-in-hum-2/
- https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/e-arsiv/sayi-613/mikroplastikler-her-yerde/
- https://www.science.org/doi/10.1126/science.1094559
- https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8440246/

Asal Sayılar: Düzenin İçindeki Kaos

Mustafa Poyraz Çolak
Bakırköy Anadolu Lisesi, 10. sınıf

Sayıların dünyasında öyle yapılar vardır ki tanımları basit olsa da hala anlaşılamayan özelliklere sahiptirler. Asal sayılar bu yapılardan biridir. Asal sayıların tanımı ortaokul seviyesinde bile kolayca kavranabilse de asal sayılar ile ilgili en deneyimli matematikçilerin dahi henüz aydınlatamadığı problemler bulunur. Gelin, hep birlikte bu problemlerden bazılarına ışık tutalım.

Asal sayıların tanımını bilmeyen yoktur ancak kısaca tekrar hatırlatmakta fayda var: "1 ve kendisinden başka hiçbir böleni olmayan, 1'den büyük doğal sayılara asal sayı denir."

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, ... şeklinde devam eden sonsuz tane asal sayı vardır. Peki, asal sayılar gerçekten sonsuza kadar gider mi? Basit görünen ama yanıtı çok önemli olan bu soru, MÖ 3. yüzyılda Öklid tarafından sorulmuş ve yanıtlanmıştır. Öklid'in "olmayana ergi" yöntemiyle sunduğu o zarif ispat, sonsuz sayıda asal sayı olduğunu kanıtlamıştır.

Dağılımdaki Belirsizlik

Sonsuz sayıda asal sayı olduğu kanıtlanmış olsa da asal sayıların tam sayılar içinde nasıl bir düzende dağıldığı anlaşılamamıştır. Örneğin çift olan yegâne asal sayı 2'dir. Yine aralarında sadece bir fark olan tek asal ikilisi 2 ve 3'tür. Bunun mantığı aslında çok basittir: İki sayı ardışıksa biri mutlaka çifttir. Tek çift asal sayı 2 olduğu için bu kurala uyan başka bir komşu asal bulmak imkânsızdır.

İkiz ve Kuzen Asallar

Peki, asal sayıları daha yakından incelesek ne görürüz? Aralarında sadece 2 fark bulunan (3, 5), (11, 13) veya (17, 19) gibi asal sayı ikililerinin sayısı da sonsuz mudur? (p, p+2) şeklinde yazılabilen bu asal sayı ikililerine "ikiz asallar" adı verilir. Ancak ikiz asal varsayımı henüz ispatlanmamıştır. İkiz asallara benzer şekilde aralarındaki fark 4 olan asal sayı çiftleri ise "kuzen asallar" olarak

Robert Brook / SPL

isimlendirilir. Sonsuz sayıda kuzen asal sayı olduğu varsayımı da henüz ispatlanamadı.

19. yüzyılda yaşayan matematikçi Alphonse de Polignac bu varsayımı genelleştirilerek şu şekilde ifade etmiştir: Her pozitif çift sayı (k) için aralarındaki fark k olan sonsuz sayıda asal sayı çifti vardır.

2013 yılında Yitang Zhang, aralarındaki fark 70 milyondan az olan sonsuz tane asal sayı ikilisi olduğunu ispatladı. Daha sonra Terence Tao, aralarındaki farkın 246 olduğu sonsuz tane asal sayı ikilisi olabileceğini gösterdi. İkiz asal varsayımının ispatına yönelik ilerlemeler sağlansa da tam ispat hâlâ yapılamadı.

Eratosthenes Eleği: Karmaşayı Ayıklamak

Sayılar büyüdükçe asalları bulmak zorlaşır. insanlar bu zorluğa çözüm bulmak için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Bunların en eskisi ve en etkili olanı "Eratosthenes eleği" yöntemidir.

2'den başlayarak belirli bir üst sınıra kadar tüm tam sayıları yan yana yazın. İlk asal sayı olan 2'yi işaretleyin, daha sonra 2'nin katı olan tüm sayıları işaretleyin. Ardından başa dönerek 3'e geçin ve 3'ün katları olan tüm sayıları da işaretleyin. Bu şekilde her başa dönüp işlemi kalan sayılar için tekrarlandığınızda sonuçta elde ettiğiniz işaretlenmemiş sayılar asal sayılar olacaktır.

Ünlü matematikçi Paul Erdős, asal sayıların basit tanımlarının ardında derin bir karmaşanın saklandığını söyler. Bugün kullandığımız şifreleme sistemlerinin temelinde asal sayıların bu çözülmesi zor doğası yatar.

Sonuç olarak asal sayılar, matematikte çözülmeyi bekleyen birçok problemin bulunduğu bir alandır. İkiz asal varsayımı bunlardan biridir. Belki de bu problemin çözümüne yaklaşan kişi siz olabilirsiniz. Çünkü kaosta da bir düzen vardır, bakmasını bilene...

• Marcus Du Sautoy, *Asal Sayıların Müziği - Çözülmemiş Bir Matematik Problemi Neden Önemli?*, Ginko Bilim, 2023.
• https://www.matematikdunyasi.org/2021/01/asal-sayilar-teoremi-hakkinda/

Hatırlamayı Unutmak: Ceplerimizdeki Yapay Beyinlerin Bedeli

Nisan Ayaz
Özdemir Sabancı Emirgan Anadolu Lisesi, 10. sınıf

Daha az önce okuduğunuz o ilginç yazının konusunu hatırlamak isterken kendinizi tarayıcınızın geçmiş sekmelerinde arama yaparken bulduğunuz oldu mu? Ya da en yakınınızın numarasını tuşlayarak aramak yerine rehberde gezindiğinizi fark ettiniz mi? Hata sizde değil! Günümüz dünyasında beynimiz, bilginin kendisini depolamak yerine o bilgiye ulaşmanın "yolunu" hatırlamayı tercih ediyor. Gün boyunca dijital iletişim araçları aracılığıyla maruz kaldığımız bu devasa bilgi okyanusu "dijital amnezi" olarak isimlendirilen bir olguya yol açabiliyor. Bilgiye saniyeler içinde ulaşabileceğimizi bildiğimiz için artık edindiğimiz yeni bilgileri belleğimize kaydetmek için çabalamıyoruz. Bu durum, gelişen teknolojiyle daha fazla yaygınlaşıyor ve zamanla insanların bilgiye erişim için sadece dijital cihazlara güvenmesine yol açıyor. Gelin, bu yeni "dijital unutkanlık" olgusunun nedenlerini ve nasıl ortaya çıktığını birlikte değerlendirelim.

Makhbubakhon Ismatova / iStock

Beyinlerimizin Yeni Sistemi: "Bilişsel Yük Boşaltma"

Peki, beynimiz neden bilgileri belleğe kaydetmek yerine dijital cihazlara yöneliyor? Cevabı aslında beynimizin çalışma şekli ile ilişkili. Beynimiz, vücudumuzdaki en çok enerji tüketen organdır. Durum böyle olunca beyin bilgileri belleğe kaydetmek için enerji harcamak yerine bu bilişsel yükü dış araçlara örneğin teknolojik cihazlara devrederek önemli bir tasarruf sağlıyor. Bilim insanlarının "bilişsel yük boşaltma" olarak adlandırdığı bu durum, bilgilere daha az zihinsel çabayla erişmemizi sağlıyor.

2011 yılında sosyal psikolog Betsy Sparrow ve çalışma arkadaşları tarafından yapılan bir deneyde katılımcıların tekrar ulaşabileceklerini bildikleri bilgileri belleklerine kaydetme eğilimlerinin daha düşük olduğu ancak o bilgiye nereden ulaşabileceklerini çok daha iyi hatırladıkları görüldü. İşte bu durum "Google etkisi" olarak isimlendiriliyor. Bilgilere internet üzerinden kolayca yeniden ulaşabileceğimizi bilmek, beynimize "Bunu bellekte saklamana gerek yok, ihtiyacın olunca birkaç tıklamayla bulabilirsin." mesajını veriyor. Eskiden bu işlevi "etkileşimli hafıza" olarak isimlendirilen ve yakınlarımızla paylaştığımız ortak bir hafıza yerine getirirdi. Hatırlarsınız, bir doğum gününü unuttuğunuzda "Annem tüm doğum günlerini bilir, bense aklımda tutmam." dediğiniz zamanki o rahatlık ve güveni artık telefonlarımız ve arama motorları sağlıyor.

Yapay Zekâ Düşünme Yetimizi de mi Devralıyor?

2026 yılına geldiğimizde dijital amnezi olgusu yeni bir boyut kazanmaya başladı. Artık sadece bilgiyi saklamada değil, o bilgiyi işleme ve analiz etme süreçlerinde de dış kaynaklara güveniyoruz. Güncel nöropsikolojik çalışmalar, yapay zekâ asistanlarını sıkça kullanan bireylerin, problem çözme ve analitik düşünme becerilerinin azalabildiğine işaret ediyor. Günlük hayatımızda karşılaştığımız sorunlara kendimiz çözüm üretmek yerine doğrudan yapay zekâya başvurduğumuz bu durum, "bilişsel tembellik" olarak tanımlanıyor. Bir e-postayı özetlemek veya bir yemek tarifi bulmak gibi görevlerde yapay zekâya başvurma alışkanlığı, zamanla üst düzey bilişsel becerilerin daha az kullanılmasına neden olabiliyor.

Çevrenizdeki "Dikkatim şu sıralar çok dağınık." diyen pek çok kişinin aslında dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB) belirtileri yaşadığını fark ettiniz mi? Dikkat süresiyle ilgili çalışmalar, dijital uyaranların ve sorulara anlık cevap veren yapay zekâ uygulamalarının, insanların odaklanma süresini önemli ölçüde kısaltarak dikkat dağınıklığına yol açabileceğini ortaya koyuyor. Ayrıca elde edilen başka bulgular, bireylerin bilginin doğruluğunu teyit etmek yerine yapay zekâ ve arama motorlarının ilk cevabına güvenme eğiliminde olduğunu gösteriyor. Yapay zekâ çok kısa süre içinde uzun metinlerin kısa ve

anlaşılır bir özetini sunabiliyor. Ancak bilişsel çaba gerektirmeyen yapay zekâ araçlarının sağladığı bu konfor, bilgileri sentezleyip düşüncelerimizi yapılandırma becerilerimizi önemli ölçüde zayıflatıyor. Bilim insanları bu uygulamaların verdiği bilgileri değerlendirmeden kabul etmenin, zihinsel bir yüzeyselleşmeye neden olabileceği konusunda uyarıda bulunuyor.

Zihin Kaslarımızı Zinde Tutmak: Hatırlama Reçetesi

Uzmanlar günlük hayatta bir ismi, tarihi veya bir bilgiyi hatırlamakta zorlandığınızda hemen dijital cihazlara başvurmak yerine zihni aktif bir şekilde kullanmanın önemli olduğunu vurguluyor. Araştırmalar bilgiyi hatırlamak için harcanan kısa sürelik çabanın sinir hücreleri arasındaki bağlantıları güçlendiren bir tür zihinsel antrenman işlevi gördüğünü ortaya koyuyor. Dolayısıyla zihnin bu arayış sürecine izin vermek hafıza kapasitesi açısından oldukça kritik.

Benzer şekilde not alma alışkanlıklarına ilişkin çalışmalar da el yazısıyla not tutmanın klavye kullanımına kıyasla bilgilerin uzun süreli belleğe kaydedilmesine katkı sağladığını gösteriyor. Not alma sırasındaki el hareketlerinin, beynin hareket kontrolü, duyusal algı ve bilgi işlemeden sorumlu bölgelerini aktive ederek öğrenmenin kalıcılığını artırdığı düşünülüyor. Araştırmacılar ayrıca navigasyon teknolojilerinin sürekli kullanımının mekânsal hafıza üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceğine dikkat çekiyor. Bu nedenle zaman zaman bilinen rotalarda kendi yön bulma becerilerini kullanmalarının, mekânsal hafıza süreçlerinde önemli rolü olan hipokampusun aktif kalmasına katkı sağlayabileceği belirtiliyor.

Teknoloji hayatımızı kolaylaştıran güçlü bir araç ancak düşünme ve hatırlama süreçlerimizde tamamen algoritmalara güvenmek zorunda değiliz. Dijital amnezi teknolojideki gelişmelerin zorunlu kıldığı bir durum değil, büyük ölçüde bizim geliştirdiğimiz alışkanlıkların bir sonucu. Unutmamalıyız ki tıpkı kaslarımız gibi beynimiz de kullanmadığımızda zayıflar, kullandığımızda gelişir. Çünkü zekâ sadece bilgiyi kaydetme değil, o bilgiyi değerlendirebilme ve anlamlandırabilme yeteneğidir.

Yarın alışveriş listenizi hatırlamak ya da gideceğiniz yere rota oluşturmak için ilk etapta telefonunuza başvurmak yerine kendi zihninize ve düşüncelerinize bir şans vermeye ne dersiniz?

• Sparrow, B. ve ark. "Google Effects on Memory: Cognitive Consequences of Having Information at Our Fingertips", Science, cilt 333, sayı 6043, 2011.
• https://dergipark.org.tr/tr/pub/josc/article/1573814
• Wegner, D. M. "Transactive memory systems", Theories of group behavior, s. 185–208, Springer, 1987.
• https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.634158

Victor Habbick Visions / SPL

Asteroit Madenciliği: İnsanlığın Ham Madde Geleceği

Ömer Ozan Çubukçu
Özel PEV Amiroğlu Fen Lisesi, 9. sınıf

İnsanlık tarih boyunca çeşitli kaynaklara bağımlı hâlde yaşamıştır. Taş Çağı'nda taş, Maden Çağı'nda çeşitli madenler, Sanayi Devrimi sonrasında ise kömür ve petrol bu duruma örnek gösterilebilir.

Günümüzde giderek artan ham madde ihtiyacını karşılamakta yeryüzündeki kaynakların yetersiz kalması nedeniyle insanlar başka gök cisimlerine yönelmeye başladı. Asteroit madenciliği, uzaydaki kaynakların kullanılmasına yönelik en çok umut vadeden yaklaşımlardan biri olarak görülüyor.

Asteroitler bileşimlerine göre üç ana sınıfa ayrılır. C-tipi asteroitler en yaygın gruptur. Yüksek oranda karbonun yanı sıra hidratlı mineraller ve organik bileşikler de içerir. Bu tür asteroitlerin, başka gök cisimlerinde kurulacak yaşam alanları için potansiyel kaynak olabileceği düşünülüyor.
S-tipi asteroitlerin bileşiminde olivin, piroksen gibi çeşitli silikat mineralleri ve magnezyum, demir, nikel ve kobalt gibi

metaller ve metal alaşımları bulunur. Bu tür asteroitler endüstriyel süreçler için ihtiyaç duyulan ham maddeleri yüksek miktarda içerir. Daha nadir bulunan M-tipi asteroitler ise demir, nikel ve platin grubu metaller (platin, paladyum, iridyum, osmiyum, rutenyum, rodyum) açısından zengindir. Bu tür asteroitler ekonomik açıdan en değerli olanlardır.

M-tipi asteroitlerin en dikkat çekici örneklerinden biri Mars ile Jüpiter arasındaki Asteroit Kuşağı'nda bulunan 16 Psyche'dir. NASA'nın 2023 yılında uzay aracı gönderdiği asteroidin genişliği yaklaşık 280 km, yüzey alanı ise 165.800 km^2 civarındadır. Önceleri tamamen metalden oluştuğu düşünülse de son bulgular yapısında demir ve nikelin yanı sıra silikat bileşenlerinin de bulunduğunu gösteriyor.

Demir, nikel, kobalt açısından son derece zengin olan asteroitle ilgili bazı tahminler asteroidin içerdiği minerallerin ekonomik değerinin 700 kentilyon dolar olduğunu gösteriyor. Bu değer, toplam değeri 110 trilyon dolar civarında olan Dünya ekonomisinin yaklaşık 6,5 milyon katıdır. Ancak bu rakamlar spekülatiftir. Bir asteroidin gerçek ekonomik değeri, bu kaynakların çıkarılma ve Dünya'ya taşınma maliyetlerine de bağlıdır.

Enerji Verimliliğinin Asteroit Madenciliğinde Etkisi

Madenlerin çıkarılması ve işlenmesi için gerekli enerji miktarı göz önünde bulundurulduğunda asteroitlerden maden çıkarmak Dünya'dakine göre daha verimli olabilir. Çünkü yeryüzündeki metal cevherleri çoğu zaman oksit ya da silikat formunda bulunur. Bu nedenle metallerin saflaştırması için karmaşık süreçler uygulanması gerekir. Daha yüksek sıcaklıklar ve ek kimyasal işlemler gerektiren bu durum ekosistemlerin zarar görmesine neden olur. M-tipi asteroitlerde ise ekonomik değeri olan metaller, alaşımların içinde metalik hâlde bulunur.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Asteroit madenciliğinin daha az enerji gerektirmesinin bir diğer nedeni kütle çekimi ile ilgilidir. Newton'un kütle çekim ilkesine göre iki cisim arasındaki kütle çekim kuvveti (F) cisimlerin kütleleri (m1 ve m2) ile doğru orantılı, aralarındaki mesafenin (r) karesi ile ters orantılıdır. Dolayısıyla asteroitlerin kütlesi görece küçük olduğu için çıkarılan malzemeyi Dünya'ya getirmek üzere yüzeyden uzaklaştırmak için harcanacak enerji miktarı görece düşüktür. Bu nedenle asteroit madenciliği, ham madde temininde enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif olarak görülüyor.

Teknolojik ve Hukuki Boyut

Asteroit madenciliği için gerekli teknolojiler hâlâ gelişim aşamasındadır. Asteroitlerin yüzeyini ve yüzeyin altındaki yapıları inceleyen keşif ve sondaj cihazları, robotik madencilik sistemleri bu alanda kilit rol oynayacaktır. Ancak başka gök cisimlerinin yüzeyinde uzun süre çalışacak otonom madencilik sistemlerinin geliştirilme süreçleri son derece karmaşık ve maliyetli, enerji ihtiyaçlarının nasıl karşılanacağı belirsiz ve bakım ve onarım süreçlerinin uzay ortamında gerçekleştirilmesi son derece zordur. Bunun yanında asteroit madenciliğinin hukuki boyutu da tartışmalıdır. 1967 yılında yürürlüğe giren Dış Uzay Antlaşması, uzay araştırmalarının tüm insanlığın ortak yararı için yapılması gerektiğini söyler. Ancak özel şirketlerin ve devletlerin kaynak çıkarmasıyla ilgili hukuki durum hâlâ belirsizdir. Asteroitlerden çıkarılacak madenler üzerinde kimin hak sahibi olacağı sorusu, asteroit madenciliğiyle ilgili en kritik tartışmalardan biridir.

Just_Super / iStock

Sonuç

Asteroit madenciliği, insanlığın geleceğini şekillendirecek bir dönüm noktası olabilir. C-tipi asteroitler başka gök cisimlerinde kurulacak insan kolonileri için yaşamsal kaynaklar sunarken M-tipi asteroitler ekonomik değer taşır. 16 Psyche asteroidi hem bilimsel hem de ekonomik açıdan buna eşsiz bir örnektir. Uzayda maden çıkarma işlemleri, kütle çekim kuvvetinin daha düşük olması nedeniyle Dünya'dakilerden daha az enerji gerektirebilir. İyi yönetilirse toplumsal gelişime destek verebilir ancak hukuki ve etik düzenlemeler olmadan ilerlerse ekonomik dengesizliklere neden olabilir. Bu nedenle asteroit madenciliğine yönelik teknolojilerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların yanında hukuki ve etik düzenlemeler de gündeme gelmeli ve böylece uzaydaki ekonomik fırsatların faydası tüm topluma yayılmalıdır.

• https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Asteroids_Structure_and_composition_of_asteroids
• https://science.nasa.gov/solar-system/asteroids/16-psyche/
• https://www.earth.com/news/16-psyche-asteroid-metal-rich-determining-value-nasa-mission/
• https://science.nasa.gov/mission/psyche/
• https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032063313003206
• https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576598000873

Beton Griliğinden Orman Yeşiline: Şehirlerin Dikey Dönüşümü ve Akıllı Mimari

Öykü Uzun
Özel Gaziemir Modern Bilimler Akademisi Fen Lisesi, 9. sınıf

İnsanlar tarih boyunca doğadan besin, enerji ve hammadde kaynağı olarak yararlandı. Modernleşme süreciyle birlikte şehirlerimizde yüksek beton yapılar yaygınlaşırken doğal alanlar giderek azaldı. Dolayısıyla toprakla ve gökyüzüyle bağlantımız zayıfladı. Bugün ise küresel iklim değişikliği ve hızlı kentleşme bizi önemli bir soruyla karşı karşıya bırakıyor: Şehirler yalnızca beton yapılardan oluşmak zorunda mı yoksa doğayla daha uyumlu bir sisteme dönüşebilir mi? Bu sorunun cevabı, ekoloji ve mühendislik bilgisini bir araya getiren "dikey ormanlar" ve "akıllı mimari" yaklaşımlarında aranıyor.

Gökyüzüne Uzanan Kökler: Dikey Ormanlar

Dikey orman kavramı, bitki örtüsünü park gibi zemindeki yeşil alanlarla sınırlandırmak yerine binaların cephelerine, balkonlarına ve çatılarına taşır. Bu yaklaşım sadece estetik bir tercih değil, karmaşık bir ekosistem tasarımıdır. İtalya'nın Milano kentinde yükselen ve bu akımın öncüsü kabul edilen Bosco Verticale kuleleri, bu dönüşümün en somut örneklerinden biridir. Bu iki kulede yaklaşık 800 ağaç, 4.500 çalı ve 15.000 yer örtücü bitki bir arada bulunuyor. Eğer bu kadar bitki geleneksel yöntemlerle düz bir araziye dikilseydi yaklaşık 20.000 metrekarelik devasa bir alana ihtiyaç duyulurdu. Dikey ormanlar ise bu ekosistemi taban alanı birkaç yüz metrekare olan bir yapının farklı katmanlarına dağıtarak bir çeşit "yoğunlaştırılmış doğal alan" sunuyor.

Peki, bu yaşayan binalar şehir ekosistemine nasıl katkı sağlıyor? Bitkiler fotosentez yoluyla atmosferdeki karbondioksidi soğurup oksijen üreterek hava kalitesini yerel ölçekte iyileştiriyor. Ayrıca yapraklar şehirlerdeki gürültü kirliliğini azaltmaya yardımcı olan doğal bir ses bariyeri işlevi görüyor. En önemli katkılardan biri ise ısı adası etkisini azaltması. Isı adası etkisi, şehirleşmiş bölgelerin ortalama sıcaklığının kırsal alanlara göre daha yüksek olmasıdır. Beton ve asfalt gibi doğal olmayan malzemeler gündüz saatlerinde güneş ışınlarını soğurup geceleyin dışarı ısı yayarak şehirlerde sıcaklıkların çevre bölgelere göre daha yüksek olmasına neden olabilir. Ağaçların ve diğer bitkilerin neden olduğu buharlaşma-terleme ve gölge etkisi ise hava sıcaklığının doğal yollarla düşmesine yardımcı olur. Dikey ormanlardaki yoğun bitki örtüsü, binaların yazın soğutma, kışın ise ısıtma ihtiyacını azaltarak enerji tüketiminde önemli bir düşüş sağlar.

Akıllı Mimari: Binanın "Dijital Beyni" Devrede

Geleceğin şehirlerinin sadece "yeşil" değil aynı zamanda "akıllı" olması gerekiyor. Akıllı mimari sensörler ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojileri aracılığıyla çevresinden topladığı verilere göre havalandırma ve enerji

Sakorn Sukkasemsakorn / iStock

gibi sistemleri otonom olarak ayarlayan yapıları tanımlıyor. Örneğin bir binanın dış cephesindeki akıllı camlar, Güneş ışınlarının geliş açısına ve sıcaklığa göre otomatik olarak kararabilir. Bu sayede bina içine giren ısı enerjisi miktarı kontrol edilerek binaların soğutma ihtiyacı da azaltılabilir.

Bu sistemlerin dikey ormanlarla bütünleştirilmesi ise ileri bir mühendislik anlayışıdır. Binanın farklı noktalarına yerleştirilen nem sensörleri sayesinde bitkilerin su ihtiyacı sürekli olarak izlenebilir. Sulama işlemi ise şebeke suyunu doğrudan kullanmak yerine mutfak ve banyo giderlerinden toplanıp arıtılan gri su veya çatılardan toplanan yağmur suyuyla gerçekleştirilebilir. Böylece bina, kaynaklarını daha verimli kullanan ve kısmen kendi kendine yetebilen bir sisteme dönüşür.

Elbette gökyüzüne uzanan yeşil bir bina inşa etmek, beraberinde önemli mühendislik zorlukları getirir. Ağaçların ve toprağın oluşturduğu ek yükün bina tarafından taşınabilmesi için yapılması gereken statik hesaplamalar, yüksek katlarda rüzgârın etkisine dayanabilecek bitki seçimi ve köklerin bina yapısına zarar vermesini engelleyecek bariyer teknolojileri bu sürecin en kritik aşamalarıdır. Ayrıca bu dikey ekosistemlerin bakımı için geliştirilen robotlar veya dronelar, gelecekte akıllı şehirlerde ihtiyaç duyulan meslek dallarının da habercisidir.

Sonuç: Doğayla Barışık Bir Gelecek

Doğayı şehrin dışındaki kısa süreli bir kaçış alanı olarak görmek yerine şehirleri doğayla daha uyumlu yaşam alanları olarak yeniden düşünmek gerekli. Beton yapıları bitkiler ve akıllı teknolojilerle bir araya getirdiğimizde daha estetik ve sürdürülebilir şehirler oluşturmak mümkün. Unutmamalıyız ki teknoloji, doğayla mücadele etmek için değil, doğayla uyum içinde yaşamanın yollarını geliştirmek için en güçlü aracımızdır.

• Boeri, S., *A Vertical Forest: Instructions booklet for the prototype of a sustainable residential building*. Corraini Edizioni, 2015.
• Gül, A., & Küçük, V., "Sürdürülebilir Kentleşme Bağlamında Dikey Bahçe Uygulamaları". *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, cilt 18, sayı 1, s. 1–10, 2017.
• Oke, T. R., "The energetic basis of the urban heat island". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, cilt 108, sayı 455, s. 1–24, 1982.
• Yang, J. ve ark., "Quantifying Air Pollution Removal by Urban Trees and Shrubs in Beijing, China", *Environmental Pollution*, cilt 153, sayı 3, s. 519–526, 2008.

Yapay Zekâ Kansere Karşı: Erken Teşhisin Sır Perdesi Aralanıyor mu?

Zeynep Berber
Özel Amerikan Robert Lisesi, hazırlık sınıfı

Doktorlar bir hastaya kanser teşhisi koymadan çok önce hatta hiçbir belirti ortaya çıkmamışken bir bilgisayar programı bu riski fark edebilir mi? Kulağa bilim kurgu gibi gelse de yapay zekâ sayesinde bu senaryo artık gerçeğe dönüşüyor. Çok sayıda klinik çalışma, kanser ne kadar erken teşhis edilirse tedavi olasılığının o kadar arttığını gösteriyor. Tarama programlarıyla birçok kanser türünde büyük başarılar elde edilse de kimlerin tarama programlarına dâhil edilmesi gerektiği veya riskin boyutu gibi sorular bazen cevapsız kalabiliyor. İşte tam bu noktada yapay zekâ tıp dünyasında heyecan verici bir devrim başlatıyor. Örneğin beyin kanseri teşhisinde yapay zekâ destekli sistemler yüzde 98 gibi yüksek bir doğruluk oranına ulaştı. Bu durum, yapay zekâ modellerinin bazı hastalıkların erken tespitinde etkili bir araç olabileceğini gösteriyor. Peki, bu teknoloji nasıl çalışıyor ve tüm hasta gruplarında aynı derecede güvenilir mi?

Yapay Zekânın Kansere Karşı Silahları

Kanseri erken teşhis etmeye yardımcı olan bu sistemlerin temelinde gelişmiş yapay zekâ algoritmaları yer alıyor. Büyük veri kümeleri ile eğitilen bu sistemler makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleriyle çalışıyor. Bu sayede tıbbi görüntülerdeki örüntüleri analiz ederek anormal dokuları tespit edebiliyor. Bu sistemlerin potansiyelini gösteren güncel örneklerden biri pankreas kanseriyle ilgili. Uzmanlar, hastaların yaşı, sigara alışkanlığı, alkol kullanımı ve etnik kökeni gibi verilerle eğitilen yapay zekâ modeli ile hangi bireylerde pankreas kanseri

Visual Generation / iStock

riskinin yüksek olduğunu tahmin etmeyi başardı. Bu sistemler verileri üç aşamada işliyor: Sisteme girilen veriler önce giriş katmanına aktarılıyor, ardından bu verileri matematiksel ağırlıklarla çarpıp veriler arasındaki örüntüleri analiz eden gizli katman ve nihai tıbbi tahminleri sunan çıkış katmanı bulunuyor. Tıbbi görüntüleri analiz etmek amacıyla geliştirilen yapay sinir ağlarına dayalı derin öğrenme algoritmaları ile meme ve akciğer gibi kanser türlerinin teşhisinde yüzde 90'ın üzerinde doğruluk oranlarına ulaşıldı.

Madalyonun Diğer Yüzü: Yapay Zekâ Ön Yargıları

Bu gelişmeler heyecan verici olsa da bazı sınırlılıkları barındırıyor ve bazı riskleri beraberinde getiriyor. En büyük sorunlardan biri, yapay zekânın tüm hasta gruplarında aynı performansı göstermemesi. Neden mi? Çünkü yapay zekâ da insanlar gibi ön yargılara sahip olabiliyor. Bu durum yapay zekânın eğitildiği veri setlerinin toplumun genelini yansıtmamasından kaynaklanıyor. Eğer bir modelin eğitildiği veri setinde belirli bir yaş, cinsiyet veya etnik grup daha fazla temsil ediliyorsa model diğer gruplar için doğru sonuçlar vermeyebiliyor. Örneğin araştırmalar yapay zekânın siyahi yetişkinlerde akut ağrı sendromlarının şiddetini yanlış değerlendirebildiğini ve bu durumun hastaların yeterli ağrı tedavisi alma olasılıklarını düşürdüğünü gösteriyor. Bu tıbbi ön yargı bazen veriye dayalı sınıflandırma farklarından kaynaklanabiliyor. Örneğin algoritmaların seksen yaşında kalp krizi geçiren bir hastayı ameliyat için uygun görme olasılığı, yetmiş dokuz yaşında kalp krizi geçirmiş bir hastanınkinden düşük olabiliyor. Kısacası algoritmalar, eğitildikleri veri setlerinde farklı hasta grupları yeterince temsil edilmiyorsa taraflı kararlar verebiliyor.

Gelecekte Bizi Neler Bekliyor?

Tüm bu riskler göz önüne alındığında yapay zekâ sistemlerinin tıpta kullanımının sınırlarının da net bir şekilde çizilmesi gerekiyor. Yetkili sağlık kuruluşları, onayladıkları tüm yapay zekâ tabanlı tıbbi araçların mutlaka bir doktor gözetimi altında kullanılmasını şart koşuyor. Yapay zekâ, doktorların yerini almak yerine onların en güçlü asistanı olma yolunda ilerliyor. Tahminin belirsiz olduğu durumlarda vakalar otomatik olarak uzman doktorların incelemesine yönlendiriliyor. Sonuç olarak yapay zekâ kanser teşhisinde önemli bir potansiyele sahip olsa da bu teknolojinin tüm hasta gruplarını yeterince temsil edecek verilerle eğitilmesi hayati önem taşıyor. Belki de asıl sormamız gereken soru şudur: Daha güvenilir bir hâle getirmeyi başardığımızda yapay zekâ kanserle mücadelede önemli araçlardan biri olabilir mi?

- https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-enabled-medical-devices
- https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35326674/
- https://doi.org/10.3390/cancers14061524
- https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10883605/

Bir Sineğin Beynini Dijital Ortama Aktarmak

Ozan Hamdullahpur
İstanbul Üsküdar Lisesi, 9. sınıf

Dijital ortamda tasarlanmış küçük ve güneşli bir park hayal edin. Bu parkın içinde altı bacağıyla çevresini keşfeden, zaman zaman durup ön ayaklarıyla başını titizce temizleyen minik bir meyve sineği geziniyor. İlk bakışta bu görüntünün sıradan bir bilgisayar oyunu veya basit bir simülasyon olduğunu düşünebilirsiniz. Ancak meyve sineğinin dijital modelini özel kılan, hareketlerinin bilgisayar kodu veya yapay zekâ ile kontrol edilmemesi. Bu model, gerçek bir meyve sineğinin beyninin nöron nöron ve sinaps sinaps çok ayrıntılı bir bağlantı haritasının çıkarılmasıyla oluşturuldu ve şimdiye kadar geliştirilen en kapsamlı "beyin emülasyonu" örneklerinden biri. Peki, biyolojik bir yaşamı dijital bir ortama aktarmak tam olarak nasıl başarıldı ve bu gelişme geleceğimizi nasıl değiştirecek?

Sinir Sistemini Haritalama

Aslında bir canlının sinir sistemini haritalama fikri yeni değil. Bilim insanları 1986 yılında *C. elegans* olarak bilinen küçük bir solucanın 302 nörondan oluşan sinir sistemini haritalamayı başarmıştı. Bu çalışma, sonraki yıllarda yapılan araştırmaların temelini oluşturdu. Ancak solucandan çok daha karmaşık bir sinir sistemine sahip olan meyve sineğinin beynini haritalamak, bilim dünyası için büyük bir sıçrama anlamına geliyor. 6 Mart 2026'da San Francisco merkezli EON

jxfzsy / iStock

Systems şirketi, meyve sineğinin, sinir bağlantı haritasına dayalı dijital bir modelini oluşturduğunu duyurdu. Bu gelişme sadece basit canlıların değil, daha karmaşık organizmaların beyinlerinin de dijital olarak modellenebildiğini gösteriyor.

Bir şehri tanımak için onun sokaklarını ve binalarını gösteren detaylı bir haritaya ihtiyaç duyarız. Sinir biliminde beynin bu yol haritasına "konnektom" denir. Bir meyve sineğinin konnektomunu çıkarmak, dünyanın en karmaşık yapbozunu tamamlamaya benzer. Araştırmacılar, yetişkin bir dişi meyve sineğinin beynini bir saç telinden binlerce kat daha ince 7.050 katmana ayırdı. Her bir katmanın elektron mikroskobuyla görüntüleri alındı ve yaklaşık 21 milyon görüntüden oluşan dev bir veri seti elde edildi. Bu görüntüler, yapay zekâ algoritmaları ve dünya genelinden yüzlerce bilim insanının ortak çalışmasıyla birleştirildi. Sonuçta yaklaşık 140 bin nöron ve 50 milyondan fazla sinaptik bağlantı içeren meyve sineği beyninin kapsamlı bir dijital haritası oluşturuldu. Bu harita sayesinde hangi nöronların hangileriyle bağlantılı olduğu ve hangi kimyasal maddeleri salgıladıkları görülebiliyor.

Ezber Bozan "Nöromorfik" Çipler

Bu projenin en önemli farkı, meyve sineğinin dijital modelinin hareketlerinin önceden programlanmamış olmasıdır. Geleneksel simülasyonlarda bir karakterin nasıl hareket edeceği matematiksel komutlarla belirlenir. Ancak bu modelde sanal ortamdan gelen ışık veya dokunma gibi duyusal veriler doğrudan dijital beyne iletiliyor. Dijital nöronlar bu bilgiyi biyolojik nöronların işleyişine benzer bir biçimde işleyerek motor nöronları etkinleştiriyor. Bu sayede meyve sineğinin dijital modeli, dış dünyayı biyolojik benzerlerine yakın bir şekilde algılayıp tepki veriyor.

Dijital meyve sineğinin kendini temizleme davranışı sırasında sergilediği eş güdümlü hareketler, Harvard Üniversitesinde araştırmalarını sürdüren Türk bilim insanı Pembe Gizem Özdil'in çalışmaları temel alınarak modellendi. Özdil ve ekibinin araştırmaları, karmaşık hareketlerin dijital ortamda nasıl bu kadar doğal görünebildiğini anlamada önemli bir katkı sunuyor.

Sandia Ulusal Laboratuvarlarındaki araştırmacılar, geliştirilen dijital beyin modelini Intel'in Loihi-2 adı verilen nöromorfik çipleri üzerinde çalıştırdı. Bu çipler, geleneksel bilgisayar işlemcilerinden farklı çalışıyor. Beyindeki nöronların ve sinaptik bağlantıların işleyişini taklit eden bu çiplerin enerji gereksinimi geleneksel çiplerinkinden çok daha düşük. Bu yaklaşım sinir sistemi simülasyonlarının çok daha yüksek hızlarda çalışmasına imkân verebiliyor.

Gelişen Teknoloji ile Sonraki Seviye

Bilim insanları bu başarıyı bir eşik olarak tanımlıyor. EON Systems'ın hedefi, bu süreci daha karmaşık sistemlere uygulamak. Ancak burada önemli bir zorluk ortaya çıkıyor: sayılar.

Bir meyve sineğinin beyninde yaklaşık 140 bin nöron bulunurken bir fare beyninde bu sayı 70 milyon, insan beyninde ise 86 milyardır. Yani insan beyni meyve sineğinin beyninden yaklaşık 600 bin kat daha karmaşıktır. Bu ölçekte karmaşık bir yapının dijital modelini oluşturmak için bugünkünden çok daha güçlü elektron mikroskoplarına ve işlemci kapasitelerine ihtiyaç duyuluyor.

Dijital parkta yürüyen o küçük dijital sinek, gelecekte insan beyninin işleyişiyle ilgili bilinmeyenleri anlamaya yardımcı olmanın yanı sıra Alzheimer gibi nörolojik hastalıkların dijital modeller üzerinden tedavisine yönelik geliştirilecek yenilikçi yaklaşımların öncüsü olabilir. Gelecek, biyoloji ile teknolojinin kesişimindeki bu yeni alanda şekilleniyor. Belki de bir gün, kendi zihnimizin dijital kopyasıyla bir simülasyonda karşılaşmak hayal olmaktan çıkacak.

• Dorkenwald, S., Matsliah, A., Sterling, A. R. ve ark. "Neuronal wiring diagram of an adult brain". *Nature*, Cilt 634, Sayı 8032, 2024.
• Eon Systems. "First Complete Brain Emulation of Drosophila Melanogaster: Technical Report". San Francisco, Mart 2026.
• FlyWire Projesi Veri Tabanı. https://flywire.ai
• https://doi.org/10.1101/2023.05.02.539144
• https://doi.org/10.1038/s41592-024-02497-y

Güvenmenin Matematiği

Yağmur Kayra Ural
ODTÜ GVO, 9. Sınıf

İnsanlar birbirine neden güvenir ve iş birliği yapar? İlginçtir ki bu sorunun cevabı yalnızca psikolojide değil, matematikte de aranıyor. Oyun teorisi bu davranışları açıklayan bir model sunuyor.

Oyun teorisi, insanların karar verirken nasıl davrandığını matematiksel modeller üzerinden inceleyen bir yöntemdir. İlk bakışta yalnızca oyunlarla ilgiliymiş gibi görünse de ekonomi, biyoloji, siyaset ve hatta günlük yaşamda karşılaştığımız birçok durum oyun teorisiyle açıklanabilir.

Oyun teorisinin en ünlü problemlerinden biri "mahkûm ikilemi" olarak bilinir. Bu senaryoda iki suç şüphelisi ayrı odalarda sorgulanır ve her birine aynı teklif yapılır: Eğer sen diğer suç şüphelisini ihbar edersen ve o seni ihbar etmezse sen serbest kalacaksın ve o üç yıl ceza alacak. Eğer ikiniz de birbirinizi ihbar ederseniz ikişer yıl ceza alacaksınız. Ancak ikiniz de konuşmazsanız birer yıl ceza alacaksınız.

Bu durumda en iyi karar hangisidir?
İlk bakışta iki şüphelinin de susması iki kişi açısından ortak olarak en iyi sonuç gibi görünür. Ancak her biri diğerinin kendisini ihbar edebileceğini düşünürse konuşmayı tercih edebilir. Böylece iki kişi de ikisinin de sustukları duruma göre daha ağır ceza alır. Yani herkes kendi çıkarını korumaya çalışırken aslında her ikisi için ortak anlamda daha kötü bir sonuç ortaya çıkabilir.

Bu durum oyun teorisinin önemli bir sonucunu ortaya koyar: Bireysel olarak avantajlı görünen kararlar bazen toplumsal olarak en iyi sonucu vermez.

Peki o hâlde gerçek dünyada insanlar neden çoğu zaman iş birliği yapar?

Bilim insanları bu soruya cevap bulmak için bilgisayar simülasyonları kullanarak farklı stratejileri test etti. 1980'lerde siyaset bilimci Robert Axelrod, farklı stratejilerin birbirine karşı denendiği bir bilgisayar turnuvası düzenledi. Bu turnuvada farklı stratejiler birbirleriyle defalarca karşılaştı ve hangi stratejinin daha başarılı olduğu incelendi.

Turnuvada en başarılı stratejilerden biri oldukça basitti: "Tit for Tat" yani "Sana yapılan eyleme karşı sen de aynı şekilde karşılık ver." Bu stratejide ilk turda iş birliği yapılır. Eğer karşı taraf da iş birliği yaparsa diğer turlarda da aynı şekilde devam edilir. Ancak karşı taraf iş birliğini bozarsa bir sonraki turda onun yaptığına aynı şekilde karşılık verilir.

Bu basit strateji şaşırtıcı bir şekilde birçok karmaşık stratejiyi geride bıraktı. Çünkü hem iş birliğini teşvik ediyor hem de kendi çıkarını düşünenlere karşı savunma sağlıyordu.

Oyun teorisinin ortaya koyduğu bu fikirleri anlamanın ilginç yollarından biri de internet üzerinde oldukça popüler olan "Evolution of Trust" adlı etkileşimli simülasyondur. Bu simülasyonda oyuncular farklı karakterlerle karşılaşır. Bazı karakterler her zaman iş birliği yapar, bazıları her zaman iş birliğini bozar, bazıları ise karşı tarafın davranışına göre hareket eder.

bymuratdeniz / iStock

Oyuncular bu karakterlerle farklı turlar boyunca etkileşime girer. Simülasyon ilerledikçe ilginç bir sonuç ortaya çıkar: Uzun vadede en başarılı stratejiler genellikle iş birliğini başlatan ancak kendi çıkarını düşünenlere karşı kendini savunan stratejiler olur. Yani güven tamamen körü körüne oluşmaz, karşılıklı davranışlara bağlı olarak gelişir.

Bu durum gerçek hayatta da görülür. İnsanlar çoğu zaman ilk adımı atarak iş birliği yapmaya eğilimlidir. Ancak güven kötüye kullanıldığında ilişkiler bozulabilir. Bu nedenle güven ve iş birliği çoğu zaman karşılıklı davranışların sonucunda ortaya çıkar.

Oyun teorisi yalnızca insan davranışlarını anlamak için kullanılmaz. Günümüzde bu modeller yapay zekâ araştırmalarında da önemli bir rol oynuyor. Araştırmacılar, farklı yapay zekâ modellerinin hangi koşullarda iş birliği yapmaya yöneldiğini inceleyerek daha güvenli kararlar veren algoritmalar geliştirmeye çalışıyor. Örneğin otonom araçların trafikte birbirleriyle uyumlu hareket edebilmesi veya çevrim içi platformlarda kullanıcı davranışlarının anlaşılması gibi konularda oyun teorisinden yararlanılıyor. Bu çalışmalar iş birliğinin yalnızca insan toplumlarında değil, karmaşık teknolojik sistemlerde de önemli olduğunu gösteriyor.

Sonuç olarak oyun teorisi bize önemli bir gerçeği gösterir: İnsan davranışları yalnızca rekabetten ibaret değildir. Tekrar eden etkileşimler ve uzun vadeli kazançlar çoğu zaman insanlar arasında güven oluşmasını sağlayarak iş birliğini mümkün kılar.

Günlük hayatımızda fark etmeden verdiğimiz pek çok karar aslında bu matematiksel modellerle açıklanabilir. Birine güvenmek, iş birliği yapmak ya da bazen temkinli davranmak… Tüm bunlar insanların birbirleriyle kurduğu karmaşık etkileşimlerin bir parçasıdır.

Belki de asıl ilginç soru şudur: Eğer insanlar yalnızca kendi çıkarını düşünüyorsa güven duygusu varlığını nasıl hâlâ sürdürebiliyor? Bilim insanları bu sorunun cevabını hâlâ araştırıyor. Ancak oyun teorisinin gösterdiği şey şu: Uzun vadede güven ve iş birliği çoğu zaman en güçlü strateji olabilir.

Belki de insan toplumlarını ayakta tutan görünmez güç, tam da matematiksel olarak açıklanabilen bu iş birliği dengesidir.

• Axelrod, R. The Evolution of Cooperation. Basic Books, 1984.
• https://science.umd.edu/faculty/wilkinson/BIOL608W/Axelrod&Hamilton81.pdf
• https://www.researchgate.net/publication/341900169_Introductory_Chapter_Multi-Agent_Systems
• https://ncase.me/trust/
• https://www.britannica.com/science/game-theory

İğne Deliği Kamera

Yalçın Ata Oruğ
Özel Üsküdar Amerikan Lisesi, 10. sınıf

Pili olmayan, lens taşımayan hatta teknolojik açıdan neredeyse ilkel sayılabilecek bir kutunun fotoğraf oluşturabildiğini düşünün. İlk bakışta bu biraz tuhaf geliyor. Ama aslında pinhole kamera olarak da bilinen iğne deliği kamera, görüntünün nasıl oluştuğunu anlamanın en sade ve en etkileyici yollarından biridir.

Bir Deliğin Oluşturduğu Görüntü

İğne deliği kamera oldukça basit bir sistemle çalışır. Işığı sızdırmayacak şekilde kapatılmış bir kutunun bir yüzeyinde çok küçük bir delik açılır. Karşı tarafta ise görüntünün düştüğü bir yüzey yer alır. Kutunun dışındaki bir cisimden gelen ışık ışınları bu delikten geçerek kutunun içine girer ve deliğin karşısındaki yüzeyde cismin ters bir görüntüsü oluşur. Cisim üst kısmından yansıyan ışık ışınları delikten geçtikten sonra karşı yüzeyin alt kısmına düşerken cismin alt kısmından gelen ışık ışınları yüzeyin üst kısmına düşer. Bu nedenle cismin ekranda oluşan görüntüsü terstir. Bu durum ışığın doğrusal yayılmasının doğal bir sonucudur. Delik küçüldükçe oluşan görüntü netleşir.

Kısacası iğne deliği kamera, karmaşık teknolojilere ihtiyaç duymadan optiğin temel prensiplerinin basit bir düzenek üzerinden anlaşılmasını sağlar.

Neden Lens Yok?

Bugün kullandığımız telefon kameralarında ve profesyonel fotoğraf makinelerinde lensler bulunur. Bu lensler ışık ışınlarını sensörlere yönlendirerek görüntüyü netleştirmek için kullanılır. İğne deliği kamerada ise bu bileşenler yoktur. Görüntü yalnızca küçük bir delik sayesinde oluşur.

Bu yüzden iğne deliği kameranın ortaya çıkardığı görüntü, modern kameralardaki kadar parlak ve net olmaz. Delik fazla büyükse görüntü bulanıklaşır, fazla küçükse bu kez içeri çok az ışık girer ve görüntü yeterince parlak olmaz. Yani en iyi sonucu almak için deliğin boyutunun dikkatli seçilmesi gerekir. İşte iğne deliği kamerayı ilginç yapan özelliklerinden biri de budur: Son derece basit görünse de iyi bir görüntü elde etmek hassas bir denge ister.

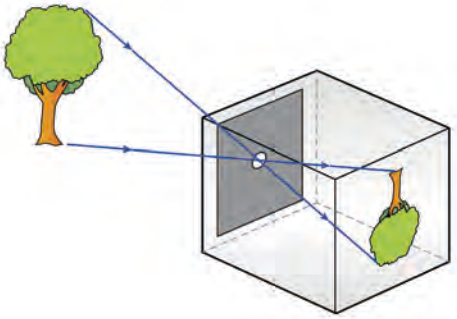
Eski Bir Fikir, Güçlü Bir Bilim

İğne deliği kameranın geçmişi yüzyıllar öncesine dayanır. *Camera obscura* olarak da bilinen karanlık odada kullanılan temel ilkeyi ilk defa uygulamalı olarak gösteren kişi, 965-1040 yılları arasında yaşayan İbnü'l Heysem'dir.

İbnü'l Heysem ve Karanlık Oda

Optik bilimin temellerini atan İbnü'l Heysem ışığın doğrusal hareketini, görmenin nasıl gerçekleştiğini ve küçük bir delikten geçen ışığın karanlık bir yüzey üzerinde nasıl ters bir görüntü oluşturduğunu incelemiştir.

Onun bu çalışmaları, ışığın doğası ile kırılma ve yansıma gibi özelliklerinin anlaşılmasında son derece önemli bir yer tutar. Bu nedenle iğne deliği kamera yalnızca basit bir görüntü oluşturma aracı değildir. Aynı zamanda gözlem, deney ve mantık yürütmenin bilimin gelişimine nasıl katkı sağladığını gösteren güçlü bir örnektir. Bu bilgiler sayesinde ressamlar perspektifi daha iyi kullanmış, bilim insanları gözlem yapmıştır. Günümüzde son derece gelişmiş kameralar kullanıyor olsak da bu sistemlerin temelinde yine ışığın yönlendirilebilmesi vardır. İğne deliği kamera ışığın bu özelliğinin en yalın örneğidir.



SPL

Neden Hâlâ İlgi Çekiyor?

Bugün bir iğne deliği kameradan basit bir fotoğraf makinesi yapmak için karmaşık ekipmanlara ve özel üretim yöntemlerine ihtiyaç yoktur. Basit bir kutu, alüminyum folyo, küçük bir delik ve ışığa duyarlı bir yüzeyle bu sistem kurulabilir. Bu nedenle iğne deliği kamera özellikle eğitimde çok değerli bir araçtır. Çünkü öğrenciler yalnızca oluşan görüntüyü görmez, görüntünün nasıl ve neden ters oluştuğunu da kavrar.

Üstelik iğne deliği fotoğrafların kendine özgü estetik bir tarafı da vardır. Bu fotoğraflarda görüntü daha az keskindir bu nedenle daha düşsel ve zamandan kopmuş gibi algılanır. Kusursuz olmamaları onları ilginç kılar. Belki de bu yüzden bazı fotoğraf sanatçıları en gelişmiş cihazlara ulaşabildikleri hâlde hâlâ iğne deliği kamerayı tercih eder.

Küçük Delik, Büyük Fikir

İğne deliği kamera bize önemli bir şeyi hatırlatır: Bilim her zaman karmaşık makinelerle yapılmaz. Bazen küçük bir delik, optik biliminin gelişimine katkı sağlayan önemli keşiflere öncülük edebilir. Bugün cebimizde taşıdığımız ileri teknoloji kameraların çalışma mekanizmasının temelinde de aynı prensipler vardır: Işığın nasıl yönlendirilebileceği. İğne deliği kamera bu soruya verilen en sade, en zarif ve en öğretici yanıtlardan biridir.

• https://doi.org/10.5144/0256-4947.2007.464
• https://doi.org/10.2307/3620392

Denklemlerin Zarafeti: Antimaddenin Keşfi

Mustafa Sıdar
Ceyhan Anadolu Lisesi, 10 sınıf

Bir denklem sadece nicelikler arasındaki ilişkiyi doğru ifade etmesi yeterli midir yoksa denklemin aynı zamanda "matematiksel zarafeti'" de olmalı mıdır?

Modern fiziğin en sessiz ve gizemli isimlerinden biri olan Paul Dirac'a göre bir fizik denklemi matematiksel zarafete de sahip olmalıydı. Bilim tarihinde bazı anlar vardır ki, laboratuvardaki karmaşık deneylerin yerini sadece bir kâğıt kalem ve saf düşünce alır. İşte 1928 yılı bu anların en etkileyicilerinden birine tanıklık etti. Genç fizikçi Paul A. M. Dirac "The Quantum Theory of Electron" adlı makalesini yayımladı. Bu makalede Dirac, kuantum mekaniği ile Albert Einstein'ın görelilik kuramını birleştirmeyi başaran denklemi yazdı.

Bir Denklem İçindeki Problem: Negatif Enerji ve Spin

Her şey Einstein'ın enerji-momentum ilişkisini gösteren denklemiyle başladı:

$$E^2=p^2c^2+m^2c^4$$

Dirac bu rölativistik enerji eşitliğini kuantize ederek bugün kendi adıyla anılan denklemi türetti.

Dirac, kuantum mekaniğini görelilik kuramıyla uyumlu hâle getiren denklemini geliştirirken gamma matrisleri adı verilen özel matrisler kullanmak zorundaydı. O dönemde spin özelliği deneysel verilerle uyumlu sonuçlar elde etmek için rölativistik olmayan denkleme sonradan eklenirken Dirac'ın kullandığı matrisler, spin özelliğini denklemin doğal bir parçası hâline getiriyordu.

Dirac Denklemi:

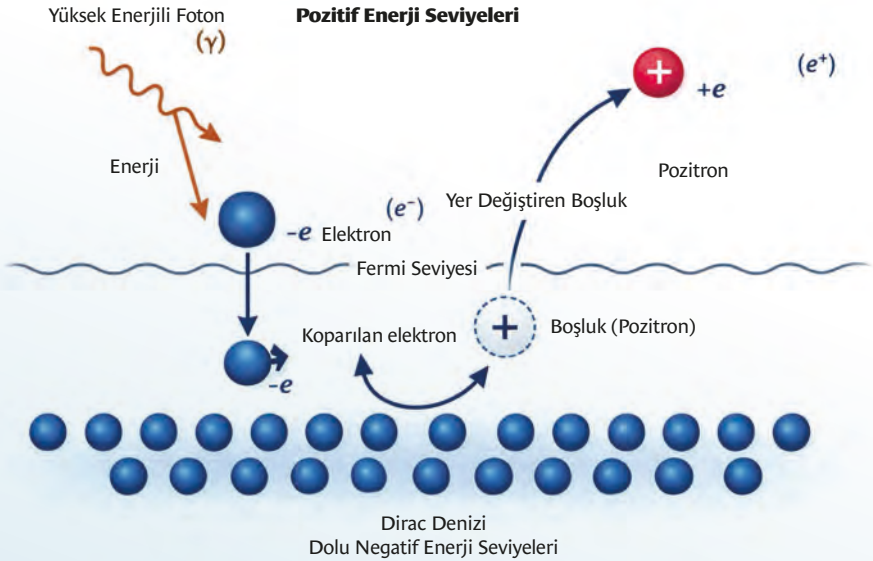
$$(i\gamma_\mu \partial^\mu - m)\psi = 0$$

γ_μ : gamma matrisi
∂^μ : türev operatörü
ψ : dalga fonksiyonu
m : kütle
i : birim sanal sayı

Bu denklem ilk bakışta karmaşık görülebilir, zaten öyledir ancak önemli olan denklemin matematiksel zarafeti ve sonucudur:

Dirac, denklemin çözümlerini incelediğinde şaşırtıcı bir sonuçla karşılaştı. Denklemin bazı çözümlerinin, elektrik yükü eksi olan bir parçacığın, diğer çözümlerininse elektrik yükü artı olan bir parçacığın hareketlerini ifade ettiğini fark etti. Bu ikinci çözüm enerji için negatif değerlere sahiptir. Üstelik bu negatif enerji seviyelerinin bir alt sınırı da yoktur.

Enerji seviyelerinin bir alt sınırının olmaması bir elektronun çevresine yayabileceği enerjinin bir üst sınırı olmadığı anlamına geliyordu. Dirac bu durumu açıklamak için negatif enerjili seviyelerin tamamının dolu olduğunu öne sürdü. Bugün bu elektronlarla dolu negatif enerji seviyeleri "Dirac denizi" olarak adlandırılıyor.



Dirac denizi modelinde Fermi seviyesi, dolu negatif enerji seviyelerinin en yüksek enerjili seviyesini ifade eder.

Dirac'ın hipotezine göre bir elektronun durmaksızın enerji kaybetmemesinin nedeni, elektronların Pauli dışlanma ilkesine uyan fermiyonlar olmasıdır. Bu ilkeye göre iki fermiyon aynı kuantum durumunu paylaşmaz dolayısıyla elektronlar enerji kaybederek daha düşük seviyelerine geçiş yapamaz. Ancak yeterince yüksek enerjili bir foton, negatif enerji denizinden bir elektronu koparabilir ve bu durumda bir "boşluk" ortaya çıkar. Bu boşluk yalnızca bir elektron eksikliği değildir, aynı zamanda pozitif yüklü bir parçacık gibi davranır. Dirac, bu yapının elektronun karşıt parçacığı olması gerektiği sonucuna vardı.

Bu kuramsal öngörü, 1932 yılında Carl Anderson tarafından deneysel olarak doğrulandı. Anderson, bir sis odasında yüklü parçacıkların bıraktığı izleri incelerken güçlü bir manyetik alan altında elektronunkiyle aynı kütleye sahip ancak zıt elektrik yüklü bir parçacık gözlemledi. Bu parçacık, Dirac'ın öngördüğü antielektrondu. Anderson bu parçacığa pozitron adını verdi.
Özetle Dirac'ın hem elektronun davranışlarını açıklayan hem de rölativite ile uyumlu bir denklem oluşturma çabaları, kuantum spinin varlığını kuramsal olarak tahmin eden bir teorinin geliştirilmesinin yanı sıra antimaddenin keşfine yol açtı.

• Paul Dirac.The Quantum Theory of the Electron. Proceedings of the Royal Society, 1928
• Paul Dirac.The Principle of Quantum Mechanics. Oxford University Press,1930.
• Paul Dirac. Nobel Lecture: The Quantum Theory of the Electrons. Nobel Foundation,1933
• Graham Farmelo. Paul Dirac: En Tuhaf Adam Kuantum Dehası Paul'ın Saklı Hayatı, 2024
• Carl D. Anderson. The Positive Electron. *Physical Review*, 1932

Nesiller büyüten Bilim ve Teknik ile
keşfetmenin sonu yok!

Bilim ve Teknik Podcast

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

Spotify, Apple Podcast, SoundCloud ve YouTube kanallarından dinleyebilirsiniz.

Spotify | Apple Podcasts | YouTube | SOUNDCLOUD

Nesiller Büyüten Dergi ile

Keşfetmenin Sonu Yok!

Yıllık Abonelik

468 TL

yerine

390 TL

#BilimOkuyanBilir

Abonelik avantajları için:
yayinlar.tubitak.gov.tr

TÜBİTAK

Bilim ve Teknik

TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi
Haziran 2026 sayısının ekidir.

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

Bilim ve Teknik

tubitakbiltek

tubitakbilimteknik

TÜBİTAK Bilim ve Teknik

bilimteknik.tubitak.gov.tr

bteknik@tubitak.gov.tr

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

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

Bilim ve Teknik Aralık 2025 ve Mayıs 2026 sayıları ile birlikte verilen "Liseli Gençlerden Popüler Bilim Yazısı Denemeleri" özel dergi eklerini okumak için kare kodları kullanabilirsiniz.

TÜBİTAK