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
Mayıs 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 ve yaygınlaştırılmasına, 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 yargı oluşturarak bilginin bireysel kazanımına yönelik merak ve motivasyonu uyandırmak ve öncü bireylerin yetişeceği bir bilgi toplumunun oluşmasına destek olmak amaçlanıyor.

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. Liseli gençlerimizin hazırladığı ve dergimizin internet sitesi üzerinden ilettiği yazıların %51'inin yayımlanması uygun bulundu. Bu yazıların bir kısmını Mayıs 2026 sayımızda, kalanını da Haziran 2026 sayımızda vereceğimiz özel dergi ekinde yayımlayacağız. Bilimsel değeri olan bir bilginin doğru, anlaşılır ve akıcı bir dille aktarılabilmesi için yayımlanması uygun görülen metinleri editoryal düzenlemelerde destekledik.

İlk olarak dergimizin Aralık 2025 sayısı ile birlikte verdiğimiz bu tür özel eklerimize hem liseli hem de lisans eğitimine devam eden üniversiteli gençlerimizi kapsayacak şekilde sürdürmeyi planlıyoruz. 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 dergimizdeki 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" süreci ilerleyen aylarda da devam edecek. Konu ile ilgili detaylı bilgiyi 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

İçindekiler

2 Işığın Dili: Spektrumlarla Evreni Okumak
Ada Sezgin, Buca İnci-Özer Tırnaklı Fen Lisesi

5 Yapay Zekâ Destekli CRISPR ile Böbrek Kanserinde Yeni Terapötik Hedefler
Ahmet Gümüş, TÜBİTAK Fen Lisesi

8 Yapay Zekâ İşimizi Elimizden Alacak mı?
Asya Yeni, Beşiktaş Anadolu Lisesi

10 Hayal Kurmak Kontrolden Çıkarsa… Uyumsuz Hayal Kurma
Ayşe Ela Erol, Prof. Dr. Mümtaz Turhan Sosyal Bilimler Lisesi

13 Duyularımıza Ne Kadar Güvenebiliriz?
Ayşe Birce Güngör, Vehbi Koç Vakfı Koç Lisesi

15 Yapay Zekânın Görünmez Su Ayak İzi: Bir "Komut" Kaç Bardak Su Eder?
Ayşe Defne Orhan, Üsküdar Anadolu Lisesi

18 İkinci Beynimiz Hafızamızı Yönetiyor Olabilir mi?
Berra Betül Karaca, Ankara Erman Ilıcak Fen Lisesi

20 Canlı Bilgisayarlar: Organoid Zekâ
Berrak Tuana, Beşiktaş Anadolu Lisesi

22 Zihnin Oyunu: Dejavu
Bilge Zeynep Kıymaz, Özel PEV Amiroğlu Fen Lisesi

24 Toryum Temiz ve Güvenilir Bir Enerji Kaynağı mı?
Bilgehan Birben, Güneysu Şehit Kemal Mutlu Fen Lisesi

26 Ortalamaların Gizli Ailesi: Kuvvetler Ortalaması Eşitsizliği Nedir?
Buğra Akçay, Düzce Fen Lisesi

28 Hücreler Şekerler Aracılığıyla Konuşur mu?
Büşra Ulusoy, Araştırma Geliştirme Eğitim ve Uygulama Merkezi Lisesi

30 Uzaylılar Sonunda Bizi Buldu mu? 3I/ATLAS Hakkında Bilmeniz Gerekenler
Defne Ata, TEV İnanç Lisesi

32 Zaman mı Hızlanıyor Yoksa Beynimiz mi Yanılıyor?
Deniz Toros, TED Isparta Koleji

34 Uyurken Beynimizde Neler Oluyor? Gecenin Gizli Temizlik Mekanizması
Ecrin Duru Seçmen, Gülveren Anadolu Lisesi

36 Havacılığın Devrimi: Morphing Wing
Ecrin Doğru, Hidayet Aydoğan Sosyal Bilimler Lisesi

38 Tek Katmanlık Mucize: Grafen
Enes Necati Turgut, Ankara Mamak Fen Lisesi

40 Görünmez Kablolar: Bluetooth Sesi Havada Nasıl İletiyor?
Furkan Yiğit Döleş, İstanbul Anadolu Lisesi

42 Kaos ve Fraktallar: Matematiğin Evreni
Gülfem Cansu İlal, Fethiye Belediye Fen Lisesi

44 Güneş'i "Yeryüzüne İndirmek" Mümkün mü?
Gülsüm Aleyna Koldaş, Kabataş Erkek Lisesi

47 Einstein'ın Kimyaya Bıraktığı Miras: Rölativistik Etkiler
Mete Karaman, Jale Tezer Koleji

Nesiller büyüten
TÜBİTAK Bilim ve Teknik
dergisinin okurlarına armağanıdır.

Işığın Dili: Spektrumlarla Evreni Okumak

Ada Sezgin
Buca İnci-Özer Tırnaklı Fen Lisesi, 9. sınıf

Gökyüzüne baktığımızda yalnızca birer ışık noktası olarak gördüğümüz yıldızlar hakkında bu kadar bilgiye nereden ulaşıyoruz?

Peki ya bizlerden binlerce ışık yılı uzaklıktaki yıldızlarla hastanelerde kullanılan cihazlar ya da telefonlarımızdaki kablosuz bağlantılar arasında nasıl bir ilişki var? Aslında tüm bunlar bir ışık demetini bileşenlerine ayırdığımızda ortaya çıkan renklere yani spektrumlara dayanıyor.

Temel olarak bir ışık demetinin bileşenlerine ayrılmasıyla içindeki tüm renkler veya dalga boylarını yan yana sıralayan ölçeğe spektrum ya da

Maximusnd / iStock

tayf deriz. Beyaz ışık bir prizmadan geçtiğinde gökkuşağı renklerini oluşturan bileşenlerine ayrılır. Gözümüz etrafımızdaki dünyayı algılarken ışık spektrumunun dar bir aralığını görebilir. Bu aralığın bir ucunda en kısa dalga boylu mor ışık, diğer ucunda en uzun dalga boylu kırmızı ışık yer alır. Ancak o geniş spektrumun insan gözünün göremediği kısmı da çok önemli bilgiler taşır.

Kırmızı ışığın ötesinde dalga boyu uzun ancak enerjisi daha düşük olan kızılötesi ışınlar, mor ışığın ötesindeyse dalga boyu kısa, enerjisi ise çok daha yüksek olan morötesi (ultraviyole) ışınlar yer alır. Bu geniş spektrumda radyo dalgaları ve mikrodalgalardan X ışınları ve gama ışınlarına kadar uzanan farklı frekans ve dalga boylarına sahip ışınlar bulunur. Bu ışınlar bize yıldızlar, ötegezegenler ve çok daha fazlası hakkında bilgiler verir. Bilim insanları bu bilgileri kullanarak ışığı, maddelerin yapısını ve evreni anlamaya çalışır.

Tıpkı parmak izimizin bize özgü olması gibi evrendeki her molekülün kendine özgü spektral izi vardır. Spektroskopi, maddelerin ışığı nasıl yaydığını veya soğurduğunu inceleyen disiplindir. Uzay araştırmalarında, kimyada ve adli bilimlerde maddelere özgü bu izleri incelemek ve maddelerin türünü tespit etmek için spektroskopiden yararlanılır.

19. yüzyılın başında Güneş'in spektrumunu inceleyen Joseph von Fraunhofer isimli bilim insanı, ışığı bileşenlerine ayırdığında ilk bakışta kesintisiz devam ediyor gibi görünen renklerin arasında yüzlerce ince siyah çizgi olduğunu fark etti. Bugün Fraunhofer çizgileri olarak adlandırdığımız bu çizgiler, Güneş ya da başka bir yıldız tarafından yayılan ışığın belirli dalga boylarının, o yıldızın atmosferindeki farklı elementler tarafından soğurulması sonucu oluşur. Her element kendine özgü belirli dalga boylarını soğurduğu için yıldızın spektrumundaki siyah çizgiler yıldızın hangi elementleri ne oranda içerdiğini tespit etmemizi sağlar. Bilim insanları bu çizgileri analiz ederek Güneş'in ve diğer yıldızların içeriğindeki elementleri ve sıcaklıklarını belirleyebilir.

Günümüzde uzay araştırmalarındaki en heyecan verici gelişmelerden biri de Güneş sisteminin ötesindeki gezegenlerde yaşamın izlerini bulmak için spektroskopiden yararlanılmasıdır. James Webb Uzay Teleskobu (JWST), uzak yıldızların önünden geçen gezegenlerin atmosferinden geçen ışığı analiz ederek bu konu hakkında önemli veriler sunar. Bir gezegenin atmosferinde bulunan gazlar, spektrumda biyoimza olarak adlandırılan kendine özgü izler bırakır. Örneğin atmosfer spektrumunda aynı anda metan, karbondioksit ve su buharı tespit edilmesi o gezegende biyolojik süreçlerin işliyor olabileceğine dair

güçlü bir işarettir. Bilim insanları ve araştırmacılar, bu spektral verileri kullanarak ötegezegenlerin kimyasal yapısını çözümlemekte ve dünya dışı yaşam olasılığına ilişkin somut çıkarımlar yapabilmektedir.

Gökyüzünü, yıldızları ve uzayı anlamamıza yardımcı olmanın yanı sıra spektroskopi, mutfağımızdaki fırından cebimizdeki telefona kadar günlük hayatımızın da önemli bir parçasıdır. Hastanelerde kullanılan röntgen cihazları, vücudumuzun iç yapısını görüntülemek için X ışınlarını kullanır. Kızılötesi ışınları algılayan termal kameralarda sıcaklık farklarının tespit edilmesi hem güvenlik hem de tıp alanında önemli rol oynar. Günlük hayatta sıklıkla kullandığımız kablosuz internet ve telefon sinyalleri, radyo dalgaları ve mikrodalgalar sayesinde iletilir. Evimizdeki kablosuz internet sinyallerinden televizyon kumandalarına ve market kasalarındaki barkod okuyan lazerlere kadar hayatımızın pek çok alanında ışığın önemli bir yeri vardır.

Bugün spektroskopi yalnızca gökyüzünü incelemek için kullanılan bir yöntem değil, evrenin sakladığı bilgileri açığa çıkarmamızı sağlayan bir anahtar hâline gelmiştir. Bir zamanlar prizmadan geçtikten sonra ayrışan renk demetleri olarak görülen bu spektral çizgiler artık gelişmiş veri analiz teknikleri ve yapay zekâ modelleriyle işlenerek ötegezenlerin atmosferindeki yaşam belirtilerini saniyeler içinde analiz etmemizi sağlıyor. Artık evreni sadece izlemiyoruz, ışığın taşıdığı bu verileri inceleyerek ulaşamadığımız "dünyaların" kimyasal yapısını ve biyolojik izlerini anlamaya her geçen gün biraz daha yaklaşıyoruz. Belki de çok yakın bir gelecekte spektrumların bu "gizli dilini" tam olarak çözdüğümüzde "Evrende yalnız mıyız?" sorusunun yanıtını yine uzak bir gezegenden gelen bir ışık hüzmesinin içinde bulacağız. Spektrumlar, bize yalnızca evrenin yapısı ve özellikleri hakkında bilgi vermiyor aynı zamanda henüz keşfetmediğimiz süreçleri anlamamıza katkı sağlıyor.

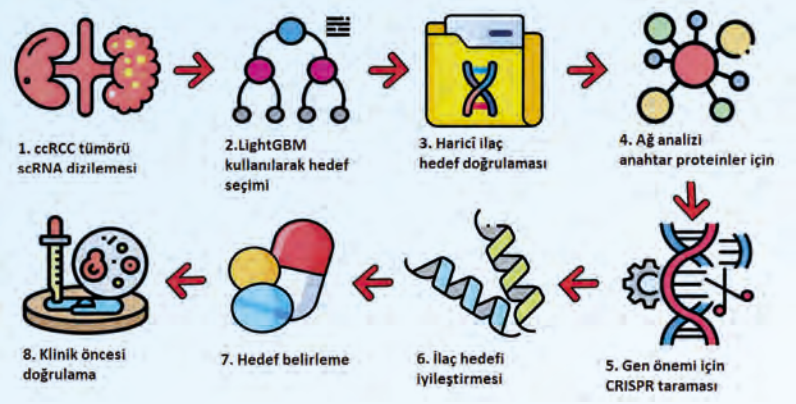
• https://www.earthdata.nasa.gov/learn/earth-observation-data-basics/electromagnetic-spectrum
• https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Integral/The_electromagnetic_spectrum
• https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2025/11/What_is_spectroscopy
• Lines, F., Fraunhofer Hatları, 2001
• https://iopscience.iop.org/article/10.3847/PSJ/acf488#artAbst
• https://astrobiology.nasa.gov/news/searching-for-biosignature-gases-with-webb/

Yapay Zekâ Destekli CRISPR ile Böbrek Kanserinde Yeni Terapötik Hedefler

Ahmet Gümüş
TÜBİTAK Fen Lisesi, 9. sınıf

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 400.000 kişiye böbrek kanseri tanısı konuyor. Clear cell renal cell carcinoma (ccRCC), böbrek kanserinin en yaygın alt türlerinden biridir. Ancak hızlı ilerler ve mevcut tedavilere direnç geliştirebilir. Bu özellikleri nedeniyle ccRCC, tedavisi zor bir kanser türü olarak öne çıkıyor. Hastalık başka dokulara ya da organlara yayıldığında (metastatik evre) ccRCC'nin 5 yıllık sağ kalma oranı %10'un altına düşüyor. Mevcut tedaviler, büyük ölçüde tümörün bulunduğu çevreyi yani mikroçevreyi hedef alıyor. Ancak bilim insanları, tümörün kendi iç işleyişine dair pek çok mekanizmanın hâlâ tam olarak anlaşılmadığını düşünüyor.

Cambridge Üniversitesinde kanser biyolojisi alanında çalışan Silas Ruhrberg Estévez ve ekibi, ccRCC'nin ccRCC'nin tedavisinde hedef alınabilecek yapıları belirlemek için birden fazla teknolojiyi bir araya getiren kapsamlı bir yöntem geliştirdi. Çalışmaları şubat ayında *npj Drug Discovery* dergisinde yayımlandı. Bu yöntemde hücrelerin genlerini tek tek incelemeye yarayan tek hücre RNA dizileme (scRNA-seq), proteinlerin birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduklarını gösteren ağ analizleri ve ilaçların bu sistemlerle nasıl etkileşime girdiğini inceleyen analizler birlikte kullanıldı. Elde edilen bilgiler sayesinde hastalığın ilerlemesinde rol oynayabilecek potansiyel hedef genler belirlendi. Daha sonra bu genler,



Rasi Bhadramani / iStock

CRISPR adı verilen gen düzenleme teknolojisiyle test edilerek gerçekten etkili olanlar belirlendi. Son aşamada ise bulgular, farklı veri setleriyle karşılaştırılarak doğrulandı.

Bu yaklaşım, mevcut tedavi yaklaşımlarını yeniden değerlendirirken ABL1, CDK4/6 ve JAK inhibitörleri gibi daha önce yeterince incelenmemiş potansiyel tedavi hedeflerini de ortaya çıkardı. Bu hedeflere etki eden ve hâlihazırda FDA onaylı ilaçlar arasında Ribociclib, Ponatinib ve Dasatinib, laboratuvar ortamında (preklinik böbrek kanseri hücrelerinde) mevcut tedavilere kıyasla daha yüksek etkinlik gösterdi. Bu ilaçların farklı biyolojik yollar üzerinden etki göstermesi hem tedaviye karşı gelişen direncin aşılmasında hem de yeni kombinasyon tedavilerinin geliştirilmesinde umut verici bir potansiyel sunuyor.

Araştırmada kullanılan veri seti, ccRCC tümöründen ve sağlıklı böbrek dokusundan elde edilen toplam 270.000'den fazla hücreyi kapsıyor. Bu veriler üzerinde yapılan ilk analizlerde "tek değişkenli özellik seçimi" (univariate feature selection) adı verilen bir yöntemle 96 potansiyel hedef gen belirlendi. Daha sonra

bu genler, CRISPR-Cas verileri ile karşılaştırılarak gerçekten hastalıkla ilgili olanlar tespit edildi ve sonuçta 16 genden oluşan yüksek güvenilirlikte bir hedef listesi elde edildi. Araştırmacılar bu genleri, proteinlerin birbiriyle nasıl etkileştiğini gösteren ağ analizleri ve biyolojik yolak incelemeleriyle daha yakından inceledi. Sonuçlar, bu genlerin karbonhidrat metabolizması, nükleozit dönüşümü ve hücrelerin oksijene verdiği yanıt gibi kanserin temel biyolojik süreçleriyle ilişkili olduğunu ortaya koydu.

Elde edilen bulguların güvenilirliğini test etmek için ABD, Çin ve Litvanya'dan alınan 6 farklı tek hücre RNA dizileme (scRNA-seq) ve 2 toplu RNA (bulk RNA-seq) veri seti kullanıldı.

Yapılan analizlerde hücreleri iki boyutlu bir düzlemde görselleştirmeye yarayan UMAP yöntemi ve modelin başarısını ölçen AUC skorları (0,91-0,99 aralığında) sayesinde geliştirilen yöntemin tümör hücrelerini oldukça güvenilir bir şekilde ayırt edebildiği gösterildi. Ayrıca CRISPR ekranları kullanılarak sadece tümör hücrelerine özgü genler seçildi ve tümörün çevresinden kaynaklanan sinyaller analiz dışı bırakıldı.

Araştırmada, ilaç ile hedeflediği protein arasındaki etkileşimin gücünü belirlemek için yapılan ilaç yakınlık analizleri, hâlihazırda FDA onayı almış 39 farklı bileşiği etki mekanizmalarına göre önceliklendirdi. Bu analizler mevcut tedavilere ek olarak ABL1 inhibitörleri (Ponatinib, Dasatinib), CDK4/6 inhibitörleri (Ribociclib) ve JAK inhibitörleri gibi daha önce yeterince kullanılmamış tedavi yaklaşımlarının da önemli olabileceğini ortaya koydu. Bu grupta yer alan Ponatinib, Dasatinib ve Ribociclib gibi ilaçlar, laboratuvar ortamında yapılan testlerde (PRISM preklinik ekranları) mevcut standart tedavilere kıyasla tümör hücrelerini daha güçlü ve daha kapsamlı bir şekilde baskıladı. Örneğin Ponatinib ve Dasatinib, hücre canlılığında belirgin bir düşüş sağlayarak yaygın kullanılan ilaçlardan Cabozantinib'e göre daha etkili sonuçlar verdi.

Genel olarak bu çalışma, CRISPR verilerini, makine öğrenimi yöntemlerini ve tek hücreli analizleri birleştirerek ccRCC için yüksek güvenilirlikte tedavi hedeflerinin belirlenmesini mümkün kılıyor. Üstelik sadece ccRCC'ye yönelik değil diğer kanser türlerine de uyarlanabilecek şekilde tasarlanan bu yaklaşım, yapay zekâ destekli ilaç geliştirme çalışmaları için de önemli bir temel oluşturuyor.

• https://crisprmedicinenews.com/news/crispr-refines-machine-learning-kidney-cancer-drug-targets/
• Ruhrberg Estévez, S., Baltusyte, G., Youssef, G., & Han, N., A systems-level machine learning approach uncovers therapeutic targets in clear cell renal cell carcinoma. *npj Drug Discovery*, 3, 5, 2026. https://doi.org/10.1038/s44386-025-00036-z
• https://github.com/Sr933/rcc.git

Yapay Zekâ İşimizi Elimizden Alacak mı?

Asya Yeni
Beşiktaş Anadolu Lisesi, 9. sınıf

Siz de her gün dönüp dolaşıp "Acaba yapay zekâ hayalimdeki mesleği elimden alacak mı?" diye düşünüyor musunuz? Ya da şu anda ödev yaparken kullandığımız ChatGPT ileride öğretmenimizin yerine geçecek mi? Herkesin kafasında buna benzer onlarca soru var. Peki acaba bu konu gerçekten kaygılanmaya değer mi?

Bu sorunun, "tüm insanlık işsiz kalacak" ya da "hiçbir meslek yok olmayacak" şeklinde kesin bir cevabı yok. Önemli olan şey kendini sürekli güncelleyen ve gelişen yapay zekâ ile birlikte çalışmaya ve gelişime açık olmak. Yani meslekler tamamen yok olmayacak fakat yapay zekâ her meslek grubunda bir şekilde kullanılacak gibi görünüyor.

Önemi artacak ve var olmaya devam edecek mesleklere yön veren şaşırtıcı bir gerçek var. Yapay zekâ daha az bilgi ve işlem gerektiren fakat gerçek hayat tecrübesiyle ilerleyen problemleri çözerken zorlanıyor. Bunun nedeni bu eylemlerin genellikle fiziksel algı ve motor becerilerle ilerliyor olması. 1980'lerde ortaya atılan Moravec paradoksu bu konuyu özetliyor: İnsanlar için kolay olan görevler robotlar için zorken robotlar için kolay olan görevler ise insanlar için zordur. Buna basit bir örnek vermek gerekirse bir yapay zekâ modeli uzun matematik işlemlerini hızlıca çözebilirken bunun aksine yapay zekâya sahip bir robotun mutfağa gidip bir bardak su getirebilmesi için çok fazla komut dizisine ve uzun bir gözlem sürecine ihtiyacı var. Ortaya atılışı üzerinden kırk yılı aşkın bir süre geçmesine rağmen bu paradoksun hâlâ büyük ölçüde geçerliliğini koruması şaşırtıcı olup gelecek öngörülerimizi şekillendirmeye de devam ediyor. Şu anki ilerleme yönü ve geçmişten geleceğe uzanan tahminler nedeniyle fiziksel güç gerektiren işlerin bir kısmı uzun bir süre daha var olmaya devam edecek gibi görünüyor. 2030'dan itibaren büyüyecek ve gelişecek gibi görünen çiftçilik ve tarım işçiliği gibi meslekler de bu grupta. Ayrıca duygusal zekâ, ikna kabiliyeti ve etik karar verme gibi cevaba birçok farklı yolla ulaşmanız gereken problemleri çözen işler de bir süre daha var olacak. Örneğin talebin artması beklenen mesleklerden biri, satış danışmanlığı. Yüksek seviyede iletişim ve ikna kabiliyeti gerektiren bu alan büyümeye açık görünüyor. Ama merak etmeyin sadece içinde iletişim ve fiziksel çaba gerektiren meslekler var olmayacak. Yazılım ve uygulama geliştiricileri gibi içinde bulunduğumuz teknoloji çağına büyük katkı sağlayan iş gruplarına olan ihtiyaç da artacak ve iş süreçleri yapay zekâ yardımıyla hızlanacak. Peki meslekler hakkında bu kadar farklı tahmin ve kriter varken mesleğimizi seçerken tüm bunlara odaklanmalı mıyız?

Bu sonuçlar aslında yapay zekânın gelişmesiyle beraber kariyer seçimlerimizde bazı değişiklikler yapmamız gerektiğine işaret ediyor olabilir. Fakat bu demek değil ki hayalinizdeki meslekten tamamen vazgeçmelisiniz, faaliyet alanlarında bazı meslekler yapay zekâ teknolojileri tarafından yerine getirilebilir ama yapay zekâyı kontrol edip analiz edebilen uzman insanlara da ihtiyaç olacaktır.

Ayrıca unutmamak gerekir ki bu, mesleklerin yok olacağına dair ilk kez ortaya çıkan toplumsal bir endişe de değil. Otomasyonun ilk adımlarının atıldığı Sanayi Devrimi'nde de insanlar işsiz kalacaklarına inanmıştı. Bu süreçte şirketlerin fiziksel güç ve insan kaynağı talepleri azaldı fakat makinelerin çalışma mekanizmasını ve bunların bakım ve onarımını yapabilen çalışanlara olan ihtiyaç arttı. Yani hem çalışanlar hem de işverenler bu duruma uyum sağlamanın bir yolunu buldu.

Geçmişte nasıl makineler ve bilgisayarlar hakkında bilgi sahibi olmak büyük bir avantaj olarak görüldüyse ileride de yapay zekâyı etkin bir biçimde kullananlar değişen dünyaya çabucak ayak uyduracak. Bahsedildiği üzere birçok meslek varlığını sürdürecek fakat süreçlerin ve görevlerin yapılış şekli değişecek. Yok olan meslekler ise değişime açık olmayan, yapay zekânın rutin algoritmalarla gerçekleştirebileceği işler olacak. Yani yapay zekâyı yaptığınız işe etkili bir şekilde entegre etmeyi öğrenirseniz gelecek için hazır olabilirsiniz.

• https://epoch.ai/gradient-updates/moravec-s-paradox/
• https://www.imf.org/-/media/files/publications/sdn/2024/english/sdnea2024001.pdf
• https://openpraxis.org/articles/10.55982/openpraxis.16.1.612
• https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/
• https://www.weforum.org/stories/2025/01/future-of-jobs-report-2025-jobs-of-the-future-and-the-skills-you-need-to-get-them/

ookawa / iStock

Hayal Kurmak Kontrolden Çıkarsa...

Ayşe Ela Erol
Prof. Dr. Mümtaz Turhan Sosyal Bilimler Lisesi, 9. sınıf

Uyumsuz Hayal Kurma

Hayal kurmak, insan zihninin en sıradan ama aynı zamanda en gizemli faaliyetlerinden biri. Günlük hayatın akışı içinde, bir derste, bir yolculukta ya da gecenin geç bir saatinde zihnimiz içinde bulunduğu andan uzaklaşabilir. Çoğu zaman bu durum zararsızdır hatta yaratıcılığın, problem çözmenin ve duygusal düzenlemenin bir parçası olarak kabul edilir. Ancak bazı durumlarda hayal kurma, işlevini aşarak kişinin gerçek yaşamla kurduğu bağı zayıflatan ve kontrol edilmesi zor bir hâl alabilir. Son yıllarda bu durumu tanımlamak için kullanılan kavram ise uyumsuz hayal kurma (maladaptive daydreaming) olarak isimlendirilen durumdur.

Uyumsuz hayal kurma, kişinin uzun süreli, yoğun ve ayrıntılı hayallere dalmasıyla karakterize edilen bir durum. Bu hayaller genellikle oldukça canlıdır, tekrar eden temalar içerir ve birey tarafından bilinçli bir biçimde sürdürülür. Temel sorun ise bu zihinsel etkinliğin kişinin akademik, sosyal ya da duygusal işlevselliğini belirgin biçimde etkilemesidir. Uyumsuz hayal kurma henüz Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabı (DSM-5) gibi tanı sınıflandırma sistemlerinde resmî bir tanı olarak yer almamakla birlikte son yıllarda psikoloji ve sinirbilimi alanlarında yapılan çalışmaların artması, bu olgunun yalnızca "fazla hayal kurmak" olarak geçiştirilemeyecek kadar ayırt edici özelliklere sahip olduğunu gösteriyor.

Washington Üniversitesi ve St. Louis Tıp Fakültesinde görev yapan psikiyatrist Dr. David Mamah ve çalışma arkadaşları tarafından 2025 yılında *Psychiatry Research Case Reports* dergisinde yayımlanan bir çalışmada uyumsuz hayal kurma yaşayan 19-20 yaşlarında bir birey klinik gözlemlerin yanı sıra beyin görüntüleme yöntemleriyle de incelenmiş. Bu araştırma, uyumsuz hayal kurmanın yalnızca davranışsal değil aynı zamanda nörobiyolojik boyutlarıyla da ele alınması gerektiğine dikkat çekiyor.

Çocuklukta başlayıp ergenlikte giderek artan, uzun süreli ve yoğun hayal kurma dönemleri yaşadığını ifade eden katılımcının, hayallerinin genellikle belirli kurgular etrafında şekillenen, tekrar eden karakterler ve senaryolar içerdiği belirtiliyor. Katılımcı, hayallerinde gerçek bir kişi ile bir animasyon karakterinin özelliklerini bir araya getiren ve kendisiyle ilişki kuran bir erkek karakterin yer

aldığından söz ediyor. Bazen de başarılı bir kariyere sahip olduğunu hayal ediyor. Ayrıca çalışmada gerçek dünyayla etkileşim kurmak yerine hayal dünyasına daldığında genellikle daha mutlu hissettiğini ancak bazen hayalî bir ilişki içinde olmanın verdiği suçluluk duygusundan rahatsız olduğunu da ifade ediyor.

WhataWin / iStock

Araştırmacılar, bu bireyin klinik geçmişini de ayrıntılı biçimde ele almış. Vakanın, uyumsuz hayal kurmaya eşlik eden depresif belirtiler ve obsesif özellikler sergilediği belirtiliyor. Uyumsuz hayal kurmanın çoğu zaman başka psikiyatrik durumlarla birlikte görülmesi, tanıyı güçleştiren önemli bir etken olarak öne çıkıyor. Bu nedenle çalışmada özellikle uyumsuz hayal kurmanın ona eşlik eden psikiyatrik durumlardan bağımsız bir olgu olarak ele alınıp alınamayacağı da araştırılmış.

Hayal Kurarken Beyinde Olup Bitenler

Çalışmanın en dikkat çekici yönlerinden biri, farklı ilaçların uyumsuz hayal kurma üzerindeki etkilerinin incelenmiş olması. Bazı ilaçların hayal kurma eğilimini artırdığı, bazılarının ise bu hayallerin yoğunluğunu azalttığı görülmüş. Bu bulgu, uyumsuz hayal kurmanın yalnızca psikolojik bir alışkanlık değil aynı zamanda beyindeki kimyasal süreçlerle ilişkili bir durum da olabileceğini düşündürüyor.

Özellikle dopaminin etkili olduğu ödül, motivasyon ve içsel düşünce süreçlerinde rol oynayan dopaminerjik sistem göz önüne alındığında bu sonuçlar daha anlamlı hâle geliyor.

Araştırmanın belki de en özgün ve literatüre katkı sağlayan yönlerinden biri, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) bulguları. Bu bulgular, beynin dinlenme hâlindeyken hangi bölgelerinin birlikte çalıştığını gösteren ağ yapıları üzerinden değerlendirilmiş. Çalışmada, uyumsuz hayal kurma yaşayan bireyde içsel düşünce ve hayal kurmayla ilişkili olan varsayılan mod ağının belirgin biçimde genişlediği görülmüş. Buna karşılık dikkat ve bilişsel kontrolle ilişkili ön-parietal ağın daha zayıf olduğu saptanmış.

Bu bulgular, uyumsuz hayal kurmanın nörobiyolojik bir temele sahip olabileceğini düşündürüyor. Varsayılan mod ağının baskın olduğu durumlarda bireyin zihni dış uyaranlardan çok içsel düşüncelere yöneliyor. Eğer bu içsel yönelim, bilişsel kontrol ağları tarafından yeterince düzenlenemezse kişi, hayal dünyasında uzun süreler geçirebiliyor. Bu durum, uyumsuz hayal kurmanın neden kontrol edilemeyen bir deneyim olarak tanımlandığını da açıklıyor.

Bu vaka çalışmalarının uyumsuz hayal kurmayı yalnızca öznel bir deneyim olarak değil, ölçülebilir beyin süreçleriyle ilişkili bir olgu olarak ele alınması bakımından önemli olduğu düşünülüyor. Tek bir vaka üzerinden genelleme yapmak mümkün olmasa da bu tür çalışmalar, ileride yapılacak daha geniş ölçekli araştırmalar için önemli bir başlangıç noktası oluşturuyor. Ayrıca bu bulguların, uyumsuz hayal kurmanın ayrı bir klinik tablo olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceği sorusunun daha somut biçimde ele alınmasına da katkı sağladığı ifade ediliyor.

Sosyal bilimler açısından bakıldığında ise uyumsuz hayal kurma, bireyin gerçeklikle ilişki kurma ve bundan kaçma eğilimlerini anlamaya imkân tanıyor. Hayal kurma, insanı insan yapan zihinsel etkinliklerden biri ancak belirli koşullarda bu süreç bireyin yaşamını kısıtlayan bir hâle dönüşebiliyor.

Anlaşılan o ki uyumsuz hayal kurma yalnızca ‘‘aşırı hayal kurma’’ olarak basitleştirilemeyecek çok boyutlu bir olgu. Bu durumu anlamak için beyin ağları, nörokimyasal süreçler ve öznel deneyim arasındaki etkileşimin birlikte ele alınması gerekiyor.

• https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.12.001
• https://doi.org/10.1016/j.psycr.2025.100249

Duyularımıza Ne Kadar Güvenebiliriz?

Ayşe Birce Güngör
Vehbi Koç Vakfı Koç Lisesi, 9. sınıf

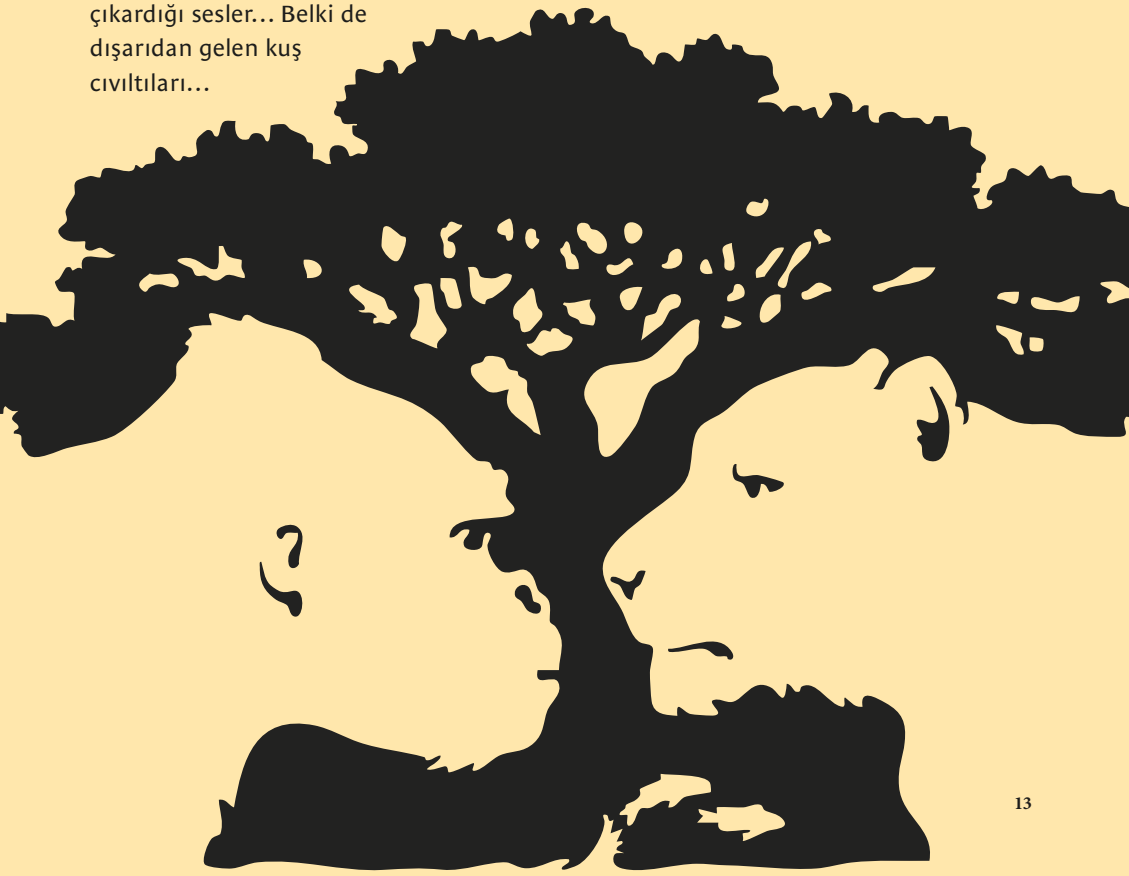
Bir şeyin gerçek olup olmadığını duyularımıza güvenerek değerlendiririz değil mi? Her zaman gördüğümüze, duyduğumuza, tattığımıza, dokunduğumuza hatta kokladığımıza inanırız. Peki ya duyularımız bazen bize yanlış bir gerçeklik sunuyorsa?

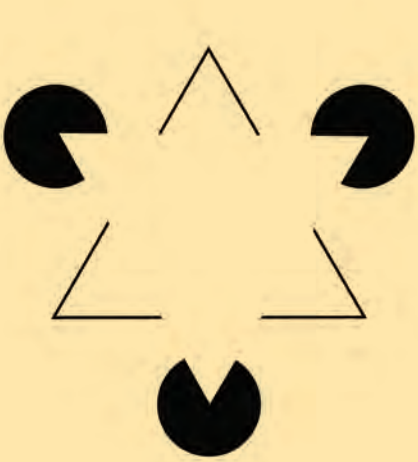
Şu an arka plandaki buzdolabının, televizyonun, havalandırmanın çıkardığı sesler... Belki de dışarıdan gelen kuş cıvıltıları...

Bunların çoğunu fark etmeyip bu yazıya odaklanmanız tesadüf değil. Bu durum, duyularımızda başlayıp beynimizde şekillenen bir sistemin yaptığı algı seçiminin bir sonucu.

Bu süreç çevreden gelen fiziksel ve kimyasal uyarıların (ışık, ses, mekanik ve kimyasal) duyu organlarımıza ulaşmasıyla başlar. Duyu organlarındaki reseptörler bu uyarıları algılayıp sinir sisteminin ortak dili olan elektriksel sinyallere dönüştürür. Ardından bu sinyaller beyne iletilir.

Beyinde koku duyusu dışındaki tüm duyusal sinyaller talamus adı verilen bir bölgeden geçer.





Monica Schroeder / SPL

Talamus, bir tür filtre gibi çalışarak hangi sinyallerin önemli olduğunu belirler. Önemli bulunan sinyaller kortekse gönderilirken diğerleri büyük ölçüde zayıflatılır. Kortekse ulaşan bu "önemli" sinyaller ise hafıza ve geçmiş deneyimlerin yardımıyla anlamlandırılır ve bu sayede gerçeklik algımız oluşur.

Sihirbazlar işte tam olarak bu çalışma biçiminden yararlanarak sihirbazlık numaralarını gerçekleştirir.

Beyin, karar verirken çevredeki her detaya aynı anda ve eşit şekilde odaklanamaz. Bazı bilgileri ön plana çıkarırken diğerlerini önemsiz olarak nitelendirir. Yani beyin birden fazla uyarana odaklanmakta zorluk çeker. Örneğin önceki sayfadaki ağaç görselinde ya hayvanları ya da ağacı görürüz. Çünkü tüm objeleri aynı anda tüm ayrıntılarıyla algılamak zordur. Sihirbazlar da dikkatimizi belirli bir noktaya yönlendirirken aslında kritik olan başka detayları -örneğin bir güvercini- gözümüzden kaçırabilir.

Beyin çevreden gelen yetersiz duyusal bilgileri tamamlamaya eğilimlidir. Eksik bilgileri geçmiş deneyimlerle tamamlar. Bazen gerçekte var olmayan şeyleri varmış gibi algılayabiliriz. Örneğin soldaki görsele baktığınızda ortadaki üçgeni görebiliyor musunuz? Cevabınız muhtemelen "Evet". Aslında ortada üçgen olmadığını söylesem? Bu "algısal tamamlama" süreci birçok sihir numarasının temelini oluşturur.

Gördüklerimiz aslında dış dünyanın birebir yansıması değil, beynimizin yaptığı bir yorumdur. Beynimiz çevreden gelen bilgileri sürekli olarak filtreler, seçer ve tamamlar. Bu da bazen yanlış algıya ve yanılsamaya yol açabilir. Ancak bilinçli farkındalık ve bilimsel yaklaşım sayesinde bu algı sınırlarını farkına varabilir, yanılsamalara hazırlıklı olabiliriz.

• Empatia Terapi. (t.y.). Terapide Gestalt Yaklaşımı. Erişim adresi: https://empatiaterapi.com/terapide-gestalt-yaklasimi/
• Goldstein, E. B. "Sensation and perception", Cengage Learning, 2013.

Yapay Zekânın Görünmez Su Ayak İzi: Bir "Komut" Kaç Bardak Su Eder?

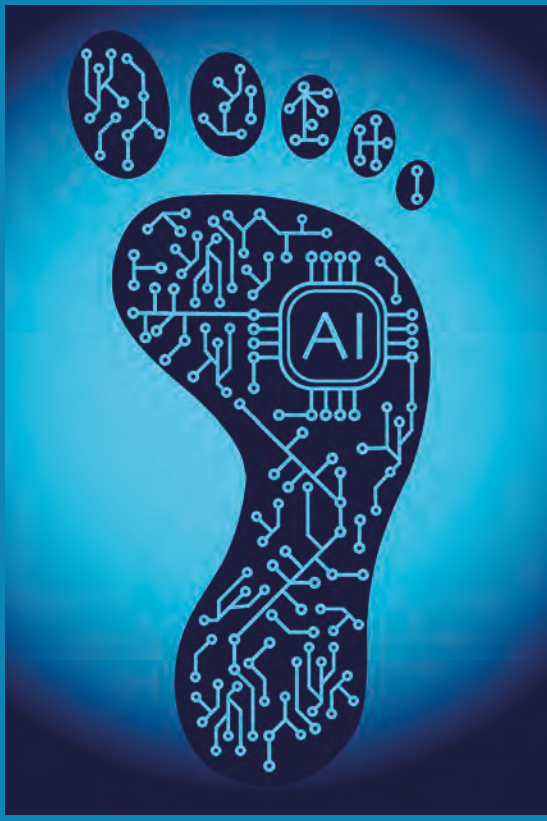
Ayşe Defne Orhan
Üsküdar Anadolu Lisesi, 11. sınıf

Milyonlarca insanın kullandığı ChatGPT gibi büyük dil modelleri devasa miktarlarda su tüketiyor. Peki, bir sohbet robotuyla yapılan kısa bir konuşmanın su maliyeti ne kadar ve bu yapay zekânın geleceği ve sürdürülebilirliği hakkında bize ne diyor?

Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'i suyla kaplıdır ancak bu suyun %96'dan fazlası okyanuslardaki tuzlu sudur. Tatlı suyun üçte ikisi de donmuş buzullarda bulunduğu için erişilebilir değildir. İklim değişikliği, çevre kirliliği, nüfus artışı ve tatlı suyun %70'ini kullanan tarım sektöründeki verimsiz uygulamalar ve su israfı nedeniyle şiddetlenen su krizi dolayısıyla 2030'a kadar yaklaşık 700 milyon insanın zorunlu göç edeceği öngörülüyor. Hâl böyleyken 1 milyondan fazla insan tarafından kullanılan yapay zekânın harcadığı su miktarı da hayli önem kazanıyor.

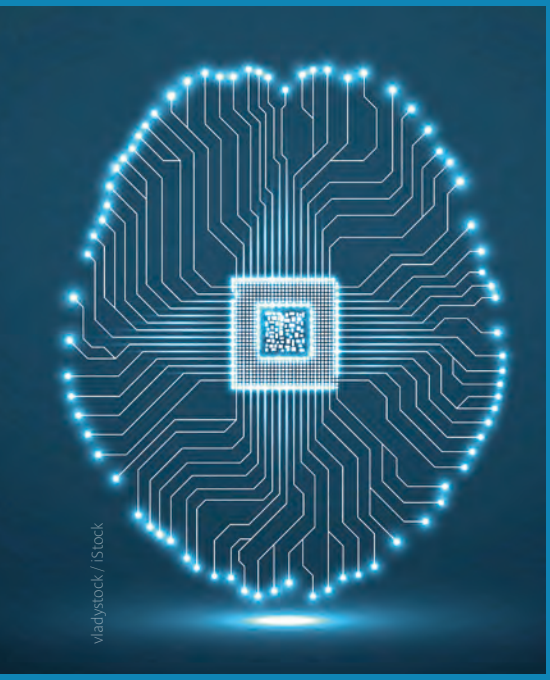
Yapay zekâ, sanıldığının aksine bulut bilişim altyapısında çalışan bir sistem değil, kilometrelerce kablo ve binlerce sunucu barındıran veri merkezlerinden oluşan fiziksel bir sistemdir.

Yapay zekâ veri merkezlerindeki yüksek hesaplama gücü, gelişmiş ağ altyapısı ve devasa depolama sistemleri muazzam miktarda elektrik enerjisi ve gelişmiş soğutma sistemleri gerektirir. Goldman Sachs Research'e göre veri merkezlerinden kaynaklanan küresel elektrik talebinin 2030 yılına kadar 2023 seviyelerine kıyasla %165 artacağı tahmin ediliyor. Dahası küresel yapay zekâ araçlarına duyulan talebin 2027 yılında 4,2 ile 6,6 milyar metreküp su kullanımına neden olması bekleniyor



Iurii Tanin / iStock

ki bu sayı Birleşik Krallık'ta harcanan suyun yarısından fazladır. Ayrıca büyük veri merkezlerinin günde 19 milyon litreye varan su tüketimi, 10.000 ile 50.000 nüfuslu bir kasabanın su tüketimine eş değerdir. Sadece OpenAI tarafından geliştirilen GPT-3'ün eğitilmesi için doğrudan 700.000 litre tatlı su harcandığı düşünüldüğünde veri merkezlerinin sayısı, büyüklüğü ve karmaşıklığı arttıkça su tüketiminin de artmaya devam edeceği öngörülüyor. Bilim insanları, her 100 kelimelik yapay zekâ komutunun 519 mililitre yani yaklaşık bir şişe su tükettiğini tahmin ediyor. Dünya genelinde her dakika yapılan milyonlarca yapay zekâ sorgusu ile su tüketimi inanılmaz boyutlara ulaşıyor.



vladystock / iStock

Bu yoğun enerji tüketimini karşılamak için güçlü elektrik altyapıları kurulurken bu sistemlerin soğutma gereksinimlerini karşılamak için hem sunucuların içinde hem de veri merkezlerinin genelinde soğutma sistemleri kullanılır. Sunucu düzeyinde kullanılan hava veya sıvı soğutma sistemleri doğrudan donanımı soğutarak optimum sıcaklığı korur ve çiplerin zarar görmesini önler. Hava soğutma sistemlerinde, suyun buharlaştırılması prensibiyle çalışan ancak suyun geri kazanılamadığı (açık devre) bir yöntem kullanıldığından bu sistemlerde su tüketimi oldukça yüksektir.

Geleneksel hava soğutma teknolojisi daha düşük kurulum maliyetleri gerektirmesine rağmen havanın ısıyı iletmede çok verimli bir akışkan olmaması, yüksek yoğunluklu sunucularda ısınmayı engellemede yetersiz kalması ve fanların çalışması için çok yüksek miktarda elektrik harcaması gibi dezavantajlara sahiptir. Sıvı soğutmada ise ısıyı aktarmak ve dağıtmak için genellikle su kullanılır. Suyun öz ısısı (bir maddenin birimmiktarının sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli ısı enerjisi miktarı) havanın öz ısısının yaklaşık 4 katı olduğu için bu yöntem ısının soğurulup aktarılmasında verimliliği artırır. Bu nedenle sıvı soğutma sistemlerinin enerji tüketimi hava soğutma

sistemlerine kıyasla %40 düşüktür ve sunucuları daha soğuk tutarak performansı ve kullanım ömrünü artırır. Doğrudan çip soğutma ve daldırma soğutma, ısıyı dağıtırken su tüketimini önemli ölçüde azaltan iki standart sıvı soğutma teknolojisidir.

Tesis düzeyinde soğutmada ısı, veri merkezinden dış ortama aktarılır. Su soğutma kuleleri ve hava soğutması, bu amaçla yaygın olarak kullanılan iki yaklaşımdır. Soğutma kulelerinde suyun yaklaşık %80'i buharlaştırılır ve ısı çevreye dağılır. Ayrıca buharlaşmayan su deşarj edilmeden önce yalnızca birkaç kez geri dönüştürülür, mineral ve tuz birikimini önlemek için sürekli temiz tatlı su takviyesi gerektirir. Bu nedenle buharlaşan ve deşarj edilen suyu telafi etmek için sürekli yeni su eklenmelidir. Bu durum yüksek miktarlarda sıvı kaybına neden olur.

Tesis düzeyinde soğutmada suyun yeniden kullanıldığı ve buharlaşma kayıplarının en aza indirildiği kapalı devre soğutma sistemleri, dış havanın kullanımı ile çalışan hava soğutması, çip üzerinde doğrudan soğutma ve daldırma soğutma gibi sıvı soğutma yöntemleri, veri merkezlerinin kurulurken su kaybını en aza indirecek daha serin ve nemi düşük bölgelerin seçilmesi, içme suyu yerine alternatif su kaynaklarının kullanımı, atık geri kazanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi yapay zekânın su tüketimini azaltmaya yönelik yenilikçi su yönetimi metotları arasındadır. Ek olarak daha az enerji harcayan, verimli algoritmaların tasarlanmasıyla çevre dostu uygulamalar soğutma süreçlerini optimize ederek gereksiz su ve enerji kullanımını önleyebilir.

Sonuç olarak insanlığın sorunlarını çözmeye ve verimliliği artırmaya büyük katkı sağlayan yapay zekânın, dünyanın su gibi sınırlı kaynaklarını israf etmemesi için teknoloji ve çevre arasında bir denge bulunmalı, sürdürülebilir yapay zekâ politikaları geliştirilmeli ve şirketler tarafından şeffaf ve detaylı çevre raporları hazırlanmalıdır. Yapay zekâya yazdığımız her sorgunun karşılığında harcanan suyu düşünerek sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek bizim elimizde.

• Li, Pengfei, ve ark. "Making AI Less 'Thirsty': Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models.". ArXiv.org, 2023.
• https://www.eesi.org/articles/view/data-centers-and-water-consumption
• https://sustainability.google/reports/google-2025-environmental-report/
• https://www.usgs.gov/water-science-school/science/how-much-water-there-earth
• https://www.goldmansachs.com/insights/articles/how-ai-is-transforming-data-centers-and-ramping-up-power-demand
• https://www.ibm.com/think/topics/ai-data-center
• https://news.mit.edu/2025/explained-generative-ai-environmental-impact-0117
• https://www.unicef.org/wash/water-scarcity

JDawnInk / iStock

İkinci Beynimiz Hafızamızı Yönetiyor Olabilir mi?

Berra Betül Karaca
Ankara Erman Ilıcak Fen Lisesi, 10. sınıf

Daha önce bir otoparkta aracınızın yerini bulmakta zorlandığınız ya da bir nesneyi nereye koyduğunuzu saniyeler içinde unuttuğunuz oldu mu? Bu tür küçük hafıza sorunlarını genellikle yorgunluğa ya da yaşlanmaya bağlarız. Peki ya bu tür durumların asıl sorumlusunun beyniniz değil de bağırsaklarınız olabileceğini hiç düşündünüz mü? Aslında bu durumun açıklaması bilim dünyasının son yıllardaki en heyecan verici araştırma alanlarından biri olan "mikrobiyota-bağırsak-beyin ekseni" ile ilişkili. Peki, bağırsak mikroorganizmaları aracılığıyla bağırsak ve beyin arasında kurulan çok yönlü iletişim ağı nedir ve hafızamız üzerinde nasıl bir rol oynuyor?

İçimizdeki Kimya Fabrikası

Bağırsaklarımız yüz milyonlarca nöron yani sinir hücresi içeriyor. Yani bağırsaklarımızda, omuriliktekinden daha fazla sayıda nöron bulunur. Hâl böyleyken bağırsaklarımıza ikinci beyin denmesi kesinlikle bir tesadüf değil. Mikrobiyota-bağırsak-beyin ekseni, merkezî sinir sistemi ile "ikinci beyin" olarak da bilinen enterik sinir sistemi (bağırsaklardaki sinir ağı) arasındaki çift yönlü iletişimi sağlıyor. Bağırsaklarımızda yaşayan trilyonlarca mikroorganizmadan oluşan mikrobiyota, âdeta bu sistemin kimya fabrikası görevini üstleniyor. Serotonin gibi duygu durumunu düzenleyen veya dopamin gibi dikkat ve motivasyonda rol oynayan nörotransmitterlerin (sinir hücreleri

arasındaki iletişimi sağlayan kimyasal maddeler) büyük bir kısmı bağırsakta üretiliyor. Bu ağın en önemli bileşenlerinden biri olan vagus siniri ise bağırsaklardan gelen sinyalleri beyne iletiyor. Bu sayede bağırsak mikrobiyotası, beyin kimyasını düzenleyerek stres, kaygı ve hafıza gibi bilişsel süreçlerde rol oynayabiliyor.

Beynin Uzaktan Kumandası

Stanford Medicine ve Arc Enstitüsündeki araştırmacılar tarafından fareler üzerinde yapılan yeni bir araştırma, bağırsaklarımızda yaşayan bakteriler ile genellikle yaşlanmayla birlikte ortaya çıkan bilişsel gerileme arasında güçlü bir bağlantı olduğunu gösteriyor. Araştırmanın yürütücülerinden biri olan Christoph Thaiss bu bulguları şöyle özetliyor: "Öğrendiğimiz şey, hafızdaki zayıflamanın kaçınılmaz olmadığıdır. Aksine bu süreç, vücutta aktif olarak düzenlenir ve enterik sinir sistemi bu sürecin önemli bir parçasıdır."

Deneyler, farelerin yaşlandıkça bağırsak mikrobiyotasındaki bakteri popülasyonunun değiştiğini ve bazı zararlı türlerin (örneğin *Parabacteroides goldsteinii*) çoğaldığını gösteriyor. Bağırsaktaki bağışıklık hücreleri tarafından fark edilen bu değişim, vücutta enflamasyonu başlatıyor. Bu tepki, vagus siniri üzerinden beyne iletilen sinyalleri etkileyerek hafıza oluşumunda ve yön bulma becerilerinde önemli rol oynayan hipokampusun aktivitesinin azalmasına yol açıyor. Sonuç olarak bu fareler, nesneleri hatırlamada ve labirentte yollarını bulmakta zorlanıyor. Çalışmanın en heyecan verici kısmı ise bu sürecin geri döndürülebilir olması. Araştırmacılar, yaşlı ve hafıza sorunu yaşayan farelerde vagus siniri aktivitesini artırdıklarında çarpıcı bir sonuçla karşılaştı. Fareler, yeni nesneleri hatırlama ve labirentleri çözme konusunda genç farelerinkine benzer bir performans sergiledi.

Gelecek için Bir Umut

Patoloji uzmanı Christoph Thaiss'e göre hafıza zayıflaması yalnızca beyinle ilişkili bir süreç değildir. Aksine enterik sinir sistemi, beyin üzerinde bir tür "uzaktan kumanda" işlevi görebilir. Bu bağırsak mikrobiyatasının bileşiminin yeniden düzenlenmesiyle hafıza oluşumu ve beyin aktivitesinin geliştirilebileceğini gösteriyor. Araştırmanın yürütücülerinden olan Arc Enstitüsü araştırmacısı Maayan Levy ise bağırsak sisteminin ağız yoluyla kolayca yönlendirilebildiğine dikkat çekiyor. Levy'ye göre, gelecekte beslenme veya takviyeler yoluyla beyin fonksiyonlarını etkilemek mümkün olabilir.

Araştırmacılar şu anda insanlarda benzer bir mekanizma olup olmadığını ve bunun yaşa bağlı bilişsel gerilemeye katkıda bulunup bulunmadığını araştırıyor. Eğer bu bulgular insanlarda da doğrulanırsa gelecekte hafıza sorunlarıyla mücadelede yalnızca beyin değil aynı zamanda bağırsak sağlığı da önemli bir hedef hâline gelebilir. Belki de Alzheimer ve Parkinson gibi henüz kesin tedavisi bulunmayan hastalıkların tedavisi için yeni ve umut verici yöntemler geliştirilebilir.

• Armand, D., "Researchers find gut-brain link to age-related memory loss", *Stanford Medicine News*, 2026.
• https://doi.org/10.1038/s41586-026-10191-6
• https://doi.org/10.1186/s43556-025-00307-1

Canlı Bilgisayarlar: Organoid Zekâ

Berrak Tuana
Beşiktaş Anadolu Lisesi, 9. sınıf

Bir bilgisayarın çalışması için sadece elektrik devreleri ve kablolar mı gerekir? Yoksa bir gün, içinde canlı hücrelerin çalıştığı bilgisayarlar kullanabilir miyiz? Organoid zekâ sayesinde bu sorular artık bilim dünyasında gerçek bir araştırma konusu hâline gelmiş durumda.

Organoid zekâ, beyin organoidleri ile bilgisayar teknolojisinin birleşiminden oluşan hibrit bir sistemdir. Bu teknolojinin temelini oluşturan beyin organoidleri, insanlardan elde edilen kök hücrelerden geliştirilir. Bu kök hücreler uygun koşullar altında kendi kendine organize olarak insan beyninin bazı özelliklerini taklit eden küçük, üç boyutlu yapılar oluşturur.

Laboratuvar ortamında yetiştirilen bu organoidler geliştikçe nöronlar ve sınırlı da olsa basit sinir ağları oluşturur. İnsan beyninde yaklaşık 86 milyar nöron bulunur ve bu hücreler elektriksel sinyaller aracılığıyla iletişim kurarak bilgiyi işler. Beyin organoidleri de benzer şekilde hücreler arası iletişim gerçekleştirebilir. Bu özellikleri sayesinde organoidler bilgi işleme, depolama ve hesaplama gibi işlevleri yerine getirebilen canlı sistemler olarak tanımlanabilir.

Biyolojik Bilgisayarlar Nasıl Çalışır?

Geleneksel bilgisayarlar veriyi dijital sinyaller ve elektronik devreler aracılığıyla işler. Biyolojik bilgisayarlarda ise bu devrelerin yerini, beyin organoidlerinin oluşturduğu sinir ağları alır. Bilgi işleme süreci, bu ağlar boyunca iletilen elektriksel sinyaller üzerinden gerçekleşir.

Beynimizin öğrenme mekanizmasının temelinde nöronlar arasındaki bağlantıların gücü yer alır. Bu bağlantılar güçlenip zayıfladıkça öğrenme ve unutma süreçleri ortaya çıkar. Yapılan araştırmalar, beyin organoidlerinde de benzer süreçlerin gerçekleşebildiğini gösteriyor. Organoidlerin uyaranlara tepki verebilmesi, uyum sağlayabilmesi ve basit örüntüleri tanıyabilmesi, bu sistemlerin sınırlı da olsa bilgiyi işleyip depolayabildiğini ortaya koyuyor.

Hatta bazı deneylerde organoidlerin basit oyunları öğrenebildiği ve çevrelerinden gelen sinyallere göre davranışlarını değiştirebildiği gözlemlenmiş. Bu durum, organoid zekânın aktif olarak öğrenebilen bir yapı olduğunu gösteriyor.

Organoid Zekânın Önemi ve Kullanım Alanları

Biyolojik bilgisayarların en önemli avantajlarından biri enerji verimliliğidir. Günümüz bilgisayarları karmaşık işlemler için yüksek miktarda enerji tüketirken

insan beyni yaklaşık 20 Watt enerjiyle son derece karmaşık görevleri yerine getirebilir. Organoid tabanlı sistemlerin de benzer bir verimlilik potansiyeline sahip olacağı düşünülüyor.

Bunun yanı sıra bu sistemler bireye özgü kök hücrelerden üretilebilir. Bu sayede Alzheimer, şizofreni ve bipolar bozukluk gibi sinir sistemi hastalıkları daha gerçekçi modeller üzerinde incelenebilir ve kişiselleştirilmiş tedavi yöntemleri geliştirilebilir.

Ayrıca organoid zekâ, karmaşık veri analizlerinde yapay zekâya alternatif ya da tamamlayıcı bir sistem olarak kullanılabilir. Bu iki teknolojinin birlikte kullanılması, gelecekte çok daha güçlü ve verimli hesaplama sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Her yeni teknolojide olduğu gibi organoid zekâ da bazı önemli soruları beraberinde getiriyor. Bu yapılar ne kadar gelişebilir? Bir noktada bilinç benzeri özellikler gösterebilir mi? Ya da teorik olarak acı hissedebilirler mi?

Canlı hücrelerin deneylerde kullanılması, etik tartışmaları da beraberinde getiriyor. Bu nedenle bilim insanları yalnızca teknolojiyi geliştirmekle kalmıyor aynı zamanda bu gelişimin sınırlarını da belirlemeye çalışıyor.

Bilgisayarların Geleceği

Organoid zekâ henüz gelişme aşamasında olsa da şimdiden biyoloji ile teknolojinin kesiştiği en dikkat çekici alanlardan biri hâline gelmiş durumda. Bu alan geliştikçe bilgisayarların doğası ve potansiyeli hakkındaki düşüncelerimiz de değişiyor. Belki de gelecekte bilgisayarlar, klasik makinelerden çok canlı sistemlere benzeyecek. Peki, eğer bir gün teknolojilerimiz gerçekten "yaşayan" sistemlere dönüşürse onları hâlâ sadece bir araç olarak mı göreceğiz yoksa bir tür canlı olarak mı kabul edeceğiz?

• https://doi.org/10.1016/j.bosn.2025.01.002
• https://doi.org/10.14573/altex.2303261

Andy / iStock

Zihnin Oyunu: Dejavu

Bilge Zeynep Kıymaz
Özel PEV Amiroğlu Fen Lisesi, 10. sınıf

Yoğun bir günün ardından eve döndüğünüzü hayal edin. Sokaklardan geçerken yıllardır görüşmediğiniz bir arkadaşınıza rastlıyorsunuz, onunla konuşurken söylediği bir söz, etraftaki insanların gürültüsü veya yanınızdan geçen birinin kokusu bir anda size tanıdık geliyor. Sanki bu anı daha önce yaşamışsınız gibi hissediyorsunuz. Her şey, önceden izlediğiniz bir film gibi gözünüzün önünden geçiyor. Peki bu yaşanmışlık hissi nedir? Neden bu şekilde hissederiz?

"Zaten görülmüş" anlamına gelen Fransızca kökenli *déjà vu* kelimesi, bu yaşanmışlık hissini tanımlamak için kullanılır. Bir kişinin, ilk kez yaşadığı bir olayı veya içinde bulunduğu yeni bir ortamı daha önce deneyimlemiş veya görmüş olduğu hissine kapılması durumudur. Araştırmalar, insanların yaklaşık %60-80'inin hayatlarının bir döneminde bu deneyimi yaşadığını gösteriyor. Dejavu genellikle kısa süreli ve rastlantısal bir deneyimdir. En sık 15-25 yaş arasında görülür ve yaş ilerledikçe görülme sıklığı azalır. Bu hissi tetikleyen birçok etken vardır. Örneğin bazı sesler veya kokular tanıdıklık hissini artırabilir. Bunun yanı sıra beynin mekânsal benzerlikleri algılaması, zamanlama hataları ya da dikkatin bölünmesi gibi bilişsel süreçler de dejavu deneyiminde rol oynayabilir.

Mekânsal Benzerlik Nedir?

Bir filmde bir dükkân gördünüz ve o anda önemsenmeden bu ayrıntı belleğinizde yer etti. Ancak bir gün doktora gittiğinizde, doktorun bekleme salonuna girince birdenbire bir dejavu anı yaşıyorsunuz ve "Ben burada daha önce bulunmuştum." diye düşünüyorsunuz. Aynı mekân olmasa bile zihniniz bu iki mekân arasında bir benzerlik kuruyor. Bu teorinin en güçlü kanıtı Colorado Eyalet Üniversitesinden Dr. Anne Cleary tarafından yapılan sanal gerçeklik (VR) deneyleridir. Bu deneylerde VR gözlük ile katılımcılara farklı mekânlar fakat benzer yerleşim planları (krokiler) gösterilmiş ve katılımcıların yüksek oranda dejavu hissi yaşadığı gözlemlenmiş. Bu da dejavunun yalnızca nesnelerle değil mekânsal düzen ve ilişkilerle de bağlantılı olabileceğini gösteriyor.

Zaman Damgası Hatası

Dejavuyu açıklayan en yaygın kabul gören teorilerden biri, beynin bilgi işleme sürecindeki küçük bir zamanlama hatasına dayanıyor. Bunu, beynimizin "dosyalama sisteminde" yaşanan kısa bir gecikme olarak da düşünebiliriz. Zaman damgası hatası teorisine göre beyne ulaşan bir bilgi çok kısa bir gecikmeyle işlenir ve bu sırada beyin, o anki deneyimi yanlışlıkla geçmiş bir anı olarak kodlayabilir. Yani aynı bilgi hem o anda yaşanan bir deneyim hem de hatırlanan bir anı gibi algılanır. Bunun sonucunda zihin, o an yaşanan olayı yeni bir bilgi gibi değil, daha önce yaşanmış bir anının tekrarı gibi algılayarak "yaşanmışlık hissi" oluşturur.

Matristeki Hatalar

Epilepsi hastalarının bir kısmı nöbetlerin başlangıcında dejavu hissi yaşayabilir. Özellikle nöbetlerin medial temporal lobda başladığı durumlarda bu deneyim daha sık gözlemlenir. Bu durum araştırmacıların dejavuyu deneysel olarak inceleyebilmesine olanak sağlar. Bu nöbetler, beynin belirli bölgelerindeki nöronlarda meydana gelen anormal elektriksel aktiviteyle tetiklenir. Bu olağan dışı aktivite, başlangıç noktasından başka beyin bölgelerine yayılabilir. Medial temporal lob, hafıza ile yakından ilişkili bir beyin bölgesidir. Bu bölgede meydana gelen geçici elektriksel bozulmaların, dejavu hissini tetikleyebileceği düşünülüyor.

Bölünmüş Dikkat

Bu teoriye göre birey, bir ortamı ya da olayı ilk anda dikkatinin dağınık olması nedeniyle bilinçli olarak fark edemez ancak beyin bu bilgiyi örtük olarak işlemeye devam eder.

Ekaterina Chizhevskaya / iStock

Kısa bir süre sonra aynı ortama dikkatle odaklanıldığında bu bilgi bu kez bilinçli olarak algılanır. Bu iki aşamalı algılama süreci, bireyde o anı daha önce yaşamış olduğu hissini uyandırır. Bu "Split déjà vu" olarak isimlendirilen bu olgu gerçek bir geçmiş deneyimden ziyade aynı bilginin kısa aralıklarla iki kez işlenmesinden kaynaklanan bir algı yanılsaması olarak açıklanır.

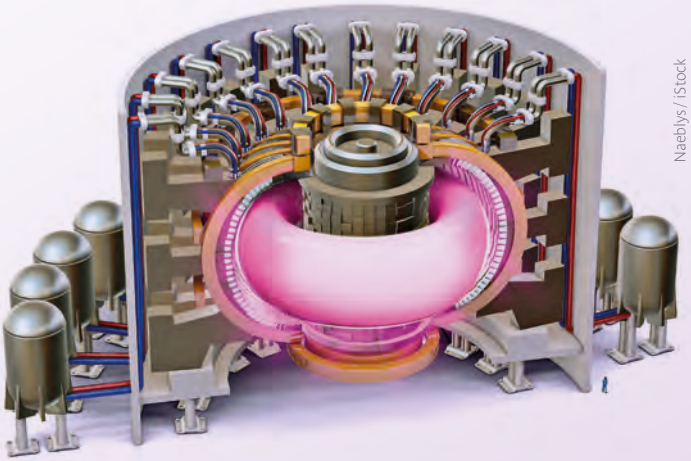
Sonuç olarak dejavu, sıra dışı bir deneyimden ziyade beynimizin algı, zamanlama ve bellek mekanizmalarının ne kadar karmaşık çalıştığını gösteren önemli bir kanıttır. Günlük yaşamda genellikle farkında olmadığımız bu sistemler, çoğu zaman sorunsuz çalışırken bazen kısa süreli uyumsuzluklar ortaya çıkabilir. İşte bu uyumsuzlukların bilinç düzeyinde deneyimlenmesi dejavu olgusunun ortaya çıkmasına neden olur.

Bu konuda öne sürülen teorilerde farklı mekanizmalar önerilse de ortak noktaları dejavunun sıra dışı bir olaydan çok bilişsel süreçlerin doğal bir sonucu olduğudur. Bilimsel araştırmalar dejavunun nedenini ve nasıl ortaya çıktığını henüz kesin olarak aydınlatamamış olsa da bu hissin bellek sistemimizle ilişkili olduğunu söylemek mümkün.

• https://www.livescience.com/health/psychology/what-is-the-science-behind-deja-vu?
• https://www.unsw.edu.au/newsroom/news/2013/01/what-is-deja-vu-and-why-does-it-happen-
• https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00881

Toryum Temiz ve Güvenilir Bir Enerji Kaynağı mı?

Bilgehan Birben
Güneysu Şehit Kemal Mutlu Fen Lisesi, 11. sınıf



Naeblys / iStock

Dünya nüfusunun artan enerji ihtiyacını karşılamak için temel olarak fosil yakıtlar kullanılıyor. Ancak fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan sera gazı salımları, iklim krizinin başlıca nedenlerinden biri olup ekosistemler üzerinde baskı oluşturuyor. Bu nedenle günümüzde temiz, güvenli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılması bir seçenek değil bir zorunluluk hâline geldi. Son yıllarda enerji politikaları ve teknolojilerinde adı sıklıkla anılan bir element var: toryum. Toryum geleceğin temiz ve güvenilir bir enerji kaynağı mı yoksa bu beklentiler gerçekçi değil mi?

Toryum, nükleer enerji sistemlerinde yakıt olarak sıklıkla kullanılan uranyuma göre önemli bir alternatif. Çünkü doğada uranyuma göre daha yaygın bulunuyor. Ülkemiz de toryum rezervleri bakımından zengin ülkelerden biri. Bu durum toryumun doğru teknolojik yatırımlar, planlamalar ve uzun vadeli enerji politikaları ile ülkemizin enerji konusunda dışa bağımlılığını önemli ölçüde azaltabilecek bir potansiyeli olduğunu gösteriyor.

Toryum, kullanıldığı reaktör tasarımlarının görece güvenli olması ve rezervlerinin bol bulunması nedeniyle uranyuma alternatif bir nükleer enerji kaynağı olarak kabul ediliyor. Ayrıca plütonyum gibi nükleer silah yapımında kullanılan elementlerin toryumdan eldesi son derece sınırlı.

Peki, neden bu teknolojiyi hâlâ kullanmıyoruz? Toryum temelli nükleer teknolojilerin yaygın olarak kullanılmamasının çeşitli nedenleri var. Toryumun yakıt olarak kullanıldığı nükleer reaktör tasarımları henüz geliştirme aşamasında. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri ise ülkelerin enerji altyapılarının ve politikalarının genel olarak uranyum temelli nükleer reaktörlere dayalı olmasıdır. Ayrıca toryumun enerji üretiminde kullanılabilmesi için önce uranyum-233'e dönüştürülmesi gerekir. Bu süreç ise teknik olarak karmaşıktır.

Toryumun enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için enerji politikalarının ve alt yapılarının uzun vadeli bir bakış açısıyla planlanması gerekir.
Bu kapsamda nükleer mühendislik alanındaki yatırımların artırılması ve bilimsel çalışmaların desteklenmesi büyük önem taşır. Özellikle zengin toryum rezervlerine sahip ülkeler için toryum, doğru planlama ve uzun vadeli enerji politikalarıyla enerji bağımsızlığı konusunda önemli katkılar sağlayabilir.

Dünyadaki rezervlerinin bol olması, nükleer reaktörlerde yakıt olarak kullanılan uranyuma göre daha güvenilir olması, yakıt döngüsü sırasında oluşan kimyasal atık miktarının daha az olması, toryumdan nükleer silah üretiminin nispeten zor olması ve yüksek enerji verimliliğine sahip olması nedeniyle toryum nükleer enerji teknolojilerinde öne çıkan bir kaynak hâline geliyor.

Temiz, sürdürülebilir ve güvenli bir enerji kaynağı olma potansiyeli taşıyan toryum, çevreyi olumsuz etkileyen fosil yakıtların kullanımını azaltarak gelecek nesillere daha güzel ve yaşanabilir bir dünya bırakabilmek adına elimizdeki önemli bir fırsat olabilir.

• Ammadzada, E., & Kara, A., Thorium fuel performance: A comparative study on thorium's efficiency in PWR reactors. *Nuclear Engineering and Design*, 415, 112389, 2024.
• Cortez, J., & Chen, F., Waste characteristics and proliferation resistance of thorium-based fuel cycles in molten salt reactors. *Journal of Nuclear Materials*, 556, 153243, 2021.
• Çifci, A., & Acır, A., Utilization of thorium in the Holos-Quad micro-reactor concept. *Politeknik Dergisi*, 28(4), 1073–1079, 2025.
• Demirbağ, A. İ., Yerel bir kaynağımız olarak toryum madeninin nükleer enerji üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi ve fizibilite analizi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, 2013.
• Güler, Ö., Thorium in energy and ecology: Prospects for clean fuel sources and protection of water and soil systems from radiation risks. *Energies*, 18(23), 6177, 2025.
• Karataşlı, M. Nuclear energy and raw material reserves in Turkey. *Avrasya Bilimler Akademisi Dergisi*, 15(59), 1–15, 2020.
• Kursun, I., Tombal Kara, T. D., & Terzi, M., Characterization of thorium ores from Eskişehir–Beylikahır region of Turkey. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Teknik Araştırma Raporu, 2016.
• Nuttin, A., et al., Potential of thorium-based fuel cycles to reduce proliferation risks. *Nuclear Science and Engineering*, 151(2), 142–158, 2005.
• Tombal Kara, T. D., Cevherden enerjiye: Toryum liçindeki gelişmeler, zorluklar ve çevresel etkileriler. *ASES Uluslararası Çevre ve Maden Kongresi, Kongre Kitabı* 49–65, 2025.

Ortalamaların Gizli Ailesi: Kuvvetler Ortalaması Eşitsizliği Nedir?

Buğra Akçay
Düzce Fen Lisesi, 9. sınıf

MicroStockHub / iStock

Bir sınıfta sınav sonuçları açıklandığında öğrencilerin en çok sorduğu sorulardan biri şudur: "Ortalama kaç?" Ancak burada kritik bir nokta vardır: Hangi ortalama? Çünkü matematikte tek bir ortalama yoktur. Ortalamalar, birbirleriyle matematiksel olarak düzenli bir ilişki içinde olan geniş bir ailenin üyeleridir ve her biri farklı bir bakış açısı sunar.

Günlük hayatta en çok kullanılan ortalama aritmetik ortalamadır.

n adet sayının aritmetik ortalaması şu şekilde tanımlanıyor:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

Aritmetik ortalama, sayıların toplamının eleman sayısına bölünmesi ile elde edilir. Bu nedenle genellikle "ortalama not" gibi hesaplamalarda akla gelen ilk yöntemdir. Ancak aritmetik ortalama, veri setinde çok büyük veya çok küçük değerler varsa yanıltıcı olabilir. Örneğin bir sınıfta çoğu öğrenci 60-70 arasında not alırken bir öğrenci 100 almışsa aritmetik ortalama bu uç değerden etkilenir ve sınıfın genel performansını tam yansıtmayabilir.

Alternatif olarak, ortalama alınırken sayıların çarpımı da kullanılabilir. Bu yöntem geometrik ortalama olarak bilinir:

$$G = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \cdots \cdot x_n}$$

Geometrik ortalama özellikle oranlar veya büyüme hızları gibi veriler için uygundur. Örneğin yatırım getirilerinin ortalamasını hesaplarken geometrik ortalama daha doğru bir sonuç verir.

Bir diğer alternatif ise sayıların çarpmaya göre terslerini kullanarak ortalama almaktır, buna harmonik ortalama denir:

$$H = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \cdots + \frac{1}{x_n}}$$

Harmonik ortalama özellikle hız, yoğunluk veya fiyat/performans gibi değerleri hesaplarken kullanışlıdır. Örneğin bir aracın farklı hızlarda kat ettiği mesafelerin ortalamasını hesaplamak için harmonik ortalama tercih edilir.

Bu üç ortalama arasında dikkat çekici bir ilişki vardır:

$$H \leq G \leq \bar{x}$$

Yani bir veri setinde harmonik ortalama geometrik ortalamadan küçük veya geometrik ortalamaya eşittir, geometrik ortalama ise aritmetik ortalamadan küçük veya aritmetik ortalamaya eşittir. Aritmetik-Geometrik-Harmonik Ortalama Eşitsizliği olarak isimlendirilen bu eşitsizlik, matematikte önemli bir yere sahiptir. Ancak tüm bu ortalamaların daha genel bir biçimde ifade edilebildiği bir yapı vardır: Kuvvetler ortalaması.

Kuvvetler ortalaması, farklı ortalama türlerini tek bir formül altında toplar:

$$M_p(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt[p]{\left(\frac{x_1^p + x_2^p + \cdots + x_n^p}{n}\right)}$$

p=0 durumunda ifadenin limit değeri hesaplandığında geometrik ortalamaya eşit olduğu bulunur:

$$M_0(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \cdots \cdot x_n}$$

Bu formül bize şunu gösterir: Ortalama almak, seçtiğimiz p değerine bağlıdır. Örnekler:

- p=1 → Aritmetik ortalama
- p=0 → Geometrik ortalama
- p=–1 → Harmonik ortalama

Kuvvetler ortalaması eşitsizliği, ortalamalar arasındaki ilişkiyi açıklar: Eğer $p<q$ ise $M_p \leq M_q$ olmaktadır.

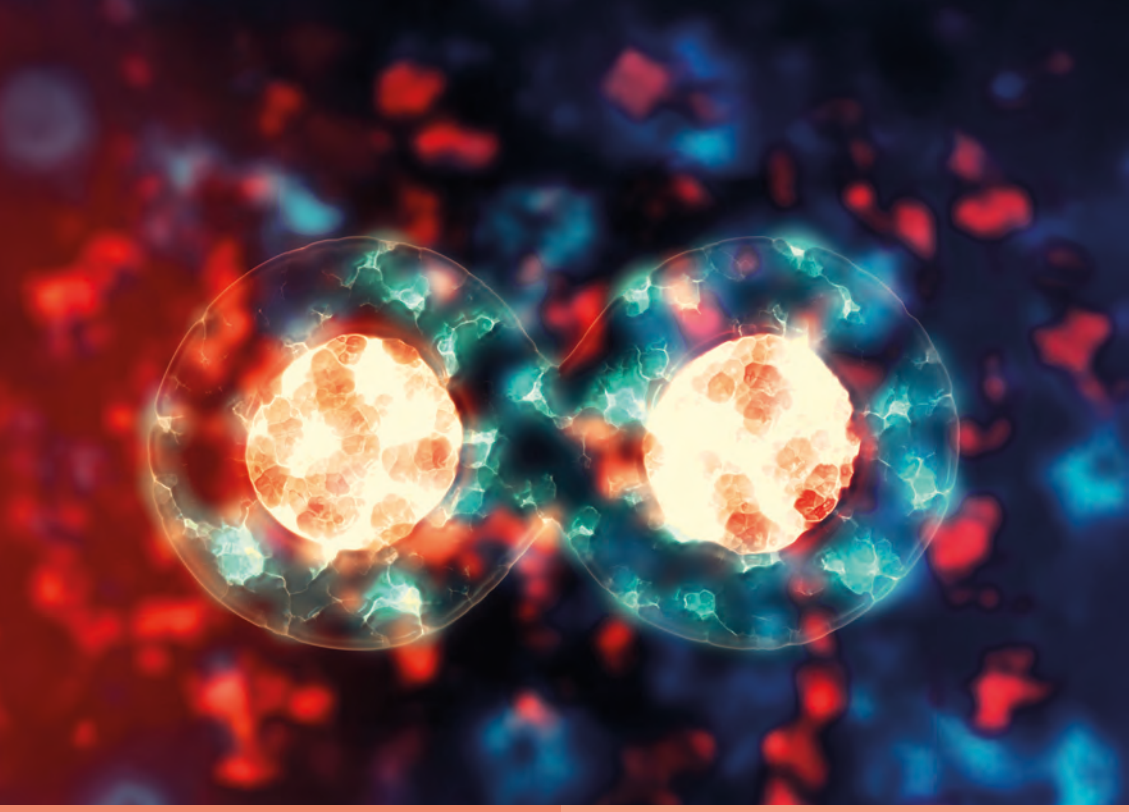
Bu demektir ki p arttıkça ortalama da artar. Bu eşitsizlik tüm ortalamaları tek bir çatı altında toplar ve matematiksel düzeni ortaya koyar.

Günlük hayatla ilişkilendirecek olursak: Bir grup öğrencinin notlarını ele alalım. Yüksek notlara daha fazla ağırlık verirsek ortalama yükselir; düşük notlara ağırlık verirsek ortalama düşer. Kuvvetler ortalaması tam olarak bu ağırlıklandırmayı kontrol eder. p değeri büyüdükçe büyük verilere daha fazla ağırlık verilir, küçüldükçe küçük verilere daha fazla ağırlık verilir.

Bu kavram sadece matematiksel bir merak değildir. Fizikte enerji hesaplamalarında, mühendislikte sinyal işlemelerinde, ekonomide risk analizlerinde ve veri biliminde ortalamaların seçimi kritik öneme sahiptir. Özellikle uç değerlerin bulunduğu veri setlerinde hangi ortalamanın kullanılacağı, analiz sonuçlarını ciddi şekilde etkileyebilir.

Sonuç olarak ortalama kavramı düşündüğümüzden çok daha derin ve zengindir. Kuvvetler ortalaması eşitsizliği, matematikteki düzenin gücünü gösterirken matematikçilere farklı bakış açıları kazandırır. Farklı p değerleri, aynı veri kümesine farklı bakış açılarıyla yaklaşılmasını sağlar ve farklı sonuçlar üretir. Ortalamaları anlamak sadece sınav sonuçlarını değil, mühendislik hesaplarını, ekonomik analizleri ve veri bilimindeki kararları doğru değerlendirebilmek için temel bir adımdır.

• Hardy, G. H., Littlewood, J. E., & Pólya, G. *Inequalities*. Cambridge University Press, 1934.
• https://doi.org/10.1007/978-94-017-0399-4
• https://mathworld.wolfram.com/PowerMean.html



Eduard Muzhevskyi / iStock

Hücreler Şekerler Aracılığıyla Konuşur mu?

Büşra Ulusoy
Araştırma Geliştirme Eğitim ve Uygulama Merkezi Lisesi, 10. sınıf

Hücrelerimiz sürekli birbirleriyle ve çevreleriyle iletişim hâlindedir. Bağışıklık sistemi bir tehdidi fark ettiğinde hücreler birbirlerine sinyaller gönderir ve vücudumuz hızla tepki verir. Peki bu iletişim sadece proteinler üzerinden mi gerçekleşir? Son yıllarda yapılan araştırmalar, hücrelerin sandığımızdan çok daha farklı bir "dil" kullanabileceğini gösteriyor: şekerler.

RNA'nın Bilinmeyen İşlevleri

Uzun yıllar boyunca RNA'nın temel görevinin, DNA'daki genetik bilgiyi hücre içinde taşımak olduğu düşünülüyordu. Özellikle mRNA, protein üretimi için gerekli talimatları ribozomlara ulaştıran bir "mesajcı" olarak bilinir. Ancak bilim insanları RNA'nın bunun ötesinde işlevleri olabileceğini keşfetmeye başladı. 2020'li yıllarda yapılan çalışmalar, bazı RNA moleküllerinin yüzeyinde şeker yapıları bulunduğunu gösterdi. Bu yeni moleküllere "glycoRNA" adı verildi. "Glyco" kelimesi şeker anlamına gelir. Yani glycoRNA, üzerinde şeker zincirleri taşıyan RNA moleküllerini ifade eder.

Hücre Yüzeyinde Beklenmedik Bir Oyuncu

Daha da şaşırtıcı olan, glycoRNA'ların hücre içinde değil, hücre yüzeyinde bulunmasıdır. Normalde RNA'nın hücre içinde görev yaptığı bilinir. Ancak glycoRNA'lar hücrenin dış yüzeyinde bulunur ve çevreyle etkileşime girebilir.

Hücrenin yüzeyindeki şeker yapıları, bağışıklık sistemi için son derece önemlidir. Bağışıklık hücreleri, bu yapıları tanıyarak hangi hücrenin organizmaya ait olduğunu, hangisinin yabancı olabileceğini ayırt eder. GlycoRNA'ların da bu süreçte rol oynayabileceği düşünülüyor.

Bağışıklık Sistemiyle İlişkisi

Bilim insanları, glycoRNA'ların özellikle bağışıklık hücreleriyle etkileşime girdiğini keşfetti. Bu etkileşim, bağışıklık sisteminin bazı hücreleri nasıl algıladığını etkileyebilir. Örneğin bir hücrenin yüzeyindeki glycoRNA yapısı değiştiğinde bağışıklık sistemi bu hücreyi farklı şekilde tanıyabilir.

Bu durum kanser ve otoimmün hastalıklar açısından büyük önem taşıyor. Çünkü bağışıklık sisteminin hatalı çalışması ya kendi hücrelerimize saldırmasına ya da zararlı etkenleri fark edememesine yol açabilir. GlycoRNA'ların bu süreçlerde nasıl rol oynadığı hâlâ araştırılıyor.

Yeni Bir Biyolojik Dil mi?

GlycoRNA keşfi, hücreler arası iletişimin düşündüğümüzden daha karmaşık olduğunu gösteriyor. Proteinler, DNA ve klasik RNA'nın yanında artık üzerinde şeker zincirleri taşıyan RNA molekülleri de bu iletişimin bir parçası olabilir.

Bu durum, biyolojide yeni bir iletişim dilinin var olabileceğini düşündürüyor. Hücreler sadece kimyasal sinyallerle değil aynı zamanda yüzeylerindeki şeker yapıları aracılığıyla da bilgi aktarımı yapıyor olabilir.

Gelecekte Bizi Ne Bekliyor?

GlycoRNA henüz çok yeni bir keşif olduğu için hakkında pek çok bilinmeyen var. Ancak bu moleküllerin özelliklerinin iyi anlaşılması, özellikle tıp alanında önemli gelişmelere yol açabilir.

Örneğin bağışıklık sistemini daha doğru yönlendiren tedaviler geliştirilebilir. Kanser hücrelerinin bağışıklık sistemi tarafından nasıl fark edilmediği iyi anlaşılabilir. Hatta gelecekte hücrelerin yüzeyindeki bu yapılar hedef alınarak yeni ilaçlar tasarlanabilir. Bugün için glycoRNA, bilim dünyasında yeni bir araştırma alanı olarak kabul ediliyor. Belki de ilerleyen yıllarda hücrelerin gerçekten şekerler aracılığıyla "konuştuğunu" daha net bir şekilde anlayacağız.

- https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.04.023
- https://doi.org/10.1093/glycob/cww086

Uzaylılar Sonunda Bizi Buldu mu?

3I/ATLAS Hakkında Bilmeniz Gerekenler

Defne Ata
TEV İnanç Lisesi, 9. sınıf

Takvimler 1 Temmuz 2025'i gösterdiğinde Şili'deki NASA'ya ait teleskoplardan biri her zamanki gibi bir gece taraması yaparken gökyüzünde bir cisim keşfetti. Bu cisim çok hızlıydı ve farklı bir rotaya sahipti. Ölçülen değerler tek bir olasılığa işaret edebilirdi: Bu cisim, Güneş sisteminin dışından geliyordu. Bu keşif herkesin aklına aynı soruyu getirmişti, 3I/ATLAS olarak isimlendirilen bu cisim bir uzay gemisi olabilir miydi?

Basındaki sansasyonel haberlerini bir kenara koyalım ve gerçeklere odaklanalım. Öncelikle 3I/ATLAS ismi bize cismin bazı özellikleri hakkında bilgi verir: ATLAS, cismi keşfeden gözlem teleskobunun (Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System) kısaltması. 3I ise bize cismin keşfedilen üçüncü yıldızlar arası cisim olduğunu belirtir. Bilinen ilk yıldızlar arası cisim olan 1I/Oumuamua 2017'de, ikincisi olan 2I/Borisov ise 2019'da keşfedilmişti. 2025'te gözlemlediğimiz 3I/ATLAS bugüne kadar keşfedilmiş üçüncü yıldızlar arası cisim oldu.

Bugüne kadar keşfedilen üç yıldızlar arası cismin özellikleri birbirlerinden çok farklıydı. 2I/Borisov'un özellikleri sıradan kuyruklu yıldızlarla örtüştüğünden yıldızlar arası ortamdan gelmesi dışında ilgi çekici bir özelliği yoktu. 1I/Oumuamua içinse durum daha farklıydı. Bu yıldızlar arası ziyaretçiyi Güneş sistemimizden çıkmak üzereyken keşfetmiştik, incelemek için yeterli

zamanımız yoktu. Buna rağmen gözlemler, cismin ince ve uzun bir şekle sahip olduğunu ortaya koydu. Ayrıca gittikçe hızlanıyordu. 3I/ATLAS ise önceki iki cisimden çok daha büyüktü. 3I/ATLAS'ın yapısını ve özelliklerini incelemek için yeterli zamanımız oldu.

3I/ATLAS'ın yörünge düzlemi, Güneş sistemindeki gök cisimlerinin çoğunluğunun yörünge düzlemiyle büyük oranda aynı hizadadır. Normalde yıldızlar arası cisimlerin yörünge düzleminin ekliptik düzlemden çok daha bağımsız olması beklenir. 3I/ATLAS'ta olduğu gibi yıldızlar arası bir cismin yörünge düzleminin ekliptik düzlemle çakışıyor olma olasılığı yalnızca %0,2. Ayrıca 3I/ATLAS Venüs, Mars ve Jüpiter'in çok yakınından geçti. Üç gezegene birden bu kadar yakın geçmesinin olasılığıysa %0,01'den bile daha az. İki durumun birlikte yaşanma olasılığını siz tahmin edin.

Gözlemlere dayalı tahminlere göre 3I/ATLAS'ın yaşı 3-11 milyar yıl arasında. Güneş sistemimizin yalnızca 4,6 milyar yaşında olduğu düşünüldüğünde 3I/ATLAS çok daha yaşlı olabilir. Buzdan oluşan bir çekirdeğe ve yüzeyindeki katıların süblimleşmesi sonucu çekirdeğin etrafında oluşan bir atmosfere (koma) sahip olan 3I/ATLAS'ın özellikleri, hızı ve yörüngesi kuyruklu yıldızlarla uyumlu. Fakat Güneş sisteminde bilinen kuyruklu yıldızların çekirdeklerini çevreleyen koma adlı yapı genellikle yüksek oranda karbon monoksit ve su buharı içerirken 3I/ATLAS'ta ise yüksek oranda karbondioksit bulunuyor. Kuyruklu yıldızın komasının %87'si karbondioksitten oluştuğu belirlendi. Su buharı oranının ise yalnızca %4 olduğu anlaşıldı. 3I/ATLAS'ın bu özellikleri, Güneş sisteminin dışından gelen bir cisim olduğu görüşünü destekler. Ayrıca 3I/ATLAS'taki nikel/demir oranının alışılmadık derecede yüksek olduğu anlaşıldı. Evrende nikel ve demir benzer süreçler sonucu oluşur. Bu nedenle Güneş sistemindeki bilinen kuyruklu yıldızlardaki nikel/demir oranı birbirine yakındır. 3I/ATLAS'taki nikel/demir oranının neden daha yüksek olduğuna henüz bir açıklama getirilemedi.

3I/ATLAS, arkasında henüz çözülememiş sorular bırakarak Mart 2026'da Jüpiter'in yörüngesinin ötesine geçti. Sahip olduğu özelliklerle bilim insanlarını hayrete düşüren 3I/ATLAS, "Uzaylılar bizi buldu mu?" sorusunu akla getirdi. Ancak Dünya dışı varlıklara dair hâlâ bir kanıtımız yok. Şimdilik...

• https://science.nasa.gov/solar-system/comets/3i-atlas/#overview
• Hibberd, A., Crowl, A., & Loeb, A., Is the Interstellar Object 3I/ATLAS Alien Technology?. arXiv preprint arXiv:2507.12213, 2025.
• Forbes, J. C., & Butler, H., The size of 3I/ATLAS from non-gravitational acceleration. *Research Notes of the AAS*, 10(1), 12, 2026.
• https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/adfa28

Zaman mı Hızlanıyor Yoksa Beynimiz mi Yanılıyor?

Deniz Toros
TED Isparta Koleji, 10. sınıf

Bir gününüzün nasıl geçtiğini hiç düşündünüz mü? Sanki bazı günler diğer günlerden daha hızlı geçiyor, bazı günlerde ise günün bitmesi için saatleri sayıyoruz. Çocuklukta yaz tatillerimiz hep uzun sürerdi, bir yıl ise bitmek bilmezdi. Oysa bugün pek çoğumuz günlerin ne kadar hızlı geçtiğinden yakınıyor, zamanın giderek daha hızlı aktığını düşünüyoruz. Peki bu sadece beynimizin bize oynadığı bir oyun mu?

Öncelikle zaman algısının tek bir ölçüte bağlı olmadığını anlamak gerekiyor. Bir zaman diliminde yaptıklarımız, hissettiklerimiz ve o ana verdiğimiz dikkat, zamanın bize göre nasıl geçtiğini doğrudan etkiliyor. Örneğin bir dersi dinlerken zaman geçmek bilmezken arkadaşlarımızla sohbet ederken saatler birbirini kovalıyor. Ama bu, derste zamanın yavaşladığı anlamına gelmiyor.

Peki yaş aldıkça zamanın neden daha hızlı geçtiğini düşünüyoruz? Bu durumu anlamak için zamanın nasıl algılandığını incelemek faydalı olabilir. Örneğin 5 yaşındaki bir çocuk için 1 yıl, geçen ömrünün %20'sine karşılık gelirken 50 yaşında biri için bu oran sadece %2'dir. Bu nedenle yaş ilerledikçe aynı süre daha kısa hissediliyor olabilir. Ayrıca deneyimlerimiz de bu algıyı etkiliyor. Küçükken karşılaştığımız pek çok şey yeni ve ilgi çekicidir. Bu yüzden zaman daha uzun hissedilebilir. Büyüdükçe ise günlük yaşam daha rutin hâle gelir. Yeni deneyimlerin azalması, zamanın daha hızlı geçtiği hissini güçlendirebilir. Artan sorumluluklar ve yoğunluk da bu durumu destekler.

Dopaminin de bu süreçte önemli bir rolü vardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte dopamin salgısını tetikleyen uyaranlara daha sık maruz kalıyoruz. Dopamin, beyinde ödül ve motivasyonla ilişkili bir nörotransmitterdir. Sosyal medya, oyunlar ve hızlı tüketilen içerikler dopamin salgısını artırabilir. Bu durum dikkat süresinin kısalmasına yol açabilir. Dikkatin daha çabuk dağılması, zamanın nasıl geçtiğini fark etmeyi zorlaştırabilir. Bu nedenle zaman daha hızlı geçiyormuş gibi algılanabilir.

Peki zaman her durumda aynı hızda mı ilerler? Aslında fizikte zamanın akış hızının değişebileceğini öne süren bir teori var. Albert Einstein tarafından geliştirilen görelilik kuramına göre çok yüksek hızlarda veya çok güçlü

:treety / iStock

kütle çekimi altında zaman daha yavaş akar. Bu olaya zaman genişlemesi denir. Ancak bu fark günlük yaşamda fark edilmeyecek kadar küçüktür. Bu nedenle zamanın hızlı akması şeklinde algıladığımız durum fiziksel değil psikolojik bir olgudur.

Sonuç olarak yaşam tempomuz, deneyimlerimiz ve duygusal durumumuz değiştikçe zaman algımız da değişir. Bu yüzden zamanın bazen hızlandığını bazen de yavaşladığını hissederiz. Yıllar geçtikçe zamana atfettiğimiz anlam değişebilir, bu da zamanın daha hızlı geçtiği algısına neden olabilir. Belki de çocukluğumuzu özlediğimiz için bunu kabullenmekte zorlanıyoruz. Ancak büyüdükçe zamanı algılama biçimimizin değişmesi kaçınılmazdır.

• https://www.space.com/17661-theory-general-relativity.html
• https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/dopamine-the-pathway-to-pleasure
• https://www.ebsco.com/research-starters/psychology/time-perception

Uyurken Beynimizde Neler Oluyor? Gecenin Gizli Temizlik Mekanizması

Ecrin Duru Seçmen
Gülveren Anadolu Lisesi, 10. sınıf

Gece uyuduğunuzda beyniniz gerçekten dinleniyor mu yoksa çalışmaya devam mı ediyor? Vücudumuz dinlenirken beynimiz tamamen durmaz aksine beynin bazı bölgelerinin etkinliği artar. Gün boyunca biriken metabolik atıkları uzaklaştırmak için âdeta bir bakım süreci başlatır. Bu sürecin nasıl gerçekleştiği uzun süre tam olarak bilinmiyordu. Ancak son yıllarda keşfedilen glimfatik sistem, beynin gece boyunca kendini temizleme ve yenileme süreçlerinde önemli rol oynuyor.

Glimfatik sistem, beyinde gün boyunca biriken metabolik atıkları uzaklaştırmayı sağlayan özel bir mekanizmadır. Adını, beyinde nöronları yapısal olarak destekleyen hücreler olan glia hücrelerinden ve bağışıklık hücrelerinin üretimi ve taşınmasının yanı sıra hücreler arası ortamda biriken proteinlerin uzaklaştırılmasını sağlayan lenfatik sistemden alır.

Pikovit44 / iStock

Uyku sırasında sinir hücreleri arasındaki boşluk belirgin düzeyde genişler. Bu sayede beyin-omurilik sıvısı hücreler arasında daha kolay dolaşır. Bu sıvı, gün boyunca biriken atık maddeleri ve protein kalıntılarını toplar. Toplanan bu atıklar daha sonra beyin dışına taşınarak uzaklaştırılır. Bu sistem, bir şehirde gece saatlerinde çalışan temizlik ekiplerine benzetilebilir. Geceleri daha etkin olan bu sistem, beyinde biriken atıkların uzaklaştırılmasında hayati bir görev üstlenir. Glimfatik sistem sayesinde beyin, ertesi güne daha sağlıklı ve dengeli bir şekilde hazırlanır.

Bu nedenle bir gece uykusuz kalmak yanlızca yorgunluğa neden olmaz aynı zamanda beyni de etkiler. Gün boyunca beyinde biriken bazı proteinler (örneğin beta-amiloidler) yeterince temizlenmediğinde zamanla birikmeye başlar. Bu birikim, sinir hücreleri arasındaki iletişimi olumsuz etkileyerek Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıklar ile ilgili süreçlerde rol oynayabilir. Araştırmalar, yeterli süre uyumamanın bu zararlı maddelerin beyinde daha hızlı birikmesine neden olabileceğini gösteriyor.

Peki bu ne anlama geliyor? Belki de her ertelediğiniz uyku saati, uzun vadede beyin sağlığını etkileyebilecek bir risk faktörüne dönüşebilir. Uyku yalnızca dinlenmeyi sağlamaz aynı zamanda beynin kendini koruma ve onarma sürecinin önemli bir parçasıdır.

Uykunun yalnızca süresi değil, niteliği de önemlidir. Beyindeki temizlik süreci özellikle derin uyku evresinde daha etkili hâle gelir çünkü bu evrede beyin dalgaları yavaşlar ve beyin-omurilik sıvısının dolaşımı daha etkin hâle gelir. Daha ilginç bir ayrıntı ise uyku pozisyonuyla ilgilidir. Yapılan bazı araştırmalar, yan yatmanın beyin içindeki sıvı dolaşımını kolaylaştırarak beynin temizlik sürecini daha verimli hâle getirebileceğini gösteriyor. Bu durum, günlük hayatta fark etmediğimiz küçük alışkanlıkların bile uzun vadede beyin sağlığı üzerinde etkili olabileceği anlamına geliyor.

Sonuç olarak uyku yalnızca dinlenme süreci değil, beyin için hayati öneme sahip bir bakım ve yenilenme zamanıdır. Her gece biz fark etmeden gerçekleşen bu temizlik, zihinsel sağlığımızın korunmasında kritik bir rol oynar. Belki de iyi bir uyku, beynimizi koruyan en basit ama en etkili alışkanlıklardan biridir. Bir dahaki sefere uykunuzu ertelemeyi düşündüğünüzde beyninizin o gece sizin için yapacağı bu kritik faaliyeti hatırlayın. Belki de düzenli ve yeterli uyku, farkında olmadan beyniniz için vereceğiniz en güçlü koruma kararlarından biridir.

• Nedergaard, M. "Garbage Truck of the Brain", *Science*, cilt 340, sayı 6140, s. 1529–1530, 2013.
• Xie, L., Kang, ve ark., "Sleep Drives Metabolite Clearance from the Adult Brain", *Science*, cilt 342, sayı 6156, s. 373–377, 2013.
• Lee, H., ve ark., The Effect of Body Posture on Brain Waste Clearance", *Journal of Neuroscience*, cilt 35, sayı 31, s. 11034–11044, 2015.

Havacılığın Devrimi: Morphing Wing

Ecrin Doğru
Hidayet Aydoğan Sosyal Bilimler Lisesi, 10. sınıf

Biyomimikri pek çok teknolojik gelişmeye ilham veren önemli bir yaklaşımdır. Uçağın geliştirilme sürecinde de Wright kardeşlerin ilhamı kuşlardı. Uçaklarda doğadan ilham alınarak tasarlanmış en önemli parça kanatlar olabilir. Her ne kadar kuşların kanatlarından esinlenilmiş olsa da uçakların kanatları farklı bir çalışma prensibine sahiptir. Bu yazıda uçak kanatlarını daha verimli hâle getirmek için geliştirilen bir kanat yapısından bahsedeceğiz: Morphing wing (şekil değiştirebilen kanat).

Öncelikle morphing kanatın tanıtımını yapalım. İsminden de anlaşılacağı üzere Morphing kanat, uçuş sırasında şekil değiştirebiliyor. Kanatlar kıvrılabiliyor, uzayabiliyor ve kanat açısı sürekli değişebiliyor. Bu yapı geleneksel sabit kanat tasarımına göre çok daha karmaşık bir yapıdır. Bu tasarımın temel amacı ise görev performansını iyileştirmek, enerji verimliliğini artırmak ve yakıt tasarrufu sağlamaktır. Sunduğu önemli avantajlar nedeniyle şekil değiştiren kanatların, havacılığın geleceğinde önemli bir rol oynayacağı düşünülüyor. Ancak bu teknolojinin kullanılmaya başlanması için çözülmesi gereken pek çok sorun var. Modern uçakların büyük kısmında sabit kanat tasarımı kullanılır. Bu kanat tasarımında kanadın ana geometrisi uçuş boyunca büyük ölçüde sabit kalır. Uçuşun farklı safhalarında ihtiyaç duyulan aerodinamik ayarlamalar yardımcı elemanlar tarafından gerçekleştirilir. Kanadın arka kenarında yer alan ve taşıma kuvvetini artıran hareketli yüzey olan flap; kanadın ön kenarında bulunan ve hava akışını düzenleyerek stall (taşıma kuvvetinin aniden azalması sonucu uçağın havada tutunamayarak irtifa kaybetmesi) riskini azaltan parça olan slat ve kanadın üst yüzeyinde yer alan, taşıma kuvvetini azaltan ve sürükleme kuvvetini artıran kontrol yüzeyi olan spoiler gibi yardımcı kontrol yüzeyleriyle uçağın performansı ayarlanır. Bu sistemler özellikle kalkış ve iniş gibi kritik durumlarda uçağın kontrolünü kolaylaştırsa da kanadın temel yapısı değişmez.

Uçuş sırasında uçağın karşılaştığı en önemli aerodinamik kuvvetlerden biri sürükleme kuvvetidir. Hava direncinden dolayı uçağın hareket yönünün tersi yönde oluşan sürükleme kuvvetinin farklı bileşenleri vardır. Parazitik sürükleme, uçağın gövdesi ve yüzeyleri üzerinden akan havanın oluşturduğu sürüklemedir ve hız arttıkça büyür. İndüklenmiş sürükleme ise uçağın havada kalmasını sağlayan taşıma kuvveti üretilirken kanat uçlarında oluşan girdaplar nedeniyle meydana gelir ve özellikle düşük hızlarda daha belirgindir.

Sabit kanatlı uçaklardaki flap ve slat sistemleri taşıma kuvvetini artırırken spoilerlar sürükleme kuvvetini artırarak uçağın alçalmasını ve hız kaybetmesini sağlar. Buna karşılık şekil değiştiren kanat teknolojisi, kanadın geometrisini uçuş koşullarına göre değiştirerek taşıma ve sürükleme kuvvetleri arasındaki dengeyi kontrol etmeyi amaçlar.

NASA / SPL

Bu yaklaşım, kuşların uçuş sırasında kanat şekillerini değiştirerek hava direncini azaltması ve enerji verimliliğini artırmasıyla benzerlik gösterir.

Son yıllarda NASA ve MIT öncülüğünde yürütülen çalışmalarda geleneksel menteşeli sistemlere dayalı flap ve slat yapılarının yerini bükülme temelli şekil değiştiren kanat tasarımlarının alabileceği gösterildi. Bu yeni yaklaşımda kanat, üst üste binen kabuk benzeri küçük ve hafif alt birimlerden oluşuyor. Bu alt birimler modüler ve yeniden şekillendirilebilir yapı elemanları kullanılarak bir araya getiriliyor. Kanadın içinde karmaşık mekanizmalar veya büyük hareketli parçalar bulunmuyor. Bunun yerine kanat boyunca eşit şekilde dağıtılmış küçük motorlar veya aktüatörler, kanat uçlarında bükülme gerilimi oluşturarak tüm kanat geometrisini değiştirebiliyor. Bu sayede kanat, kontrol yüzeylerinin belirli noktalarda hareket etmesini sağlayan menteşeli yapılara ihtiyaç duymadan tüm yüzeyi boyunca şekil değiştirebiliyor. Ayrıca bu alt birimlerin kanadın tamamını kaplayan mikrorobotik bir sistem gibi çalışarak şekil değişimini kontrol edebileceği düşünülüyor. Bu yaklaşım, geleneksel kontrol yüzeylerinin yerini alarak daha hafif, daha dayanıklı ve neredeyse sınırsız şekil değiştirme kabiliyetine sahip kanatların geliştirilmesine imkân verebilir.

Şekil değiştirenbilen kanat fikrinin temelleri, Wright kardeşlerin uçuş kontrolü sağlamak amacıyla kanatları bükerek yönlendirme yaklaşımına dayanıyor. Doğadan ilham alınarak geliştirilen bu düşünce günümüzde gelişmiş malzemeler, aktüatörler ve dijital sistemlerin yardımıyla yeniden ele alınıyor. Hareketli ve şekil değiştirebilen kanatlar, geleneksel sabit kanat sistemlerine kıyasla daha yüksek enerji verimliliği, daha düşük sürüklenme kuvveti ve çok yönlü görevleri gerçekleştirebilme gibi avantajlar sağlıyor. Özellikle NASA ve MIT gibi kurumların çalışmaları, şekil değiştirebilen kanat teknolojisinin yalnızca teorik bir yaklaşım olmadığını, geleceğin uçak tasarımları için uygulanabilir ve dönüştürücü bir potansiyel taşıdığını gösteriyor. Bu nedenle şekil değiştiren kanatlar, havacılıkta uzun vadeli ve stratejik bir araştırma alanı olarak önemini koruyor.

• https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaa/article/1088399
• https://www.ae.metu.edu.tr/~melin/PDFs/Conferences/UVW2010/UVW-2010-5.pdf
• https://news.mit.edu/2016/morphing-airplane-wing-design-1103
• https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20080009777/downloads/20080009777.pdf

Tek Katmanlık Mucize: Grafen

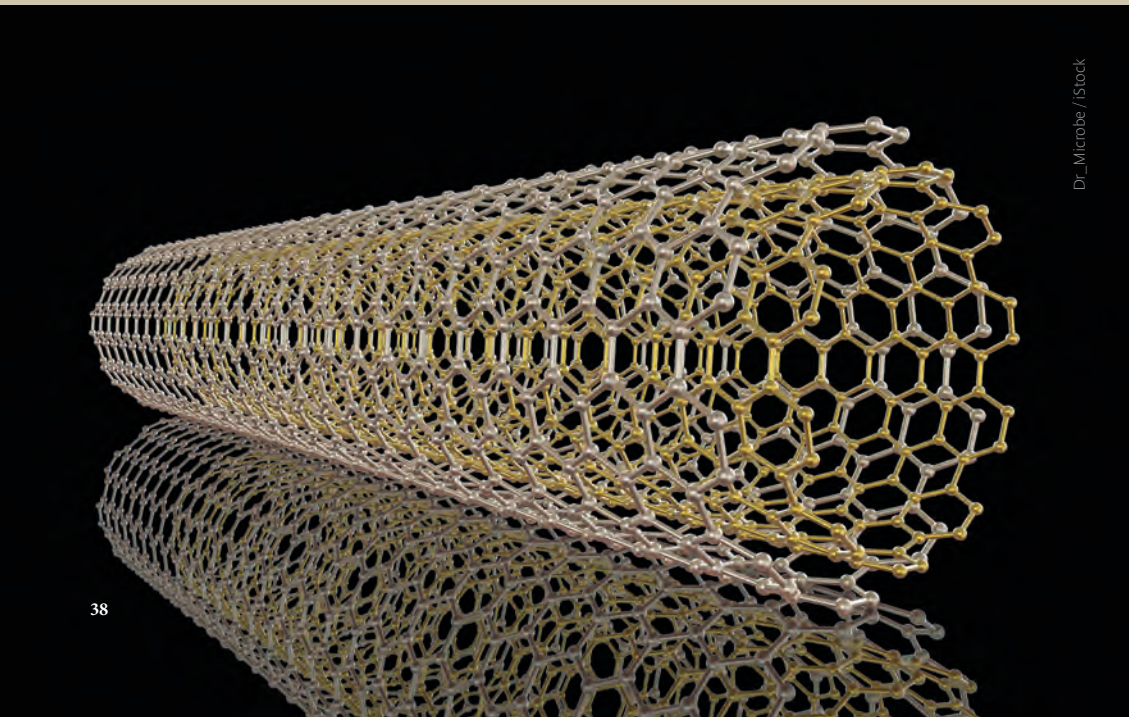
Enes Necati Turgut
Ankara Mamak Fen Lisesi, 10 sınıf

Kurşun kaleminizle kâğıda bir çizgi çizdiğinizde aslında farkında olmadan modern mühendisliğin en önemli mazlemelerden biri olan grafenin katmanlarını kâğıda bırakmış olursunuz. Kurşun kalemlerin ucundaki grafit, milyonlarca grafen katmanının bir araya gelmesiyle oluşuyor. 2004 yılında Andre Geim ve Konstantin Novoselov, yapışkan bant yardımıyla grafitten tek bir atom kalınlığında bir katman elde etmeyi başardı. Bu basit görünen ama çığır açan çalışmaları onlara 2010 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü kazandırdı ve malzeme biliminde yepyeni bir dönem başlattı.

Hem En İnce Hem En Güçlü

Grafen, karbon atomlarının birbirlerine altıgen oluşturacak şekilde (yapıları bal peteğine benzetilebilir) bağlanmaları sonucu oluşan iki boyutlu yapıda bir malzeme. Tek atom kalınlığında olmasına rağmen dünyadaki en dayanıklı malzemelerden biri olarak kabul ediliyor. Öyle ki grafen, aynı kalınlıktaki çelikten 200 kat daha dayanıklı. Bilim insanları grafenin dayanıklılığını tanımlamak için ilginç bir örnek veriyor: Eğer 1 metrekare grafenden bir hamak yapabilseydik bu görünmez hamak bir kediyi taşıyabilirdi ve kütlesi sadece kedinin bir tek bıyık teli kadar olurdu.

Grafen, sadece çok dayanıklı değil aynı zamanda iletkenliği çok yüksel bir malzeme. Elektriği geleneksel kablolarda



Dr_Microbe / iStock

kullanılan bakırdan çok daha verimli bir şekilde iletiyor. Ayrıca ısı iletkenliği de çok yüksek. Başka bir etkileyici özelliği üzerine düşen ışığın neredeyse %98'ini geçirmesi. Bu özellikler grafeni şeffaf dokunmatik ekranlar, bükülebilir akıllı telefonlar ve giyilebilir elektronik cihazlar için kritik öneme sahip bir malzeme hâline getiriyor.

Geleceğin Teknolojileri Grafenle Şekilleniyor

Grafenin üstün özellikleri sadece cihazlarımızın incelmesini sağlamıyor. Enerji depolama alanında grafen tabanlı piller, bugün kullandığımız lityum iyon pillerden çok daha hızlı şarj olabiliyor ve kullanım ömrü daha uzun. Sağlık sektöründe ise bu malzeme, vücudumuzdaki kanserli hücreleri tespit edebilen hassas biyosensörlerin veya ilaçları doğrudan hedef hücreye taşıyan akıllı taşıma sistemlerinin üretiminde kullanılıyor.

Grafen, dünyadaki içme suyu sorununa da çözüm sunabilir. Grafen oksit membranlar, deniz suyundaki tuzu filtreleyerek içilebilir su eldesinde kullanılabiliyor. Bu filtreler, tek atomlu bir gaz olan helyumun bile geçişini engelleyebilirken su moleküllerinin geçişine izin veriyor.

Önümüzdeki Engeller

Peki bu kadar muazzam bir potansiyeli olan grafeni neden hayatımızın her alanında görmüyoruz? En büyük sorun, bu kadar ince ve kaliteli bir malzemeyi endüstriyel ölçekte çok büyük miktarlarda üretmenin hâlâ oldukça maliyetli ve zor olması. Ancak bu soruna çözüm bulmak isteyen bilim insanları, biyokütle atıklarının (örneğin buğday samanı, talaş ve tarımsal kalıntılar) grafene dönüştürülmesi gibi daha ucuz ve sürdürülebilir üretim yöntemleri üzerinde çalışıyor.

Bir Karbon Mucizesine Hazır mısınız?

Grafen, atom ölçeğindeki özellikleri ile günlük hayatımızdaki teknolojilerle birleştiren bir köprü. Belki de gelecekte evlerimizi ısıtan boyalar, kendi kendini temizleyen camlar veya kâğıt gibi katladığımız bilgisayarlarda grafenler kullanılacak. Sadece karbon atomlarından oluşan tek atom kalınlığındaki bu malzeme, gençleri de bu alanda araştırma yapmaya ve geleceğin projelerini geliştirmeye teşvik ediyor. Grafen, dünyayı değiştirme potansiyeliyle sizi de bilimsel bir yolculuğa davet ediyor.

Gelecek belki de sadece bir atom kalınlığındadır!

• https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2010/summary/
• https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/advanced-physicsprize2010.pdf
• Ocak, M. E. Grafenden yarı iletken üretildi. *Bilim ve Teknik*, (675), 8-9, Şubat 2024.
• Singh, H., ve ark. (2025). Graphene for next-generation technologies: Advances in properties, applications, and industrial integration. *Results in Engineering*, 27, 106865.

Görünmez Kablolar: Bluetooth Sesi Havada Nasıl İletiyor?

Furkan Yiğit Döleş
İstanbul Anadolu Lisesi, hazırlık sınıfı

Günümüzde kablosuz kulaklıklardan akıllı saatlere kadar hemen hemen her cihazda kullandığımız bluetooth özelliğinin nasıl çalıştığını hiç merak ettiniz mi? Bluetooth aralarında kısa mesafeler bulunan cihazlar arasında radyo dalgaları aracılığıyla kablosuz veri aktarımı sağlayan bir teknolojidir. Ancak bluetooth teknolojisi, radyo dalgalarını çok uzak mesafelere gönderemez. Günümüzde bu teknolojinin çalışma menzili genellikle 10 metre civarındadır. Bazı cihazlarda bu mesafe 100 metreye kadar çıkabilir. Ancak bluetooth teknolojisinde verinin aktarılabileceği mesafe tıpkı kablosuz ağ teknolojisinde olduğu gibi kapı, duvar gibi engeller nedeniyle değişiklik gösterebilmektedir. Bu tür engeller, radyo sinyallerinin ulaşabileceği mesafeyi büyük ölçüde etkiler.

Peki, telefonumuzdaki bir şarkı veya videonun sesi fiziksel bir bağ olmadan kulaklığımıza nasıl ulaşıyor? Bu sürecin temelinde bluetooth sisteminin veriyi paketler hâlinde iletmesi yer alır. Dijital ses dosyaları bluetooth sistemi tarafından küçük veri paketlerine dönüştürülür. Bu paketler radyo dalgaları aracılığıyla havaya yayılır.

Kulaklıklarımızda bulunan alıcı sistemler ise bu dalgaları algıladığında süreç tersine doğru işletmeye başlar. Radyo sinyallerini tekrar dijital verilere ardından da hoparlör sürücülerini titreştiren elektrik sinyallerine dönüştürür. Telefonunuzda bir şarkıyı oynatmaya başladığınızda sesin anında kulağınıza ulaşması sizce de çok etkileyici değil mi?

Akıllara şu soru takılabilir. Aynı ortamda onlarca, aynı dünyada ise milyonlarca insan bluetooth kullanırken bu sinyaller neden birbirine karışmıyor? Bunun başlıca cevabı "frekans atlamalı yayılma" tekniğinde gizlidir. Bluetooth, kendisine ayrılan radyo bandını 79 ayrı kanala böler ve saniyede 1.600 kez kanal değiştirir. Cihazlar, bu kanal değişikliğini fazlasıyla hızlı yapar ve bu sayede iki veya daha fazla bağlantının aynı anda aynı kanalda çakışma ihtimali önemli ölçüde azalır. Küçük bir çakışma olsa bile cihazlarımız saniyenin binde biri sürede başka bir kanala geçtiği için biz bunu fark edemeyiz. Kısacası her cihaz sürekli frekans

fatido / iStock

değiştirerek âdeta farklı kanallar arasında dolaştığı için için radyo dalgaları arasında herhangi bir çakışmanın yaşanması oldukça güçtür ancak imkânsız değildir.

Bluetooth teknolojisinin kararlı bir veri iletimi sağlaması verileri koruma yeteneğiyle de ilgilidir. İletişim sırasında herhangi bir paket bozulması yaşanması durumunda sistem bu hatayı milisaniyeler içinde fark ederek veriyi otomatik olarak yeniden gönderir. Bu hata düzeltme mekanizması, sesin pürüzsüz ve kesintisiz iletilmesini sağlar. Bu yönden bluetooth sadece radyo dalgaları aracılığıyla veri ileten bir sistem değil, bağlantıyı sürekli düzenleyen ve iyileştiren bir iletişim teknolojisidir.

Bluetooth'ta veri iletiminin güvenilirliği cihazlar arasındaki "eşleşme" adı verilen güvenlik protokolüne de dayanır. İki cihaz ilk kez bağlantı kurduğunda karşılıklı bir kimlik doğrulama süreci gerçekleşir ve bu işlem sonucunda benzersiz bir şifreleme anahtarı oluşturulur. Bu dijital anahtar, verilerin sadece hedeflenen alıcı tarafından çözülmesini sağlar ve dışarıdan gelebilecek müdahaleleri engeller. Ayrıca bluetooth standartları kapsamında kullanılan "güvenli basit eşleşme (SSP) mekanizması" pasif dinleme ve araya girme saldırılarına karşı veriyi koruma altına alır. Böylece yoğun sinyal trafiğinin olduğu kalabalık ortamlarda bile kişisel verileriniz ve ses iletiminiz sadece size özel tanımlanmış, güvenli bir hat üzerinden aktarılmaya devam eder.

Sonuç olarak bluetooth yalnızca kulaklığımızı telefona bağlayan basit bir araç değil, her saniye milyonlarca bit verinin kablosuz olarak hatasız bir şekilde iletilmesini sağlayan gelişmiş bir sistemdir. Eskiden birbirine dolanan kabloların yerini günümüzde verinin dijital olarak işlenip radyo dalgalarıyla iletildiği kablosuz iletişim teknolojileri almış durumda. Teknolojinin sınırının her geçen gün genişlediği günümüz dünyasında sonraki adım fiziksel mesafeleri kaldırmak olabilir mi?

• https://www.teknoloji.org/bluetooth-nedir/
• https://sertifika.karabuk.edu.tr/bluetooth-baglantisi-nedir-blog?srsltid=AfmBOordXBmCSecWaM_IgDzARGYDB8z3pei24ZvTvq797vIR27G_J9dy
• https://avesis.gazi.edu.tr/yayin/4fa88d2e-05ed-4aef-b865-4ef39e21baa4/frekans-atlamali-sinyallerin-tespiti-ve-parametre-kestirimine-genel-bir-bakis-son-gelismeler-ve-zorluklar
• https://www.sony.co.uk/electronics/support/articles/00196698

Kaos ve Fraktallar: Matematiğin Evreni

Gülfem Cansu İlal
Fethiye Belediye Fen Lisesi, 10. sınıf

Evren bazen düzenli bazen de tahmin edilemez görünür. Dalgaların kıyıya vurma şekli, fırtınaların ortaya çıkışı veya bir yaprağın damarları… İlk bakışta karmaşık gibi görünür ama arkasında bir düzen vardır. Fizik bu düzeni anlamak için kaos teorisi ve fraktal geometriyi kullanır.

Kaosun Matematiği

Kaosun görüldüğü sistemlerde başlangıç koşullarındaki ufak değişiklikler sistemin davranışlarında çok büyük değişimlere yol açar. Bu durum kaotik sistemler ile ilgili uzun vadeli kuramsal tahminler yapmayı zorlaştırır. Basit bir örnekle düşünelim: Bir sarkacın hareket etmeye başladığı açıyı hafifçe değiştirmek, uzun süre sonra sarkacın tamamen farklı bir noktaya gelmesine yol açabilir. Bu durumu matematikte denklemlerle gösterebiliriz ama sonuç, sistemin küçük farklara ne kadar duyarlı olduğunu anlamak için yeterlidir.

Bu küçük farkların etkisi, doğada ve günlük yaşamda sıkça görülür. Bir kelebeğin kanat çırpışı, doğrudan bir fırtına oluşturmaz ancak atmosferde zamanla oluşturduğu küçük değişimlerin teorik olarak fırtınalar üzerinde etkisi olabilir. İşte buna "kelebek etkisi" denir.

Fraktallar ve Tekrar Eden Düzen

Fraktal, kendi içinde tekrar eden ve büyütüldüğünde benzer yapıyı gösteren şekillerdir. Bir ağacın dalları, bir nehir deltası veya kar kristalleri fraktal örnekleridir. Her dal, ağacın tamamının küçük bir kopyası gibidir. Bu sayede karmaşık sistemlerde bile bir düzen yakalanabilir.

Fraktal yapılardan fiziksel olayların analizinde de yararlanılır. Enerjinin dağılımını, dalgaların yayılımını veya manyetik alanların şeklini incelemek için kullanılır.

Kaos ve Fraktallar Günlük Hayatta

Kaos teorisi ve fraktal yapılar, sadece kuramsal kavramlar değildir; hava durumu, suyun akış şekli, kalp ritmi, piyasa hareketleri gibi günlük yaşamda karşımıza çıkan sistemlerin davranışını açıklamakta da kullanılırlar. Bu sistemlerdeki küçük değişiklikler büyük etkiler yaratabilir. Bilim insanları bunu anlamak için gözlemler yapar ve modeller geliştirir.

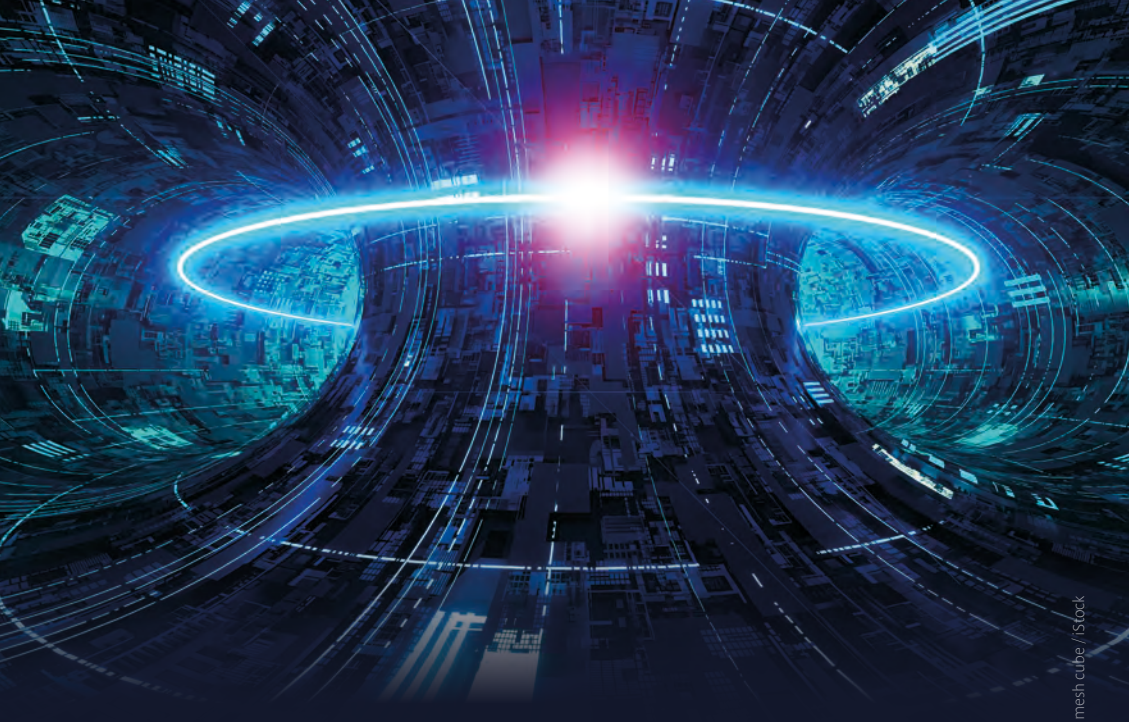
Örneğin meteoroloji uzmanları, fraktal modelleri kullanarak fırtınaların oluşumunu tahmin etmeye çalışır. Elektrik devrelerinde kaotik davranışları incelemek, sistemlerin daha kararlı çalışmasını sağlar. Kalp atımı gibi bazı biyolojik olaylar da kaotik ve fraktal örüntülerle anlaşılır.

Jackie Niam / iStock

Düşündürücü Bir Son

Kaos ve fraktallar, evrenin hem karmaşık hem de düzenli yönlerini gösterir. Küçük değişimlerin büyük sonuçlar doğurabileceğini, doğadaki desenlerin matematikle bağlantılı olduğunu fark ederiz. Bir yaprağın damarındaki desen veya dalgaların kıyıya çarpışı, evrenin matematiksel yapısını kavramamız için birer pencere açar. Bu hem doğayı anlamamıza hem de kendi yaşantımızı daha dikkatli gözlememize yardımcı olur.

• Gleick, James, Chaos: *Making a New Science*, Penguin, 1987.
• Mandelbrot, Benoît B., *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman, 1982.
• Strogatz, Steven H., *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Westview Press, 2018.
• Alligood, Kathleen T. ve ark., *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems*, Springer, 1996.
• NASA, "Chaos Theory and Weather Prediction", https://www.nasa.gov



mesh cube / iStock

Güneş'i "Yeryüzüne İndirmek" Mümkün mü?

Gülsüm Aleyna Koldaş
Kabataş Erkek Lisesi, 11. sınıf

Okyanusların ısınmasını, bitkilerin büyümesini ve dünyadaki yaşamın devamlılığını sağlayan aynı zamanda her gün gökyüzünde doğarak günümüzü aydınlatan Güneş, milyarlarca yıldır dünyamızın en büyük enerji kaynağıdır.

Peki ya bu dev enerji kaynağını yeryüzüne indirebilmek mümkün olsaydı?

Bilim insanlarının yeni çalışmaları, Güneş enerjisinin kaynağı olan ve Güneş'in çekirdeğinde gerçekleşen nükleer füzyon tepkimelerinin laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesinin mümkün olduğunu gösterdi.

Güneş'i Taklit Etmek

Güneş'te enerji elde edilmesini sağlayan sürece nükleer füzyon adı verilir. Bu süreç aslında hidrojen atomlarının çekirdeklerinin çok yüksek basınç ve sıcaklık altında birbirleriyle kaynaşmasıyla gerçekleşir. Bu kaynaşma sonucunda helyum çekirdeği oluşur. Yeni oluşan helyum çekirdeğinin kütlesi, birleşen hidrojenlerin toplam kütlesinden daha azdır.

Bu kütle farkı Einstein'ın:

$$E = mc^2$$

formülüne göre devasa miktarda bir enerjiye dönüşür. Bu formülde E enerjiyi, m kütleyi, c ışık hızını simgeler. Bu denklem kütle ile enerji arasındaki dönüşümü ifade eder.

Bu süreci yeryüzünde gerçekleştirmek hiç kolay değildir. Füzyon tepkimesinin gerçekleşebilmesi için hidrojenin izotopları olan döteryum ve trityum çekirdeklerinin içinde bulunduğu ortamın sıcaklığının milyonlarca dereceye yükseltilmesi gerekir. Bu yüksek sıcaklıkta gazlar maddenin dördüncü hâli olarak adlandırılan plazma yani maddenin, serbest elektronlar ve iyonlardan oluşan yüksek enerjili hâline geçer.

Bu kadar sıcak bir maddeyi bir kabın içinde saklamak mümkün olmadığından Dünya üzerinde füzyonla enerji elde etmek isteyen bilim insanları farklı bir yöntem kullanıyor.

Bu amaçla tokamak adı verilen özel reaktör tasarımları geliştirildi. Bu rekatörlerde plazma, güçlü mıknatıslar tarafından üretilen manyetik alanlarla halka biçimli bir hacmin içine hapsedilir. Güçlü manyetik alanlar plazmanın reaktörün iç duvarlarına temas etmesini engeller.

Yapay Güneş Deneyleri

Son yıllarda füzyon enerjisinde önemli gelişmeler yaşanıyor. ABD Ulusal Ateşleme Tesisi'nde yapılan deneyler sırasında füzyonla enerji elde edildi. Döteryum ve trityum izotoplarının kaynaşarak helyum çekirdeklerini oluşturduğu çalışmada füzyon tepkimelerini gerçekleştirmek için sisteme 2,05 MJ enerji verildi ve sonuçta 3,15 MJ enerji açığa çıktı. Yeryüzünde füzyon tepkimesiyle ilk kez net enerji kazancı sağlandığını gösteren bu çalışma, füzyon enerjisinin ilk kez net enerji kazancı sağladığını gösterdiği için büyük bir dönüm noktası olarak kabul ediliyor.

Bilim insanları 2022 yılında Çin'de, Yapay Güneş olarak da bilinen East China Tokamak (EAST) isimli füzyon reaktörünü kullanarak plazmanın sıcaklığını yaklaşık 17 dakika boyunca 70 milyon santigrat derecede tutmayı başardı. 2025 yılında ise Fransa'daki WEST tokamağında çalışan araştırmacılar bu süreyi 22 dakikaya çıkardı. Amaç füzyon reaksiyonunu sadece başlatmak değil aynı zamanda sürdürülebilir hâle getirerek enerji elde etmek olduğu için bu çalışmalar sürdürülebilir enerji üretiminin geleceği açısından çok önemli.

Türkiye'de henüz füzyondan enerji elde edilmesine yönelik araştırmaların yürütüldüğü büyük ölçekli bir reaktör bulunmasa da TENMAK (Türkiye Enerji,

Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu) bünyesinde birimlerde füzyon ve plazma araştırmalarını sürdürüyor. Akademik düzeyde de plazma fiziği ile ilgili teorik araştırmalar ve AR-GE çalışmaları aktif olarak yürütülüyor. Örneğin Orta Doğu Teknik Üniversitesinde plazma davranışları ve füzyon fiziğinin matematiksel temelleri üzerine çalışmalar yapılıyor.

Sürdürülebilir Enerjinin Anahtarı: Füzyon

Füzyon tepkimelerinde, birim kütle başına elde edilen enerji miktarı diğer enerji kaynaklarına kıyasla çok daha yüksektir. Ayrıca çevreyi kirleten atıkların açığa çıkmasına neden olmaz. Fosil yakıtların aksine füzyon reaksiyonlarında karbondioksit (CO_2) ve diğer zararlı gazlar ortaya çıkmaz, bu sebeple küresel ısınma ve hava kirliliğine sebebiyet vermez. Günümüzde kullanılan nükleer santrallerde gerçekleştirilen fisyon (atomun çekirdeklerinin parçalanması) sürecine kıyasla çok daha az miktarda radyoaktif atık ortaya çıkarır ve zincirleme reaksiyon riski yoktur.

Günümüzde enerji talebi büyük ölçüde fosil yakıtlardan karşılanıyor. Ancak bu kaynakların sınırlı olduğu göz önüne alındığında, füzyon sürecinin bir diğer avantajı yakıtının bol ve erişilebilir olmasıdır. Füzyonda kullanılan ana yakıtlardan biri olan döteryum, deniz suyunda bol miktarda bulunur. Bu da teoride insanlığın enerji ihtiyacını yüzyıllarca karşılayabilecek bir enerji kaynağı olduğu anlamına gelir.

Bilim insanları hâlâ füzyon enerjisini laboratuvarların ötesinde pratikte kullanıma sunmak için çalışıyor. Amaç füzyon reaksiyonunun sadece kısa süreli deneylerde değil, sürekli ve verimli bir şekilde gerçekleştirerek dünyamız için sürdürülebilir bir enerji kaynağına dönüştürmek.

Sonuç olarak gelecek yıllarda füzyon araştırmaları amacına ulaşabilirse temel enerji kaynağımız sadece yerin altındaki sınırlı fosil yakıtlar olmaktan çıkacak ve insanoğlu yıldızların içinde gerçekleşen tepkimeleri taklit ederek sürdürülebilir ve temiz enerji üretimi sağlayabilecek. Günümüzde Güneş'te gerçekleşen füzyon sürecini Dünya'da gerçekleştirme fikri, bir hayal olmaktan çıkıp somut bir hedef hâline gelmiş durumda.

- https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129150
- https://doi.org/10.3390/su16104089
- https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gunesteki-enerjiyi-yeryuzunde-uretmek-mumkun-mu?utm_
- https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/fuzyonla-enerji-elde-edildi?utm_
- https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/wp-content/uploads/sites/154/2025/09/e307c27a-1dfe-4665-b014-d032cb36776d-1.pdf
- https://www.energy.gov/science/doe-explainstokamaks
- https://www.iter.org/components

Einstein'ın Kimyaya Bıraktığı Miras: Rölativistik Etkiler

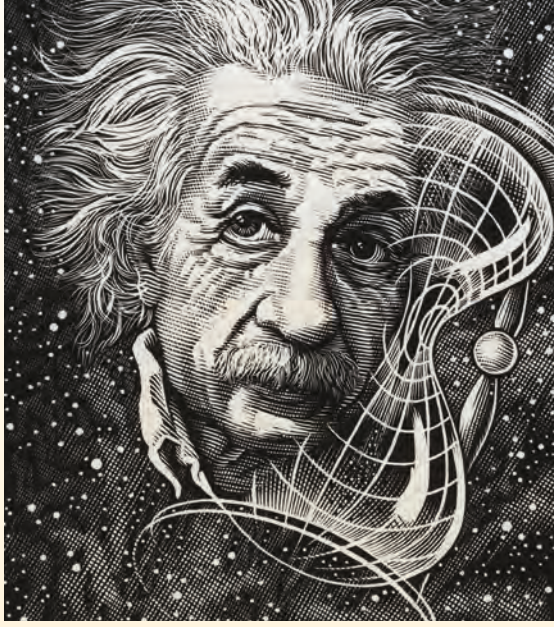
Mete Karaman
Jale Tezer Koleji, 9. sınıf

Ağır elementlerin sıra dışı özelliklerini anlamaya çalıştığımızda okul sıralarında öğrendiğimiz o klasik kimya kurallarının bazen yetersiz kaldığını fark ediyoruz. Hiç düşündünüz mü altın neden gümüş gibi gri veya beyaz değil de sarı renktedir? Ya da neden diğer metaller oda sıcaklığında katı hâldeyken cıva sıvıdır? Aslında bu soruların cevabı klasik kimyasal bağ kuramlarıyla açıklanamaz. Cevap, atom altı parçacıkların davranışını etkileyen ve Albert Einstein'ın görelilik kuramı ile açıklanan etkilere dayanır.

Çekirdekteki Devasa Çekim ve Elektronların Hız Limiti

Bir atomun çekirdeğindeki proton sayısı arttıkça çekirdeğin pozitif yükü dolayısıyla elektronlar üzerindeki elektrostatik çekim etkisi artıyor. Periyodik tablonun en alt sıralarındaki platin veya altın gibi ağır elementlerde bu çekim gücü o kadar devasa bir boyuta ulaşıyor ki çekirdeğe en yakın yörüngedeki elektronları çok güçlü bir şekilde kendine çekiyor. Çekirdeğin güçlü elektrostatik çekim etkisi altında bu elektronların hızları, ışık hızının yarısının üzerine çıkar.

Einstein'in ortaya koyduğu görelilik teorisine göre bir nesne ışık hızına yaklaştıkça toplam enerjisi artar. Elektronlar bu hızda hareket ederken çekirdeğe çok daha yakın yörüngelerde dönmeye zorlanıyor. Rölativistik büzülme denilen bu olay, atomun sadece fiziksel boyutunu değil, kimyasal özelliklerini de değiştiriyor. Özellikle çekirdeğe en yakın olan "s" ve "p" orbitalleri bu olgudan daha fazla etkileniyor. Bu durum, atomun ışığı nasıl soğuracağından hangi atomlarla bağ yapacağına kadar birçok özelliğini etkiliyor.



Bill Sanderson / SPL

Altının Sarısı ve Cıvanın Akışkan Sırrı

Bu etki orbital enerjilerinde değişikliğe yol açıyor ve atomdaki enerji seviyelerinin birbirine yaklaşmasına neden oluyor. Bu nedenle altın atomu yüksek enerjili mavi ve mor ışığı soğururken düşük enerjili sarı ve kırmızı ışığı yansıtıyor. Altının birçok metalden farklı olarak sarı renkte olmasının nedeni bu rölativistik etkiler.

Cıvanın oda sıcaklığında sıvı hâlde bulunmasının nedeni ise biraz daha farklıdır. Cıvada rölativistik etkiler o kadar baskındır ki değerlik elektronları çekirdeğe daha güçlü bağlanır, elektronlar çekirdek tarafından âdeta hapsedilir. Bu durum, cıva atomlarının komşu atomlarla bağ kurmasını yani düzenli bir kristal yapı oluşturmasını engeller. Cıva atomları birbirileriyle güçlü bağlarla bağlı olmadığı için de cıva, oda sıcaklığında sıvı hâlde bulunur.

Görünmez Bir Engel: Elektrik İletkenliği

Rölativistik etkiler cıvanın sadece fiziksel özelliklerinde değişime neden olmaz aynı zamanda elektrik iletkenliğini de etkiler. Normalde metaller, değerlik elektronlarının serbestçe hareket etmesi sayesinde elektriği iletir. Ancak cıvada rölativistik büzülme nedeniyle değerlik elektronları çekirdek tarafından o kadar sıkı tutulur ki bu elektronların bir "elektron denizi" oluşturarak hareket etmesi çok zorlaşır. İşte bu yüzden cıva, periyodik tablodaki diğer metallere kıyasla elektriği daha zayıf ileten ve tepkimeye girme istediği daha düşük olan bir metaldir.

Akülerden Süper Ağır Elementlere: Geleceğin Kimyası

Rölativistik etkilerin bir başka şaşırtıcı sonucu da platin ve kurşun gibi ağır metallerin kimyasal özelliklerinde görülebiliyor. Örneğin platinin periyodik tabloda bulunduğu gruptaki elementlerden farklı yükseltgenme basamaklarına sahip olması veya kurşun-asit pillerinin yüksek voltaj sağlaması, aslında relativistik etkilerin bir sonucudur. Einstein'ın görelilik teorisi atom altı ölçekte etkili olan bu mekanizmaları anlamamızı sağlamasaydı bugün kullandığımız pek çok enerji depolama sistemi beklenen verimlere ulaşamazdı.

Bugün otomobillerin egzoz sistemlerindeki katalitik konvertörlerden modern tıp cihazlarına kadar pek çok teknoloji, ağır elementlerin bu sıra dışı özelliklerine dayanıyor. Bilim insanları laboratuvar ortamında yeni süper ağır elementler sentezledikçe, rölativistik etkilerin kimyasal özellikler üzerindeki etkisi daha net anlaşılıyor. Bu keşifler evrenin nasıl işlediğini anlamamızı sağlarken geleceğin akıllı malzemelerinin geliştirilmesine katkı sağlayacak. Belki de bir gün bu etkileri daha iyi kontrol ederek hayal bile edemediğimiz özelliklere sahip elementler üreteceğiz.

• Einstein, A. (1905). "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". *Annalen der Physik*, 322(10), 891-921. https://doi.org/10.1002/andp.19053221004
• Pyykkö, P. (1988). "Relativistic effects in structural chemistry". *Chemical Reviews*, 88(3), 563-594. https://doi.org/10.1021/cr00085a006
• Schwerdtfeger, P. (2002). "Relativistic Electronic Structure Theory: Part 1. Fundamentals". *Theoretical and Computational Chemistry*, Vol. 11, Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1380-7323(02)80003-1

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

Bilim ve Teknik

TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi
Mayıs 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 sayısı ile birlikte verilen "Liseli Gençlerden Popüler Bilim Yazısı Denemeleri" özel dergi ekini okumak için kare kodu kullanabilirsiniz.

TÜBİTAK