

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Nisan 2026 Yıl 59 Sayı 701 - 39 TL

Türkiye'nin Mevsimlik Misafirleri **GÖÇMEN KUŞLAR** ve GÖÇ YOLLARI

Camda Veri Depolama
Ağaçtan Güneş Kremi

Nörosembolik Yapay Zekâ
Uzay Arkeolojisi
Otizmde Son Gelişmeler



**TÜRKİYE'NİN GÖÇMEN
KUŞLARI POSTERİ**

Nesiller Büyüten Dergi ile

Keşfetmenin Sonu Yok!



Yıllık Abonelik
468 TL
yerine
390 TL

#BilimOkuyanBilir



Abonelik avantajları için:
yayinlar.tubitak.gov.tr

Ön Kapak Görseli: LordRunar / iStock



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

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 59 Sayı 701
Nisan 2026

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Orhan Aydın

Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Ömer Kökçam

Dergiler Müdürü
Kübra Bal Çetinkaya

Yayın Yönetmeni
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Editör
Dr. Tuba Sarıgül

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

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

Redaksiyon
Berranur Beşir
Mehmet Sığırıcı

Grafik Tasarım
Hüseyin Diker

Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya
Dr. Tuba Sarıgül
Rıza Berkay Ayçelebi
İlkin Eda Şahin
Ebru Kars

Mali Yönetmen
Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler
Pınar Kaya

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

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

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

Baskı Tarihi 18.03.2026

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

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı
[Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247]
tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı
[7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr.85] tarafından
Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

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

Her ayın 1'inde çıkar.



“Küçük hanımlar, küçük beyler! Sizler hepiniz geleceğin bir gülü, yıldızı ve ikbal ışığısınız. Memleketi asıl ışığa boğacak olan sizlersiniz. Kendinizin ne kadar önemli ve değerli olduğunuzu düşünerek ona göre çalışınız. Sizlerden çok şey bekliyoruz.”

Mustafa Kemal Atatürk

Ülkemizin geleceğinin teminatı olan bütün çocuklarımızın ve her yaşta çocuk kalmayı başarabilen tüm okurlarımızın “23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı”nı en içten dileklerimizle kutluyoruz.

Kuş göçleri pek çok yönüyle hâlâ gizemini koruyan bir doğa bilmececi gibidir. Ülkemizde göçmen kuş denilince çoğumuzun aklına ilk Yaren Leylek gelir. Balıkçı Adem Amca ile Yaren Leylek'in 15 yıllık içimizi ısıtan vefalı dostluğuna hemen herkes bir şekilde tanık olmuştur. Yolunu gözleyenler için Yaren'in yuvasına ve Adem Amca'nın kayığına konması baharın gelişinin de müjdecisidir. Ülkemize her yıl yüzlerce farklı göçmen kuş türü gelir. Anadolu insanı için bu göçmen kuşlar yalnızca mevsimlik misafirler değil uzak diyarlarla kurulan görünmez bir bağın da simgesidir. Her yıl yüzlerce hatta binlerce kilometrelik yol kat ederek ülkeler ve kıtalar arasında gidip gelen bu kanatlı gezginler, doğanın en etkileyici ve en gizemli yolculuklarından birini gerçekleştirir. Peki kuşlar bu uzun ve zorlu göç yolculuklarını tamamlamayı nasıl başarır? Binlerce kilometre boyunca yollarını nasıl bulur ve her yıl aynı yerlere nasıl geri dönerler? İlay Çelik Sezer bu ayki yazısında kuş göçlerini ve göçmen kuşları bilimin merceğinden detaylı bir şekilde ele alıyor. Posterimizde ise Türkiye'de gözlemlenebilen bazı göçmen kuş türlerine yer veriyoruz.

Özlem Ak, nisan ayının “Otizm Farkındalık Ayı” olması vesilesiyle otizm konusunu bilimsel gelişmeler ışığında mercek altına alarak son gelişmeleri ve araştırma sonuçlarını detaylıca özetliyor. Mahir Ocak, yapay genel zekâya ulaşma yaklaşımlarından olan nörosembolik yapay zekâ kavramını çeşitli örneklerle anlatıyor. Tuba Sarıgül, camda binlerce yıl veri depolamaya olanak sağlayan bir sistemden bahsediyor. Alp Akoğlu ise uzay çağıının kalıntılarını inceleyen uzay arkeolojisi alanını ele alıyor.

“Ağaçtan Güneş Kremi” ve “Uzak Uydulardaki Gizli Okyanuslar Kaynıyor Olabilir” yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden *Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, Büyüyorum, Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizi de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

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

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

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

İçindekiler

4

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

Özlem Ak

6

Haberler

28

**Bilim Çizgi
Tycho Brahe ve
Johannes Kepler**

2. Bölüm

Sinançan Kara

40

Ağaçtan Güneş Kremi

Özlem Ak

42

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

46

**Uzak Uydulardaki
Gizli Okyanuslar
Kaynıyor Olabilir**

Mahir E. Ocak

60

Merak Ettikleriniz

İlay Çelik Sezer

62

**Verileri Binlerce Yıl
Saklayabilen Yeni Veri
Depolama Sistemi**

Tuba Sarıgül

64

Nörosembolik Yapay Zekâ

Mahir E. Ocak

14

Mevsimlik Misafirlerimiz Göçmen Kuşlar

İlay Çelik Sezer

Dünya üzerindeki en önemli kuş göç yollarından bazıları, Avrupa, Asya ve Afrika kıtaları arasında bir köprü konumunda bulunan Türkiye'den geçer. Ülkemiz ayrıca çok sayıda kuş türü için üreme ya da kışlama alanıdır.

76

**Ayın Astronomi
Fotoğrafı: Bir Yıldızın
"Yaşamının" Son
Aşamaları**

Tuba Sarıgül

78

**Bilim Tarihinden Notlar
Orta Çağlarda Hareket III**

Hüseyin Gazi Topdemir

82

**Doğa - Flora
Pampas Otu**

Şeyda Fikirdeşici Ergen

84

Gökyüzü

Tuba Sarıgül

88

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

90

Satranç

Kıvanç Çefle

93

Ayın Sorusu

Azer Kerimov

94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

Özlem Kılıç Ekici



POSTER EKİ

Türkiye'nin Göçmen Kuşları

Özlem Kılıç Ekici, Hüseyin Diker



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik



bilimteknik.tubitak.gov.tr/

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



14

Alp Akoğlu
Uzay Arkeolojisi: Uzay Çağının Kalıntıları



48

Özlem Ak
Otizm Araştırmalarında Son Gelişmeler:
Erken Tanıdan Yapay Zekâya...

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



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



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



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



Bilim ve Teknik ile

Büyüdüm, Büyüyorum...

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



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



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



“46 yıllık yol arkadaşlığı”

Merhaba,

Bilim ve Teknik benim için bir dergiden çok çok fazlası. Derginin yöneticilerini, yazarlarını, tüm ekibini çok seviyorum. Daha uzun yıllar birlikte olmak dileğiyle...

Emrehan Halıcı



“Küçüklüğümde çocuklarıma uzanan bilim sevgisi”

Merhaba,

Bilim ve Teknik denilince aklıma her zaman heyecan duyduğum, küçüklüğümde en son sayfadaki satranç sayfasına bayıldığım ve çözmek için günlerimi verdiğim zamanlar geliyor. Kişisel gelişimimde ayrı bir yeri olan bu dergideki içerikler, görseller ve konu çeşitliliği her zaman çok yönlü düşünmemi sağlamıştır. Şimdi çocuklarıma *Bilim Çocuk* ve *Meraklı Minik* dergilerini alarak el becerilerinin gelişmesini, görsel deneyim kazanmalarını ve dünyayı tanımalarını istiyorum. Küçüklüğümdeki heyecanımın çocuklarıma bu dergiler aracılığıyla geçmesi çok güzel. İyi ki varsın *Bilim ve Teknik*.

Serdar Keskin



“Hayal etmek en güçlü anahtar”

Merhaba,

Çocukluğumu hatırladığımda aklıma *Bilim Çocuk*, devamında merakımı besleyen *Bilim ve Teknik* gelir. Bana merak edip sorgulamanın önemini, tutkunun hayatıma katabileceği zenginlikleri ve her zaman hayal etmenin en güçlü anahtar olduğunu gösterdi. İzmir’de düzenlenen 9. Kutup Sempozyumu ve 5. Kutup Şenliği etkinliğinde beni bilimle tanıştıran derginin yazarlarından biri ile tanışmak da çok anlamlıydı. Daha nice güzel anılara...

Duru Özmeral

“Dergi sayfalarından doğanın kalbine”

Merhaba,

Öğrencilik yıllarımda *Bilim ve Teknik* dergisinin her sayısını heyecanla beklerdim. Özellikle Doğa köşesi içerikleri dikkatimi çeker, her detayı dikkatlice okurdum. Beni farklı coğrafyalara götürür, başka bir sayısında ülkemizin bilmediğim bir köşesine ulaştırırdı. Okur ve oralarda olduğumu hayal ederdim. Ben artık bir ornitolog yani kuşları inceleyen bir zoologum ve çalışmalarımı doğanın kalbinde yürütüyorum. Bu yolda *Bilim ve Teknik* hep benimleydi. Şimdi ise derginin Doğa köşesinin yazarlarından birisiyim. Nereden nereye dedirten bu yolculuğuma eşlik eden *Bilim ve Teknik* dergisine sonsuz teşekkürler.

Doç. Dr. Arzu Gürsoy Ergen

“Bilime giden yolum bu dergiye başladı”

Merhaba,

Bilim ve Teknik dergisini küçüklüğümünden beri takip ediyorum ve onunla birlikte bilimi keşfederek ilerledim. Özellikle bizim neslimiz için *Bilim ve Teknik* dergisi hatta genel olarak TÜBİTAK’ın tüm yayınları çok değerli. Şu anda da *Bilim ve Teknik*’i hem o zamanki heyecanımı yeniden yaşamak ve içindeki o küçük Züleyha’ya biraz daha ulaşabilmek hem de yeni yeni şeyler öğrenebilmek için takip etmeye devam ediyorum.

Ablam benden 10 yaş büyüktü. Üniversiteye yerleşeceği dönemde, eskiden bölümlerin tanıtıldığı küçük kitapçıklardan birinde havacılık ve uzay mühendisliğini gördüm. O an “Evet, ben bu işi yapacağım.” dedim. Şu an Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü öğrencisiyim. Ama o zamana kadar zaten TÜBİTAK dergileri sayesinde uzay ve bilim

alanındaki çalışmalarını takip ediyor, bilime olan merakım yeni yeni filizleniyordu. Yani o heves içinde vardı sadece adı konmamıştı. Bunu sağlayan o kitapçık oldu. Öncesinde o kıvılcımı başlatan ve devam ettiren sonrasında da beni ileriye taşıyan şey ise TÜBİTAK popüler bilim dergileri ve kitaplarıydı.

Züleyha Savcı

“Vizyonumu zenginleştirdiğim bilim kaynağı”

Merhaba,

Bilim ve Teknik küçüklüğümünden beri ilgiyle takip ettiğim, her sayfasında yeni bir anlam aradığım, vizyonumu zenginleştirdiğim bilim kaynağıdır. Her gün kendime yeni bir bilgi kattığım bu yolculukta *Bilim ve Teknik*, çevreyi gözlemlemenin ve doğadan ilham almanın önemini gösterdi. İzmir’de düzenlenen 9. Kutup Sempozyumu ve 5. Kutup Şenliği etkinliğinde *Bilim ve Teknik*’in değerli yazarlarından biriyle tanışmak benim için çok kıymetliydi. Nice güzel yolculuklara.

Sarp Doruk Öztürk

“Bilimin büyüleyici dünyası”

Merhaba,

Şu an 9. sınıf öğrencisiyim. *Bilim ve Teknik* dergisini severek takip ediyorum. Her sayfası bana merak duygusunu, hayal gücünü ve bilimin büyüleyici dünyasını fısıldıyor. Bana ilham veren ve dergide emeği geçen herkese minnettarım. Bir gün bu satırlara dönüp baktığımda hayal gücümün ve merakımın izlerini göreceğim. Tekrar bu sayfalarda buluşmak dileğiyle...

Yüstra Candal

Haberler

Yapay Zekâ Kuşların Dilini Çözüyor

Özlem Ak

Sinir bilimciler, yaşamları boyunca karmaşık ve uzun şarkılar öğrenebilme konusundaki olağanüstü yetenekleri nedeniyle kanaryaları ve diğer ötücü kuşları uzun zamandır yakından inceliyor. Kanaryaların şarkıları, 30-40 farklı hecenin belirli diziler hâlinde bir araya gelmesinden oluşan oldukça karmaşık yapılar içeriyor. Bu özellik, bilim insanlarına beynin karmaşık davranışları nasıl geliştirdiğini ve öğrendiğini anlamak için önemli bir araştırma alanı sunuyor.

Oregon Üniversitesinde biyomühendislik alanında çalışan Doç. Dr. Timothy J. Gardner'ın laboratuvarında doktora öğrencisi olan George Vengrovski de bu sorulara yanıt arayan araştırmacılardan biri. Vengrovski tarafından geliştirilen TweetyBERT adlı makine öğrenmesine dayalı yapay zekâ modeli, kanaryaların çıkardığı sesleri otomatik olarak bölümlere ayırıp sınıflandırabiliyor ve bunu insanlar tarafından



yapılan etiketlemelere yakın bir doğrulukla başarabiliyor. Gardner'a göre hayvan seslerini analiz etmek için kullanılan mevcut yapay zekâ yöntemlerinin çoğu, insanların önceden tek tek etiketleyip sınıflandırdığı verilerle eğitiliyor. Bu durum süreci yavaşlatıyor. TweetyBERT ise çok sayıda ses kaydını hızlı biçimde analiz etmeye olanak tanıyor. Araştırmanın sonuçları mart ayında *Patterns* dergisinde yayımlandı.

TweetyBERT, doğal dil işleme temelli BERT adlı yapay zekâ modelinin, kuş şarkılarını

analiz etmek üzere uyarlanmış bir versiyonu. Sistem, insanlar tarafından önceden etiketlenmiş verilere ihtiyaç duymadan ses kayıtlarındaki gizlenmiş bölümleri tahmin edebiliyor ve kuş şarkılarındaki yapıyı kendi kendine ortaya çıkarabiliyor. Bu sayede notalar, heceler ve ses dizileri gibi şarkıyı oluşturan temel birimleri ayırt edebiliyor ve bunu uzman etiketlemelerine yakın bir doğrulukla yapabiliyor. Bu yapay zekâ modeli, şarkıları hızlı biçimde sınıflandırabilme, bireyler arasındaki farklılıkları ortaya koyabilme ve zaman içindeki değişimleri izleyebilme

becerileriyle araştırmacıların insan beyninin dili nasıl öğrendiğini ve konuşmayı nasıl oluşturduğunu daha iyi anlamasına katkı sağlayabilir.

TweetyBERT'in kullanım alanı yalnızca sinir bilim araştırmalarıyla sınırlı değil. Gerekli uyarlamalar yapıldığında doğal kuş popülasyonlarını incelemek için de kullanılabilir. Böylece kuşların seslerindeki değişimler izlenerek artan insan faaliyetlerine ve iklim değişikliği gibi çevresel değişimlere nasıl tepki verdikleri daha iyi anlaşılabilir. Bu tür çalışmalar, kuşların yaşam ortamlarındaki değişen koşullara nasıl uyum sağladığını ortaya koymaya da yardımcı olabilir.

Gardner, sistemi kanaryalar için geliştirdiklerini ancak yaklaşımın belirli bir türe özgü olmadığını belirtiyor. Ona göre dünyada sesli iletişim davranışları henüz yeterince izlenmeyen çok sayıda kuş türü bulunuyor. Araştırmacılar, bu yaklaşımın şimdiden yunuslar ve balinalar üzerinde de uygulanmaya başlandığını ifade ediyor. Bu durum, yöntemin kullanım alanının bazı uyarlamalarla kuşların çok ötesine geçebileceğini ve hayvanların sesli iletişimini daha geniş ölçekte anlamamıza katkı sağlayabileceğini gösteriyor. ■

<https://doi.org/10.1016/j.patter.2025.101491>



Türk Bilim İnsanları Ay ve Mars Toprağında Domates Yetiştirdi

Hayriye Yetiş Avcı

Uzay araştırmalarının hızla devam ettiği günümüzde Ay ve Mars regolitlerinde (yüzeylerini kaplayan toz formundaki malzeme) bitki yetiştirmek bilim insanlarının en önemli uğraşları arasında yer alıyor. Bu amaçla yapılan çalışmalardan elde edilen veriler uzun süreli uzay görevlerinde astronotların ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin elde edilmesine katkı sağlıyor, aynı zamanda uzaydaki varlığımızı kalıcı hâle getirmek için kritik önem taşıyor.

Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Rengin Özgür Uzilday'ın yürütücülüğünde, aynı bölümden

Doç. Dr. Barış Uzilday ve Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden Dr. Tansel Kaygısız tarafından hazırlanan proje kapsamında Ay ve Mars regoliti benzeri materyallerde domates yetiştirildi.

TÜBİTAK 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı ile desteklenen proje için ABD'den Ay ve Mars regolitlerine içerik bakımından benzeyen malzemeler getirildi. İlk olarak bu yapılarda turpgiller familyasından ekstremofit yani yüksek sıcaklık, ağır metal kirliliği, kuraklık veya tuzluluk gibi zorlu çevresel koşullarda hayatta kalabilen ve gelişip büyüeyebilen *Schrenkiella parvula*, *Arabis alpina* ve *Noccaea sempervivum* türü bitkiler yetiştirildi. *Schrenkiella parvula* Tuz Gölü'nde endemik olarak yetişen bir bitki türü. Yüksek oranda tuz içeren ortamda bile büyüeyebilmesi ve kuraklığa karşı dayanıklı olması bu bitkiyi özel kılıyor. *Arabis alpina* çok düşük sıcaklıklarda hayatta

kalabilirken *Noccaea sempervivum* ise birçok bitkide zehirli etki gösteren ağır metalleri bünyesinde biriktirebilme özelliğine sahip.

Ay ve Mars regolitleri, bitkilerin büyümesi ve hayatta kalabilmesi için gerekli olan organik madde bakımından fakirdir. Ayrıca yüksek miktarda ağır metal ve tuz içerir. Araştırmacılar regolit benzeri malzemelerde zorlu çevre koşullarına dayanıklı bitkiler yetiştirerek bu yapıların içeriğini iyileştirmeyi hedefledi. Bu sayede içeriğindeki metal ve tuz miktarı azalan regolit benzeri materyalde domates fidesi yetiştirip ürün elde etmeyi başardılar.

Bundan sonraki aşamada üretilen domateslerdeki moleküler mekanizmaların araştırılması hedefleniyor. Böylece meyvelerin kalite analizi ve yeryüzü toprağında yetişen ürünlerle karşılaştırılması yapılabilecek. Çalışmadan elde edilecek verilerin tarımsal üretime sağlayacağı katkılar uzayda sürdürülebilir yaşam ortamlarının kurulması için büyük önem taşıyor. ■

<https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turk-bilim-insanlari-ay-ve-mars-regolitleri-benzerinde-domates-yetistirdi/3837525>

Okyanus Asitlenmesine Karşı Jeomühendislik Deneyi

İlay Çelik Sezer

Woods Hole Oşinografi Enstitüsü araştırmacıları tarafından Kuzey Amerika kıtasının doğu kıyılarında bulunan Maine Körfezi'nde gerçekleştirilen deneyde, okyanus sularına 65.000 litre sodyum hidroksit dökülerek atmosferden 2 ila 10 ton karbondioksit soğurmanın mümkün olduğu gösterildi. Araştırma ekibi uygulamadan sonra sudaki mikroorganizma, plankton, balık ve ıstakoz larvası konsantrasyonlarını belirleyerek fotosentez etkinliğini ölçtü, sonuçta yöntemin bu canlı toplulukları üzerinde kısa vadede belirgin bir olumsuz etkisine rastlamadı.

İnsanlık, küresel iklim değişiminin durdurulması amacıyla karbon salımını azaltma hedeflerinin

gerisinde kaldıkça bilim insanları atmosferdeki karbondioksit düzeyini düşürmeye yönelik yeni çareler arıyor. Doğal ortamlara örneğin atmosfere, okyanuslara ya da karalara aktif müdahaleler yapılmasına dayanan jeomühendislik yaklaşımları da bunlar arasında. Yapılan deney de bu tür bir uygulama.

Atmosferden yaklaşık 40 kat daha fazla karbon depolayabilen okyanuslar, şimdiye kadar insan kaynaklı etkinlikler sonucu atmosfere salınan karbondioksitin dörtte birden fazlasını bünyesinde depoladı. Bu fazladan karbondioksit suyla tepkimeye girip karbonik asit oluşumuna ve dolayısıyla da okyanusların daha asidik hâle gelmesine neden oluyor. Okyanusların asitlenmesi kabuklu deniz canlılarının, kalsiyum karbonattan meydana gelen kabuklarını zayıflatabiliyor ya da bu kabukların oluşumunu zorlaştırabiliyor. Ayrıca denizlerin atmosferden karbondioksit soğurma kapasitesini de azaltıyor. Yeni araştırmadaki yaklaşımda bazik özellikteki bir kimyasal madde olan sodyum hidroksitin okyanus suyuna büyük miktarlarda eklenmesiyle doğaya zarar vermeden okyanus asitlenmesinin etkisinin azaltılıp azaltılamayacağı sınanıyor.

Çalışmanın sonuçları 25 Şubat'ta Birleşik Krallık'ın Glasgow şehrinde yapılan Okyanus Bilimleri Konferansı'nda sunuldu.



İakov Kalinin / iStock

Çalışma kapsamındaki yöntemin, atmosfere salınan ve atmosferden soğurulan toplam karbon miktarının azaltılmasını sağlayıp sağlamadığı ise kullanılan sodyum hidroksitin üretim ve deneme sahasına taşınma aşamalarındaki karbon ayak izinin hesaplanması sonucunda anlaşılabilecek. Etkinliğinin, verimliliğinin ve doğal yaşam açısından güvenliğinin başka araştırmalarla da doğrulanması hâlinde bu yaklaşım, iklim değişimiyle mücadelede kullanılabilecek bir seçenek oluşturabilir. ■

<https://www.newscientist.com/article/2517171-ocean-geoengineering-trial-finds-no-evidence-of-harm-to-marine-life/>

Genç Yaşta Kanseri Atlatanlar Hızlı Yaşlanıyor

Mahir E. Ocak

Rochester Tıp Merkezinden araştırmacıların yaptığı bir çalışma, genç yaşta kanser atlatanların biyolojik yaşının kronolojik yaşından daha büyük olduğunu gösteriyor. Dr. AnnaLynn M. Williams ve arkadaşlarının *Nature Communications*'ta yayımladıkları sonuçlara göre genç yaşta kanseri atlatmayı başaranlar hem hücresele seviyede hem de zihinsel olarak daha hızlı yaşlanıyor.



Çalışma, St. Jude Çocuk Hastanesinde tedavi görmüş ve kanseri atlatmayı başarmış 1.400 civarında hasta ile ilgili bulgulara dayanıyor. Hastaların çoğu genç yaşta akut lenfoblastik lösemi ya da Hodgkin lenfoma sebebiyle tedavi görmüş. Tamamının kanser tedavisi almaya başlamasının üzerinden en az beş yıl geçmiş ve bazıları tedaviden sonra onlarca yıl hayatta kalmayı başarmış.

Bilimsel çalışmalar, uygulanan tedavinin türünden bağımsız olarak hastaların daha hızlı yaşlandığını gösteriyor. Ancak en hızlı yaşlanma kemoterapi alan hastalarda görülüyor. Bu durum kemoterapinin DNA yapısına zarar vermesine ve büyük çaplı hücresele hasara yol açmasına bağlıyor.

Araştırmacılar ayrıca hücresele yaşlanma ile bilişsel performans arasında da yakın bir bağlantı tespit etti. Biyolojik yaşı kronolojik yaşının üzerinde olan gönüllüler daha fazla hafıza ve dikkat sorunu yaşıyor.

Devam eden çalışmalar, kanser tedavisinin ivmelendirdiği yaşlanmayı yavaşlatmanın ve hatta tersine çevirmenin mümkün olabileceğine işaret ediyor. Sigara içmemek, düzenli egzersiz yapmak ve iyi beslenmek gibi sağlıklı alışkanlıklar kanser tedavisinin olumsuz etkilerini azaltıyor. ■

<https://www.nature.com/articles/s41467-025-65664-5>

Atacama Çölü'nde Şaşırtıcı Biyoçeşitlilik

Mahir E. Ocak

Bilimsel çalışmalar Dünya'nın en kurak çölünün şaşırtıcı bir biyoçeşitliliğe sahip olduğunu gösteriyor.

Şili'deki Atacama Çölü yeryüzündeki en kurak yerlerden biridir. Neredeyse hiç yağmur yağmayan, yüksek

derecede tuzlu topraklara sahip, çok büyük sıcaklık salınımlarının yaşandığı çöl, yeryüzündeki en aşırı koşullara sahip yerlerden biridir. Tüm bu olumsuzluklara rağmen Atacama Çölü de canlılara ev sahipliği yapıyor.

Köln Üniversitesinden araştırmacıların önderliğinde yapılan bir çalışmada Atacama Çölü'ndeki nematodların biyoçeşitliliği incelendi. Sonuçlar bu ufak toprak solucanlarının şaşırtıcı bir biyoçeşitliliğe sahip olduğunu gösterdi.



Bir nematodun mikroskop görüntüsü

Nematodlar, toprak ekosistemlerindeki en yaygın hayvanlar arasında yer alır. Çok sayıda farklı türü bulunan bu canlılar ekolojik dengenin korunmasında önemli bir rol oynar. Bu küçük organizmalar bakteri popülasyonlarını kontrol eder, topraktaki besin döngüsünü destekler. Nematodların varlığı toprak sağlığı için iyi bir belirteçtir.

Nematodlar aynı zamanda farklı koşullara uyum sağlayabilen

canlılardır. Derin okyanus tabanlarındaki tortulardan kutup bölgelerine ve aşırı tuzlu topraklara kadar çok çeşitli ortamlarda yaşayabilirler. Bu özellikleri nematodları, yaşamın çevresel stres altında nasıl devam ettiğinin incelenmesi için ideal organizmalar yapar.

Detayları *Nature Communications*'ta yayımlanan çalışmada Dr. Laura Villegas ve arkadaşları Atacama Çölü'ndeki farklı koşullara sahip altı ayrı bölgeyi inceledi. Bu bölgelerin arasında daha fazla neme sahip yüksek rakımlı yerler, yoğun morötesi ışığa maruz kalan tuzlu topraklar ve sisteki nemden su alarak beslenen bitkilerin yaşadığı bölgeler vardı. Araştırmacılar kum tepelerinden, tuzlu çanaklardan (tuzlu göllerin buharlaşması sonucu oluşmuş arazilerden), nehir yataklarından ve dağlık arazilerden toprak örnekleri topladı. Daha sonra bu örneklerdeki biyoçeşitliliği, üreme stratejilerini ve popülasyon yapısını nematodlar açısından inceledi. Sonuçta farklı bölgelerden alınan örnekler arasında belirgin farklar tespit edildi.

Daha yüksek irtifalarda yaşayan çok sayıda nematod türü eşeysiz üremeyle çoğalıyor. Bu sonuç eşeysiz üremenin aşırı koşullar altında avantaj sağladığı hipotezini destekliyor.

Sonuçlar biyoçeşitliliğin nemle de bağlantılı olduğunu gösteriyor. Daha fazla yağış alan bölgelerdeki canlı çeşitliliği daha fazla. Ayrıca sıcaklık

farklarının da hangi bölgelerde hangi nematod gruplarının hayatta kalabildiğini etkilediği anlaşıyor. Yapılan araştırma, toprak organizmalarının küresel ölçekte çevresel değişimlere nasıl cevap verdiğinin anlaşılmasında önemli bir adım olarak görülüyor. Araştırma ekibinden Philipp Schiffer elde ettikleri sonuçların, Dünya genelinde giderek artan kuraklık sorunları açısından da önemli olduğunu söylüyor. Organizmaların aşırı koşullara nasıl uyum sağladığının anlaşılması iklim değişikliğinin ekolojik sonuçlarının tahmin edilebilmesi açısından önemli. ■

<https://www.nature.com/articles/s41467-025-67117-5>

Kuş Gözlemciliği Beynin Yaşlanmasını Yavaşlatıyor Olabilir

Hayriye Yetiş Avcı

Sonuçları *The Journal of Neuroscience*'ta yayımlanan yeni bir araştırma, deneyimli kuş gözlemcilerinin yabancı kuşları tanıma konusundaki olağanüstü yeteneklerinin beyinlerindeki yapısal farklılıktan kaynaklanabileceğini ortaya koydu. Kuş gözlemciliğiyle ilgilenmenin beyinde sebep olduğu yapısal değişiklikler yeni bir dil öğrenmenin ya da müzik aleti çalmanın meydana getirdiği değişikliklerle eş değer olabilir.



Bu farklılıkların yaşa bağlı olarak gelişen bilişsel gerilemeyi yavaşlattığı düşünülüyor.

İnsan beyni bir beceriyi öğrenirken ya da uygularken yapısını ve işlevlerini yeniden düzenler, yeni sinir bağlantıları kurar ve mevcut bağlantıları güçlendirir. Örneğin nöroplastisite adı verilen bu yetenek sayesinde profesyonel müzisyenlerin işitmeye ilgili beyin bölgelerinde yapısal değişiklikler meydana gelebilir.

Kanada'daki York Üniversitesinden Erik Wing ve meslektaşları, kuş gözlemciliğinin beyin üzerindeki etkilerini araştırmak için tamamı kuş gözlemciliğiyle ilgilenen 48 kişilik bir ekibi çeşitli testlere tabi tuttu. 22 ila 79 yaş aralığındaki katılımcıların yarısı deneyimli, yarısı amatör kuş gözlemcilerinden oluşuyordu. Katılımcıların cinsiyet, yaş ve eğitim seviyeleri her iki grup arasında benzer bir dağılım gösteriyordu.

Araştırmada beyin etkinliği beyin görüntüleme yöntemleri ile incelenen katılımcılara 4 saniyeden

kısa süre bir kuş resmi gösterildi. Yaklaşık 10 saniye sonra katılımcılar gördükleri kuş türünü dört farklı kuş türüne ait resimden ayırt etmeye çalıştı. Resimdeki kuşlar kasıtlı olarak birbirine çok benzeyen ve kolayca karıştırılabilen türlerden seçilmişti.

Tüm bu süreç 72 kez tekrarlandı. Araştırmada 6'sı yerli, 12'si göçmen olmak üzere toplam 18 farklı kuş türü resmi kullanıldı. Sonuçta deneyimli kuş gözlemcileri amatörlere kıyasla kuş türlerini daha yüksek oranda bir doğrulukla tanımladı. Gösterilen resimlerdeki yerli kuş türlerinin ortalama %83'ünü, göçmen kuş türlerinin ise %61'ini doğru bildiler. Buna karşılık amatör kuş gözlemcileri, her iki kuş grubunun da sadece %44'ünü doğru olarak tanımlayabildi.

Göçmen kuş türlerini tanımlarken deneyimli kuş gözlemcilerinin beyninin üç farklı bölgesinde (prefrontal korteks, intraparyetal sulkus ve sağ oksipitotemporal korteks) aktivite artışı tespit edildi. Amatörlerin beyinde ise bu tür bir aktivite artışı gözlemlenmedi.

Erik Wing, kuş gözlemciliğinde dikkat, hafıza, uzamsal algı, el-göz koordinasyonu ve nesne tanıma gibi bilişsel süreçlerin rol aldığını belirtiyor. Aktivite artışının gözlemlendiği beyin bölgeleri ise tam olarak bu işlevlerden sorumlu. Deneyimli kuş gözlemcilerinde bilişsel süreçlerden sorumlu beyin bölgelerinin amatörlere kıyasla daha iyi organize ve yapısal olarak kompleks olması, kuş gözlemciliğinin beynin işleyişini yeniden düzenlemesinde etkili olabileceğini ortaya koyuyor.

Beyin yapısının kompleks ve organize oluşu, yaşlandıkça azalma eğilimindedir. Araştırma sonuçları bu azalmanın amatörlere kıyasla deneyimli kuş gözlemcilerinde daha az belirgin olduğunu gösterdi. Bu durum kuş gözlemciliğinin beynin yaşlanmaya karşı kendini savunma ve herhangi bir hasara karşı uyum sağlama yeteneğini geliştirmesine yardımcı olabileceğini düşündürüyor.

Araştırmacılar bir yandan kuş gözlemciliğine ilgi duyan kişilerin beyinlerindeki yapısal değişikliklerin önceden gerçekleşmiş olabileceğini ya da farklı yaşam tarzı alışkanlıklarından kaynaklanma ihtimalini göz önünde bulundurmak gerektiğini belirtiyor. Beyindeki değişikliklerin sebebinin kuş gözlemciliğiyle olan bağlantısını tam olarak anlamak için daha uzun süreli araştırmalar yapmak gerekiyor. ■

<https://www.newscientist.com/article/2516604-birdwatching-may-reshape-the-brain-and-build-its-buffer-against-ageing/>

Astronotların Ay'daki Yemeği Nohut mu?

Özlem Ak

NASA'nın Artemis programı kapsamında Ay'a yeniden insan göndermeye hazırlandığı bu dönemde önemli bir soru gündemde: Ay'a gidecek astronotlar ne yiyecek? Texas Austin Üniversitesinden araştırmacılara göre yanıt nohut olabilir.

Bilim insanları, kimyasal bileşimi Ay toprağına (Ay regoliti olarak isimlendirilir) benzeyen malzemeler kullanarak nohudu başarıyla yetiştirip hasat etti. Bir tarım bitkisinin bu ortamda yetiştirildiği ilk örneklerden biri olan çalışma, Texas A&M Üniversitesinin iş birliğinde yürütüldü ve sonuçlar mart ayında *Scientific Reports* dergisinde yayımlandı. Bu toprak örneği, bitkilerin yaşaması için gerekli mikroorganizmaları ve organik maddeleri içermiyor. Bileşiminde bazı besinler ve mineraller bulunsa da aynı zamanda bitkiler için toksik olabilecek ağır metaller de içeriyor.

Projenin lideri Sara Santos, çalışmanın Ay yüzeyinde gıda üretiminin nasıl mümkün olabileceğini anlamada önemli bir adım olduğunu vurguluyor. Araştırmanın amacı, Ay regoliti benzeri bu malzemenin



Yapay Ay toprağıında ilk kez yetiştirilen nohutlar, Ay'da bir gıda kaynağına dönüşebilir.

Jessica Atkin/Texas A&M University

bitkilerin büyümesi için uygun özellikte bir toprağı nasıl dönüştürülebileceğini ve bu dönüşümü sağlayabilecek doğal mekanizmaları incelemek. Bu amaçla araştırmacılar, 1969-1972 yılları arasında gerçekleştirilen Apollo görevleri sırasında Ay'dan Dünya'ya getirilen kaya ve toprak örneklerinin kimyasal bileşimini taklit eden yapay Ay toprağı kullandı.

Bitkiler için daha uygun bir büyüme ortamı oluşturmak amacıyla toprağı vermikompost yani solucan gübresi eklendi. Kırmızı Kaliforniya solucanlarının organik atıkları parçalayarak oluşturduğu bu doğal gübre, bitkiler için gerekli besinler ve yararlı mikroorganizmalar açısından oldukça zengin. Benzer organik atıkların Ay görevleri ve uzun süreli uzay yolculukları sırasında da ortaya çıkması bekleniyor. Bu nedenle bu atıkların solucanlar aracılığıyla

gübreye dönüştürülmesi, uzayda sürdürülebilir gıda üretimi için umut verici bir yöntem olarak görülüyor.

Araştırmacılar ayrıca nohut tohumlarını ekmeden önce arbusküler mikoriza adı verilen bir mantarla kapladı. Bitki köklerinde yaşayan bu mantarlar, bitkiyle karşılıklı faydaya dayanan simbiyotik bir ilişki kurarak besin maddelerinin kökler tarafından topraktan daha kolay alınmasına yardımcı oluyor ve bitki için zararlı olabilecek ağır metallerin fazla miktarda almasını sınırlıyor.

Sonuçlar, karışımın %75'i Ay toprağından oluşsa bile hasat edilebilir nohut üretilbildiğini gösterdi. Ancak Ay toprağı oranı arttıkça bitkiler stres belirtileri gösterdi ve erken öldü. Arbusküler mikoriza mantarıyla kaplanan bitkilerin ise daha uzun süre hayatta kaldığı gözlemlendi.

Her ne kadar nohut hasadı önemli bir adım olsa da üretilen bu baklagillerin tat özelliği ve güvenli olup olmadığı hâlâ araştırılıyor. Makalenin ilk yazarı Jessica Atkin'e göre önemli soru şu: "Bu nohutlar ne kadar sağlıklı? Astronotların ihtiyaç duyduğu besinleri içeriyor mu? Güvenli hâle gelmeleri için kaç nesil yetiştirilmeleri gerekir?" Bu soruların yanıtları, gelecekte Ay'da sürdürülebilir gıda üretimi için önemli ipuçları sunabilir. ■

<https://doi.org/10.1038/s41598-026-35759-0>

Ergenlikteki Öfkenin Uzun Vadeli Etkileri

Özlem Ak

Sık sık öfke patlamaları yaşayan ve başkalarına karşı sert tepkiler veren ergenlerin ilerleyen yaşlarda bazı sağlık riskleriyle karşılaşma olasılığı daha yüksek olabilir. Mart ayında *Scientific Reports* dergisinde yayımlanan bir araştırma, ergenlik döneminde daha yüksek düzeyde öfke yaşayan bireylerin 30 yaşında biyolojik olarak daha hızlı yaşlandığını ve daha yüksek vücut kitle indeksine sahip olduğunu ortaya koyuyor.

Araştırma kapsamında ABD'nin güneydoğusundaki farklı yerleşim bölgelerinden 121 genç, 13 yaşından yetişkinliğe

kadar uzun süreli olarak takip edildi. Bu süreçte gençlerin öfke düzeyleri, aile içindeki çatışmalar ve akran ilişkileri farklı kaynaklardan alınan bilgilerle değerlendirildi. Katılımcılar 30 yaşına ulaştığında ise araştırmacılar biyolojik yaşlanma düzeyini değerlendirmek için kan örneklerinden elde edilen çeşitli biyobelirteçleri analiz etti. C-reaktif protein, kan şekeri ve beyaz kan hücresi sayısı gibi toplam 12 sağlık göstergesini temel alan bir algoritma kullanılarak her bireyin biyolojik yaşı hesaplandı.

Sonuçlar, ergenlik döneminde öfke düzeyi daha yüksek olan bireylerin yetişkinlikte biyolojik yaşlarının daha ileri olabildiğini gösterdi. Bu ilişki; cinsiyet, aile geliri, çocuklukta geçirilen ciddi hastalıklar ve ergenlikteki vücut yapısı gibi faktörler dikkate alındığında da geçerliliğini korudu. Araştırmacılar ayrıca erkeklerde ve düşük gelirli ailelere mensup bireylerde biyolojik yaşlanmanın daha hızlı gerçekleştiğini gözlemledi. Bunun büyük ölçüde ilişki sorunlarıyla bağlantılı olduğu düşünülüyor.

Ayrıca çalışma, erken dönemdeki öfke tepkilerinin tek başına hızlı yaşlanmayı açıklamadığını da ortaya koydu.

Asıl belirleyici olan, bu tepkilerin zamanla ebeveynlerle ve arkadaşlarla süregelen ilişki sorunlarına dönüşmesi olabilir. Yani ergenlikte başlayan çatışma ve öfke tepkilerinin ilerleyen yıllarda devam etmesi, uzun vadede fiziksel sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabiliyor.

Araştırmacılar, bu sonuçların öfkenin doğrudan hızlı yaşlanmaya neden olduğunu kesin olarak kanıtlamadığını vurguluyor. Ancak erken yaşlarda ortaya çıkan ilişki sorunlarının uzun vadeli sağlık riskleri için önemli bir uyarı işareti olabileceğine dikkat çekiyorlar. Bu nedenle ergenlerin daha sağlıklı iletişim ve ilişki becerileri geliştirmesine yardımcı olacak desteklerin yalnızca ruh sağlığı açısından değil, yetişkinlikte fiziksel sağlık açısından da önemli faydalar sağlayabileceği düşünülüyor. ■

<https://doi.org/10.1037/hea0001576.suppl>



Aaron Amat / iStock



Mevsimlik Misafirlerimiz Göçmen Kuşlar

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Türkülerinde allı turnayla sılaya selam gönderen, leyleklerle köylerini kasabalarını paylaşan Anadolu insanı için göçmen kuşlar yalnızca mevsimlik misafirler değil uzak diyarlarla kurulan görünmez bir bağıın simgesi olagelmiş. Her yıl yüzlerce hatta binlerce kilometrelik yol kat ederek ülkeler arasında gidip gelen bu kanatlı gezginler, doğanın en etkileyici ve en gizemli yolculuklarından birini gerçekleştiriyor. Peki kuşlar bu uzun ve zorlu göç yolculuklarını tamamlamayı nasıl başarıyor? Binlerce kilometre boyunca yollarını nasıl buluyor ve her yıl aynı yerlere nasıl geri dönüyorlar? Kuş göçleri bilim insanlarını hâlâ etkileyen ve pek çok yönüyle hâlâ gizemini koruyan bir doğa bilmece. Gelin hazır mevsimi gelmişken kuş göçlerine ve göçmen kuşlara bilimin merceğinden birlikte bakalım.



Dikkatli gözler, her yıl ilkbahar ve sonbahar aylarında gökyüzünde bir hareketliliğe tanık olur. Bu hareketlilik kimi zaman kıtalar arasında binlerce kilometreye ulaşan mesafeler kat ederek göç yolculuklarını gerçekleştirmekte olan göçmen kuşlardan kaynaklanır. Bu göçlerin önemli geçiş noktalarından biri de Türkiye'dir. Dünya üzerindeki en önemli kuş göç yollarından bazıları Avrupa, Asya ve Afrika kıtaları arasında bir köprü konumunda bulunan Türkiye'den geçer. Ülkemiz ayrıca çok sayıda kuş türü için üreme ya da kışlama alanıdır. Yani bir kısım göçmen kuş ülkemizi bir çeşit mola yeri olarak kullanırken bir kısım göçmen kuş için de ülkemiz göç döngüsünün yaz ya da kış ayağı konumundadır.

Göçün Anatomisi

Göçmen kuşlar, her yıl üreme alanları ile kışlama alanları arasında düzenli ve mevsimsel hareket gerçekleştiren kuş türlerini ifade eder. Bu hareket genellikle yılda iki kez, ülkemizin de bulunduğu kuzey yarım küre için ilkbaharda kuzeye, sonbaharda güneye doğru gerçekleşir.

Göç,
kuşların
çevresel
koşullara
uyum sağlamanın

bir yolu olarak ortaya çıkmış bir davranıştır. Özellikle sıcaklık, besin kaynakları ve üremeye uygun koşullar, göç davranışının temel belirleyicisidir. Örneğin kuzey yarım kürede birçok kuş türü yaz aylarında böcek ve bitki örtüsü bakımından zengin kuzey bölgelerinde ürer, kışın ise daha sıcak ve besin açısından daha elverişli güney bölgelerine göç eder. Bu noktada akla şu soru gelebilir: Güney bölgeleri kışın kuzey bölgelerine göre daha

ılıman olduğu için kuşların kış mevsimi için buraları tercih etmesi mantıklı ancak güneydeki bölgeler yaz aylarında kuşlar için elverişsiz şartlara mı sahip ki kuşlar yazın kuzeye göç ediyor? Kuşların yazın kuzeye göç etmesinin nedeni her zaman güneydeki bölgelerin “elverişsiz” olması değil, kuzeydeki bölgelerin yazın üreme açısından çok daha avantajlı hâle gelmesidir. Bu durum, başlıca birkaçından söz edeceğimiz bir dizi ekolojik etmen ile açıklanıyor.

Öncelikle kuzey yarım kürenin kuzey bölgelerinde ilkbahar ve yaz aylarında sıcaklık artar, günler uzar ve bitkiler hızla büyür.



Leylekler (*Ciconia ciconia*) ülkemizde göçmen kuş denince belki de ilk akla gelen, hatta kuş göçlerinin sembolü haline gelmiş bir tür. Türkiye'nin hemen hemen her yerinde görülebilmeleri ve yerleşim yerlerinde insanlarla âdeta iç içe yaşamaları bu algının sebepleri arasında olsa gerek. İlkbaharda evlerin çatılarına; bacaların, elektrik direklerinin hatta cami kubbelerinin ya da minarelerin tepesine yaptıkları yuvalarında leylekleri görmeye başladığımızda baharın geldiğini iyiden iyiye hissederiz. Yaren Leylek ile Adem Amca'nın onbeş yıldır her bahar yeniden kavuşması belki biraz da bu yüzden yüreğimizi ısıtıyor.

Bunun sonucu olarak böcek popülasyonlarında büyük bir artış meydana gelir. Birçok göçmen kuş özellikle yavrularını böceklerle beslediği için bu artış önemli bir besin avantajı sağlar. Bilimsel çalışmalar, özellikle böcekçil kuşların üreme zamanının böcek bolluğunun zirve yaptığı dönemlerle örtüştüğünü gösteriyor. Yine yazın yüksek enlemlerde günler çok uzundur, bazı bölgelerde neredeyse gece olmaz. Bu da kuşlara gün içinde çok daha uzun süre besin arama fırsatı verir. Böylece ebeveynler yavrularını daha sık besleyebilir ve yavru büyütme başarıları artar.

Ayrıca daha güneydeki bölgelerde yıl boyunca çok sayıda yerleşik kuş türü yaşar. Bu nedenle üreme döneminde besin ve yuva alanı rekabeti hayli yüksektir. Göçmen kuşlar yazın kuzeydeki bölgelere giderek rekabetin daha az olduğu alanların avantajını kullanır. Kuş göçleri, kuşları inceleyen bilim dalı olan ornitolojideki daha teknik bir tanımla, kaynakların mevsimsel bolluğundan azami düzeyde yararlanmak amacıyla gerçekleştirilen periyodik ve stratejik yolculuklardır.

Göçmen kuşlar, ekosistemlerin birbirine ne kadar sıkı sıkıya bağlı olduğunun en somut kanıtları arasındadır. Zira bir kuşun hayatta kalması birbirlerine binlerce kilometre uzaklıktaki iki farklı coğrafyanın ekolojik sağlığına aynı anda bağlıdır. Bu bağlamda



Küçük akbaba (*Neophron percnopterus*) Türkiye’de ilkbahar ve yaz aylarında görülen göçmen bir yırtıcı kuştur. Özellikle İç Anadolu, Ege ve Doğu Anadolu’daki kayalık ve yarı açık alanlarda ürer. Sonbaharda Afrika’ya göç eder. Beyaz gövdesi, siyah kanat uçları ve tüysüz sarı yüzü bu türün kolayca ayırt edilmesini sağlar.

doğanın “paylaşılan mirası” olarak kabul edilen kuş göçleri, korunması için tüm ulusların ortak sorumluluk taşıması gereken bir olgudur.

Ülkemizde göçmen kuşlarla ilgili ilkbaharda gelip sonbaharda gittikleri şeklinde kalıplaşmış yaygın bir düşünce olsa da bu durum yurdumuzda görülen göçmen kuşların tamamı için geçerli değil. Yani göçmen kuşların coğrafyamızla ilişkisi görüldüğünden daha karmaşık.

Bazı türler ilkbaharda, kışı geçirdikleri bölgelerden kuzeye doğru göç ederek yurdumuza gelir, sonbahara kadar burada kalıp ürer. Kırlangıçlar ve leylekler bu grubun en bilinen örneklerindendir. Buna karşılık bazı göçmen kuş türleri de ülkemizden daha kuzeydeki bölgelerde ürer ve kışı geçirmek için daha ılıman olan ülkemiz gibi daha güneydeki bölgelere iner. Türkiye’de kış aylarında görülen bazı ördek



ve kaz türleri bu türlere örnek gösterilebilir. Ülkemizde görülen üçüncü göçmen kuş grubu ise Türkiye’yi yalnızca göç yolculuğu sırasında kısa süreliğine ziyaret eder, bu kuşlar için ülkemiz bir tür mola noktasıdır. Bunlara ek olarak bazı türlerde durum daha karmaşıktır. Aynı türün bazı popülasyonları göç ederken bazı popülasyonları yıl boyunca aynı bölgede yaşayabilir. Örneğin bazı su kuşları Türkiye’de hem yerleşik hem de göçmen popülasyonlara sahiptir; kış aylarında kuzeyden gelen bireylerle yerel popülasyonlar bir araya gelebilir. Kısacası kuş göçleri tek tip bir olgu olmayıp zamanlaması, güzergâhı ve amacı türden türe çeşitlilik gösterebilen yaşamsal davranışlardır.

Uçuş Stratejileri

Göç yolculuğu, kuşlar için yalnızca bir yön bulma meselesi olmayıp aynı zamanda enerji yönetimiyle ilgili son derece hassas bir dengeyi de gerektirir. Bu nedenle kuşlar uzun mesafeleri kat ederken farklı uçuş stratejilerinden yararlanır. Göçmen kuşların biri “kanat çırparak uçma” ve diğeri “süzülerek yükselme” olmak üzere başlıca iki temel stratejiden yararlandığı biliniyor. Bu iki yöntem, kuşların vücut büyüklüklerine, kanat yapılarına ve göç ettikleri habitatlara bağlı olarak farklı avantajlar sağlıyor. Leylekler, pelikanlar ve kartallar gibi büyük kanat açıklığına sahip kuşlar, göç sırasında çoğunlukla süzülerek yükselme stratejisini kullanır. Bu türler, termal hava akımlarından yararlanır. Güneşin yeryüzünü ısıtmasıyla bazı bölgelerde hava,

çevresine göre daha fazla ısınır, yoğunluğu azalır ve yukarı doğru yükselmeye başlar. Bazı kuşlar bu yükselen sıcak hava sütunlarını (termaller olarak isimlendirilir) kullanarak kanat çırpmadan irtifa kazanabilir ve ardından uzun mesafeleri süzülerek kat edebilir. Böylece enerji sarfiyatlarını önemli ölçüde azaltarak yüzlerce kilometre yol alabilirler. Ancak termal akımlar genellikle karalar üzerinde oluştuğu için bu kuşlar geniş su kütleleri üzerinde uçmaktan kaçınır ve kara parçalarının birbirine yaklaştığı bölgeleri bir çeşit geçit olarak kullanır. İstanbul ve Çanakkale boğazları bu tür birer geçit özelliği taşır.

Küçük ve orta boy kuşların büyük bölümü ise göç sırasında kanat çırparak uçmayı tercih eder. Bu yöntem enerji açısından daha maliyetli olsa da kuşlara büyük bir hareket özgürlüğü sağlar. Rüzgâr koşullarına veya yükselen hava akımlarına fazla bağımlı olmadan yönlerini koruyabilir, deniz ve okyanus gibi geniş su kütlelerinin üzerinden rahatlıkla geçebilirler. Bu nedenle özellikle pek çok küçük ötücü kuş türü uzun mesafeli göçlerini çoğunlukla bu yöntemle gerçekleştirir. Bu kuşlar, uzun ve yüksek enerji maliyetli göç yolculuklarını sürdürebilmek için göçten önce vücutlarında önemli miktarda yağ depolar. Bazı türlerde vücut kütlelerinin yaklaşık %40–50’sine ulaşabilen bu yağ rezervleri uçuş sırasında başlıca enerji kaynağıdır.



Pek çok türümüzde “allı turna” adıyla geçen kuşun aslında flamingo olduğunu biliyor muydunuz? Flamingo (*Phoenicopterus roseus*), uzun bacakları ve pembe tüyleriyle tanınan bir su kuşudur. Klasik kuzey-güney göçmenlerinden farklı olarak belirli bir hat üzerinde uzun mesafeli göçler yerine, uygun sulak alanlara bağlı daha kısa menzilli yer değiştirme hareketleri gösterir. Türkiye’de yazın özellikle Tuz Gölü ve Gediz Deltası’nda ürer. Sığ sularda eğri gagasıyla suyu süzerek beslenmesi ayırt edici özelliklerindendir. Flamingoların pembe rengi, beslenmek için tükettikleri alg ve küçük kabuklulardan aldıkları karotenoid pigmentlerinin tüylerinde birikmesinden kaynaklanır.



Craig Cordier / iStock

Kuş göçlerini araştırırken bilim insanları, bazıları klasikleşmiş bazıları ise yeni teknolojilere dayalı çeşitli yöntemlerden yararlanır. En eski yöntemlerden biri kuş halkalamadır. Bu yöntemde kuşun bacağına küçük, numaralı bir halka takılır, bu sayede kuş başka bir yerde yeniden yakalandığında göç rotası hakkında bilgi elde edilir. Günümüzde araştırmacılar ayrıca kuşlara takılan uydu takip cihazları ve jeolokatör adı verilen küçük coğrafi konum belirleyiciler sayesinde göç yollarını çok daha ayrıntılı biçimde izleyebilir. Bu cihazlar kuşun konumunu, uçuş hızını ve bazen yüksekliğini kaydedebilir. Bunun yanında radar sistemleri göç sırasında gökyüzünden geçen kuş sürülerini tespit etmek için kullanılır. Son yıllarda vatandaş bilimi projeleri ve eBird gibi veri tabanları da kuş gözlemcilerinin kayıtlarını bir araya getirerek göç örüntülerinin anlaşılmasına önemli katkı sağlıyor.



GlobalP / iStock

Leylek (*Ciconia ciconia*)



Kutup sumrusu (*Sterna paradisaea*)

Kuş göçü başlı başına şaşırtıcı ve hayranlık uyandırıcı bir olgu iken bazı kuş türleri, kuş göçü olgusunun en uç örneklerini temsil eder. Örneğin kutup sumrusu (*Sterna paradisaea*), üreme alanı olan Kuzey Kutbu ile kışlama alanı olan Antarktika arasında gidip gelerek her yıl yaklaşık 70.000–90.000 km yol kateder. Bu, hayvanlar arasında bilinen en uzun göç yolculuğudur. Kıyı çamur çulluğu (*Limosa lapponica*) ise Alaska'dan Yeni Zelanda'ya yaklaşık 13.000 km'yi hiç mola vermeden uçarak kuşlar arasında bilinen en uzun kesintisiz göç uçuşunu gerçekleştiren türdür.



Sander Meertins / iStock

Kıyı çamur çulluğu (*Limosa lapponica*)



Kuşların Sağladığı Ekosistem Hizmetleri

Kuşlar doğal ekosistemlerin işleyişinde çok önemli roller üstlenen bir canlı grubudur. Pek çok ekolojik süreç, doğrudan ya da dolaylı biçimde kuşların faaliyetleriyle bağlantılıdır. Dolayısıyla kuşlar pek çok ekosistem hizmetinin de sağlayıcısı konumundadır. Ekosistem hizmetleri, insanların doğal ekosistemlerin işleyişinden doğrudan veya dolaylı olarak elde ettiği faydaları ifade eder.



Tohum Yayılımı

Pek çok kuş türü, bitki tohumlarının farklı alanlara taşınmasında önemli rol oynar. Meyveyle beslenen birçok kuş, bitki tohumlarının bir kısmını sindirim sisteminden zarar görmeden geçirerek dışkılarıyla bırakabilir. Böylece tohumlar ana bitkiden uzak farklı alanlara yayılır. Kuşların hızlı hareket edebilmesi sayesinde bu tohumlar kilometrelerce uzağa taşınabilir. Bu süreç özellikle ormanların yenilenmesine ve bitki çeşitliliğinin korunmasına katkı sağlar.

Besin Zincirinin Dengesi

Kuşlar hem av hem de avcı olarak ekosistemlerde besin zincirlerinin önemli birer halkası konumundadır. Birçok kuş türü böcekler, çeşitli başka omurgasızlar, küçük memeliler, sürüngenler, amfibiler (iki yaşamlılar) ve balıklarla beslenerek bu canlıların popülasyonlarının dengelenmesine katkı sağlar. Öte yandan bir kısım kuş türü de bazı memeliler (örneğin tilkiler ya da kedigiller), kartallar, şahinler gibi daha büyük yırtıcılar için besin kaynağı olabilir. Bu nedenle kuşlar, besin zincirlerinin farklı basamakları arasında enerji ve madde aktarımını sağlayan önemli bir halkadır. Kuş popülasyonlarında meydana gelen değişimler, bu zincirlerdeki diğer canlı gruplarını da etkileyerek ekosistemlerin genel dengesinde değişimlere yol açabilir.



Leşlerin Ortadan Kaldırılması

Akbabalar gibi leşçil kuşlar, doğada ölen hayvanların leşlerinin kısa sürede tüketilmesini sağlayarak önemli bir ekolojik işlev üstlenir. Ölü hayvanların uzun süre doğada kalması, bakteri ve diğer hastalık etkenlerinin çoğalması için uygun bir ortam oluşturabilir. Leşçil kuşlar bu kalıntılardaki organik maddeleri hızla tüketerek hastalık yapıcı mikroorganizmaların yayılma riskini azaltır. Leşlerin kuşlar tarafından tüketilmesi ayrıca hayvan ölümlerinin içerdiği organik maddelerin hızla parçalanmasına yardımcı olarak bu maddelerde bulunan azot, fosfor gibi besin öğelerinin yeniden toprağa ve ekosistemdeki madde döngülerine kazandırılmasını sağlar.



Bu ekosistem hizmetinin yaşamsal önemini örnekleyen ve akbabaların konu edildiği 2024 yılına ait bir yazımızı okumak için kare kodu kullanabilirsiniz.



nicholas_dale / iStock

Böcek Popülasyonlarının Kontrolü

Kuşların önemli ekolojik rollerinden biri böcek popülasyonlarını kontrol altında tutmalarıdır. Böceklerle beslenen kuşlar, özellikle tarım zararlılarının doğal yollarla sınırlandırılmasına katkı sağlar. Aşırı çoğalan böcekler doğal ekosistemlerde de bitkilerin yaprak, gövde ve köklerini tahrip ederek bitki örtüsüne zarar verebilir. Dolayısıyla kuşlar birçok ekosistemde doğal biyolojik kontrol mekanizmasının bir parçası olarak görülür.



Addictive Stock / Alamy

Ekosistem Sağlığının Takibi için Gösterge

Kuşlar çevresel değişimlere oldukça duyarlı canlılardır. Habitat kaybı, kirlilik, iklim değişikliği, besin kaynaklarındaki dalgalanmalar gibi çevresel baskılar kuş popülasyonlarını hızlı ve belirgin şekilde etkileyebilir. Bu nedenle bilim insanları kuşların sayısını, dağılımını ve üreme başarılarını izleyerek ekosistemlerin genel durumu hakkında önemli ipuçları elde eder. Örneğin belirli bir bölgede bazı kuş türlerinin azalması, o habitatta besin kaynaklarının azaldığına, yaşam alanlarının bozulduğuna veya çevresel kirliliğin arttığına işaret edebilir. Bu nedenle kuşlar birçok ekolojik araştırmada biyolojik gösterge olarak kullanılır ve doğadaki değişimleri erken aşamada anlamaya yardımcı olan önemli canlı gruplarından biri olarak kabul edilir.

Göçmen Kuşlar Yönlerini Nasıl Bulur?

Göç eden kuşlar göç yolculuklarında binlerce kilometre yol kat edebilirler ve genellikle her yıl neredeyse hiç sapmadan aynı rotayı izlerler. Henüz bir yaşını tamamlamamış kuşlar bile çoğu zaman ilk göçlerini tamamen kendi başlarına gerçekleştirir. Buna rağmen daha önce hiç görmedikleri kışlama bölgelerini bir şekilde bulabilir ve ertesi bahar doğdukları yerlere geri dönebilirler.

Kuşların göç sırasında yollarını nasıl bulduğu, uzun süredir araştırılan karmaşık bir sorudur. Bunun önemli nedenlerinden biri, göçmen kuşların tek bir yöntem yerine birden fazla yön bulma mekanizmasını birlikte kullanmasıdır. En önemli mekanizmalardan biri Güneş'i bir pusula gibi kullanmalarıdır. Birçok kuş, Güneş'in gökyüzündeki konumunu biyolojik saatleriyle birlikte değerlendirerek yön belirleyebilir. Örneğin sabah saatlerinde Güneş doğuda bulunur. Eğer kuş güneye doğru göç ediyorsa sabah saatlerinde Güneş'i sol tarafında tutması gerekir. Öğleden sonra Güneş gökyüzünde batıya doğru hareket ettiğinde ise yönünü buna göre ayarlar. Beyinlerindeki sirkadiyen saat (yaklaşık 24 saatlik biyolojik ritim) sayesinde işleyen ve "zaman telafili güneş pusulası"



Türkiye'nin yanı sıra Japon kültürü gibi farklı kültürlerde de önemli sembolik anlamlar taşıyan turna (*Grus grus*), uzun bacakları ve boynuyla kolay tanınan iri bir göçmen kuştur. Türkiye'de özellikle İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Trakya'daki sulak alanlar ile tarım arazilerinde görülür. İlkbahar ve sonbahar göçleri sırasında ülkemizde sürüler hâlinde konaklar. Gri tüyleri, siyah boynu ve başındaki kırmızı bant ayırt edici özellikleridir. Turnaları daha yakından tanımak isterseniz kare kod yardımıyla ilgili *Bilim Genç* içeriğine ulaşabilirsiniz.



Marcos del Mazo / GettyImages

olarak adlandırılan bu yöntem, göçmen kuşların yön bulmak için kullandığı ve en çok araştırılan navigasyon mekanizmalarından biridir.

Gece göç eden bazı türler ise yıldız pusulası olarak isimlendirilen yöntemden yararlanır. Araştırmalar, bazı kuş türlerinin yıldızların gökyüzündeki hareketinden yararlanarak yönlerini belirleyebildiğini gösteriyor. Bu yöntem özellikle gece göç eden ötücü kuşlar için önemlidir.

Kuşların yönlerini bulmalarında etkili olan bir diğer önemli mekanizma Dünya'nın manyetik

alanını algılama yeteneği yani magnetoresepsiyondur. Davranış deneyleri ve fizyolojik çalışmalar, kuşların Dünya'nın manyetik alanının yönünü ve şiddetini algılayarak bunu bir pusula gibi kullanabildiğini gösteriyor. Hatta bazı araştırmalar, kuşların gözlerindeki kriptokrom adlı moleküllerin kuantum mekaniksel süreçler aracılığıyla Dünya'nın manyetik alanına duyarlı olduğunu ve bu moleküllerin bir çeşit pusula gibi çalışarak kuşların yön bulmasında rol oynayabileceğini öne sürüyor.

Ayrıca göçmen kuşlar yönlerini bulmak için kıyı çizgileri, dağ sıraları, nehirler gibi coğrafi

işaretleri ve koku gibi çevresel ipuçlarını da kullanabilir. Bu farklı yön bulma sistemleri birbirini tamamlar: Örneğin Güneş ya da yıldızların görünmediği durumlarda kuşlar manyetik pusula mekanizmasından daha fazla yararlanabilir. Sonuç olarak göçmen kuşların yön bulma yeteneği, Güneş ve yıldız pusulaları, manyetik alan algısı ve çevresel ipuçlarının birlikte kullanıldığı son derece gelişmiş bir biyolojik sisteme dayanır. Bu sistem, kuşların binlerce kilometrelik göç yolculuklarını şaşırtıcı bir doğrulukla gerçekleştirmelerini sağlar.

Göç Yolları ve Türkiye

Kuşlar göç sırasında genellikle “göç yolu” adı verilen belirli geniş göç koridorlarını takip eder. Bu koridorlar içinde bazı noktalarda, coğrafyanın uçuş hatlarını daraltması veya kuşların deniz geçişlerinden kaçınması nedeniyle kuşların yoğunlaştığı bölgeler oluşur, bu alanlara “göç dar boğazı” denir. Türkiye’de bu tür yoğunlaşma noktalarının başlıcaları; İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı, Çoruh Vadisi ve Hatay-Belen geçididir. Özellikle İstanbul Boğazı, Avrupa ile Asya arasında yer alan önemli bir geçit olduğu için her yıl leylek, kartal gibi çok sayıda süzülen kuş türünün kullandığı başlıca göç dar boğazlarından biridir. Ayrıca Anadolu yarımadası Afrika’dan



Palearktik bölgedeki süzülen göçmen kuş türlerinin göç yollarına ilişkin bu harita, Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları arasında gerçekleşen göçlerin önemli bir bölümünün Türkiye üzerinden geçtiğini gösteriyor. Ülkemiz, özellikle Karadeniz-Akdeniz göç sistemi içinde yer alan ve yüzlerce göçmen kuş türü tarafından kullanılan ana rotalar üzerindeki geçiş bölgelerinden biridir.

Avrupa’ya göç eden milyonlarca kuş için doğal bir köprü oluşturur. Bu nedenle Türkiye, Batı Palearktik bölgedeki en önemli kuş göç merkezlerinden biridir. Palearktik; Avrupa’nın tamamını, Kuzey Afrika’nın Sahra Çölü’nün kuzeyindeki bölümünü ve Asya’nın büyük bir kısmını kapsayan, Türkiye’yi de içine alan biyocoğrafya bölgesinin adıdır.



Çıkrıkçın (*Anas crecca*), küçük boyutlu bir ördek türüdür. Erkek bireylerde baştaki kestane rengi ve göz hizasından geçen parlak yeşil bant ayırt edici özelliğidir. Kuzey Avrupa ve Sibirya'da ürer, sonbaharda güneye, Batı Karadeniz kıyılarındaki sulak alanlara göç eder. Türkiye'de özellikle kış aylarında göller, deltalar ve diğer sulak alanlarda büyük sürüler hâlinde kışlayan yaygın bir göçmen kuştur.



Siyah, beyaz ve kırmızı renklerin oluşturduğu çarpıcı deseniyle tanınan Sibirya kazı (*Branta ruficollis*), Kuzey Sibirya tundralarında ürer ve sonbaharda yaklaşık 6.000 km göç ederek Karadeniz çevresindeki sulak alanlarda kışlar. Türkiye'de özellikle kış aylarında Batı Karadeniz ve Trakya'daki sulak alanlarda ve tarım arazilerinde görülen nadir bir kış göçmenidir.

Kuşlar Hep Sürüler Hâlinde mi Göç Eder?

Birçok göçmen kuş göç sırasında sürü hâlinde uçar ancak bu durum tüm göçmen kuş türleri için geçerli değildir. Özellikle kazlar, turnalar, leylekler ve bazı ördek türleri belirgin sürüler oluştururken birçok küçük ötücü kuş türü genellikle tek başına ya da yoğun olmayan gruplar hâlinde göç eder. Araştırmalar, göçmen kuş türlerinin önemli bir bölümünün özellikle büyük ve orta boy kuşların sürü düzeniyle göç etmeyi tercih ettiğini gösteriyor. Göç eden sürülerin büyüklüğü türlere göre değişir. Turna veya kaz sürülerinde genellikle 10-50 bireyden oluşan gruplar görülürken bazı su kuşlarında sürüler yüzlerce hatta binlerce bireye ulaşabilir.

Sürü hâlinde uçan kuşların "V" şeklinde bir diziliş oluşturduğu sıklıkla görülür. Bunun nedeni bu uçuş düzeninin aerodinamik bir avantaj sağlamasıdır. Öndeki kuş kanat çırpıtığında yukarı doğru bir hava akımı oluşur, arkadaki kuşlar bu hava akımından yararlanıp daha az enerji harcayarak uçabilir. Bu nedenle sürüdeki kuşlar zaman zaman yer değiştirir, önde uçan ve daha fazla enerji harcayan kuş geriye geçerken başka bir kuş liderliği devralır. Sürü hâlinde uçmak ayrıca kuşlara yırtıcılardan korunma ve yön bulma konusunda da avantaj sağlar.



Kuş Gözlemine Nasıl Başlayabilirsiniz?

Kuş gözlemciliği ve bazen de buna eşlik eden kuş fotoğrafçılığı son yıllarda giderek yaygınlaşan hobiler hâline geldi. İnsanlar bu ilgi çekici canlı grubuna duydukları merakın yanı sıra doğada daha fazla zaman geçirmenin ve doğayı daha iyi tanımanın bir yolu olarak da bu uğraşlara yönelebiliyor. Fotoğraflama kısmını bir kenara koyarsak aslında kuş gözlemciliği yaygın kanının aksine çok fazla ekipman gerektirmeden hatta çıplak gözle bile yapılabilecek bir etkinlik. Ancak kuşlar insanlardan korkup hızlıca kaçabilen canlılar olduğundan ve bu yüzden onlara yaklaşmak pek de kolay olmadığından kuş gözlemi için bir dürbün edinilmesi genellikle tavsiye edilir. Dürbün, kuşları daha uzun süre ayrıntılı olarak inceleme imkânı sağlar.

Kuş gözlemine başlarken karşılaşılabilecek en büyük zorluklardan biri kuşkusuz kuşlar hakkında çok sınırlı bilgilere sahip olmaktan dolayı nereden başlayacağını bilememek. Bu konuda da çeşitli rehber kitaplar, web sayfaları ya da mobil cihaz uygulamaları kuş meraklılarına yardımcı olabilir. Ayrıca gözleme başlarken bir not defteri edinilmesi ve gözlemler sırasında gözlem yeri, tarihi, görülen türler, tür ve birey sayıları, sesler ve davranışlar gibi bilgilerin not edilmesi tavsiye edilir. Bu tür düzenli kayıtlar hem kuşları tanıma konusunda yardımcı olur hem kişisel bir arşiv oluşmasını sağlar hem de doğa koruma çalışmalarına katkı sağlayabilir. Başarılı bir gözlem için farklı yaşam alanlarını ziyaret etmek, ışık yönüne dikkat etmek, hem gözlerimizi hem kulaklarımızı etkin kullanmak ve düzenli pratik yapmak büyük önem taşır. Gözlemciler kuş gözlemi becerilerini ilerlettiklerinde ise daha ayrıntılı gözlemler için gözlem teleskobu kullanmaya başlayabilir. Gözlem için açık havada uzun süre kalınacağı düşünülerek uygun kıyafet ve ayakkabı seçimi yapmak da faydalı olacaktır.

Kuş gözlemciliğinde etik davranış temel bir ilkedir. Kuşları strese sokmamak, yuvalama ve geceleme alanlarından uzak durmak ve sessiz olmak gerekir. Ayrıca bir gözlemci kuşları gözlemlemeye çalışırken doğadaki başka bitki ve hayvanlara zarar vermediğinden ya da onları rahatsız etmediğinden emin olmalıdır.

Manyas Kuş Cenneti Millî Parkı, Balıkesir

Çevresel Tehditler

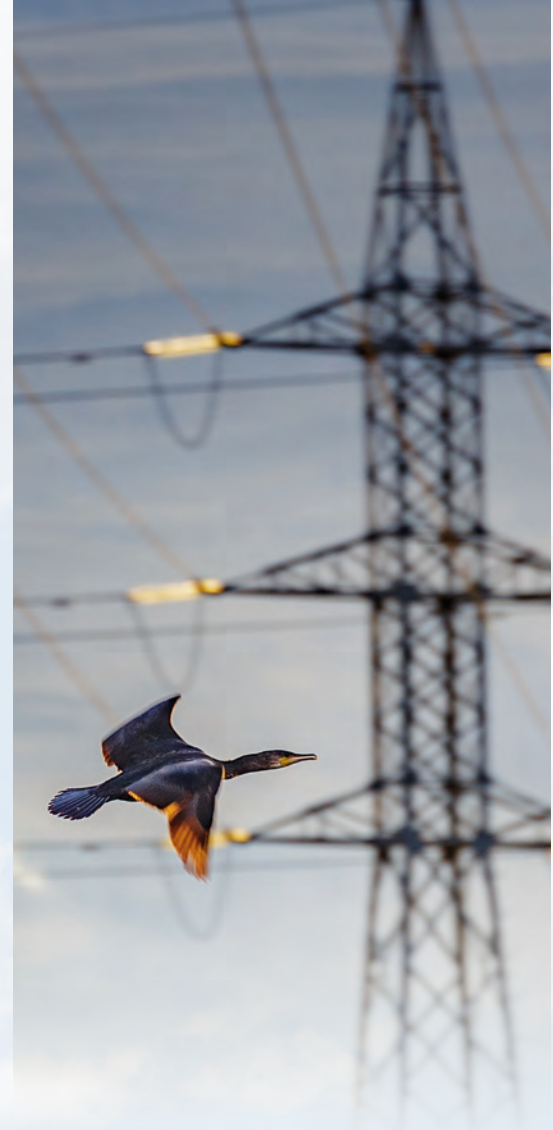
İnsan kaynaklı etmenler, diğer tüm canlı grupları gibi göçmen kuşlar üzerinde de ciddi tehditler oluşturuyor. En önemlilerinden biri habitat kaybı. Tarım alanlarının genişlemesi, kentleşme ve özellikle sulak alanların aşırı su tüketimi ve küresel ısınma sonucunda kuruması ya da arazi ihtiyacı nedeniyle kasıtlı olarak kurutulması, kuşların beslenme

ve dinlenme alanlarını giderek daraltıyor. Oysa bu alanlar hem göç yolu buralardan geçen kuşların enerji depolayabilmesi için mola yerleri olduğu hem de buralarda kışlayan ya da üreyen kuşlar için habitat sağladığı için hayati öneme sahip. İklim değişimi de kuşların göç zamanları ile besin kaynaklarının alansal dağılımını ve zamansal değişimlerini etkileyerek göçmen kuşların gerekli kaynaklara ulaşmasını güçleştirebilir. Ayrıca bazı bölgelerde yasa dışı avcılık kuş popülasyonlarını olumsuz etkiliyor.

Elektrik hatları ve rüzgâr türbinleri gibi enerji altyapıları da göçmen kuşlar için risk teşkil ediyor. Dolayısıyla göç yolları üzerindeki habitatların korunması, kuş popülasyonlarının sürdürülebilmesi açısından büyük önem taşıyor.



Kentleşme, sanayileşme ve yeni tarım alanı ihtiyacına bağlı olarak sulak alanlar gibi doğal habitatların kaybedilmesi göçmen kuşların karşı karşıya olduğu en önemli tehditlerden biri.



Kanatlı Gezginlerin Geleceği

Doğal yaşamın en gizemli ve şaşırtıcı olgularından biri kabul edilen kuş göçleri, bilim insanları için önemli ve aktif bir araştırma alanı. Yoğun araştırmalara rağmen kuş göçlerinin pek çok yönü hâlâ tam olarak aydınlatılabilmiş değil. Göçmen kuşlar yalnızca hayranlık uyandıran yolculuklarıyla değil, ekosistemlerin işleyişindeki vazgeçilmez rolleriyle de büyük önem taşıyor. Ancak insanlar açısından önemleri bununla sınırlı değil. Mevsimlerin değişimini haber veren bu gezginler, pek çok kültürde merak ve hayranlık uyandıran gizemli birer doğa simgesi hâline gelmiş; edebiyata, müziğe, dansa, mitolojiye ve hatta takvimlere ilham kaynağı olmuş. Ne var ki günümüzde göçmen kuşlar yaşam alanlarının kaybı, iklim değişikliği, ışık kirliliği ve yasa dışı avcılık gibi ciddi baskılarla karşı karşıya. Bu nedenle göçmen kuşların korunması, göç yollarını paylaşan ülkelerin ortak çabasını gerektiren uluslararası bir sorumluluk

Wikimedia



Kayseri yakınlarında bulunan ve Hürmetçi Sazlığı olarak bilinen sulak alandaki bir flamingo sürüsü. Sulak alanlar kuşlar için en önemli habitatlardan biridir. Bu alanlardaki göller, deltalar, bataklıklar ve lagünler çok sayıda canlıya ev sahipliği yaptığından kuşlar açısından zengin bir besin kaynağı oluşturur. Aynı zamanda birçok tür için üreme, barınma ve güvenli dinlenme alanı sağlar. Göçmen kuşlar uzun yolculukları sırasında bu alanlarda konaklayarak enerji depolar. Dolayısıyla sulak alanların kaybı veya tahribatı, göç yollarındaki kuş popülasyonlarını ciddi biçimde etkileyebilir. Nitekim sulak alanların korunması uluslararası düzeyde önem taşıyan öncelikli bir konudur. 1971’de kabul edilen Ramsar Sözleşmesi, sulak alanların korunmasını amaçlayan küresel bir anlaşmadır. Ayrıca kuşların korunması açısından kritik habitatlar “Önemli Kuş Alanı” olarak tanımlanır ve bu alanların korunma durumu küresel ölçekte izlenir.

hâline geliyor. Neyse ki uydu vericilerinden konum belirleyici cihazlara, büyük veri analizinden gelişmiş izleme sistemlerine kadar uzanan yeni teknolojiler sayesinde göçmen kuşların olağanüstü yolculuklarına dair çok daha kısa sürede çok daha ayrıntılı bilgiler edinebiliyoruz. Bu bilgiler göçmen

kuşların korunmasına yönelik daha doğru ve etkili önlemler geliştirme konusunda önemli fırsatlar sunuyor. Umuyoruz ki insanlık olarak mavi gezegenin bu harikulade gezginlerinin diyardan diyara mekik dokumaya devam edeceği bir geleceği birlikte inşa edebiliriz. ■

Kaynaklar

<https://dogadernegi.org/gocyllari>
<https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/landmark-un-report-worlds-migratory-species-animals-are-decline-and>
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.08.013>
<https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
<https://datazone.birdlife.org/about-our-science>
<https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1051>
<https://doi.org/10.1038/35098000>
<https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/e-arsiv/sayi-645/kuantum-mekanigi-ve-beyin/>

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [bteknik@tubitak.gov.tr

BRAHE ile KEPLER

2. Bölüm



TYCHO BRAHE İSE KEPLER'İN AKSİNE VARLIKLI BİR AİLEDEN GELİYORDU. İMPARATOR, GÖZLEMİNİ KURMASI İÇİN ONA BİR YER VE MADDİ DESTEK SAĞLADI.



DAHA ÖNCE KİMSENİN YAPMADIĞI BİR TİTİZLİKLE GÖKYÜZÜNÜ İNCELEDİM VE ŞUNU FARK ETTİM: MARS YAKLAŞIK 600 GÜN BOYUNCA GÖKYÜZÜNDE BATIDAN DOĞUYA DOĞRU HAREKET EDİYOR. ARDINDAN GİDEREK YAVAŞLİYOR VE DÜRİYOR. YAKLAŞIK 70 GÜN BOYUNCA TERS YÖNDE İLERLEDİKTEN SONRA HAREKETİ NORMALE DÖNÜYOR.



O DÖNEMLERDE GÜNEŞ VE DİĞER GEZEGENLERİN DÜNYA'NIN ETRAFINDA DÖNDÜĞÜ DÜŞÜNÜLÜYORDU. ANCAK BU SİSTEMDE MARS'IN HAREKETİ AÇIKLANAMIYORDU.

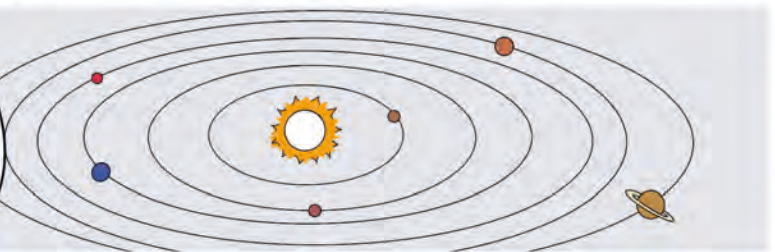




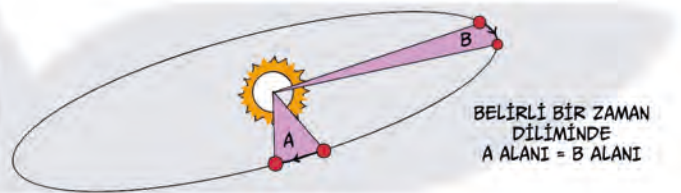
ÖNÜMDE İKİ SEÇENEK VAR: YA PTOLEMAİOS'TAN BERİ YÜZYILLARDIR KABUL EDİLEN BU GÖRÜŞ YANLIŞ. YANI DÜNYA GÜNEŞ'İN ETRAFINDA DOLANIYOR VE YÖRÜNGELER DAİRESEL DEĞİL ELİPS ŞEKLİNDE.



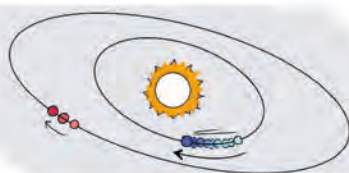
YÖRÜNGELER MÜKEMMEL DAİRELER ŞEKLİNDE DEĞİL. DAİRESEL YÖRÜNGELER, GEZEGENLERİN HAREKETLERİNİ AÇIKLAYAMIYOR. YÖRÜNGELER, ELİPS ŞEKLİNDE.



GÜNEŞ İLE GEZEGENİ BİRLEŞTİREN HAYALİ ÇİZGİ EŞİT ZAMAN ARALIKLARINDA EŞİT ALANLAR TARAR.



GEZEGENLERİN YÖRÜNGE HIZI, GÜNEŞ'E OLAN UZAKLIĞA GÖRE DEĞİŞİYOR. GEZEGENLER GÜNEŞ'E YAKLAŞTIKÇA DAHA HIZLI, UZAKLAŞTIKÇA DAHA YAVAŞ HAREKET EDİYOR.



JOHANNES KEPLER (1571-1630), BU DEVRİMSSEL KEŞİFLERİNİ KİTAPLAŞTIRDI.
TYCHO BRAHE'NİN (1546-1601) TELESKOPSUZ YAPTIĞI EŞSİZ GÖZLEMLER, KEPLER'İN MATEMATİK DEHASIYLA BİRLEŞİNCE GÜNEŞ SİSTEMİNİN SİRRI ÇÖZÜLMÜŞ OLDU.
ANCAK İNSANLAR BU YENİ TEORİYİ HEMEN KABULLENMEDİ... TA Kİ GALİLEO GALİLEİ (1564-1642), TELESKOPUYLA GÖKYÜZÜNE BAKIP KEPLER'İN HAKLI OLDUĞUNU GÖZLERLE GÖRÜLÜR KILANA KADAR.



SON.

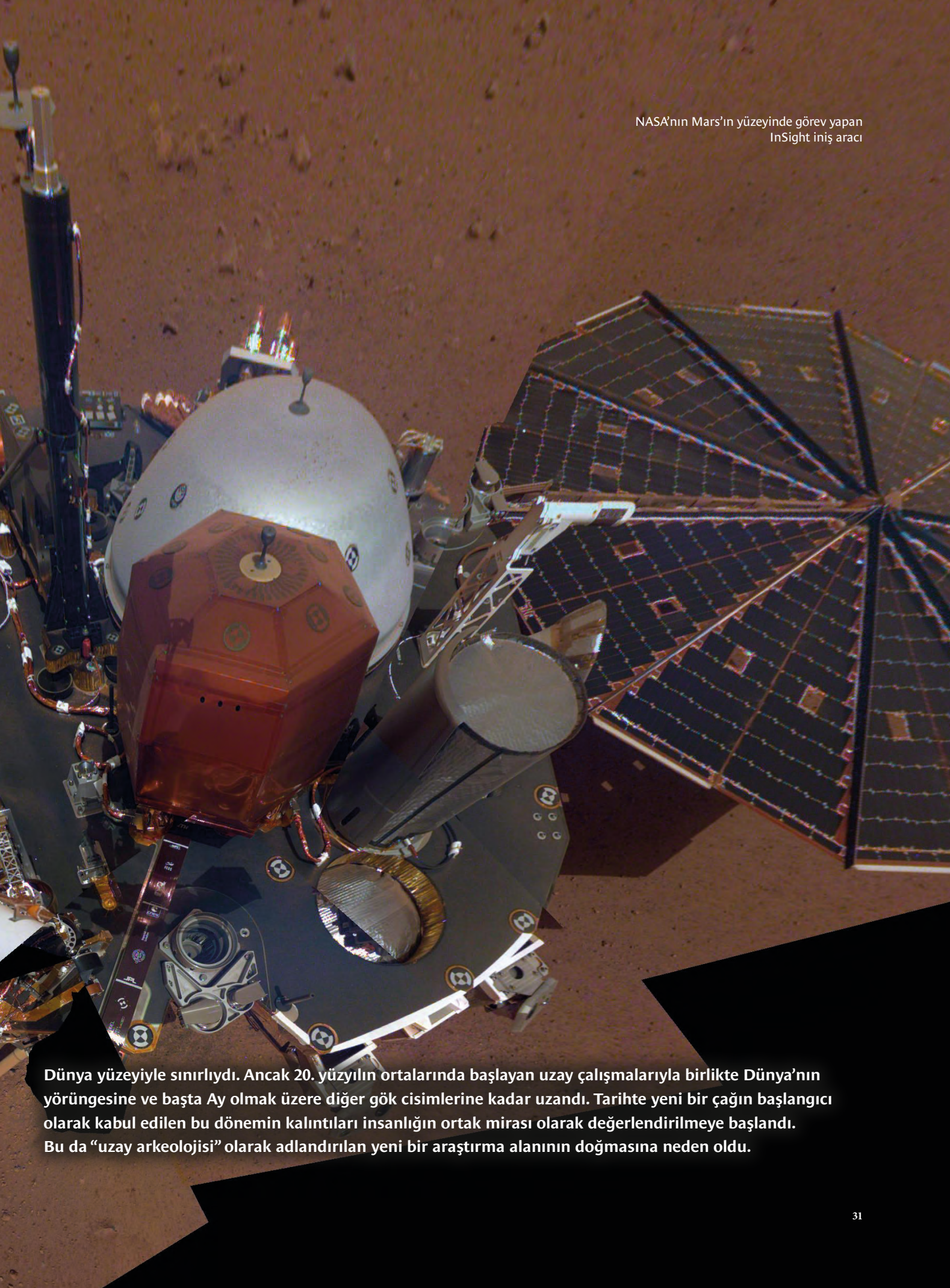
Uzay Arkeolojisi

Uzay Çağının Kalıntıları

Alp Akoğlu [Fizikçi, Amatör Gök Bilimci

Arkeoloji, geçmişte yaşamış insan topluluklarını; yerleşimler, yapılar, aletler, sanat eserleri ve insan eliyle üretilmiş başka her türlü kalıntı üzerinden inceleyen bir bilim dalı. Arkeolojinin klasik arkeoloji, Mısır arkeolojisi, arkeoastronomi ve su altı arkeolojisi gibi farklı coğrafyaları ve dönemleri inceleyen ya da farklı araştırma yöntemlerini kullanan alt dalları var. İnsanların etkinlik alanı geçmişte

NASA'nın Mars'ın yüzeyinde görev yapan
InSight iniş aracı



Dünya yüzeyiyle sınırlıydı. Ancak 20. yüzyılın ortalarında başlayan uzay çalışmalarıyla birlikte Dünya'nın yörüngesine ve başta Ay olmak üzere diğer gök cisimlerine kadar uzandı. Tarihte yeni bir çağın başlangıcı olarak kabul edilen bu dönemin kalıntıları insanlığın ortak mirası olarak değerlendirilmeye başlandı. Bu da "uzay arkeolojisi" olarak adlandırılan yeni bir araştırma alanının doğmasına neden oldu.



mikiel / iStock

Uzay arkeolojisi, uzay çalışmaları sırasında geride bırakılan nesneleri, bunların izlerini ve bu izlerin bulunduğu ortamları inceleyen bir araştırma alanı. Bu alanın ilk tohumları Ay'daki Apollo iniş alanlarının insanlığın ortak mirası sayılması gerektiğine dikkat çeken araştırmacılar sayesinde atıldı. Sonrasında gezegenlere gönderilen uzay araçları, uydular hatta yeryüzündeki fırlatma rampaları da birer teknolojik kalıntı olmaktan ziyade korunması gereken kültürel miras olarak görülmeye başlandı. Uzay çalışmalarının ürünü olan yapılar ve nesneler belirli bir dönemin teknolojik gelişmişlik düzeyini, bilimsel anlayışını ve önceliklerini yansıtan tarihsel değerler olarak öne çıkmaya başladı.

Uzay arkeolojisinin yöntemleri klasik arkeolojiden büyük ölçüde farklı. Dünya'daki arkeolojik

çalışmalarda kazı, yüzey araştırması ve fiziksel örnek toplama gibi yöntemler kullanılsa da uzayda fiziksel müdahale çoğu zaman mümkün değil. En azından şimdilik. İki alanın ortak kullandığı yönteminse uzaktan algılama olduğu söylenebilir.

Uzay arkeolojisi alanının sınırları kesin biçimde çizilmiş değil. Ancak uzay çalışmalarının büyük bir hız kazanması, bu alanı giderek daha önemli hâle getiriyor. Bugün gönderilen her uzay aracı, gelecekte insanlığın uzay faaliyetlerini ve hedeflerini anlamak isteyen araştırmacılar için en önemli veri kaynağı olacak. Bu nedenle uzay arkeolojisi yalnızca geçmişe dönük bir ilgi alanı değil aynı zamanda bugünkü uzay çalışmalarını da farklı bir bakış açısıyla değerlendirmeyi sağlayan bir disiplin olarak kabul ediliyor.

Arkeoastronomi ve Uzay Arkeolojisi

Arkeoastronomi, geçmişte özellikle de antik çağlarda gökyüzünün insanların yaşamını nasıl etkilendiğini, insanların gökyüzünde gözlemledikleri olayları anlamlandırarak günlük yaşamlarında nasıl kullandıklarını, kültürlerine nasıl yansıttıklarını inceleyen çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Uzay arkeolojisi çalışma alanı ise uzay çalışmaları kapsamında üretilen fırlatma rampalarının, uzay araçlarının, uzay istasyonlarının ya da üslerin birer kültür mirası olarak görülmesi ve bunların korunması üzerinedir. Bu mirasın bir kısmı yeryüzünde, bir kısmı da Ay ve diğer gök cisimlerinde bulunur.

İlk Çalışma Alanı: Ay

Uzay arkeolojisinin bugüne kadarki en iyi korunmuş potansiyel çalışma alanı Ay'dır. Bunun temel nedeni, Ay'ın bir atmosferinin bulunmayışı dolayısıyla rüzgâr, yağmur ve akarsular gibi Dünya'daki aşındırıcı süreçlerin Ay'da var olmamasıdır. Ay, jeolojik olarak aktif bir gök cismi değildir. Bu koşullar, insan yapımı nesnelerin ve yüzeydeki izlerinin uzun süre korunmasına olanak tanır. Elbette herhangi bir müdahale olmadığı sürece.

Apollo görevleri sırasında Ay yüzeyinde bırakılan iniş modülleri, bilimsel deney düzenekleri, araç izleri ve astronot ayak izleri insanların bir başka gök cisminin yüzeyinde doğrudan bıraktığı ilk kalıcı izleridir. Bu izler simgesel önem taşır ama aynı zamanda dönemin mühendislik kapasitesini, görev planlama anlayışını, risk algısını ve bilimsel önceliklerini de yansıtır. Ay yüzeyinde bırakılan her nesne, hangi teknolojilerin kullanıldığını ve hangi çözümlerin tercih edildiğini gösteren birer belge niteliğindedir.

Ay görevleri özellikle 1959-1976 aralığında yoğunlaşmıştı.

Bu dönemde hem ABD hem de Sovyetler Birliği çok sayıda insansız ve insanlı aracı Ay'a gönderdi. Bunların bazıı yörüngede kaldı, bazıı yüzeye indi, bazıı ise kasıtlı olarak yüzeye çarptırıldı. Bu süreç, Ay üzerinde insan etkinliğinin izlerini taşıyan çok sayıda alanın oluşmasına yol açtı.

Sovyetler Birliği'nin Luna programı kapsamında gönderilen araçlar 14 farklı bölgede bulunuyor. ABD'nin Ranger, Surveyor ve Lunar Prospector gibi görevlerinin yanı sıra Apollo programı sırasında bırakılan kalıntılar çok daha fazla sayıda bölgeye yayılmış durumda.

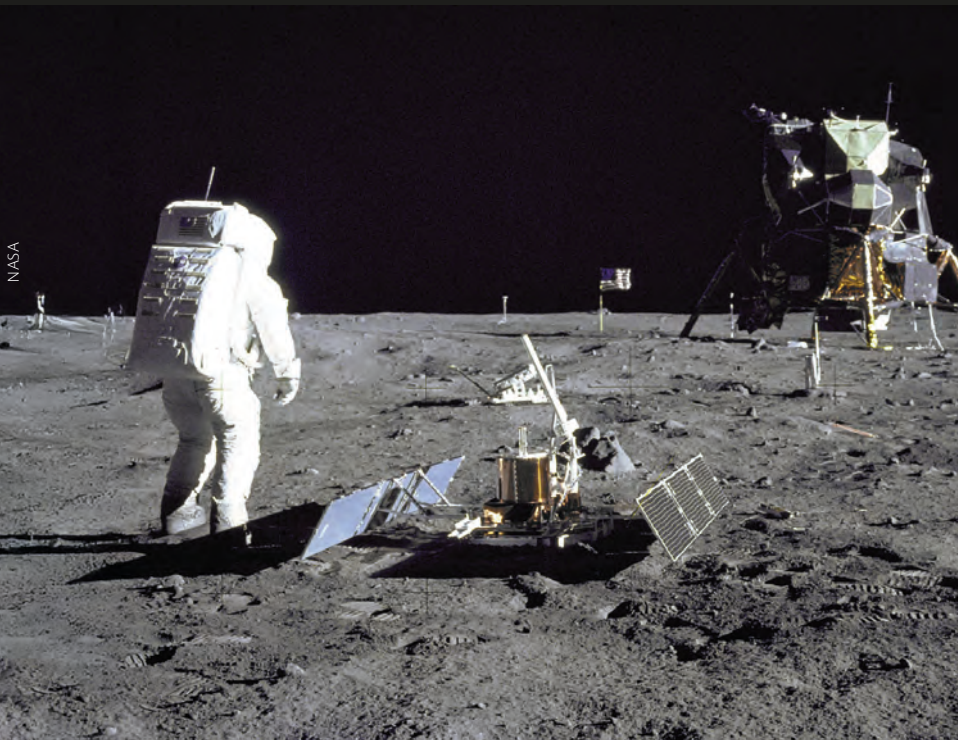
Son yıllarda Ay yeniden gündemde. Bu kez Soğuk Savaş

dönemindeki ABD-Sovyetler Birliği rekabeti yok ancak günümüzde Çin, Hindistan ve Japonya gibi ülkeler Ay yüzeyine iniş araçları ve keşif robotları gönderiyor. NASA'nın bilimsel yükleri ticari şirketler aracılığıyla Ay'a ulaştırmayı hedefleyen CLPS programı kapsamında da bugüne kadar üç iniş gerçekleştirildi.

Sükûnet Üssü

Apollo 11'in iniş yaptığı Sükûnet Denizi'ndeki Sükûnet Üssü olarak adlandırılan iniş bölgesindeki kalıntıların NASA'da tam bir listesi bulunmuyor. ABD'deki Smithsonian Ulusal Havacılık ve Uzay Müzesi, Johnson Uzay Merkezi, Ay ve Gezegen Enstitüsü ile NASA arşivlerinde yapılan incelemeler sonucunda bu bölgede 100'den fazla kalıntı olması gerektiği anlaşıldı. Ancak bu uzaktan yapılan araştırma, eksiksiz bir envanter ortaya koymuyor.

Araştırmacılar, alanın arkeolojik durumunu doğru biçimde değerlendirebilmek için iniş bölgesinde doğrudan ayrıntılı ölçüm ve haritalama yapılması gerektiğini belirtiyor. Ancak en başta bu tür bir çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli finansmanı sağlamak çok zor. Bu nedenle Sükûnet Üssü'nün arkeolojik incelemesi büyük ölçüde arşiv belgeleri, fotoğraflar,



Apollo 11 görevi sırasında çekilen bu fotoğrafta astronot Buzz Aldrin, Ay yüzeyinde sismik deney düzeneğinin yanında duruyor. Bu fotoğraf, insanlığın Ay'a ilk inişi sırasında yüzeyde gerçekleştirilen çalışmalarını belgeleyen karelerden biridir.

ses kayıtları, video görüntüleri, mühendislik çizimleri ve görev sonrası hazırlanan raporlar üzerinden yürütülüyor.

Sükûnet Üssü'nde bulunan nesnelerin önemli bir bölümü, o dönemin ileri teknoloji örnekleri. Ay yüzeyinden kaya ve toprak örnekleri toplanmasını sağlayan aletler, ilk kez incelenen 3,7 milyar yıllık Ay toprağının Dünya'ya getirilmesine olanak tanıdı. Ayrıca astronotlar tarafından yerleştirilen lazer yansıtıcı düzenekler, Dünya ile Ay arasındaki uzaklığın santimetre hassasiyetinde ölçülmesini sağladı.



NASA

Apollo 11 görevi sırasında Buzz Aldrin tarafından Ay yüzeyine bırakılan bu iz, bir insanın başka bir gök cisminde attığı ilk adımlardan biri olarak tarihe geçti ve tüm insanlığın ortak mirası oldu. Atmosfer olmadığı için Ay toprağındaki bu ayak izi neredeyse değişmeden günümüze kadar ulaşmıştır.



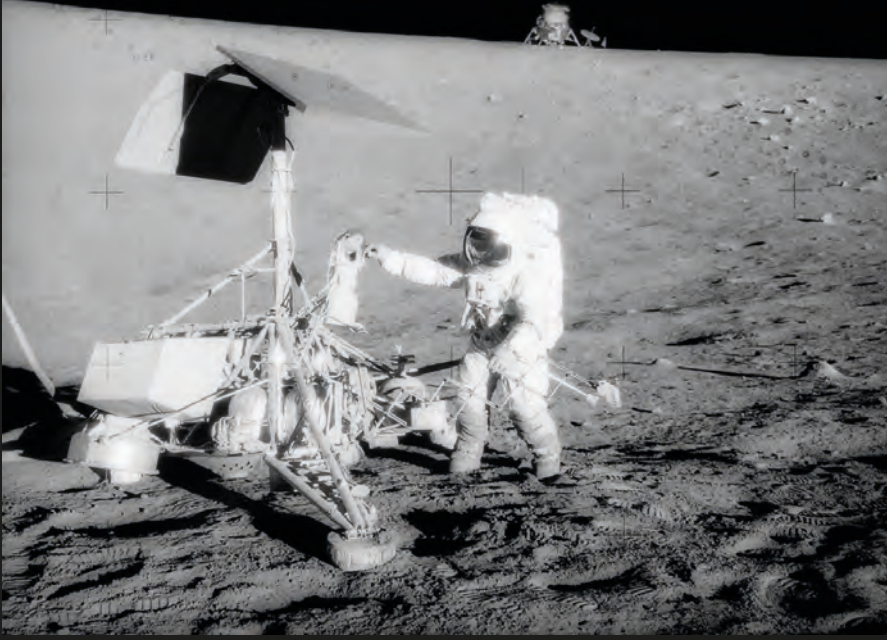
Apollo 11'in Ay'daki iniş alanı, Hindistan'ın Chandrayaan-2 yörünge aracı tarafından Ay yörüngesinden görüntülendi. Fotoğrafta Ay'a ilk inişten kalan bazı izler ayırt edilebiliyor.

ISRO

Bu düzenekler, onlarca yıl boyunca veri üretmeye devam etti ve günümüzde hâlâ bilimsel açıdan değer taşıyor. Apollo görevleri ABD'nin bir başarısı olarak görülse de inişlerin yapıldığı alanlar insanlığın ortak mirası olarak kabul görüyor. İnsanlığın başka bir gök cismine ilk adım attığı yer olması, bu alanı evrensel bir kültürel miras unsuru hâline getiriyor. Nitekim Apollo 11 görevi, tarihsel olarak birçok ülkeden bilim insanlarının katkıda bulunduğu geniş bir bilimsel birikiminin ürünüydü. Bunun yanı sıra Dünya'nın farklı noktalarındaki yer istasyonları, izleme ağları ve bilimsel altyapılar da kullanıldı.

Surveyor 3: İlk ve Tek Yerinde İnceleme Deneyimi

Uzay'da yapılan ilk ve tek arkeolojik örnek toplama çalışması 1969'da, Ay'a ilk insanın inişinden yalnızca birkaç ay sonra gerçekleştirildi. Apollo 12 görevinde iniş aracı, 1967'de Ay'a inen ABD yapımı Surveyor 3 uzay aracının yalnızca birkaç yüz metre yakınına iniş yaptı. Astronot Alan Bean, Surveyor 3'ün iniş sırasında yüzeyde bıraktığı izlerden aracın iniş sırasında zıpladığını anladı. Astronotlar bu izleri fotoğrafladı,



NASA

Apollo 12 görevi sırasında çekilen bu fotoğrafta Ay yüzeyine farklı zamanlarda gönderilen iki uzay aracı birlikte görünüyor. Arka plandaki araç Apollo 12 Ay Modülü, ön planda görünense insansız uzay aracı Surveyor 3.

aracın video kamera, örnekleme kolu ve bazı başka parçalarını söktü.

Surveyor 3'ten sökülen parçalar etiketlenip Dünya'ya getirildi. Bu parçaların Ay ortamında iki yıl boyunca maruz kaldığı etkiler incelendi. Elde edilen sonuçlar, uzay ortamının insan yapımı

nesneler üzerindeki etkilerine dair veriler sağladı. Veriler, Ay'daki aşındırıcı süreçlerin sınırlı olmasına karşın Ay'ın yüzeyindeki nesnelerin kozmik ışınım, mikrometeoritler ve sıcaklık döngüleri gibi etkenler tarafından zaman içinde az da olsa yıpranabileceğini gösterdi.



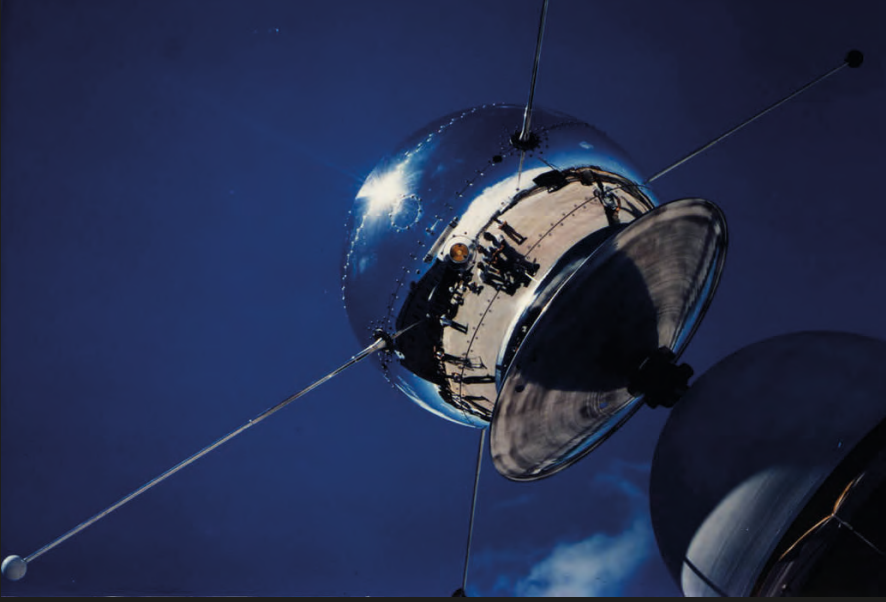
NASA

Astronotlar, iniş sırasında Surveyor 3'ün zıplayarak yer değiştirdiğini fark etti. Bu durumu, bıraktığı izleri fotoğraflayarak belgelediler.

Dünya Yörüngesindeki Tarih

Uzay arkeolojisi kavramı ilk olarak Ay'daki mirasın korunması düşüncesiyle ortaya atılmış olsa da insanın uzayda bıraktığı izlerin önemli bir bölümü Dünya yörüngesinde bulunur. Uzay istasyonları, uydular ve roket parçaları uzay çağıının farklı dönemlerini yansıtır.

Yörüngedeki nesnelerin çoğu artık işlevlerini yerine getirmedikleri için birer enkaz olarak değerlendirilebilir. Erken dönemde teknolojik olanaklar nedeniyle yörüngeye yerleştirilen uyduların görev süreleri kısa, işlevleri sınırlıydı. Örneğin ilk haberleşme uyduları günümüz standartlarına göre basit görünebilir ancak küresel iletişimin temellerini atan ilk somut adımları temsil ederler. Benzer şekilde erken dönem gözlem uyduları, Dünya'nın uzaydan sistematik biçimde izlenmesinin başlangıcını simgeler. Yörüngedeki insan yapımı kalıntıların incelenmesi Ay yüzeyindeki çalışmalardan farklı yöntemler gerektirir. Bu nesnelere doğrudan ulaşmak çok zor ve maliyetlidir. İnceleme ancak radar verileri, yörünge parametreleri ve görev kayıtları üzerinden uzaktan yapılabilir.



Dünyanın güneş enerjisiyle çalışan ilk yapay uydusu olan Vanguard 1, 1958 yılında ABD'deki Cape Canaveral'da fırlatma öncesi kontroller sırasında. Vanguard 1, bugün hâlâ Dünya yörüngesinde dolanan en eski insan yapımı nesnedir.

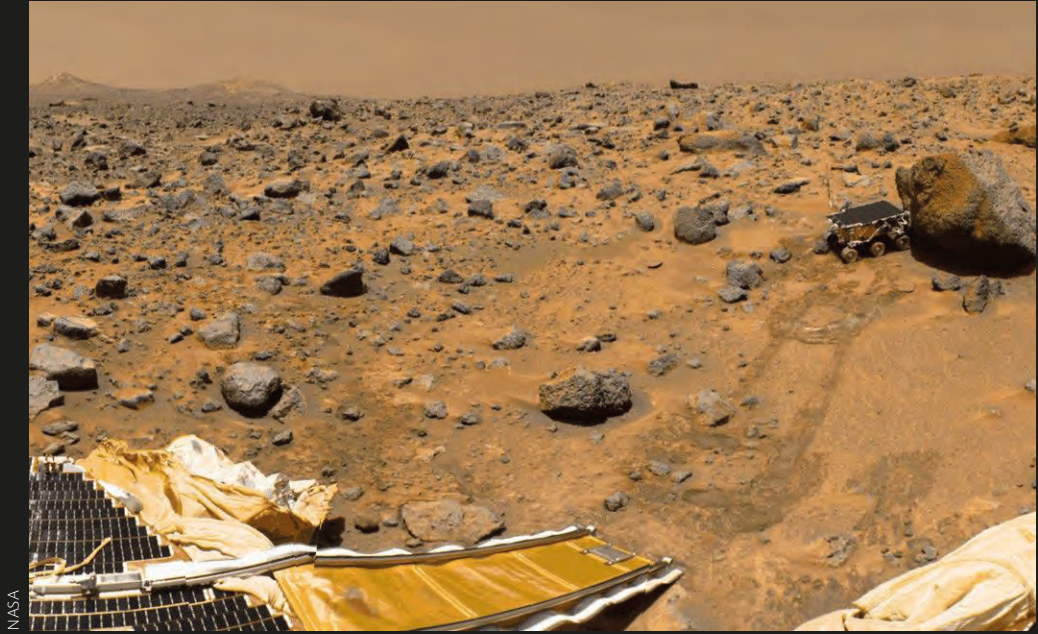
Mars ve Ötesi

Ay'dan sonra en fazla insan yapımı nesnenin bulunduğu gök cismi Mars'tır. Farklı ülkeler tarafından gönderilen iniş araçları, keşif robotları ve yörünge araçları gezegen yüzeyinde ve çevresinde onlarca yıllık bir insan etkinliği geçmişi oluşturdu. Bu araçların bir bölümü hâlâ aktif durumdayken önemli bir bölümü görevini tamamlamış ya da teknik nedenlerle devre dışı kalmıştır.

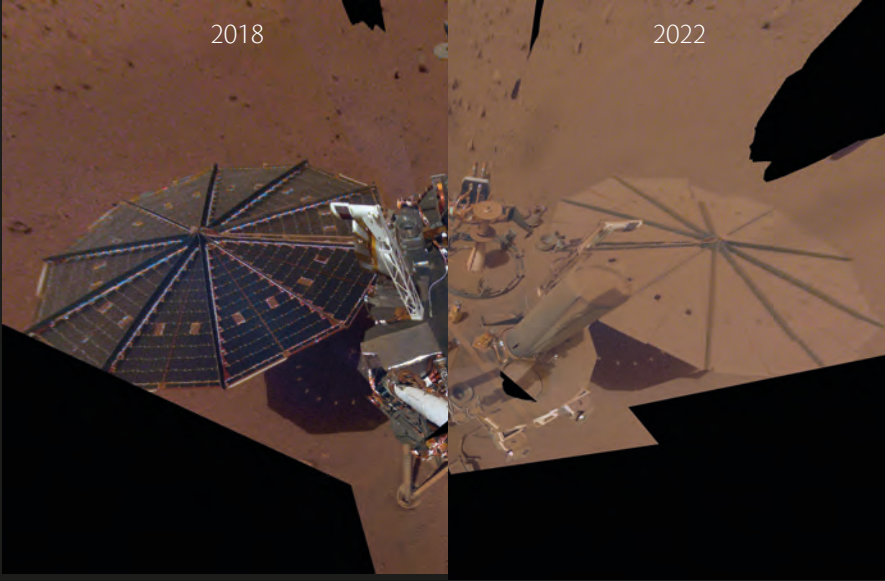
Mars'ta ince bir atmosfer bulunur. Bu nedenle Mars, yüzeyindeki nesnelere Ay'daki gibi neredeyse tam bir koruma sağlamaz. Ancak Mars'taki atmosfer koşulları Dünya'daki kadar aşındırıcı da değildir.

Toz fırtınaları, sıcaklık farkları ve kozmik radyasyon ise insan yapımı nesnelerin aşınmasına neden olarak zaman içinde geçirdikleri değişimleri izlemek için uygun koşullar sunar.

Mars'ta görev yapan keşif araçları uzay arkeolojisi açısından özellikle dikkat çekicidir çünkü yalnızca bulundukları noktalarla değil, izledikleri rotalarla da arkeolojik veriler üretir. Tekerlek izleri, duraklama yerleri ve örnek toplama alanları görev planlamasının nasıl yapıldığının yüzeydeki somut karşılıklarıdır. Nerede durulduğu, hangi yönlere ilerlenip hangi bölgelerden kaçınıldığı dönemin bilimsel öncelikleri hakkında dolaylı ipuçları verebilir. İniş araçlarında ise iniş sırasında oluşan izler iniş tekniği, motor gücü ve aracın yüzeyle etkileşimi hakkında bilgi sağlar. Araçların üzerinde zaman içinde biriken tozlar ve ortaya çıkan değişimler, çevresel süreçlerin etkilerini görünür kılar.



Mars Pathfinder görevi sırasında iniş aracının önünde görülen Sojourner keşif aracı, Mars yüzeyinde ilerlerken. 1997'de çekilen bu fotoğraf, Mars'taki ilk yüzey araçlarının izlerini gösteriyor.



NASA'nın Mars'ın yüzeyinde görev yapan iniş aracı InSight, 2018'deki ilk özçekiminde temiz görünüyordu. 2022'de çekilen son görüntüsünde aracın yoğun bir toz katmanıyla kaplandığı açıkça fark ediliyor.

Mars dışındaki gök cisimleri insanların uzun süre boyunca gidemeyeceği ya da ulaşmanın teknik olarak çok zor olduğu yerler. Bu gezegenlere ve uydularına gönderilen insansız çok sayıda uzay aracı olsa da insanlar birçoğuna büyük olasılıkla hiçbir zaman ulaşamayacak. Örneğin Venüs yüzeyine ulaşmayı başaran iniş araçları, aşırı yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle kısa süre çalışabilmiş ve daha sonra işlevsiz hâle gelmiştir. Bu araçlar, insanlığın hangi sınırları zorladığını gösteren kayıtlardır. Ne var ki Venüs yüzeyindeki yüksek sıcaklık ve asit yağmurları nedeniyle bu araçlardan geriye bir şey kalmamış olabilir. Olası kalıntılara erişmenin de olanaksız olduğu söylenebilir.

Yeryüzündeki Uzay Mirası

Uzay çağıının mirası yalnızca yörüngede dolaşan uydularla ya da Ay yüzeyindeki iniş alanlarıyla sınırlı değildir. Kazakistan'daki Baykonur Uzay Üssü, 1957'de Sputnik 1'in fırlatıldığı yer olarak uzay çağıının fiilen başladığı nokta kabul edilir. Bugün hâlâ aktif olan bu tesis aynı zamanda onlarca başarılı ve başarısız uzay görevi denemesine ev sahipliği yapmış, yaşayan bir açık hava müzesidir.

Benzer şekilde ABD'deki Cape Canaveral ve Kennedy uzay merkezleri yalnızca Apollo görevlerinin değil



Vyacheslav Oseledko / Contributor / Gettyimages

Soyuz MS-09, Baykonur Uzay Üssünden 2018 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'na fırlatılırken. Onlarca yıldır görevde olan Soyuz roketleri ve Baykonur rampaları günümüzde aktif olarak kullanılsa da uzay çağıının yaşayan mirası sayılan yapılar arasında yer alıyor.



NASA'nın Kennedy Uzay Merkezindeki 39A fırlatma rampası Apollo 11 dâhil birçok Apollo görevinin fırlatıldığı rampadır. Burası günümüzde SpaceX tarafından Falcon 9 roketlerini fırlatmak amacıyla kullanılıyor.

Charles Boyer / Alamy

aynı zamanda erken dönem roket teknolojilerinin izlerini barındırır. Kullanım dışı kalmış rampalar, eski kontrol binaları ve analog ölçüm sistemleri, uzay yarışının mühendislik mantığını ve dönemin teknolojik sınırlarını gözler önüne serer. Bu alanların bir bölümü müze statüsüne kavuşmuş olsa da tüm yapılar bir “uzay mirası” anlayışıyla korunmuş değildir.

Uzay mirasının daha az bilinen ama arkeolojik açıdan son derece önemli örneklerinden biri, New Mexico'daki White Sands Missile Range'dir. Uzay roketlerinin ve uzun menzilli füzelerin öncüsü olan V-2 roketlerinin II. Dünya Savaşı sonrası test edildiği bu alan, modern uzay programlarının askerî kökenlerini açıkça ortaya koyar.

Uzay çağının izleri yalnızca ABD ve eski Sovyet coğrafyasıyla sınırlı değildir. Avustralya'daki Woomera Test Alanı, Avrupa'nın erken dönem roket denemelerine ev sahipliği yapmıştır. Fransız Guyanası'ndaki Kourou Uzay Merkezi ise Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) günümüzdeki ana fırlatma noktasıdır. Bu tesisler jeopolitik strateji ve bilimsel ilerlemenin uzay çalışmalarıyla nasıl iç içe geçtiğini gösteren nadir örneklerdir.

Hukuk ve Etik

Uzay arkeolojisinin en tartışmalı başlıklarından biri, insan yapımı uzay kalıntılarının kültürel miras olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğidir. Dünya'daki arkeolojik alanlar ulusal ve uluslararası hukuk çerçevesinde koruma altına alınabilir. Uzay içinse benzer bir sistem henüz net biçimde tanımlanmış değil. Bunun temel nedeni uzayın hukuki statüsüdür. Uluslararası uzay hukukunun temel ilkeleri, Ay ve diğer gök cisimlerinin hiçbir ülkenin egemenliğinde olmadığını söyler. Uzay tüm insanlığın ortak alanı kabul edilir. Bu çerçevede, uzayın barışçıl kullanımını hedefler ancak kültürel ve tarihi mirasın korunmasına ilişkin ayrıntılı hükümler içermez. Bu antlaşmalar hazırlanırken uzayda korunması gereken alanlar fikri gündemde değildi. Bugün ise uzay faaliyetlerinin çeşitliliği ve bu alanda çalışan ülkelerin sayısı arttıkça bu boşluk daha görünür hâle geliyor.

Üzerine en çok tartışılan Apollo iniş alanlarının da hukuki açıdan özel bir statüsü bulunmuyor. İsteyen herkes mevcut anlaşmaları ihlal etmeden bu bölgelere yaklaşabilir. Önlem alınmazsa korunması gereken bu tür alanların gelecekte

zarar görme riski bulunuyor. Bu nedenle çeşitli çevreler, mülkiyet iddiası oluşturmada belirli iniş alanları için “koruma bölgeleri” tanımlanmasını, belirli bir güvenli mesafenin belirlenmesini ve fiziksel müdahalenin sınırlandırılmasını öneriyor. Buradaki amaç, uzay faaliyetlerini engellemek değil yeni görevleri geçmişin izleri yok etmeden planlayabilmek.

Uzay çalışmaları, yeni gelişen uzay arkeolojisi alanının bakış açısıyla değerlendirildiğinde

uzay tarihini yalnızca “ilkler” ve “başarılar” üzerinden anlatmanın eksik kalabileceği anlaşıyor. İlk uydu, ilk insanlı uçuş, Ay’a ilk iniş gibi kilometre taşlarının arkasında başarısız denemeler, terk edilen teknolojiler, değişen hedefler ve beklenmedik sonuçlar vardır. Uzay arkeolojisi sayesinde bu süreçler, uzayın farklı bölgelerine dağılmış kalıntılar ve somut izler üzerinden de ele alınabilir.

Uzay araştırmalarının ayırt edici yönlerinden biri de kalıcılıktır. Birçok bilimsel

etkinlik tamamlandığında geride fiziksel iz bırakmaz. Oysa uzayda araçlar, deney düzenekleri ve yüzey izleri çoğu zaman kalıcıdır. Bu durum, uzay çağıının kalıntıları ve somut izler üzerinden değerlendirilmesini mümkün kılar. Yapılması gerekense uzay çalışmaları yürütülürken bu çalışmaların korunması ve belgelenmesi gereken bir tarih oluşturduğunu hesaba katmak. ■

Kaynaklar

Gorman, A., “Historic preservation at the edge: Archaeology on the Moon, in space and on other celestial bodies”, *Space Policy*, Cilt 64, Makale no: 101544, 2023.
O’Leary, B., “The heritage of the Apollo program.”, *Space Policy*, Cilt 9, Sayı 2, s. 101–106, 1993
<https://www.bbc.com/future/article/20250515-the-space-archaeologists-hoping-to-save-our-cosmic-history>
https://www.nasa.gov/commercial-lunar-payload-services/nasa-enlists-commercial-partners-to-fly-payloads-to-moon/?utm_source=chatgpt.com
<https://science.nasa.gov/mission/surveyor-3/>
<https://www.nasa.gov/mission/apollo-11/>



Ağaçtan Güneş Kremi

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Güneş kremleri cilt kanserine karşı önemli bir savunma aracı olsa da son yıllarda güvenilirlikleri konusunda artan endişe ve kafa karışıklığı söz konusu. ABD’de yakın zamanda yapılan bir anket, genç yetişkinlerin %14’ünün her gün güneş kremi kullanmanın, doğrudan güneş ışınlarına maruz kalmaktan daha zararlı olduğunu düşündüğünü ortaya koydu.

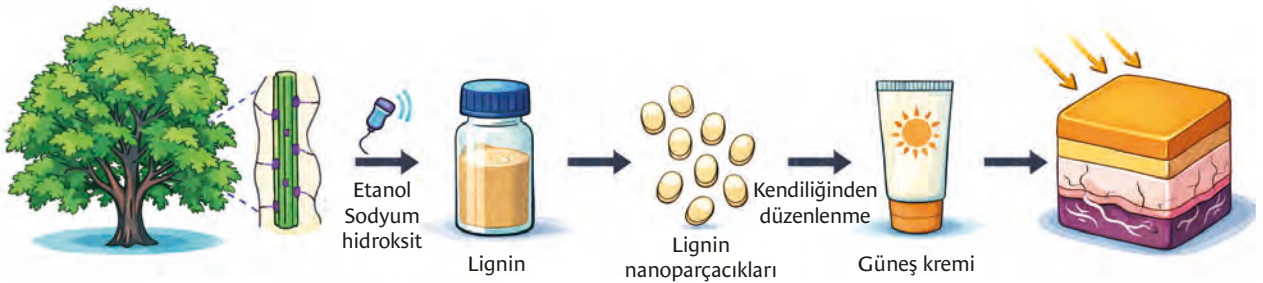
Bu endişelerin kaynağı, ABD Gıda ve İlaç Dairesinin (FDA) güneş kremlerinde yaygın olarak kullanılan bazı bileşenlerin ciltten geçerek kan dolaşımına karışabildiğini gösteren araştırmalar yayımlaması oldu. Bunun, güneş kremlerinde bulunan maddelerin mutlaka zararlı olduğu anlamına gelmediği

ve uzun vadeli çalışmalarda günlük güneş kremi kullanımıyla ilişkili riskler tespit edilmediği belirtilse de FDA konunun daha ayrıntılı biçimde incelenmesi için ek araştırmalar yapılması çağrısında bulundu.

Bu süreçte bilim insanları, insan sağlığı açısından daha güvenli olabilecek ve denize karıştıklarında mercanlar ile diğer deniz canlılarına zarar verme riski daha düşük olan doğal güneş kremi alternatifleri arıyor. Güneş ışınlarından koruma potansiyeli en yüksek doğal maddelerden biri lignin. Bitkilerde hücre duvarının temel bileşeni olan ve bitki gövdelerine dayanıklılık kazandıran lignin, bitkileri Güneş’ten gelen morötesi (UV) ışıınımdan da koruyor.

Ligninle zenginleştirilmiş güneş kremlerinin güneş koruma faktörü (SPF) değeri 180’i aşabiliyor. Ayrıca mevcut ürünlere kıyasla daha uzun süre koruma sağlıyor ve cilde daha az nüfuz ediyor, bu da onları potansiyel olarak daha güvenli kılabilir.

Ligninin güneş kremlerinin temel bileşeni olarak kullanılmasının önündeki temel engel, ağaçtan özütlenmesi sırasında kullanılan yöntemler. Geleneksel yöntemlerde kullanılan güçlü kimyasal maddeler, normalde açık renkli olan lignini neredeyse siyaha dönüştürüyor, bu da ligninin güneş kremlerinde kullanılmasını engelliyor. Güney Çin Teknoloji Üniversitesinden iki



Ligninin ağaçtan özütlenme sürecini ve güneş kremi ürünlerinde kullanımını gösteren şematik çizim

araştırma grubu, lignini rengini koyulaştırmadan ağaçtan özütlemenin farklı yollarını buldu ve elde edilen lignini güneş kremi yapımında kullandı. Jun Li liderliğindeki ekip, kavak ağacını öğütüp eleyerek ince bir toz hâline getirdi ve açık sarı renkli lignini bu tozdan ultrasonik dalgalar yardımıyla ayırdı. Yong Qian'ın liderliğindeki bir diğer araştırma grubu ise güçlü kimyasal maddeler kullanılmayan bir yöntemle huş ağacından açık pembe renkli lignin elde etti. Her iki grup da lignini işleyerek nanoparçacıklara dönüştürdü ve bunları sade beyaz kremlerle karıştırarak güneş kremleri üretti.

Yapılan testler, açık sarı lignin içeren güneş kreminin SPF değerinin 20, açık pembe olanın SPF değerinin ise 19 olduğunu gösterdi. Bu da her iki ürünün de güneş ışınlarına karşı orta düzeyde etkili olduğu anlamına geliyor. Ayrıca bu kremler geniş spektrumluydu yani cilde zarar veren iki UV türü olan UVA ve UVB'ye karşı koruma sağlıyordu. Cilde sürüldüklerinde açık ten tonlarıyla uyum sağlıyor ve pürüzsüz bir his bırakıyorlardı.

Qian ve çalışma arkadaşları, piyasadaki SPF 50+ değerine sahip birçok ürüne kıyasla daha düşük koruma sağladığı için koruyuculuğu sınırlı olan bu güneş kremlerini hâlihazırda

kullanılan UV filtreleriyle birleştirmeyi denedi. Ekip, yaygın kullanılan ancak güvenirlilikleri ve çevresel etkileri üzerine ek araştırmalar yürütülen iki güneş kremi bileşeni olan avobenzon ve oktinoksati, lignin nanoparçacıkları içine hapsederek SPF değerini 180'in üzerine çıkarmayı başardı. Ancak SPF değeri 50'nin üzerinde olan güneş kremlerinin güneş koruma faktörü SPF 50+ olarak ifade ediliyor. Çünkü SPF ölçeğinin yapısı gereği 50'nin üzerindeki değerler, korumada belirgin bir artış anlamına gelmiyor.

Mevcut güneş kremi bileşenlerinin lignin nanoparçacıkları içine hapsedilmesi, bu maddeleri güneş ışığının etkisiyle kimyasal olarak parçalanmaya karşı daha dirençli hâle getirdi. Böylece ürünlerin koruyucu etkisi daha

uzun süre devam edebiliyor. Ayrıca bu yöntem, bileşenlerin cildin içine nüfuz etmesini engelleyerek güneş kremlerinin potansiyel olarak daha güvenli hâle gelmesine yardımcı oluyor.

Qian, lignin nanoparçacıklar içeren güneş kremlerinden birini insanlar üzerinde test etmeye devam ettiklerini söylüyor. Şu ana kadar elde edilen sonuçlar ürünün güneşten koruma performansının güvenli ve verimli olduğunu gösteriyor. Ligninin yanı sıra doğadan elde edilen ve güneş ışınlarına karşı koruyucu özellikleri araştırılan diğer maddeler arasında deniz yosunu, eğrelti otları, kalamar ve insan saçından elde edilen bileşenler de bulunuyor. ■

Kaynak

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.149790>

Tekno Yaşam

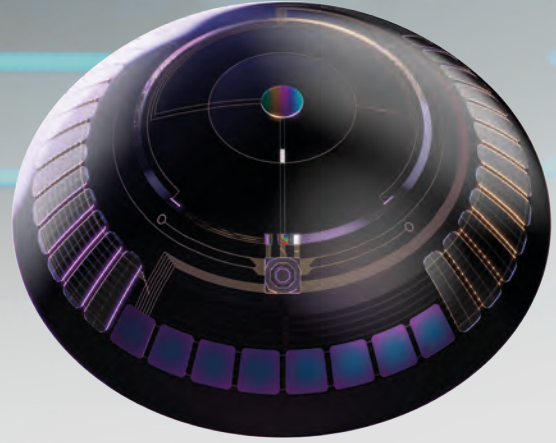
Gürkan Caner Birer [teknoyasam@tubitak.gov.tr]

Akıllı Lego Blokları

LEGO, CES 2026'da ilk kez bir teknoloji fuarına katılarak şirketin 50 yılının en büyük yeniliği olarak tanımladığı Smart Brick'i tanıttı. İlk bakışta sıradan bir LEGO parçası gibi görünen blokların içinde sensörler, jiroskop, hoparlör ve LED ışıklar var.

Hareketi algılayabilen Smart Brick sayesinde düz tuttuğunuz LEGO'dan yapılmış bir uçaktan motor sesi, baş aşağı çevirince düşme sesi çıkarıyor. Smart Tag adı verilen akıllı etiketler blokları tanımlıyor, Smart Minifigür adı verilen minikarakterler birbirini algılıyor. İlk setler Star Wars temasıyla piyasaya sunuldu. Sistem internete bağlanmıyor, veri toplamıyor, kamera veya mikrofon içermiyor. Amaç fiziksel oyunu dijitalle zenginleştirmek, tamamen yerini almak değil.

<https://bit.ly/akilli-lego>



Gözünüzün İçinde Oyun Oynayın

Akıllı gözlükler her geçen gün yaygınlaşırken Dubai merkezli XPANCEO, akıllı kontak lens ürününü tanıttı. MWC 2026'da sergilenen prototip, gözün içine lens olarak yerleştirilen bir ekran aracılığıyla doğrudan retinaya görüntü yansıtabiliyor. Fuardaki tanıtım sunumunda katılımcılar, lensin yansıttığı görüntü üzerinden Tetris oynadı. Eğlencenin ötesinde bazı sağlık uygulamaları da bu akıllı kontak lens üzerinden kullanılabilecek. Gözyaşından glikoz seviyesini ölçebilen lens, diyabet hastalarının kan şekeri seviyesini iğne kullanmadan takip etmeyi hedefliyor. Kablosuz enerjiyle çalışan cihazın sonraki versiyonlarının navigasyon, anlık bildirim ve artırılmış gerçeklik gibi özellikler de sunması planlanıyor. Teknoloji henüz erken aşamada olduğu için ticari ürüne dönüşmesi birkaç yıl alabilir.

<https://bit.ly/xpanceo-lens>

Robot Kollu Telefon

Honor, MWC 2026’da sıra dışı bir konsept tanıttı: Robot Phone. Telefonun arkasına gömülü hâlde bulunan üç eksenli bir gimbal kolun ucunda, çözünürlüğü 200 megapiksel olan bir kamera yer alıyor. Kol açılıp kapanabiliyor ve kullanıcıyı otomatik takip edebiliyor.

Amaç, akıllı telefonlar ile çekilen videoları profesyonel görüntü kalitesine yaklaştırmak. Hareket sırasında kameranın stabilizasyonunu sağlayan gimbal, akıllı takip sistemi ve sinematik kamera hareketleri sayesinde cihaz, âdeta kişisel bir kameraman gibi çalışıyor. 4K video çekimini ve 90-180 derecelik panoramik çekimleri destekleyen Robot Phone’un 2026 içinde piyasaya sunulması bekleniyor.

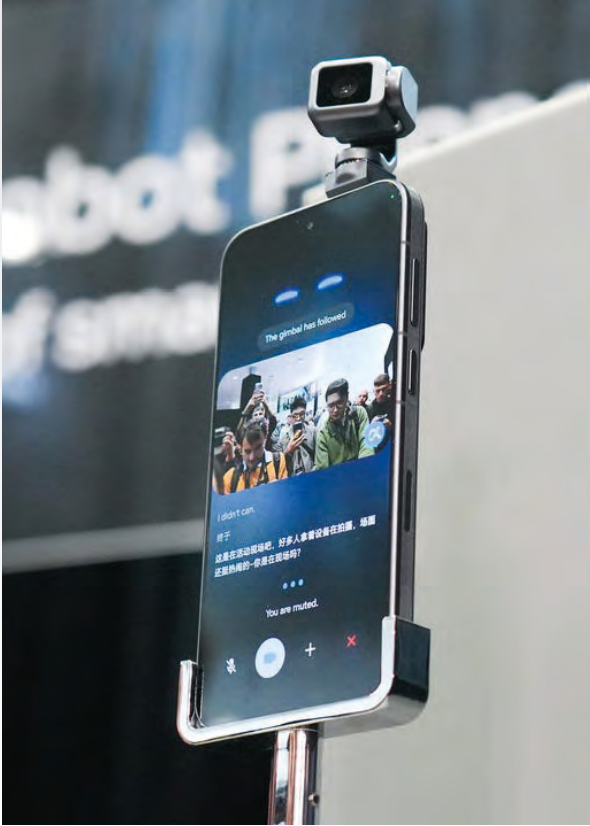
<https://bit.ly/honor-robot>



Robot Süpürge Sonunda Merdiven Çıkabiliyor

Roborock’un CES 2026’da tanıttığı Saros Rover modeli için artık merdivenler bir engel değil. Böcek ve insan yürüyüşünden esinlenerek geliştirilen “tekerlek bacak” mimarisi sayesinde robot süpürge merdiven çıkıp inebiliyor, eşikleri aşabiliyor, dar alanlarda yönünü değiştirmeden yana doğru hareket edebiliyor. Üstelik her basamağı tırmanırken aynı anda basamakları süpürüyor. 3D yapay zekâ haritalaması, tırmanmadan önce merdivenin geometrisini analiz ediyor. Şimdilik prototip aşamasında olan Saros Rover, robot süpürgelerin en büyük sorunu olan merdiven çıkma problemine çözüm sunabilecek gibi görünüyor.

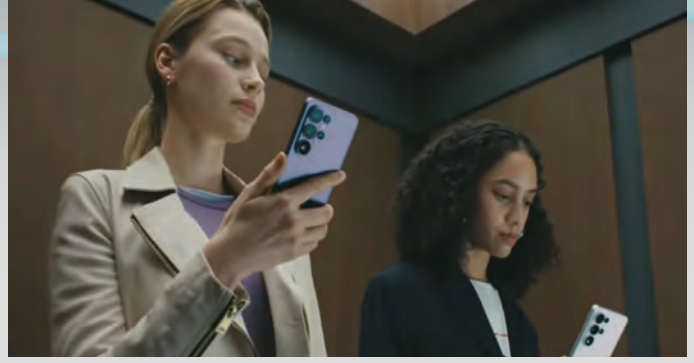
<https://bit.ly/merdo-robo>



Apple'ın Hesaplı Dizüstü Bilgisayarı

Apple, en uygun fiyatlı yeni dizüstü bilgisayarı Neo'yu tanıttı. 599 dolarla satışa sunulan Neo'da, iPhone 16 Pro'da da kullanılan A18 Pro çipi bulunuyor. Yani bir telefon işlemcisi tam donanımlı bir dizüstü bilgisayarı çalıştırabiliyor. Dört renk seçeneğiyle sunulan cihazın başlangıç modeli 256 GB depolama alanı ve 8 GB RAM içeriyor, ek ücretle depolama alanı 512 GB'a çıkarılabiliyor ve Touch ID özelliği eklenebiliyor. Neo'nun yanı sıra iPhone 17e; M4 çipe sahip iPad Air; M5 çipe sahip MacBook Air; M5, M5 Pro ve M5 Max çipe sahip MacBook Pro ve Studio Display monitörün iki yeni modeli de yeni tanıtılan ürünler arasında.

<https://bit.ly/apple-neo>



Yan Gözle Bakmaya Son

Yanınızdaki kişinin ekranınıza göz atmasını engelleyen “hayalet” ekran koruyucular uzun süredir kullanılıyor. Ancak Samsung, Galaxy S26 Ultra'daki Privacy Display ile bunu ekran teknolojisine entegre etti. Black Matrix adındaki sistem, ışık yayılım açısını daraltarak ekranın yalnızca karşıdaki kişi tarafından görülmesini sağlıyor. Yazışma veya şifre girişi gibi gizlilik gerektiren işlemler sırasında ekranın bir kısmını gizleyebilmek, gizlilik ayarını açıp kapatabilmek ve uygulama bazında etkinleştirmek gibi özellikler bu sistemi, ekrana yapıştırılan filmlere kıyasla çok daha esnek bir çözüm hâline getiriyor. Beş yılı aşkın mühendislik sürecinin ürünü olan bu teknolojinin yakında diğer telefon üreticileri tarafından da kullanılması bekleniyor.

<https://bit.ly/hayalet-ekran>

Tek Tuşla Uçak Çağır

Elektrikli hava taksi girişimi Joby Aviation ile ortaklık kuran Uber, “Uber Air” hizmetini başlatıyor. Dikey kalkış ve iniş yapabilen (eVTOL) araçlar Uber uygulaması üzerinden rezerve edilebilecek.



Saatte 320 km hıza ve 160 km menzile sahip Joby araçlarının kullanıldığı hizmet, ilk olarak bu yıl Dubai'de başlayacak, ardından diğer şehirlere yayılacak. Uber'in hava taksi fikri yeni değil, şirket 2016'da helikopter servisini denemişti. Önümüzdeki 10 yıl içinde sıkışık trafiğe girmek zorunda kalmadan dilediğimiz konuma uçarak gitmek mümkün hâle gelebilir.

<https://bit.ly/tek-tusla-uc>

Kediflix

Son yıllarda internette en çok ilgi gören hayvanlar olan kediler ve köpekler artık ekran başına geçiyor. Evcil hayvanlara yönelik videolar her geçen gün artmaya devam ediyor. YouTube’da saatlerce süren gıcırtilı oyuncak, kuş ve sincap videoları milyonlarca izlenmeye ulaşıyor, TV BINI kanalındaki bir fare animasyon videosunun izlenme sayısı 152 milyonu aştı. Aylık 9,99 dolarlık DogTV köpekler için “bilimsel olarak tasarlanmış” içerikler sunarken İngiliz girişim Joipaw, bu fikri bir adım ileri taşıyarak köpekler için dokunmatik ekranlı video oyunları geliştirdi. Tükürüğe dayanıklı ekranda köpekler “köstebek vurma” oyunu oynuyor, kazandıklarında ödül alıyor. Sistem özellikle zihinsel olarak aktif kalması gereken yaşlı köpekler için tasarlanmış.



<https://nyti.ms/4dc36gq>

Dijital İkiz Suçluyu Buldu

Dubai’de bir köprüden düşen teslimat sürücüsünün ölümünü araştıran Dubai Polisi, “dijital ikiz” teknolojisi sayesinde olayın detaylarını açığa çıkardı. Sistem, olay yerini 3D tarayıcılar ve yapay zekâ teknolojileriyle sanal ortamda yeniden oluşturdu. Model, motosiklete arkadan çarpıldığını ve sürücünün bu darbeye köprüden düştüğünü gösterdi. Motosiklet köprüde kalmış, çarpan araç ise kaçmıştı. Bugüne kadar 85’ten fazla olayda kullanılan ve mahkemede kanıt olarak kabul edilen platform, polis ekiplerinin olay yerine fiziksel olarak dönmeden soruşturma yapmasına olanak tanıyor.

<https://bit.ly/dedektif-ikiz>



Modüler Telefon

Google’ın 2016’da rafa kaldırdığı modüler telefon projesi, Çinli Tecno’nun MWC 2026’da sunduğu konseptiyle yeniden gündemde. Sadece 4,9 mm kalınlığındaki telefona 20x optik zoom özellikli telefoto lens, 3.000 mAh ek batarya, haricî hoparlör, profesyonel mikrofon ve telsiz gibi modüller manyetik olarak takılıp çıkarılabilir. Modüller birbirine eklenebiliyor yani batarya ve hoparlörü aynı anda kullanmak mümkün. Henüz konsept aşamasında olan cihaz, tek bir telefonu fotoğraf makinesine, müzik çalara, güç istasyonuna veya telsiz cihazına dönüştürme potansiyeli taşıyor. ■

<https://bit.ly/moduler-tel>

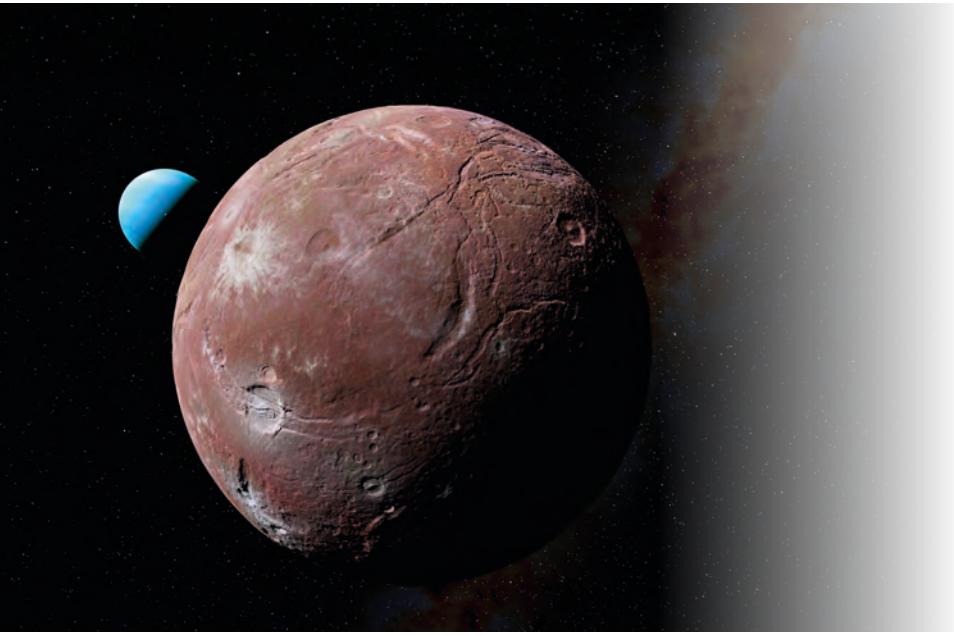


Uzak Uydulardaki Gizli Okyanuslar Kaynıyor Olabilir

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

Güneş sisteminin dış kısmında kalan bazı uyduların buzlu yüzeylerinin altında okyanuslar olduğunu gösteren bulgular var. Son bilimsel çalışmalar, sürtünme nedeniyle üzerlerindeki buzlu kabuk incelendiğinde ani basınç düşmesine bağlı olarak okyanusların kaynayabileceğini gösteriyor. Enceladus, Mimas ve Miranda gibi ufak uyduların yüzeyindeki bazı sıra dışı jeolojik oluşumlara kaynayan okyanusların yol açmış olabileceği ileri sürülüyor.

Satürn'ün uydusu Mimas. Yaklaşık 400 kilometre çapındaki uydunun ilk bakışta jeolojik olarak aktif görünmese de hareketlerindeki ufak salınımlar, yüzeyinin altında bir okyanus olduğuna işaret ediyor. Mimas görece küçük bir uydudur için buzlu kabuk erirken çatlaklar ortaya çıkması beklenmiyor. Rudolph ve arkadaşları, uydunun fotoğraflarında görülen tepelere ve sarp uçurumlara buzlu yüzeyin altındaki okyanusun kaynamasının yol açmış olabileceğini iddia ediyor.



Uranüs'ün en büyük uydusu Titania. Uydunun buzlu yüzeyi ile çekirdeği arasında bir okyanusa sahip olması muhtemel. Görece büyük olması sebebiyle buzlu kabuğun incelme döneminde uydunun yüzeyinin altındaki okyanusun kaynamaya başlaması beklenmiyor. Araştırmacılar, uydunun yüzeyinde görülen yapıların döngüsel incelmeye ve kalınlaşma süreçlerinin sonucu olabileceğini iddia ediyor.

Güneş sisteminin dış kısımlarındaki devasa gezegenlerin etrafında dolanan, yüzeyi buzlarla kaplı onlarca uydu var. Bilimsel çalışmalar, bu uyduların bazılarının donmuş yüzeylerinin altında suyla dolu okyanuslar olduğuna işaret ediyor. Bildiğimiz tüm yaşam formları suyun varlığına bağımlı olduğu için bu durum bu uzak uyduları dünya dışı yaşam araştırmalarında ön plana çıkarıyor.

Bir grup gökbilimcinin yakın zamanlarda *Nature Astronomy*'de yayımladığı bir araştırmada uzak uyduların buzlu yüzeylerinin altında meydana gelebilecek olaylar incelendi ve uydulardaki sıra dışı jeolojik oluşumlar için yeni açıklamalar öne sürüldü.

Enceladus, Mimas, Miranda gibi uzak uydular etraflarında dolandıkları devasa gezegenlerin sebep olduğu gelgitin yol açtığı sürtünme nedeniyle ısınır. Ayrıca yakınlardaki diğer uydularla yaşanan kütle çekimsel etkileşimler de uyduların ısınma seviyesinin artmasına ya

da azalmasına yol açabilir. Isınma yoğunlaştığında buzlu kabuk erimeye ve incelmeye başlar, ısınma zayıfladığında ise sular yeniden donar ve kabuk kalınlaşır.

Geçmişte Max Rudolph ve arkadaşları buzlu kabuğun kalınlaşması durumunda olabilecekleri. Donan su genişler ve daha fazla hacim kaplar. Araştırmacıların yaptığı çalışmalar da bu genişleme nedeniyle buzlu kabuğun üzerindeki basıncın artmasıyla Enceladus'un "kaplan çizgileri" gibi uzun kırıkların ortaya çıkabileceğini gösteriyordu.

Son çalışmalarında Rudolph ve arkadaşları bu seferde kabuğun incelmeye durumu olabilecekleri inceliyor. Sonuçlar, kabuğun incelmesinin altındaki okyanusun kaynamasına yol açabileceğini gösteriyor. Buz eriyerek yoğunluğu daha düşük olan sıvı suya dönüştükçe uydunun iç kısmındaki basınç düşüyor. Araştırmacıların hesaplarına göre söz konusu Satürn'ün etrafında dolanan Enceladus ve Mimas ya da Uranüs'ün etrafında dolanan

Miranda gibi görece ufak uydular olduğunda okyanus sularının kaynamasına yol açacak derecede bir basınç düşmesi yaşanabilir.

Miranda uydusunun Voyager 2 uzay aracı tarafından çekilmiş fotoğraflarında devasa tepeler ve sarp uçurumlar dikkat çekiyor. Araştırmacılar, yüzeyin altında kaynayan bir okyanusun bu jeolojik oluşumları açıklayabileceğini öne sürüyor.

Söz konusu Uranüs'ün en büyük uydusu Titania gibi görece büyük uydular olduğunda ise yüzeyin altındaki okyanusların kaynamaya başlaması beklenmiyor. Bu büyük uydularda yüzeyin altındaki basınç kaynamanın başlamasına yol açacak seviyeye düşmeden önce buzlu kabukta çatlamalar görülecektir. Araştırmacılar Titania'nın yüzeyindeki jeolojik yapıların, buzlu kabuktaki döngüsel incelmelerin ve kalınlaşmaların sonucu olabileceğini öne sürüyor. ■

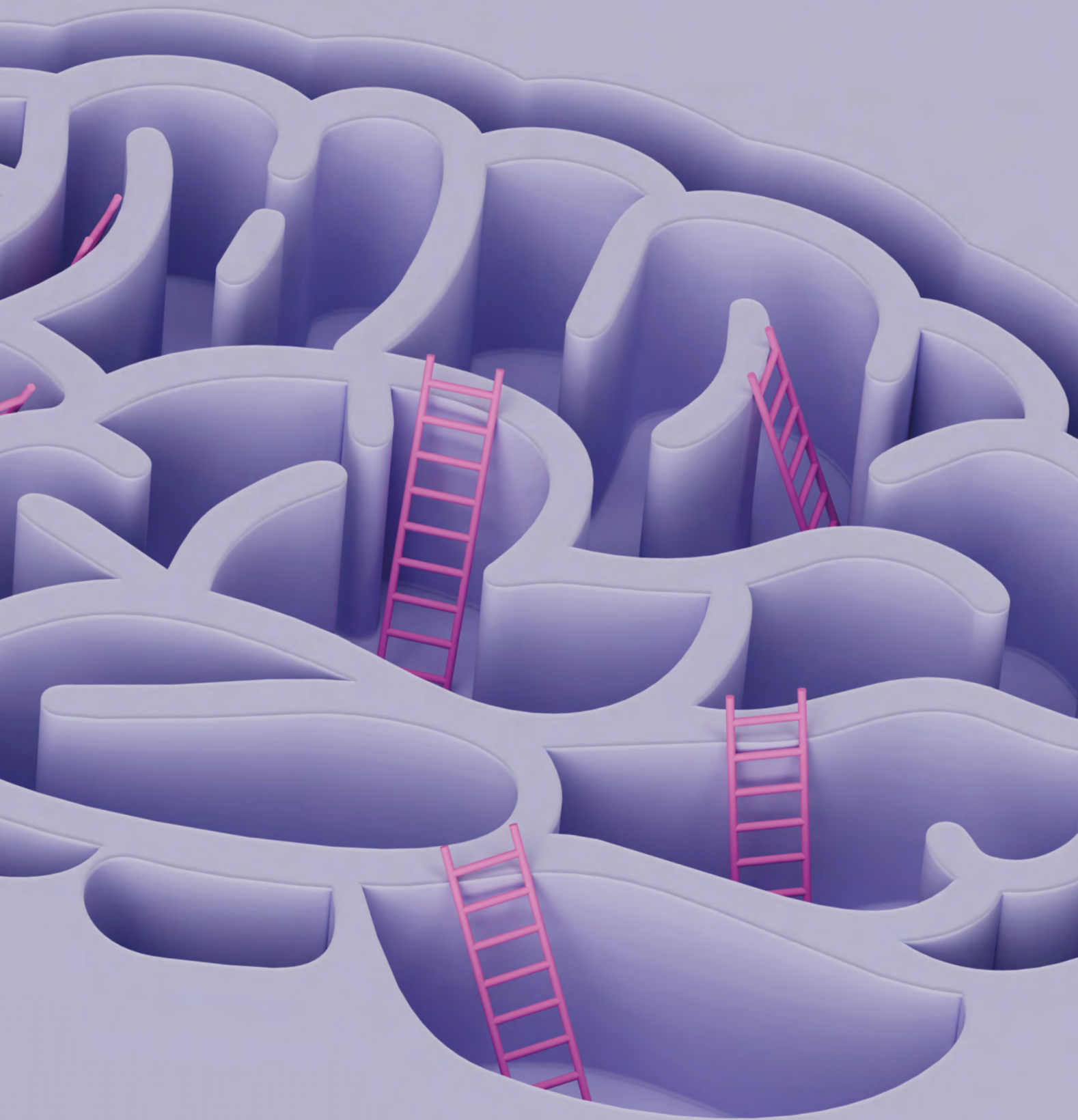
Kaynak

<https://www.nature.com/articles/s41550-025-02713-5>

Otizm Araştırmalarında Son Gelişmeler: **Erken Tanıdan Yapay Zekâya...**

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Otizm tek bir özellikle tanımlanabilecek bir durum değil, çok boyutlu bir “harita”. Bilim artık otizmi yalnızca davranışlar üzerinden değil, genetikten beyin ağlarına ve çevresel etkenlere bir bütün olarak ele alıyor. Son yıllarda beyindeki biyokimyasal süreçler ile elektriksel etkinlik arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bulgular, kız çocuklarında geciken tanılar, alt tip araştırmaları ve yapay zekâ destekli tarama araçları, tanı ve desteğin daha erken, daha hedefli ve daha kişiye özel hâle gelebileceğine işaret ediyor. Bu yüzden otizm araştırmalarında yeni gelişmelerin neler olduğu sorusunun yanıtı artık çok daha hızlı değişiyor. 2 Nisan’ın Dünya Otizm Farkındalık Günü olması vesilesiyle bu sayıda otizmi bilimsel gelişmeler ışığında yeniden mercek altına alıyoruz.





Dusan Stankovic / iStock

Otizm çoğu zaman “spektrum” ifadesiyle anlatılıyor ve bu da deneyimleri hafiften ağıra değişen tek boyutlu bir durum gibi düşünmemize yol açıyor. Oysa gerçek çok daha karmaşık: Otizm tek bir alanda zorluk yaşanan bir durum değil, farklı özelliklerin farklı kombinasyonlarla bir araya geldiği çok boyutlu bir tablo. Bazı otizimli bireyler konuşamazken bazıları son derece akıcı konuşabiliyor; kimileri ıstık ve sese çok hassasken kimileri bu uyaranları daha az fark ediyor ya da özellikle arıyor. Kimi değişikliklere zor uyum sağlarken kimi dışarıdan bakıldığında ortama uyum sağlıyor gibi görünse de bu çaba sonradan yorgunluk ve kaygıya neden olabiliyor. Kimileri belirli ilgi alanlarında derinleşirken kimilerinde dikkatini sürdürme ve duygularını

düzenleme güçlükleri öne çıkıyor. Bu çeşitlilik yalnızca davranışlarda değil, genlerden beyin ağlarının çalışma biçimine kadar uzanan biyolojik düzeylerde de kendini gösteriyor.

1940’larda psikiyatrist Leo Kanner, sosyal etkileşim ve iletişimde belirgin farklılıklar ile tekrarlayıcı davranışları içeren otizme dair ilk klinik tanımları yaptı. Aynı dönemde Dr. Hans Asperger ise dil gelişimi büyük ölçüde korunmuş, bazı zihinsel alanlarda güçlü ancak sosyal ortamlara uyum sağlamakta zorlanan çocukları betimledi. İzleyen yıllarda “klasik otizm”, “Asperger sendromu” ve “yaygın gelişimsel bozukluklar” gibi farklı isimlendirmeler ortaya çıktı. Ancak pratikte bu sınırlar pek net değildi: Aynı kişi, farklı dönemlerde farklı tanımlara uyuyor gibi görünebiliyordu. 1990’lardan

itibaren “otizm spektrumu” kavramının yerleşmesi, bu çeşitliliği tek bir çatı altında toplamak açısından önemli ve kapsayıcı bir adım oldu. 2013’te Asperger’in ayrı bir tanı olmaktan çıkarılması da bu yaklaşımı pekiştirdi. Ne var ki zamanla spektrum kavramının gündelik dilde tek bir çizgi gibi algılanması, otizmin çok boyutlu doğasının yeterince fark edilememesi riskini de beraberinde getirdi.

Son on yılda ortaya konan genetik, beyin görüntüleme ve büyük veri çalışmaları, tek bir otizm tanımı yerine farklı biyolojik mekanizmalarla ortaya çıkan çoklu otizm biçimleri tanımlamanın daha açıklayıcı olabileceğini gösteriyor. Aynı davranış biçimi farklı biyolojik süreçlerden kaynaklanabiliyor, benzer biyolojik eğilimler ise farklı çevresel koşullarda bambaşka günlük yaşam deneyimlerine dönüşebiliyor. Bu nedenle araştırmacılar otizmi artık yalnızca görünen davranışlarla açıklanan bir durum olarak değil, moleküler düzeyden hücrelere, beyin ağlarından davranışa kadar farklı süreçlerin bir araya geldiği, zaman içinde değişebilen çok katmanlı bir olgu olarak düşünmeye başladı. Spektrum metaforu, otizmin tek tip olmadığını anlatmak için hâlâ yararlı ancak bugünkü bilgilerimiz otizmi gerçekten anlamak için bu metaforun ötesine geçen ve her bireyin farklı özelliklerini merkeze alan daha esnek ve kapsayıcı bir yaklaşıma ihtiyaç var.

Genlerden Sinapslara: Otizmin Moleküler Temelleri

Otizimde kalıtımın etkisinin yüksek olduğu uzun süredir biliniyor ancak çoğu vakada tek bir “otizm geni”nden söz etmek mümkün değil. Son on yılda yapılan geniş kapsamlı genom çalışmaları, yüzlerce hatta binlerce yaygın genetik varyantın her birinin riski çok küçük ölçülerde artırabildiğini gösteriyor. Buna ek olarak daha nadir görülen bazı mutasyonlar tek başına daha güçlü etkiler yaratabiliyor. Çok sayıda küçük etkinin ve daha az sayıda büyük etkinin bir arada bulunması, otizmin neden bu kadar geniş bir yelpazede ortaya çıktığını kısmen açıklıyor. Aynı tanıyı alan iki kişinin birbirinden çok farklı özellikler göstermesi de büyük ölçüde bu genetik çeşitlilikle ilişkili.

Bu genetik farklılıkların önemli bir bölümü, nöronlar arasındaki bağlantı noktaları olan sinapsların oluşumu, olgunlaşması ve esnekliğiyle ilişkili genleri etkiliyor. Sinaps bağlantılarında görev alan proteinleri kodlayan genlerdeki küçük değişimler bile erken gelişim döneminde bağlantıların nasıl şekillendiğini etkileyebiliyor. Bu süreç, beynin hangi bölgelerinin birbiriyle

ne kadar güçlü bağ kuracağını ve hangi ağların baskın hâle geleceğini belirleyen temel mekanizmalardan biri. Gelişimin çok erken evrelerinde ortaya çıkan küçük farklar yıllar içinde bilişsel, duyuşsal ve sosyal özelliklerde belirgin farklılıklara yol açabiliyor. Bu nedenle araştırmacılar, otizmi tek bir noktada ortaya çıkan bir sorundan çok gelişim boyunca meydana gelen küçük biyolojik farklılıkların birleşimi olarak ele alıyor.

Son yıllarda moleküler düzeyde en çok tartışılan başlıklardan biri, beyindeki uyarıcı ve baskılayıcı sinyaller arasındaki dengenin bazı otizmlili bireylerde farklılaşabileceği fikri. Nöronlar bir yandan glutamat gibi uyarıcı kimyasal maddeler aracılığıyla diğer nöronları harekete geçirirken diğer yandan GABA (gama-aminobütirik asit) gibi baskılayıcı özellikteki nörotransmitterlerle aşırı uyarılmayı dengeler. Bu hassas denge; algı, dikkat, öğrenme ve duyuşsal işleme gibi pek çok temel sürecin sağlıklı işlemesi için kritik öneme sahiptir.

Bu dengeyi sağlamada rolü olan mGlu5 (metabotropik

glutamat reseptörü) son yıllarda özellikle öne çıkıyor. mGlu5, sinir hücrelerinin yüzeyinde yer alır ve glutamat sinyalinin hücre içinde nasıl yanıt oluşturacağını düzenler, bu sayede sinir hücreleri arasındaki iletişimin gücünü ve esnekliğini etkileyerek öğrenme, dikkat ve algı süreçlerinde rol oynar.

Bazı PET (pozitron emisyon tomografisi) çalışmaları, otizmlili bireylerin beyinlerinde mGlu5 reseptörlerinin dağılımının ve düzeyinin birey bazında değil ama grup düzeyinde farklılık gösterebildiğini düşündürüyor. Aynı bireylerde EEG (elektroensefalografi) ile ölçülen beyin dalgası örüntülerinin bu moleküler farklılıklarla ilişkilendirilebilmesi ise dikkat çekici. Bu durum beyindeki kimyasal düzeydeki bazı değişimlerin, kafa derisinden ölçülen elektriksel sinyallerle

dolaylı olarak izlenebilme ihtimalini gündeme getiriyor.

Buradaki temel soru şu: Pahalı ve erişimi sınırlı PET

gibi yöntemlerle izlenen bazı moleküler

süreçler, daha ucuz ve yaygın bir görüntüleme yöntemi olan EEG ölçümleriyle dolaylı



Dusan Stankovic / iStock

Molekülden Beyin Dalgasına Otizmde Yeni İpuçları



Önemli not: Bulgular grup düzeyinde. Tek bir kişi için kesin tanı anlamına gelmez.

olarak takip edilebilir mi? Eğer bu bağlantı güvenilir biçimde doğrulanabilirse gelecekte biyolojik farklılıkları izlemek için çok daha erişilebilir araçlar geliştirilebilir.

Ancak bilim insanları temkinli: Bugüne kadarki bulgular çoğu zaman sınırlı örneklemle dayanıyor; farklı yaş gruplarında, farklı klinik profillerde ve farklı kültürlerde tekrar edilmesi gerekiyor. Aksi hâlde erken ve aşırı genellemelerin yapılma riski var. Şimdilik mGlu5-EEG ilişkisi, otizmin biyolojik temellerini anlamaya yönelik umut verici ama hâlâ araştırma aşamasında bir yaklaşım olarak görülüyor.

Beyin Ağları ve Uyum: Otizmde Bağlantı Örüntüleri

Beyin ağları düzeyindeki çalışmalar tabloyu daha da karmaşık hâle getiriyor. Beynin işlevlerini ve yapısal özelliklerini inceleyen görüntüleme yöntemleri, bazı bağlantı ağlarının otizmlili bireylerde tipik gelişim gösteren bireylere kıyasla farklı biçimlerde şekillenebildiğini ortaya koyuyor. Ancak burada kritik bir ayrıntı var: Bir ağda saptanan alışılmadık bağlantı düzeni her zaman doğrudan belirtilerin şiddetini açıklamıyor.

Bazı durumlarda bu farklılıklar, beynin zorluklara uyum sağlamak için bağlantılarını yeniden düzenlemesinin yani telafi edici süreçlerin bir parçası olabilir.

Bu bakış açısı, otizmi beyindeki tek bir bağlantıda ortaya çıkan sorun üzerinden açıklamaya çalışan yaklaşımların neden yetersiz kaldığını da gösteriyor. Otizm, belirli bir bölgenin tek başına beklenen şekilde çalışmamasından ziyade beyin ağlarının gelişim boyunca farklı biçimlerde uyum sağlamasının bir sonucu olabilir. Beyindeki bazı bağlantı farklılıkları günlük yaşamda zorlayıcı deneyimlere yol açarken bazıları belirli alanlarda güçlü yönlerin

ortaya çıkmasına da katkıda bulunabiliyor. Bu nedenle güncel araştırmalar genelleyici bir dil kullanmak yerine beynin farklı çalışma biçimlerini vurgulamayı tercih ediyor: Amaç otizmin biyolojik temellerini anlamak, bunların her zaman yalnızca zorluklara yol açmadığını, kimi zaman belirli bilişsel yetenekleri de güçlendirdiğini kabul etmek.

Anne Karnından Beyne: Çevrenin Etkisi

Otizmde genetik yatkınlığın önemli bir rol oynadığı düşünülüyor ancak genler tek başına tüm tabloyu açıklamıyor. Benzer genetik risk profillerine sahip bireylerin neden çok farklı gelişim

yolları izleyebildiği sorusuna yanıt arayan araştırmacılar çevre-biyoloji etkileşimine odaklanıyor. Bebeğin anne karnında karşılaştığı çevresel etkenler, gen dizilimini değiştirmeden, genlerin ne zaman ve nasıl aktifleşeceğini düzenleyerek beyin gelişimini etkileyebiliyor.

Hamilelik döneminde annenin metabolik durumu bu etkileşimin önemli bir parçası. Özellikle gebelik diyabeti ve obezite gibi durumlar, metabolik ve hormonal dengeyi etkileyebiliyor. Bu durum fetüsün beyin gelişiminin kritik evrelerinde daha belirgin etkilere yol açabilir. Kan şekeri düzeyinin yüksek olması ve buna eşlik eden inflamatuvar süreçler, sinir hücrelerinin olgunlaşmasını ve sinirsel devrelerin kurulma biçimini etkileyebilir. Benzer biçimde gebelikte geçirilen bazı enfeksiyonlar sırasında bağışıklık sistemi tarafından salgılanan bazı moleküller bebeğin beyin gelişimini dolaylı olarak etkileyebilir.

Buradaki ana fikir şu: Çevresel etkenler, gelişimin genetik olarak daha hassas bir döneminde farklı sonuçlara yol açabilir. Özellikle havadaki mikroparçacıkların, bazı ağır metallerin ve hormonlara benzer etki gösteren kimi endüstriyel kimyasal maddelerin, genlerin ne zaman ve ne kadar çalışacağını düzenleyen epigenetik mekanizmaları etkileyebildiğine dair bulgular var. Bunlar her zaman doğrudan bir neden-sonuç ilişkisi



Otizmde Alt Gruplar Neden Önemli?

Otizm, sosyal etkileşimden duyuşsal özelliklere kadar pek çok alanda farklı biçimlerde ortaya çıkabilen, çok boyutlu bir gelişimsel farklılık. Büyük ölçekli genetik ve davranış çalışmaları, otizmin herkeste aynı şekilde görülmediğini, bazı çocuklarda güçlükler erken yaşta belirginleşirken bazı bireylerde daha geç dönemlerde öne çıkabildiğini gösteriyor. Bu çeşitliliği daha iyi anlamaya çalışan araştırmacılar, benzer özelliklere sahip bireyleri "alt gruplar" şeklinde incelemeye çalışıyor. Ancak bu alt gruplar sabit ve değişmez sınıflar değil. Uzun süreli izlem çalışmaları, aynı bireyin zaman içinde farklı bir gruba daha yakın özellikler gösterebildiğini ortaya koyuyor. Yani alt gruplar, kişileri kalıcı kalıplara yerleştirmek için değil, gelişim sürecinde ortaya çıkan farklı ihtiyaçları ve güçlü yönleri daha iyi anlamak için kullanılan bir araç.

Geçmişte bazı adlandırmaların ayırıştırıcı sonuçlar doğurması, bu alanda kullanılan dili dikkatle seçmenin ne kadar önemli olduğunu hatırlatıyor. Bugün birçok araştırma ekibi, kullandıkları kavramları otizimli bireyleri ve ailelerini dikkate alarak belirlemeye çalışıyor. Asıl hedef, herkese aynı destek yöntemini önermek yerine her bireyin ihtiyaçlarına daha uygun, daha esnek ve kişiye özel yaklaşımlar geliştirmek.



wildpixel / iStock

Epigenetik nedir?

Epigenetik, genlerin dizisi değişmeden hangi genlerin ne zaman ve ne kadar çalışacağını belirleyen yani bir anlamda “açma-kapama düğmeleri” gibi işleyen kimyasal düzenlemeleri ifade eder. Beslenme, stres, enfeksiyonlar ve çevresel kirlilik gibi faktörler bu düzenlemeleri etkileyebilir. Dolayısıyla aynı genetik altyapıya sahip bireylerde bile gelişim farklılıkları görülebilir. Bu mekanizmalar, çevresel koşulların genetik yatkınlığın ortaya çıkıp çıkmamasındaki rolünü anlamamıza yardımcı olur.

kuracak kadar kesin değil ancak hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde yaşayan topluluklarda risk düzeyinin farklı olabileceğine dair dikkat çekici gözlemler bulunuyor.

Nöroenflamasyon ve Oksidatif Stres: Beyindeki Ortak Zemin

Bu çevresel etkilerin ortak noktasında, beyinde işleyen bazı biyolojik süreçler yer alıyor. Son yıllarda özellikle nöroenflamasyon (sinir dokusundaki bağışıklık hücrelerinin dengesiz biçimde etkinleşmesi) ve oksidatif stres (hücrelerde enerji üretimi sırasında ortaya çıkan tepkimeye girmeye

istekli bazı moleküllerin, savunma sistemlerini aşarak hücresel yapılara zarar vermesi) otizm araştırmalarında giderek daha fazla önem kazanıyor. Mikroglia olarak adlandırılan beyin bağışıklık hücreleri, normalde gelişim sırasında beyindeki gereksiz ya da zayıf bağlantıların ayıklanıp güçlü ve işlevsel bağlantıların korunmasında önemli rol oynar. Ancak bu hücreler gereğinden fazla uyarıldığında bağlantıların olması gerekenden fazla ya da hatalı biçimde elenmesine ya da korunmasına yol açabilir. Bu süreçler tek başına “otizmin nedeni” olarak görülüyor ancak genetik yatkınlıkla birleştiğinde bazı bireylerde gelişimsel farklılıklar için elverişli bir zemin oluşabileceği düşünülüyor.

Bağırsak- Beyin İletişimi: Mikrobiyota Ne Söylüyor?

Son yılların en heyecan verici araştırma alanlarından biri, bağırsak ile beyin arasındaki çift yönlü iletişim. Bağırsaklarımızda yaşayan çok sayıda mikroorganizma yalnızca sindirimle ilgili değil; bağışıklık sistemi, hormonlar ve sinir ağları üzerinden beyinle sürekli etkileşim hâlinde. Bu mikroorganizma topluluğuna bağırsak mikrobiyotası deniyor. Mikrobiyota, yediğimiz besinleri parçalamaya yardımcı olmanın yanı sıra bağışıklık dengesini etkileyebiliyor, ürettiği bazı kimyasal maddeler yoluyla beyin işlevleri üzerinde dolaylı etkiler yaratabiliyor.

Büyük ölçekli çalışmalar, otizmlili bireylerin bağırsak mikrobiyotası bileşiminin, tipik gelişim gösteren bireylere kıyasla farklı olabileceğini gösteriyor. Örneğin bazı bakteri gruplarının daha az bazılarının ise daha fazla görülebildiği rapor ediliyor. Bu farklılıkların, bağırsakta üretilen bazı maddeler (metabolitler) üzerinden beyin kimyasını dolaylı biçimde etkileyebileceği düşünülüyor. Ayrıca yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak mikrobiyota verilerinden bazı ayırt edici örüntüler belirli bir doğrulukla saptanabiliyor. Bu durum, gelecekte mikrobiyotanın, farklı biyolojik göstergelerin birlikte değerlendirildiği tanı testlerinin

bir parçası olabileceğine dair umutları artırıyor. Ancak önemli bir noktayı göz önünde bulundurmak gerekiyor: Mikrobiyota son derece dinamik bir sistem. Beslenme alışkanlıkları, coğrafya, kültür, antibiyotik kullanımı ve yaşam tarzı, bağırsaktaki mikroorganizma dengesini hızla değiştirebiliyor. Bu nedenle bugün elde edilen birçok bulgu, farklı ülkelerde ve farklı beslenme alışkanlıklarına sahip topluluklarda aynı şekilde gözlemlenmeyebiliyor. Kısacası mikrobiyota, otizmin biyolojik arka planına dair önemli ipuçları sunuyor ancak şimdilik tek başına tanı koymayı sağlayacak bir gösterge olmaktan uzak.

Bu ilişki zaman zaman bilimsel bağlamın dışına taşan yorumlarla da gündeme geliyor. “Bağırsak mikrobiyotası düzelirse otizm de düzelir” gibi iddialar bilimsel olarak desteklenmiyor. Mikrobiyotayı desteklemeye yönelik yaklaşımlar

bazı bireylerde sindirim sorunlarını hafifletebilir ve genel iyi oluş hâlini iyileştirebilir ancak otizmin temel özelliklerini güvenilir biçimde değiştirdiğini gösteren güçlü kanıtlar henüz yok. Araştırmacılar, bağırsaklardaki mikroorganizmalar ile beyin arasındaki karşılıklı etkileşimi, otizmin biyolojik temelini oluşturan karmaşık tablonun bir parçası olarak görüyor, tek başına mucizevi bir çözüm olarak değil.

Erken Tanıda Teknoloji: EEG’den Yapay Zekâya

Son yıllarda otizmin erken tanısına yönelik teknolojik gelişmeler hızlandı. Uzun süre süre boyunca otizm tanısı, büyük ölçüde uzman gözlemi ve ebeveyn anlatılarına dayalı olarak konuyordu. Bugün ise otizmde beynin işleyişinde görülen farklılıklara dair ipuçlarını daha erken saptayabilen araçlar devreye giriyor. EEG ve beyin görüntüleme çalışmaları, bebeklikte görülen bazı sinirsel bağlantı örüntülerinin ilerleyen yıllardaki gelişim özellikleriyle ilişkili olabileceğini gösteriyor. Beyin herhangi bir görev yapmıyorken ölçülebilen bazı beyin dalgası örüntüleri, otizm tanısında çok erken biyolojik ipuçları sunabiliyor. Bu bulgular umut verici olsa da klinikte güvenle kullanılabilmesi için daha geniş ve uzun süreli çalışmalarla doğrulanmaları gerekiyor.

Kızlarda Otizm Neden Daha Geç Teşhis Ediliyor?

Otizm tanısı alan bireyler arasında erkeklerin sayıca daha fazla olması uzun süre biyolojik bir farklılığın sonucu olarak değerlendirildi. Oysa son yıllarda yapılan geniş nüfus çalışmaları, bu farkın önemli bir bölümünün kızların erken çocukluk döneminde daha az tanı almasından kaynaklandığını gösteriyor. Birçok kız çocuğunda otizm tanısı, sosyal beklentilerin arttığı ergenlik döneminde yoğunlaşıyor.

Bunun nedenlerinden biri, kız çocuklarda sosyal ortamlara uyum sağlıyor gibi görünme eğiliminin daha belirgin olması. Akranları taklit etme ve sosyal ipuçlarını yüzeysel olarak izleme, dışarıdan bakıldığında güçlüklerin fark edilmesini zorlaştırabiliyor. Oysa bu durum çoğu zaman yoğun zihinsel yük ve kaygıyla birlikte görülüyor. Ayrıca tanı ölçütlerinin ve klinik örneklemelerin uzun yıllar ağırlıklı olarak erkek çocuklara dayanması, kızlarda görülen daha ince ve farklı belirtilerin gözden kaçmasına yol açabiliyor.

Kızlarda sosyal zorlanmaların ve duygusal yükün kaygı, depresyon ya da dikkat sorunları gibi başka psikiyatrik bozukluklarla açıklanması da otizmin olasılığının daha geç değerlendirilmesine neden olabiliyor. Bu gecikme, uygun desteklere erişimin gecikmesine yol açıyor ve uzun vadede ruhsal yükü artırıyor. Bulgular, kızlara özgü belirtileri daha iyi saptayabilen tarama araçlarına ve klinik uygulamalarda bu farklılıkların daha iyi değerlendirilmesine ihtiyaç olduğunu gösteriyor.



Göz izleme teknolojileri otizm tanısındaki dönüşümün önemli araçlarından biri. Bebeklerin ve küçük çocukların yüzlere, gözlere ve sosyal sahneler ne kadar süre baktığı, bakışlarının konuşma ve mimiklerle ne kadar uyumlu olduğu sosyal dikkate dair daha nesnel ipuçları verebiliyor. Büyük ölçekli çalışmalar bu bakış örüntülerinin ileride ortaya çıkabilecek sosyal iletişim farklılıklarıyla ilişkili olabileceğini gösteriyor. Üstelik göz izleme yönteminde doğal ortamlarda örneğin oyun oynarken veya video izlerken ölçüm yapılabilirdi için erken tarama açısından pratik bir avantaj doğuyor.

Tablet ve oyun tabanlı uygulamalar da erken taramada giderek daha fazla kullanılıyor. Çocukların oyun oynarken ki parmak hareketlerinin hızı, dokunuşların düzeni ve dikkat süreleri ölçülüyor. Bu veriler bilgisayar destekli analizlerle bazı gelişimsel farklılıklara dair erken sinyaller üretebiliyor. Böylece tarama yalnızca klinik ortamlarla sınırlı kalmayıp ev ve okul gibi günlük ortamlarda da yapılabilir. Otizm tanısında yapay zekânın

kullanımına yönelik iki yaklaşım öne çıkıyor: İlki ebeveyn anketleri, ev videoları ve kısa davranış kayıtlarından risk tahmini yapan modeller, ikincisi ise ebeveynlerin çocuklarını anlatırken kullandıkları dilin analiz edilmesi. Sözcük seçimleri ve vurgu biçimleri, insanların kolay fark edemediği bazı ipuçları taşıyabiliyor.

Bu hızlı ilerlemenin yanı sıra önemli uyarılar da yapılıyor. Bu araçların, klinisyenin yerini alacak “otomatik tanı makineleri” gibi görülmemesi gerektiği özellikle vurgulanıyor. Çünkü otizmde tanı yalnızca ölçülebilir değişkenleri değerlendirmek değildir, çocuğun gelişim öyküsü, aile ortamı, içinde yetiştiği kültür ve gelişiminin zaman içindeki değişimiyle birlikte değerlendirmesini gerektirir. Yapay zekâ, en fazla klinisyenin elindeki bilgiyi zenginleştiren ve gözden kaçabilecek ipuçlarını görünür kılan bir yardımcı olabilir.

Bu teknolojilerin otizm tanısında kullanımında etik ve pratik sorular da gündemde: Çocuklara ait verilerin gizliliği nasıl sağlanacak? Görüntü ve ses kayıtları nasıl saklanacak? Bu veriler ticari amaçlarla kullanılacak mı? Ayrıca modellerin hangi toplumlardan toplanan verilerle eğitildiği son derece önemli, tek bir kültürdeki verilerle geliştirilen bir algoritma başka bir kültür bağlamında yanıltıcı sonuçlar verebilir ya da gerçek riskleri gözden kaçırabilir. Üstelik birçok çalışma hâlâ sınırlı örneklemelere dayanıyor

ve yeterli sayıda ülkede doğrulama çalışması yapılmış değil.

Özetle teknoloji, erken tanı için önemli bir “kapı” arıyor ancak bu kapının arkasında bilimsel doğrulama, etik ilkeler ve klinik yaklaşım ile birlikte ilerlenmesi gereken uzun bir yol var. Yapay zekâ ve dijital yaklaşımların otizm tanısındaki rolüne ilişkin en gerçekçi tablo, bu araçların uzmanların yerine geçmesi değil, onların daha erken, daha hassas ve daha kapsayıcı kararlar almasına yardımcı olması.

Dijital Destekler: Uygulamalar, Sanal Gerçeklik ve Tele-Sağlık

Bugün için otizmin temel özelliklerini doğrudan hedefleyen, evrensel olarak onaylanmış bir ilaç hâlâ yok. Klinik uygulamada kullanılan ilaçlar daha çok kaygı, dikkat güçlüğü, uyku sorunları ve huzursuzluk gibi durumları hafifletmeyi amaçlıyor yani otizmin kendisinden çok yaşam kalitesini zorlaştıran belirtilere odaklanıyor. Bu nedenle davranışsal, eğitsel ve aile temelli destekler hâlâ en güçlü kanıt tabanlı yaklaşımlar olarak öne çıkıyor. Erken yaşta başlanan yapılandırılmış eğitim programları, ergoterapi, dil ve konuşma terapileri bireyin güçlü yanlarını destekleyip günlük yaşam becerilerini geliştirmede kilit rol oynuyor.



Makhtubakhon Ismatova / iStock



Son yıllarda dijital terapiler hızla yaygınlaştı. Akıllı telefon uygulamaları, tablet tabanlı eğitim programları ve çevrim içi platformlar hem otizmli bireylere hem de bakım verenlere yardımcı araçlar sunuyor. Bu araçların önemli bir avantajı, coğrafi engelleri kısmen azaltması ve maliyetleri düşürmesi. Yüz yüze terapi hizmetlerine erişimin zor olduğu bölgelerde yaşayan aileler için çevrim içi programlar, hiç destek alamamaya kıyasla çok daha işlevsel bir seçenek olabiliyor. Ayrıca dijital araçlar, bireydeki ilerlemenin daha somut izlenmesini sağlıyor, hangi becerilerin geliştiği, hangi alanlarda zorlanma yaşandığı daha net belirlenebiliyor.

Bununla birlikte dijital terapilerin etkisi uygulamadan uygulamaya değişiyor. Bazı programlar kısa vadede dikkat, sosyal ipuçlarını fark etme ya da

günlük rutinleri sürdürme gibi alanlarda ilerleme sağlayabiliyor ancak bu kazanımların uzun vadede ne kadar kalıcı olduğu her zaman net değil. Uzmanlar, ekran temelli uygulamaların yüz yüze sosyal etkileşimin yerini almasını değil, onu tamamlaması gerektiğini vurguluyor. Aksi hâlde çocukların gerçek hayattaki sosyal ortamlardan uzaklaşması gibi istenmeyen sonuçlar doğabilir.

Sanal gerçeklik (VR) tabanlı programlar da ilgi çeken terapi araçları arasında. Kalabalık bir ortamda konuşma başlatmak, sıra beklemek ya da yüz ifadelerini ayırt etmek gibi zorlayıcı durumlar, VR uygulamaları sayesinde güvenli ve kontrollü biçimde çalışılabilir. Bazı araştırmalar, VR ile yapılan sosyal beceri eğitimlerinin geleneksel yöntemlere benzer sonuçlar verebildiğini hatta belirli becerilerde daha hızlı ilerleme

sağlayabildiğini gösteriyor. Bunun nedeni VR'nin dikkat dağıtıcı uyaranları azaltması ve kişiye göre uyarlanabilmesi olabilir. Ancak VR herkes için uygun değil. Gözlük ve başlık gibi ekipmanlar, duyu hassasiyeti olan bireyler için rahatsız edici olabilir ayrıca maliyet ve teknik altyapı gerekliliği nedeniyle her aile ya da kurum için erişilebilir olmayabilir. Bu nedenle VR, herkes için uygun bir çözüm değil, bireysel özelliklere göre seçilmesi gereken bir destek aracı olarak görülüyor.

Pandemiyle birlikte yaygınlaşan tele-sağlık uygulamaları, otizm alanında da kalıcı bir dönüşüm yarattı. Çevrim içi seanslar sayesinde aileler uzmanlara daha düzenli ulaşabiliyor, ebeveyn eğitimleri daha geniş kitlelere yayılabiliyor. Bazı kontrollü çalışmalar, tele-sağlık yoluyla sunulan davranışsal terapi programlarının belirli alanlarda yüz yüze uygulamalarla benzer etkinlikte olabildiğini gösteriyor. Bu yaklaşım özellikle kırsal bölgelerde yaşayan ya da bakım yükü nedeniyle kliniğe düzenli gidemeyen aileler için önemli bir kolaylık sağlıyor. Buna karşın tele-sağlık yaklaşımı herkes için aynı ölçüde etkili değil. Güvenilir internet erişimi, uygun cihazlar ve ev ortamının seanslara elverişliliği gibi koşullar yöntemin verimliliğini doğrudan etkiliyor. Bu nedenle tele-sağlık, yüz yüze terapi

hizmetlerinin yerine geçen bir çözümünden çok onları tamamlayan bir destek aracı olarak görülüyor.

Yapay zekâ destekli uygulamalar, bakım verenlerin ve eğitimcilerin destek programlarını daha istikrarlı biçimde uygulamasına yardımcı olma potansiyeline sahip. Günlük rutinleri hatırlatan, davranış kayıtlarını düzenleyen ve

ilerlemeyi görselleştiren araçlar, sürecin daha sistematik bir şekilde izlenmesini kolaylaştırabiliyor. Bazı yapay zekâ tabanlı sohbet botları da zorlayıcı sosyal durumların prova edilebileceği güvenli alıştırma ortamları sunabiliyor. Ancak bu yaklaşımda ciddi etik sorular var. Çocuklara ait hassas verilerin gizliliği, algoritmaların hangi verilerle eğitildiği ve bu

verilerin hangi önyargıları taşıyabileceği netleşmeden yapay zekâ yöntemlerinin klinik alanda kullanılması riskli. Ayrıca bu araçların “mucize çözüm” gibi sunulması, ailelerde gerçekçi olmayan beklentiler yaratabiliyor. Uzmanlar yapay zekânın klinisyenlerin yerini almasını değil, karar süreçlerini destekleyen bir yardımcı olması gerektiğini vurguluyor.



wildpixel/istock

Otizimde Yeni Bir Bakış: Nöroçeşitlilik

Nöroçeşitlilik yaklaşımı, otizmi düzeltilmesi gereken bir kusur ya da hastalık olarak değil, insan beyninin nörolojik çeşitliliğinin doğal bir parçası olarak ele alır. Bunu savunan pek çok otizmlili birey, dünyayı algılama biçimlerinin onlara özgü güçlü yanlar kazandırabildiğini anlatıyor: ayrıntıları fark etme, belirli konulara uzun süre odaklanabilme ya da sistematik düşünme gibi. Bu bakış açısı, otizmi yalnızca güçlükler üzerinden tanımlayan yaklaşımın dışına çıkmayı öneriyor. Dolayısıyla mesele otizmi ortadan kaldırmak değil, otizmin günlük hayatı zorlaştıran yüklerini hafifletmek ve bireyin güçlü yanlarının daha görünür olmasını sağlamak.

Bu yaklaşım “herkese aynı çözüm” fikrini de sorguluyor. Otizmlili bireylerin biyolojik ve davranışsal özellikleri birbirinden oldukça farklı, bu da tek tip destek modellerinin neden çoğu zaman yetersiz kaldığını açıklıyor. Araştırmalar, bazı özelliklerin belirli desteklerle daha iyi yönetilebildiğine işaret ediyor. Ancak burada ince bir çizgi var: Kişiyi özel destek yaklaşımlarının geçmişte kullanılan etiketleyici ya da hiyerarşik sınıflandırmaları yeniden üretmemesi gerekiyor. Son yıllarda giderek daha çok araştırma ekibi, çalışmalarını otizmlili bireyler ve ailelerle birlikte kurgulamaya çalışıyor. Bu sayede sorulan sorular da ortaya çıkan sonuçlar da gerçek hayatı daha fazla yansıtıyor.

DeneySEL Yaklaşımlar ve Kişiyi Özel Destek Arayışı

Davranışsal ve dijital desteklerin yanında deneySEL biyolojik yaklaşımlar da araştırılmaya devam ediyor. Oksitosin gibi sosyal etkileşimle ilişkili hormonların, glutamat sistemini hedefleyen ilaçların ve nöroenflamasyonu düzenlemeyi amaçlayan bazı moleküllerin etkileri farklı çalışmalarda deniyor. Ancak sonuçlar tutarsız: Küçük ölçekli çalışmalarda kısa süreli iyileşmeler görülse de daha geniş ve uzun süreli denemelerde aynı etki her zaman tekrarlanmıyor.

Otizmin alt tiplerine yönelik çalışmalarda elde edilen bulgular, belirli biyolojik özelliklere sahip bireylerin bazı desteklere daha iyi yanıt verebileceğini düşündürüyor. Bu da gelecekte “herkese aynı yaklaşım” yerine daha kişiselleştirilmiş terapi seçeneklerinin mümkün olabileceğine işaret ediyor. Ancak bu yaklaşım kolayca otizmi tedavi etme” söylemine dönüşebilir. Bu da otizmi bir nöroçeşitlilik olarak tanımlayan kapsayıcı bakış açısıyla çelişen bir dil üretme riski taşıyor. Birçok otizimli birey için hedef kimliği değiştirmek değil, zorlayıcı belirtilerin yükünü hafifletmek ve toplumsal hayata katılımın önündeki engelleri azaltmak.

Özetle otizimli bireylere yönelik destek alanında kullanılan araç seti genişliyor. Dijital terapiler, VR, tele-sağlık ve yapay zekâ destekli uygulamalar, bu hizmetlere erişimi artırma ve destekleri kişiye göre uyarlama potansiyeli taşıyor. Deneysel biyolojik yaklaşımlar ise gelecekte belirli gruplar için yeni seçenekler sunabilir. Bilimin sunduğu yeni araçların etkisi, farklı bağlamlarda ve uzun vadede yapılacak çalışmalarla daha net anlaşılacak.

Geleceğe Bakış: Her Birey için Uygun Destek

Otizm araştırmaları bugün tek bir neden ya da tek tip çözüm arayışından çok daha esnek bir yaklaşıma evriliyor. Otizmde farklı biyolojik yolların ve yaşam deneyimlerinin her birey için başka özelliklerin ortaya çıkmasına neden olduğu artık daha net görülüyor. Bu da bilimin odağını “En doğru yöntem hangisi?” sorusundan “Kimin neye, ne zaman ihtiyacı var?” sorusuna kaydırıyor.

Büyük veri ve yapay zekâ, bu sorulara yanıt ararken araştırmacıların elini güçlendiren araçlar sunuyor. Farklı kaynaklardan gelen bilgilerin birlikte değerlendirilmesi, gelişimin erken dönemlerinde daha isabetli yönlendirmelerin yapılmasına yardımcı olabilir. Ancak bu araçların tek başına mucizevi çözümler olmadığı da açık: Nasıl tasarlandıkları, kimin bu araçlara erişebildiği ve hangi amaçla kullanıldıkları, sağladıkları faydayı doğrudan etkiliyor.

Bu yüzden geleceğin destek modelleri yalnızca teknolojiye değil, ortak akla dayanmak zorunda. Bilim insanları ve uzmanların yanı sıra otizimli bireylerin ve ailelerin deneyimleri de bu sürecin ayrılmaz bir parçası. Aynı zamanda eğitim ve günlük yaşam ortamlarının daha uyumlu hâle gelmesi, desteklerin etkisini çoğu zaman terapiler kadar belirgin biçimde artırabiliyor.

Otizm grafiklerden ve istatistiklerden ibaret değil, insanların yaşamlarını doğrudan etkileyen bir durum. Her çocuk ve her yetişkin kendi ihtiyaçları ve güçlü yanlarıyla benzersiz. Bilimin sunduğu yeni araçlar umut verici fakat asıl farkı yaratan, bu bilgilerin insanların gündelik hayatını iyileştirdiği ölçüde anlam kazanması. Bilimde ilerleme sayılarda değil, insanların hayatında gerçekten bir karşılık bulduğunda anlam kazanır. ■

Kaynaklar

<https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2025.111411>
<https://sophiasmissionus.org/major-breakthroughs-in-autism-research-and-science-in-2024/>
<https://autismspectrumnews.org/2025-autism-research-year-in-review-scientific-progress-during-a-challenging-year/>
<https://www.scientificamerican.com/article/four-new-autism-subtypes-link-genes-to-childrens-traits/>
<https://www.princeton.edu/news/2025/07/09/major-autism-study-uncovers-biologically-distinct-subtypes-paving-way-precision>
<https://www.news-medical.net/news/20260209/Why-autism-is-diagnosed-later-in-females-than-males.aspx>
<https://www.scientificamerican.com/article/women-and-men-are-almost-equally-as-likely-to->
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09542-6>

Merak Ettikleriniz

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

Neden Bazen Geceyi Farklı Bir Yerde Geçirdiğimizde İyi Uyuyamayız?

Çoğumuzun başına gelmiştir, geceyi evimizden başka bir yerde örneğin bir otelde ya da misafir olarak kaldığımız bir evde geçirdiğimizde bazen çok iyi uyuyamayız. Dilimizde “yerini yadırgama” tabir edilen bu durum, uyku araştırmalarında da “ilk gece etkisi” adıyla iyi bilinen bir olgu.

Böyle gecelerde insanlar genellikle daha geç uykuya dalıyor, gece içinde daha sık uyanıyor ve uykunun rüyaların görüldüğü evresi olan REM uykusuna daha gecikmeli olarak geçiyor. Sonuç olarak toplam uyku süresi kısalıyor, uyku verimi düşüyor ve REM uykusu kısalıyor. Buna karşılık, daha yüzeysel bir uyku evresi olan hafif uyku (N1) süresi uzuyor. Bu durum beynin yeni bir ortamda geçirilen ilk gecede tam anlamıyla dinlenmek yerine daha tetikte kalma eğiliminde olması şeklinde yorumlanıyor.

Normalde uyku sırasında beynin her iki yarım küresi dinlenme moduna birbirine benzer biçimde geçiyor.

Ancak yeni bir ortamda bu denge bozuluyor. Yapılan beyin görüntüleme çalışmaları, derin uykuda bile beynin bir yarım küresinin diğerine göre daha “uyanık” kaldığını gösteriyor. Yani beyin tamamen kapanmayıp olası tehditlere karşı çevredeki uyarıları kısmen de olsa değerlendirmeye devam ediyor. Brown Üniversitesinden Yuka Sasaki ve ekibinin yaptığı bir araştırmada yeni bir ortamda uyuyan kişilerde, beynin sol yarım küresinde daha hafif uyku durumu ve dış seslere daha güçlü tepki gözlenmiş. Beyindeki bu asimetrik uyku durumunun örneğin yunuslar, balinalar ve bazı kuş türlerinde görülebilen “yarım beyin uykusu”na benzer bir güvenlik stratejisi olabileceği düşünülüyor.

Sonuç olarak yer yadırgama, yabancı ortamlardaki çeşitli mekânsal ipuçlarına bağlı olarak ortaya çıkan bir çeşit tetikte olma hâli olarak nitelenebilir. Beyin yeni ortamı güvenli kabul edene kadar uyku daha yüzeysel, bölünmüş ve huzursuz olur. Bu etki genellikle ikinci gecedan itibaren azalır.

Kaynaklar

<https://esrs.eu/news/sleep-science-friday/the-first-night-effect-of-sleep-occurs-over-nonconsecutive-nights-in-unfamiliar-and-familiar-environments/>
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.02.063>

Astronotların **Dünya'yı Uzaydan Görünce** Hissettiği “**Kuş Bakışı Etkisi**” Nedir?

“Dünya’nın çevresinde dolaşırken gezegenimizin güzelliğine hayran kaldım. Tüm dünya insanları! Bu güzelliği koruyalım ve yok etmeyelim.”
Yuri Gagarin (Vostok 1 görevi, 1961)

“Beni asıl şaşırtan şey, Dünya’nın bir kırılmanlık havası taşımasıydı. Nedenini bugün bile bilmiyorum ama bana küçük, parlak, güzel ama aynı zamanda son derece kırılman bir yuvamız olduğunu hissettirdi.”
Michael Collins (Apollo 11 görevi, 1969)

Bunlar, şimdiye kadar uzaya çıkan astronotların döndükten sonra paylaştıkları duygu ve düşüncelerine dair sadece iki örnek. Her ne kadar bilimsellikten uzak, duygusal ve romantik ifadeler gibi algılsa da bu ifadeler literatürde astronotların Dünya’ya uzaydan baktıklarında yaşadıkları derin algı değişimini ifade eden “kuş bakışı etkisi”nin (overview effect) birer yansıması.

İlk kez 1980’lerde uzay felsefecisi Frank White tarafından kavramsallaştırılan bu olgu, günümüzde psikoloji ve davranış bilimleri kapsamında incelenen bir deneyim olarak ele alınıyor. Astronotların anlatılarına dayanan çalışmalar, Dünya’yı uzaydan görmenin bireyin kendisini nasıl algıladığı, değerleri ve dünyaya bakışındaki değişimlerle bağlantılı olabileceğini gösteriyor.

Bilimsel araştırmalar, bu deneyimin özellikle güçlü bir hayranlık duygusuyla ilişkili olduğunu ortaya koyuyor. Bu duygu, kişinin kendisini daha büyük bir bütünün parçası olarak algılamasına katkıda bulunarak benlik algısının sınırlarını genişletebiliyor. Astronotlarla yapılan görüşmelerin sistematik analizleri, kuş bakışı etkisini yaşayan bireylerde insanlığa yönelik bağlılık hissinin artabildiğini, ülkeler arasındaki sınırların daha az anlamlı algılanmaya başlandığını ve Dünya’nın kırılmanlığına dair farkındalığın güçlenebildiğini gösteriyor.

Davranış bilimleri alanındaki bulgular da bu deneyimin çevreye yönelik tutumlarda değişimlerle ilişkili olabileceğine işaret ediyor; bazı astronotların uzaydan

döndükten sonra çevre koruma konularında daha güçlü bir motivasyon hissettikleri kaydedilmiş. Dahası sanal gerçeklik kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar, Dünya’yı uzay perspektifinden görmenin benzer psikolojik etkiler yaratabildiğini göstermiş. Son yıllarda yapılan nörofizyolojik araştırmalar ise kuş bakışı etkisine benzer şekilde güçlü hayranlık uyandıran ve benlik algısının sınırlarını genişleten deneyimlerin belirli beyin ağlarında ölçülebilir değişimlerle ilişkili olabileceğini düşündürüyor. Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde kuş bakışı etkisi, romantik ya da mistik bir anlatıdan ziyade bireylerin bakış açısı ve benlik algısındaki dönüşümlerle ilişkili, bilimsel olarak incelenebilir bir psikolojik olgu olarak kabul ediliyor. ■



Kaynaklar

<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/cns0000086>

<https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1196312>

<https://www.nasa.gov/the-overview-effect-astronaut-perspectives-from-25-years-in-low-earth-orbit/>

Verileri Binlerce Yıl Saklayabilen Yeni Veri Depolama Sistemi

Dr. Tuba Sarıgül [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Microsoft araştırmacıları, yüksek enerjili lazer aracılığıyla camın yapısında deformasyonlar oluşturularak verilerin kodlanmasını sağlayan bir yöntem geliştirdi. Bu sayede dijital veriler 10.000 yıl boyunca bozulmadan depolanabilir.

Dijital çağda insanlık devasa miktarda veri üretiyor. Örneğin her üç yılda bir üretilen veri miktarı iki katına çıkıyor. Yani veri depolama ihtiyacı katlanarak artıyor. Günümüzde dijital arşiv sistemlerinde kullanılan manyetik bantlar ve sabit sürücüler verileri on yıllar ölçeğinde depolayabiliyor. Kişisel, ticari, hukuki ya da bilimsel bazı verilerin ise onlarca hatta yüzlerce yıl saklanması gerekebiliyor. Dolayısıyla bu tür kritik verilerin belirli zaman aralıklarıyla yeni depolama ortamlarına aktarılması gerekiyor. Bu ise zaman alıcı ve yüksek maliyetli bir süreç.

Dijital verilerin uzun süre saklanması amacıyla camın yapısında ya da DNA'da depolanması gibi alternatif

yöntemler üzerinde çalışmalar yürütülüyor. DNA'nın veri depolama yoğunluğu (birim hacimde depolanan veri miktarı) çok yüksek. Örneğin bir gram DNA'da yüz binlerce terabayt veri depolanabiliyor. Ancak DNA'ya veri depolamak için gerekli olan biyokimyasal sentez süreci günümüzde son derece maliyetli ve depolanan verilerin okunması için ihtiyaç duyulan DNA dizileme aşaması, geleneksel dijital depolama yöntemlerine kıyasla daha yavaş.

Cam ise yaygın olarak bulunan ve düşük maliyetli bir malzeme. Southampton Üniversitesinden Prof. Dr. Peter Kazansky, camda veri depolama alanının gelişimine öncülük eden araştırmacılardan biri. Kazansky ve ekibi geçmiş yıllarda, kısa süreli lazer atımları ile camın yapısında nano ölçekte boşluklar oluşturularak verilerin camın yapısında kodlanabileceğini ve mikroskoplar aracılığıyla tekrar okunabileceğini gösterdi. Ancak bu yöntemde yüksek saflıkta silika cam kullanılması



gerekliyordu ve kodlanan verilerin tekrar okunmasını sağlayan sistem son derece karmaşıktı.

Microsoft araştırmacıları tarafından geliştirilen yeni yöntemde ise dijital veri, günlük hayatta yaygın olarak kullanılan borosilikat camların yapısında depolanıyor. Projede yüksek enerjili lazer atımları ile camın iç yapısında 2 mikrometre derinliğinde ve 100 nanometre genişliğinde deformasyonlar oluşturuldu. Bu deformasyonlar, camın içinde kırılma indisi farklı bölgelerin ortaya çıkmasına neden oluyor. Araştırmacılar bu teknolojiyi dijital verileri cama kodlamak için kullandı. Yeni yöntemle lazerin odak derinliği değiştirilerek camın iç yapısındaki farklı katmanlara veri depolamak da mümkün.

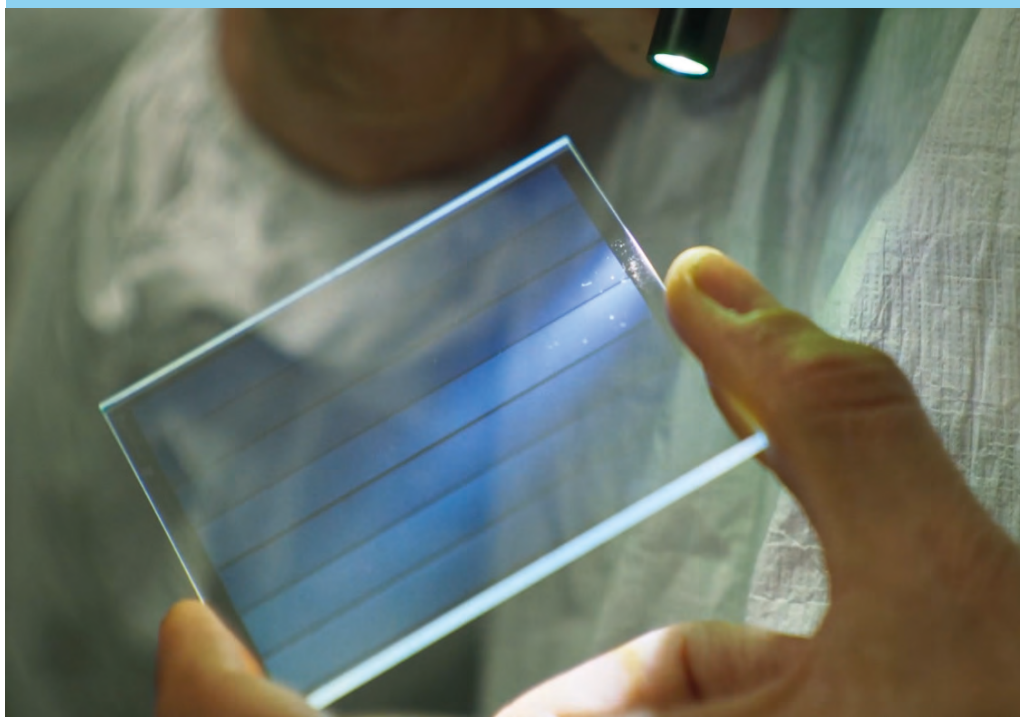
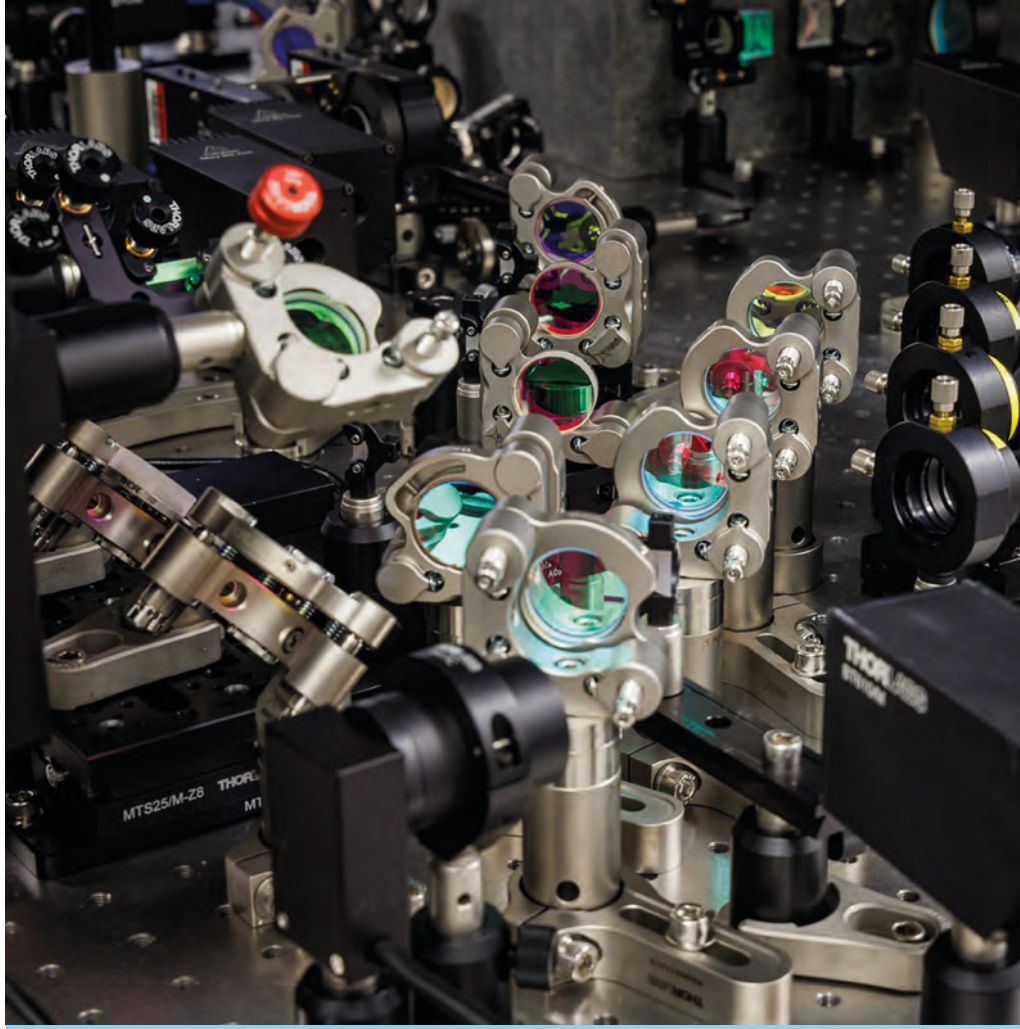
Project Slica isimli projede ışık camın içinden geçerken hızındaki ve yönündeki değişimler mikroskoplar tarafından tespit edilerek depolanan veri okunabiliyor. Araştırmacılar bu sayede bir kenarı 12 cm olan 2 mm kalınlığındaki kare bir cam levhaya 4,8 terabayt veri depolamayı başardı. Araştırmacılar verileri okumak ve birbirine yakın deformasyon bölgelerinden saçılan ışığın birbiriyle girişim yapmasını engellemek için makine öğrenimi algoritmaları kullandı.

Testler, bu yöntemle borosilikat camda depolanan verilerin, 290 °C gibi yüksek sıcaklıklarda bile 10.000 yıldan daha uzun süre bozulmadan saklanabileceğini gösteriyor. Oda sıcaklığında bu sürenin yüzlerce kat daha uzun olacağı düşünülüyor. Veriler saklanırken sıcaklık kontrollü bir ortama ya da bakıma ihtiyaç duyulmuyor.

Cama veri depolama yönteminde verilere hızlı erişim ve yazılan verilerin üzerine yeniden veri yazılması mümkün değil. Ayrıca verilerin yazılması ve okunması için özel donanımlara ihtiyaç duyulması nedeniyle bu teknoloji uzun süreli arşivlenmesi gereken verilerin depolanması için daha uygun. ■

Kaynak

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-10042-w>



Microsoft Research

Microsoft Research

Nörosembolik Yapay Zekâ

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

Yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesinde kullanılan iki ana programlama stili var: sembolik programlama ve yapay sinir ağıları. Uzun yıllar boyunca sembolik yapay zekâ ön plandaydı. Son 10-20 yılda ise yapay sinir ağılarıyla modellenen uygulamalar önemli başarılar elde etti. Birkaç yıldır üzerine yoğun araştırmalar yapılan bir konu ise bu iki programlama stiline bir arada kullanılması. Pek çok araştırmacı yapay genel zekâyâ ulaşmanın ancak sembolik algoritmalar ile yapay sinir ağılarını bir araya getiren nörosembolik yaklaşımla mümkün olabileceğini düşünüyor.





Sembolik Yapay Zekâ

Sembolik yapay zekâ uygulamalarında insan zekâsı gerektiren karmaşık problemleri çözmek için sembollerden ve sembolik mantıktan yararlanılır.

Sembolik yapay zekâ uygulamalarının temel bileşenlerinden biri, bilginin sembolik bir biçimde (insanların okuyup anlayabileceği bir biçimde) kodlanmasıdır. Bu amaçla kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Örneğin mantık programlaması olarak adlandırılan yöntemde bilgi mantıksal ifadeler ve kurallarla kodlanır. Mantık programlaması için kullanılan Prolog, ASP ve Datalog gibi dillerin tamamında kuralları ifade etmek için şu sentaks kullanılır:

$A: -B_1, \dots, B_n$

A , kuralın “başı”, $B_1, \dots, B_n$ ise kuralın “gövdesi” olarak adlandırılır. Bu sentaks, kuralın gövdesinde yer alan B_i “koşulları” doğruysa A ’nın doğru olduğunu ifade eder. Eğer bir kuralın doğruluğu herhangi bir koşula bağlı değilse kural basitçe

$A.$

biçiminde yazılır. Koşulsuz olarak doğru olan A ifadesi bir “gerçeği” kodlar. Kurallarda yer alan $A, B_1, \dots, B_n$ terimleri $p(t_1, \dots, t_n)$ biçiminde “atomik formüller” ile ifade edilir. Bu formüllerde p bir ilişkiyi, t_i terimleri ise aralarında ilişki bulunan nesneleri ifade eder. Terimlerde yer alan ifadeler sabit ya da X, Y, Z gibi büyük harflerle ifade edilen değişkenler olabilir. Yapay zekâ uygulamasına bir soru sormak için kullanılan sentaks ise şudur:

$?- B_1, \dots, B_n.$

Konunun daha iyi anlaşılması için bir örnek ele alalım:

```
baba_cocuk(ahmet, mehmet).
baba_cocuk(mehmet, ali).
anne_cocuk(ayşe, ali).
dede_torun(X, Y) :-
    baba_cocuk(X, Z),
    baba_cocuk(Z, Y).
dede_torun(X, Y) :-
    baba_cocuk(X, Z),
    anne_cocuk(Z, Y).
```

Yukarıdaki kod dizisinin ilk üç satırında yer alan “A.” biçimindeki koşulsuz ifadeler gerçekleri ifade eder. İlk satırdaki ifade Ahmet ile Mehmet arasında baba-çocuk ilişkisi olduğunu yani Ahmet’in Mehmet’in babası olduğunu söyler. Benzer biçimde ikinci satırdaki ifade Mehmet ile Ali arasında baba-çocuk ilişkisi olduğunu, üçüncü satırdaki ifade ise Ayşe ile Ali arasında anne-çocuk ilişkisi olduğunu söyler. Dördüncü ve yedinci satırda başlayıp üç satıra yayılan kurallar, iki nesne arasında dede-torun ilişkisi olması için gerekli koşulları ifade eder. Bu kurallarda yer alan büyük harflerle yazılmış X, Y, Z herhangi bir değer alabilecek değişkenlerdir. İlk kurala göre X ’in çocuğu ve Y ’nin babası olan bir Z kişisi varsa X ile Y arasında dede-torun ilişkisi vardır. İkinci kurala göreyse X ’in çocuğu ve Y ’nin annesi olan bir Z kişisi varsa X ile Y arasında dede-torun ilişkisi vardır.

Just_Super / iStock

Böyle kodlara sahip bir yapay zekâ uygulamasına Ali'nin dedesinin kim olduğunu öğrenmek için şöyle bir soru ifadesi verilir ve şöyle bir cevap alınır:

? - dede_torun(X, ali).
X = Ahmet

Sembolik yapay zekâ uygulamalarının temel bileşenlerinden biri çıkarım motorudur. Yukarıdaki sonuç, çıkarım motorunun uygulamaya verilmiş gerçekleri ve dede-torun ilişkisi ile ilgili kurallarının ilkinin kullanarak çıkarım yapmasıyla ortaya çıkar. Çıkarım motoru, dede-torun ilişkisi ile ilgili ikinci kuralı kullanarak bir cevap üretemez. Çünkü uygulamaya verilen bilgiler yetersiz kalır.

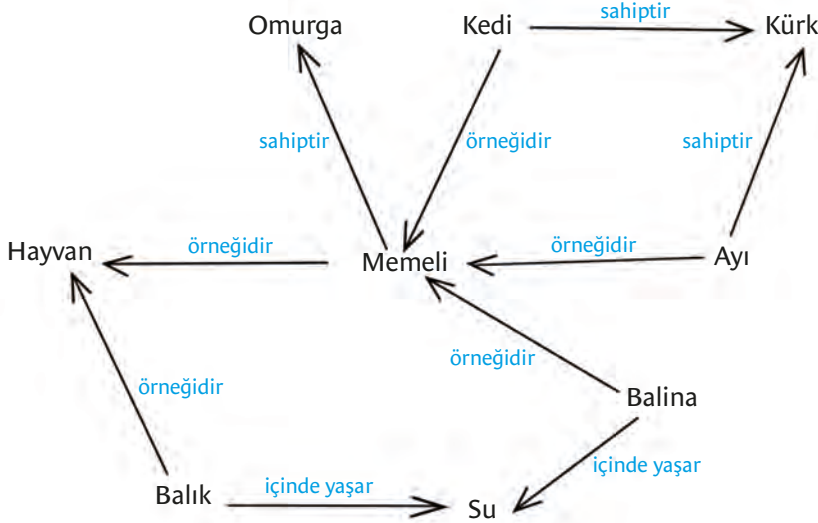
Sembolik yapay zekâ uygulamalarında bilgiyi kodlamak için semantik ağlardan da yararlanılır. Semantik ağlar, yönlü

ya da yönsüz grafiklerdir (bkz. aşağıdaki grafik). Bu grafiklerin köşelerinde kavramlar yer alır. Grafiklerin kenarları ise kavramlar arasındaki semantik ilişkileri betimler.

Aşağıdaki semantik ağı LISP programlama dilinde kodlamasını istediğimizde ChatGPT yandaki cevabı veriyor. Sağdaki kod dizisinin ilk satırında *semantic-network* isimli bir liste tanımlanıyor. Daha sonra ise listenin elemanları “anahtar-değer” çiftleri olarak sıralanıyor. Bazı değerlerin kendilerinin de listeler olduğunu görüyoruz. Bir yapay zekâ uygulamasından bu listeden balinalar hakkında çıkarım yapması istendiğinde ilk olarak balinalar ile ilgili liste elemanını kullanarak balinaların suda yaşadığını ve memelilerin bir örneği olduğunu bulur. Daha sonra memeliler ile ilgili liste

elemanından yararlanarak balinaların bir hayvan olduğu ve bu hayvanların omurgasının olduğu çıkarımını yapar.

```
(defparameter *semantic-network*  
(  
  (animal  
    ((has-subclass . mammal)  
     (has-subclass . fish)))  
  
  (mammal  
    ((is-a . animal)  
     (has . vertebra)  
     (has-subclass . cat)  
     (has-subclass . bear)  
     (has-subclass . whale)))  
  
  (fish  
    ((is-a . animal)  
     (lives-in . water)))  
  
  (cat  
    ((is-a . mammal)  
     (has . fur)))  
  
  (bear  
    ((is-a . mammal)  
     (has . fur)))  
  
  (whale  
    ((is-a . mammal)  
     (lives-in . water)))  
  
  (vertebra  
    ())  
  
  (fur  
    ())  
  
  (water  
    ())  
))
```



Sembolik yapay zekâ uygulamalarının en önemli avantajı insanların okuyup anlayabileceği sembollerle ifade edilmiş, açıkça tanımlanmış kurallara dayalı olmasıdır. Bu durum uygulamanın insan zekâsı gerektiren bir işle ilgili karar verme sürecinin nasıl ilerlediğinin kolayca anlaşılabilmesini sağlar. Ayrıca uygulamadaki hataların düzeltilmesini ve eksikliklerin giderilmesini kolaylaştırır. Örneğin yukarıdaki semantik ağı kodlandığı yapay zekâ uygulaması, balinalar hakkında bilgi vermesi istendiğinde balinaların memeli değil de balık olduğunu söylüyor olsaydı, koddaki hatalı kısmı tespit edip düzeltmek hiç de zor olmazdı. Ya da eğer uygulama papağanlar hakkında bilgi vermesi istendiğinde bir cevap bulamıyorsa

yapılması gereken koddaki listeye papağanlar ile ilgili birkaç satır eklemektir.

Sembolik yapay zekâ; kurallara dayalı, yapısal bilginin yer aldığı işlerde ön plana çıkar. İyi tanımlanmış mantık kurallarının ya da süreçlerin yer aldığı işlerde başarılıdır.

Sembolik yapay zekânın bir zayıf tarafı ölçeklendirmesinin zor olmasıdır. Yapay zekâ uygulamasının bilgi dağarcığı arttırılmak istendiğinde kodlanması gereken kuralların sayısı üstel olarak artmaya başlar. Bu durum büyük ölçekli sembolik sistemlerin geliştirilmesini ve idare edilmesini zorlaştırır. Sembolik yapay zekâ görseller, videolar ve yazılı metinler gibi yapısal olmayan veri

kaynaklarını ele almakta da pek başarılı değildir. Ayrıca sembolik yapay zekâ uygulamaları insanlar gibi örneklere bakarak ya da inceleyerek yeni bilgi edinmez, bir şeyler öğrenmez. Yeni durumlara uyum sağlamalarının tek yolu bir programcı tarafından yeniden programlanmalarıdır. Sembolik yapay zekâ uygulamalarının bir diğer zayıf tarafı belirsiz, eksik ya da muğlak durumlarla baş edememeleridir. Bu uygulamalar, kodlanmış kesin kuralları kullanarak çıkarım yapabilmek için kesin girdilere ihtiyaç duyar. İnsanlar gibi belirsiz, muğlak durumlar karşısında tavır almaz, bir çıktı üretmezler.

Sembolik yapay zekâ uygulamalarının en başarılı olduğu alanların başında “uzman sistemler” gelir. Sağlık ya da hukuk gibi mesleklerin çalışanlarına yardımcı olmak için tasarlanan bu uygulamalar, kodlarındaki kesin bilgileri ve kuralları kullanarak uzman görüşü bildirir. Örneğin sağlıkla ilgili bir uzman sistem, hastalık belirtilerinden yararlanarak hastalığın ne olduğunun tanısını yapar ve tedavisi için öneriler sunar.

Sembolik yapay zekânın başarılı olduğu bir başka alansa kuralların ve hamlelerin mantığının açıkça ifade edilebildiği satranç gibi strateji oyunlarıdır. Bu konuda akla gelen ilk örneklerden biriye IBM’in Deep Blue uygulamasıdır.



lucadp / iStock

Satranç kurallarının ve hamlelerinin mantığının sembolik bir biçimde kodlandığı yapay zekâ uygulaması, 1997’de Rus Gary Kasparov’u altı oyunluk bir maçta $3\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ yenmiş ve dünya satranç şampiyonu ünvanını elinde bulunduran bir satranç ustasını turnuva koşulları altında mağlup eden ilk yapay zekâ uygulaması olarak tarihe geçmişti.

Yapay Sinir Ağları

Yapay zekâ uygulamaları geliştirmek için kullanılan bir diğer programlama stiline uygulamalar yapay sinir ağlarıyla modellenir. İnsanların sinir sisteminin yapısından esinlenen bu modellerde yapay nöronlar (sinir hücreleri) olarak adlandırılan birimler bulunur. Biyolojik nöronlar gibi yapay nöronlar da sinapslar aracılığıyla birbirleriyle bağlantılıdır. Yapay sinir ağını oluşturan her bir nöron kendisine ulaşan bilgiyi işler ve bağlantılı olduğu diğer nöronlara aktarır.

En basit yapay sinir ağında sadece çeşitli sayıda yapay nörondan oluşan bir girdi katmanı ve yine çeşitli sayıda yapay nörondan oluşan bir çıktı katmanı bulunur. Pratik amaçlar için yararlı olabilecek bir yapay sinir ağı ise genellikle çok katmanlıdır. Derin sinir ağları olarak adlandırılan bu modellerde girdi katmanı ve çıktı katmanı arasında “gizli

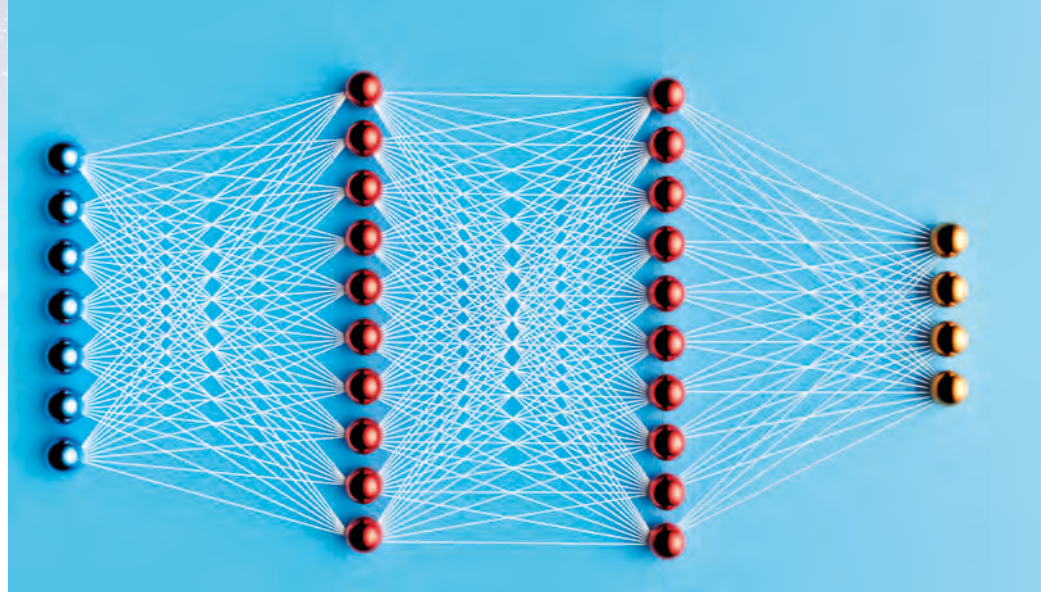
katmanlar” olarak adlandırılan, çok sayıda yapay nörondan oluşan çeşitli katmanlar bulunur. Yapay sinir ağları ile biyolojik sinir ağları arasındaki benzerlik sadece yapısalıdır. Yapay sinir ağları, yapay nöronlar arasında sayısal verilerin aktarılmasıyla çalışır.

Yapay sinir ağlarıyla modellenmiş bir yapay zekâ uygulamasında karşımıza çıkabilecek en basit sinir yapısını ve en basit hesapları ele alalım. Yukarıdaki grafikte betimlenen yapay sinir ağında bir girdi katmanı (mavi) ve bir çıktı katmanının (sarı) yanı sıra iki gizli katman (kırmızı) yer alıyor. Böyle bir sinir ağından “eğitilmiş olduğu” konularla ilgili bir görevi yerine getirmesi istendiğinde ihtiyacı olan bilgiler “sayılarla kodlandıktan” sonra girdi katmanına verilir. Eğer girdi katmanına sağlanan sayısal verileri, elemanları u_i olan bir u vektörüyle gösterirsek birinci gizli

katmandaki yapay nöronların değerlerini içeren bir v vektörü iki aşamada hesaplanır.

İlk olarak $v = w \times u + b$ hesabı yapılır. Bu eşitlikteki w , bir matrisi ifade eder. Ağırlık matrisi olarak adlandırılan matrisin elemanları w_{ij} girdi katmanındaki i numaralı yapay nöron ile birinci gizli katmandaki j numaralı yapay nöron arasındaki bağlantıya karşılık gelir, w_{ij} değeri ne kadar büyükse iki nöron arasındaki bağlantı o kadar güçlüdür. Eşitlikteki b vektörü ise hesaba bir miktar “yanlılık” katar, hesaplanan v_j değerlerinin bir miktar kaymasına sebep olur. Birinci aşama tamamlandıktan sonra v vektöründeki nihai değerleri hesaplamak için aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılan bir Φ fonksiyonu v vektörüne uygulanır: $v \rightarrow \Phi(v)$. Yaygın olarak kullanılan çeşitli aktivasyon fonksiyonlarından hangisinin

Thom Leach / SPL



tercih edileceği, problemin türüne göre değişir ve çoğu zaman hangi fonksiyonun daha iyi sonuç vereceği deneme-yanılma süreçleriyle belirlenir. Aktivasyon fonksiyonunun temel işlevlerinden biri “doğrusallığı bozmaktır”. Bu durum yapay zekâ uygulamasının karmaşık problemlerle baş etmesini kolaylaştırır. Birinci gizli katmandaki nöronların değerleri hesaplandıktan sonra sıra ikinci varsa üçüncü, dördüncü ve diğer gizli katmanlardaki ve son olarak çıktı katmanındaki nöronların değerlerinin hesaplanmasına gelir. Bu hesaplar da birinci gizli katmandaki nöronların değerlerinin hesaplanmasına benzer biçimde yapılır. Gizli katmanlardaki nöronlar kendinden önce gelen

katmandaki nöronlardan gelen sayısal veriyi işler ve sonuçları bir sonraki katmandaki nöronlara aktarır. Çıktı katmanındaki nöronların sağladığı sayısal değerler, elde edilmek istenen bilgi ile ilgili muhtemel cevapları kodlar.

Konunun daha iyi anlaşılması için bir örnek ele alalım. Örneğin ikinci el araba fiyatları hakkında tahminler yapan bir yapay zekâ uygulaması olduğunu düşünelim. Uygulamadan bir fiyat tahmini almak için ilk olarak girdi katmanına verilecek bilgilerin sayısal olarak kodlanması gerekir. Fiyatı tahmin edilmek istenen arabanın sadece yaşı ve kilometresi değil, markası, modeli ve fiyatını etkileyebilecek diğer tüm özellikleri de sayısal olarak kodlandıktan sonra derin sinir

ağının girdi katmanına verilir. Sinir ağı ağırlık matrislerini, yanlılık vektörlerini ve aktivasyon fonksiyonlarını kullanarak, sayısal verileri bir katmandan diğerine aktararak hesaplar yapar.

Böyle bir amaç için tasarlanmış bir sinir ağının çıktı katmanında sadece bir yapay nöron bulunacak ve nöronun sağladığı sayısal veri istediğiniz fiyat tahminini verecektir.

Söz konusu görseller olduğunda da yapay sinir ağları benzer bir biçimde çalışır. Bu sinir ağlarının baş kısmında konvolüsyon katmanları olarak adlandırılan, temel işlevleri görsellerdeki gizli özellikleri tespit etmek olan katmanlar bulunur. Örneğin hayvan resimlerini sınıflandırmak, resimlerin içindeki hayvanların türünü belirlemek için tasarlanmış bir yapay zekâ uygulaması olduğunu düşünelim. Böyle bir uygulamanın sinir ağı girdi olarak uygulamaya verilen resimdeki piksellerin renk kodlarını alır. İlk olarak konvolüsyon katmanları bu sayısal veriyi işleyerek resmin içinde hayvanlara ait özellikler arar. Örneğin resimde kaç tane ayak olduğunu, boynuz ya da kuyruk olup olmadığını belirler. Daha sonra diğer katmanlar hesaplara devam eder. Böyle bir yapay sinir ağının çıktı katmanında her biri farklı türde bir hayvana karşılık gelen çok sayıda yapay nöron bulunur. Hesaplar sonunda bulunan değerler, resimde bir hayvan türünün var olma “olasılığı” hakkında bilgi verir. Örneğin uygulama “Resimde %90 olasılıkla bir kaplan, %7 olasılıkla bir çita, %3 olasılıkla bir aslan vardır.” anlamına gelen bir cevap verebilir.

Yapay sinir ağlarının bir görevi başarıyla yerine getirebilmesi sinir ağının yapısına (katmanların türüne, sayısına ve her bir katmandaki nöronların sayısına), hesaplarda kullanılan ağırlık



matrisi ve yanlılık vektörünün içerdiği sayısal değerlere ve kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının türüne bağlıdır. Ancak bu etkenlerin hiçbirisi programcı tarafından önceden kesin olarak belirlenmez. Yapay sinir ağlarına dayalı bir uygulamanın başarılı bir biçimde çalışmaya başlayabilmesi, farklı alternatiflerin hangisinin en iyi sonuç vereceğinin deneme-yanılma ile belirlendiği uzun eğitim süreçleri sonunda mümkün olur.

Yapay sinir ağlarına dayalı uygulamalar her ne kadar kendilerine sunulan örneklerden yeni şeyler öğrenebilseler de insanların öğrenme sürecine kıyasla yapay zekâ uygulamalarının öğrenme süreci hayli verimsizdir. Örneğin az önce bahsettiğimiz hayvan resimlerini sınıflandıran uygulamayı ele alalım. Bir çocuğa bir hayvanın inek mi yoksa koyun mu olduğunu öğretmek için sadece birkaç resim yeterli olsa da bir yapay zekâ uygulamasının bu yeteneği kazanması için gereken

örneklerin sayısı binlerle ölçülür. Uygulamanın geliştirilme süreci özetle şu şekilde ilerler: İlk olarak uygulamanın tanınması istenen her bir hayvan türü için binlerce farklı fotoğraf bulunur. Daha sonra bu fotoğrafların bir kısmı ($\approx 75-80\%$) eğitim için geri kalanlarını ise eğitimin başarısını ölçecek testler için ayrılır. Eğitim sırasında uygulamaya hem resimler hem de resimlerdeki hayvanların türünün ne olduğu ile ilgili doğru bilgiler verilir. Uygulama o sırada sahip olduğu ağırlık matrislerini ve vektörleri kullanarak hesaplar yapar. Uygulamanın tahminleri ile doğru sonuçlar arasındaki fark ölçülür. Hata oranını azaltmak için ağırlık matrisleri ve vektörler güncellenir. Tek bir güncelleme hata oranını sıfıra yaklaştırmak için yeterli olmaz. Aynı resimleri kullanarak aynı hesaplar ve güncellemeler binlerce kez tekrar edilir. Ta ki hata oranı arzu edilen derecede düşük bir seviyeye gelene kadar. Daha sonra uygulamanın gerçek dünyada ne kadar iyi sonuç vereceği hakkında fikir edinmek amacıyla testler için ayrılan görsellerle uygulamanın başarısı

ölçülür. Eğer uygulama test görselleri için de yüksek oranda doğru sonuçlar verirse eğitimin başarılı olduğuna ve uygulamanın kullanıma hazır olduğuna karar verilir. Eğer test görsellerindeki hata oranı yüksek çıkarsa eğitimin başlangıcında seçilen parametreler değiştirilerek ve hatta belki de farklı bir sinir ağı yapısıyla eğitim sürecine yeniden başlanır. Ta ki kontrolsüz koşullar altında başarılı sonuçlar verecek bir uygulama ortaya çıkana kadar.

Yavaş bir biçimde de olsa eğitilebilmeleri, yapay sinir ağlarına dayalı yapay zekâ programlarının sembolik yapay zekâ programları karşısındaki bir avantajıdır. Ayrıca yapay sinir ağlarının ölçeklendirilmesi daha kolaydır.

Yapay sinir ağları, muğlak durumlarla da baş edebilir, iyi sonuçlar vermek için her zaman kesin bilgiye ihtiyaç duymaz. Örneğin hayvanları sınıflandıran yapay zekâ uygulaması, kendisine verilen görseller bulanık da olsa ya da görsellerdeki hayvanların tüm uzuvları gözüküyor da olsa yüksek doğrulukla tahminler yapmayı başarabilir.

Yapay sinir ağlarının en önemli dezavantajı, uygulamada kodlanmış bilginin insanların okuyup anlayabileceği bir formatta olmamasıdır. Bir yapay sinir ağının hesaplarda kullandığı matrislerin ve vektörlerin içerdiği sayısal

değerlere bakarak uygulamanın bir sonuca varırken hangi adımları takip ettiği ya da nasıl “mantık yürüttüğü” hakkında bir fikir edinmek pek kolay değildir. “Kara kutu sendromu” olarak adlandırılan bu durum yapay sinir ağlarına dayalı uygulamaların hatalardan arındırılmasını zorlaştırır. Eğer uygulama hatalı sonuçlar veriyorsa programcı basitçe sinir ağıyla ilgili sayısal verilere bakıp çeşitli sayıları “düzelterek” hataları gideremez. Yapılabilecek tek şey uygulamanın eğitiminin yetersiz olduğu, daha fazla eğitime ihtiyacı olduğu çıkarımını yapmaktır. Yapay sinir ağlarına dayalı uygulamaların hatalı bilgileri sanki gerçekmiş gibi kullanıcılara sunması yaygındır. Bu durum “yapay halüsinasyon” olarak adlandırılır.

Yapay sinir ağlarının pek çok uygulama alanı vardır: veri işleme, yüz tanıma, görüntü analizi, spam filtreleme, tıbbi teşhis... Yapay sinir ağlarının en önemli uygulama alanlarından biri de üretken yapay zekâdır. Bu uygulamalar eğitimleri sırasında öğrendikleri bilgileri kullanarak yeni metinler, resimler, videolar, müzikler üretir. Büyük dil modelleri (LLM) kapsamına giren ChatGPT, Google Gemini, DeepSeek gibi sohbet robotları da yapay sinir ağlarına dayalı üretken yapay zekâ uygulamalarının örneklerindendir. Bilimsel

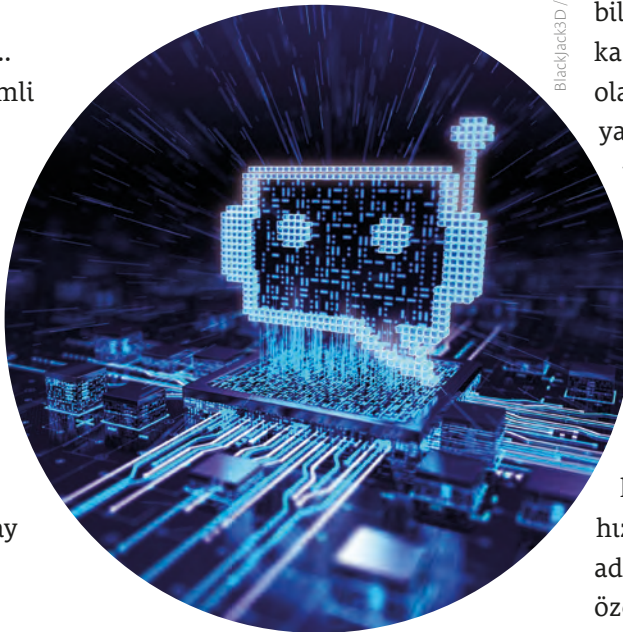
çalışmalar da yapay sinir ağlarının kullanıldığı alanlardandır. 2024 yılında Nobel Kimya Ödülü’ne konu olan, protein yapılarını tahmin eden AlphaFold programı da yapay sinir ağlarıyla modellenmişti.

Yapay Genel Zekâ

Modern yapay zekâ araştırmalarının başladığı 1950’lerde tüm bilişsel işlerde insanlar kadar hatta belki de daha iyi performans gösterebilecek makineler geliştirmenin, başka bir deyişle “genel yapay zekâ”ya ulaşmanın mümkün olduğu düşünülüyordu. Alanın kurucularından Herbert Simon 1965 yılında “20 sene içinde makinelerin insanların yapabildiği herhangi bir işi yapabileceğini”

yazmıştı. Ancak bugün hâlâ yapay genel zekâya ulaşılabilmiş değil. Bu hedefe ulaşabilmenin mümkün olup olmadığı da tartışmalara konu olmaya devam ediyor.

Ne sembolik yapay zekâ uygulamalarının ne de yapay sinir ağlarına dayalı uygulamaların çalışma biçimleri tam olarak insan düşüncesinin ortaya çıkma biçimini taklit etmez: “İkili süreç teorisi”, insan düşüncesinin ortaya çıkışında rol alan iki ayrı sistem olduğunu söyler. Bu sistemler sıklıkla “Sistem 1” ve “Sistem 2” olarak adlandırılır. Sistem 1’in bir diğer adı “kapalı sistem”dir. Otomatik bir süreç karşılık gelir. Sürecin otomatik olmasını sağlayan çeşitli bileşenler olabilir. Birincisi, insan meydana gelen zihinsel sürecin farkında olmayabilir. Örneğin süreci tetikleyen uyaran, bilinçaltını etkilemiş olabilir. İkincisi, süreç bilinçli bir şekilde başlatılmamış, kasıtsız bir biçimde gerçekleşiyor olabilir. Üçüncüsü, kontrolsüz yani bir kez başladıktan sonra tamamlanana kadar bilinçli bir biçimde durdurulamayan bir süreç olabilir. Sistem 1 kapsamına giren otomatik süreçlerin en önemli özelliklerinden biri verimlilikleridir. Otomatik olarak gerçekleşen bir süreç daha az kaynağa ihtiyaç duyar ve daha hızlıdır. Sistem 2’nin bir diğer adı ise “açık sistem”dir. İnsanlara özgü olduğu düşünülen bu sistem, kural tabanlıdır, analitiktir ve



Blackjack3D / iStock

kontrollüdür. Sistem 2, mantık standartlarına göre sıralı bir biçimde mantık yürütür. Sistem 1'e kıyasla çok daha yavaştır.

Sembolik yapay zekâ programlarının çalışması Sistem 2'ye benzer. Kural tabanlıdır, analitiktir, yavaştır. Yapay sinir ağlarının çalışması ise Sistem 1'e benzer. Otomatiktir, hızlıdır fakat iyi tanımlanmış mantık kurallarına dayanmaz.

Yapay zekânın gelişmeye başladığı dönemlerde John McCarthy, Herbert Simon ve Allen Newell gibi alanın öncüleri, insan zekâsının sembolik bir biçimde modellenebileceğini düşünmüştü. Ancak sembolik sistemler pek çok konuda yetersiz kaldı. Son zamanlarda ChatGPT gibi yapay sinir ağlarına dayalı uygulamalar önemli başarılar elde etmeye başladı. Fakat bu uygulamalar da tam anlamıyla yapay genel zekâyâ ulaşmaktan hâlâ çok uzak. Kimilerine göre yapay sinir ağlarının halüsinasyon görmesini engellemenin yolu giderek daha büyük ölçekli

(daha çok parametre içeren), daha çok eğitilmiş uygulamalar geliştirmekten geçiyor. Ancak bugün pek çok yapay zekâ araştırmacısı yapay sinir ağlarının da tek başına hiçbir zaman yapay genel zekâyâ ulaşmak için yeterli olmayacağını düşünüyor. Özellikle son zamanlarda öne çıkmaya başlayan bir yaklaşım ise sembolik programlamayı ve yapay sinir ağlarını bir araya getiren hibrit uygulamalar geliştirmek. Sonuçta insan düşüncesini ortaya çıkaran iki ayrı sistem var, sembolik yapay zekâ bu sistemlerden birine, yapay sinir ağları ise diğerine benziyor. Eğer amaç insanların yapabileceği her işi başaran makineler geliştirmekse insanların sahip olduğu her iki sisteme de sahip makinelerle bu amaca ulaşmaya çalışmak mantıklı görünüyor.

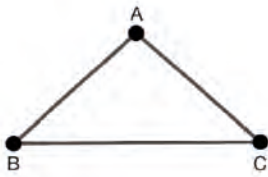
Nörosembolik Yapay Zekâ

Sembolik programlamayı ve yapay sinir ağlarını bir araya getiren yaklaşım “nörosembolik yapay zekâ” olarak adlandırılıyor.

Sembolik algoritmaları ve yapay sinir ağlarını bir araya getirmenin çeşitli yolları var. Bazı nörosembolik uygulamalarda sembolik teknikler, yapay sinir ağlarının performansını artırmak için kullanılıyor. Bu uygulamaların örneklerinden biri AlphaGeometry. Bir büyük dil modeli olan uygulamanın temel işlevi, düzlem geometri ile ilgili teoremler ispatlamak. Uygulama, bir sinir ağının sembolik bir dille üretilmiş sentetik verilerle eğitilmesiyle geliştirilmiş. Dil modeli, zorlu ispat problemlerini çözmesi için bir sembolik çıkarım motorunu yönlendiriyor. Aşağıda AlphaGeometry'nin matematiksel önermeleri nasıl ispatladığının bir örneğini görüyorsunuz.

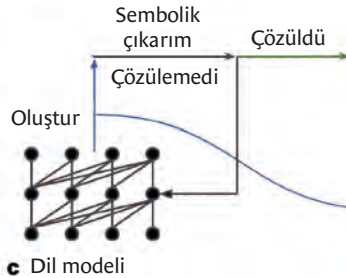
Programdan $AB=AC$ olmak üzere herhangi bir ABC üçgeninde $\angle ABC = \angle BCA$ olduğunu, başka bir deyişle bir ikiz kenar üçgenin taban açılarının birbirine eşit olduğunu ispatlaması isteniyor. Program ilk olarak sembolik çıkarımla teoremi ispatlamaya çalışıyor ancak başarılı olamıyor. Bu noktada dil modeli devreye

a Basit bir soru

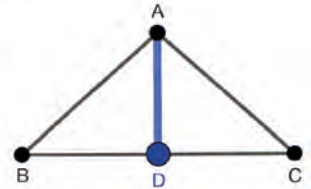


“ $AB = AC$ ise $\angle ABC = \angle BCA$ olduğunu ispatla”

b AlphaGeometry



d Çözüm



$AB=AC$, $BD = DC$, $AD=AD \Rightarrow \angle ABD = \angle DCA$ [1]
[1], BCD doğrusal $\Rightarrow \angle ABC = \angle BCA$



girerek D , BC doğrusunun orta noktası olacak biçimde bir AD doğrusu çizilmesini öneriyor. Böylece program ispatı tamamlamayı başarıyor: İlk olarak $AB=AC, BD=DC, AD=AD$ olduğuna göre (benzer üçgenler) $\angle ABD=\angle DCA$ olması gerektiği çıkarımını yapıyor. Daha sonra ise B, C, D noktalarının aynı doğru üzerinde yer almasından yola çıkarak $\angle ABC=\angle BCA$ sonucuna varıyor. AlphaGeometry, orta öğretim öğrencilerinin yarıştığı Uluslararası Matematik Olimpiyatları'nda çıkmış sorularla testten geçirildiğinde altın madalya kazanmış öğrencilere yakın bir performans ortaya koyuyor. Otuz soruluk bir testte 25 soruyu çözmeyi başarıyor.

Nörosembolik yapay zekâ uygulamalarının bir diğeri ise AlphaGo. Go oyunu oynamak için geliştirilmiş bu uygulamada yapay sinir ağları sembolik algoritmaların işini kolaylaştırıyor. Kesin kurallara dayalı bir strateji oyunu olarak

sembolik programlaya uygun olsa da Go'daki muhtemel hamlelerin sayısı 10^{170} 'in üzerinde. Bir sembolik yapay zekâ programının tüm ihtimalleri tek tek değerlendirip en iyi hamleyi seçmesi uzun zaman alan bir iş. AlphaGo programında olası tüm hamleler tek tek değerlendirilmiyor. Eğitilmiş bir sinir ağı en iyi sonucu verebilecek hamleler hakkında hesaplar yapıyor. Sembolik algoritmalar ise yapay sinir ağının yaptığı az sayıda öneri arasından en iyisini seçiyor. Böylece en iyi hamleye karar vermek için gereken zaman kısalıyor, program çok daha hızlı bir biçimde Go oynayabiliyor.

Bir başka yaklaşım, sembolik algoritmaları büyük dil modellerinin iş akışının ortasına yerleştirmek, mantık yürütme gerektiren kritik aşamalarda sembolik algoritmaların kullanılmasıyla büyük dil modellerin hatalı, istenmeyen sonuçlar üretmesini engellemek. Örneğin PAL (Program-aided

Language) modellerinde önce çözülmeye çalışılan problemle ilgili bir Python kodu oluşturmak için büyük dil modelleri kullanılıyor sonra üretilen sembolik kodlarla soru çözülüyor. Son olarak bulunan çözüm büyük dil modeli aracılığıyla yeniden konuşma diline çevriliyor.

Nörosembolik yöntemlerden robot eğitiminde yararlanan araştırmacılar da var. Örneğin J. Mao, J. Tenenbaum ve J. Wu, robotun görüş alanındaki nesneleri tespit etmek için yapay sinir ağlarından, tespit edilen nesneler arasında ilişki kurmak içinse sembolik algoritmalarından yararlanan bir sistem geliştirdi. İki nesneden hangisinin diğerinin önünde ya da arkasında, sağında ya da solunda olduğunu %99 doğrulukla belirleyecek saf bir yapay sinir ağı modeli eğitmek, yaklaşık 700.000 örnek gerektiriyor. Mao ve arkadaşlarının geliştirdiği nörosembolik sistemi aynı doğruluk oranına ulaştırmak içinse bu sayının sadece %10'u yeterli oluyor. Hatta sadece %1'i bile %92 doğrulukla sonuç veriyor.

Özet

Yapay zekâ araştırmalarının başladığı ilk dönemlerdeki ana yaklaşım sembolik yapay zekâydı. Alanın kurucuları, bilginin ve kuralların sembolik (insanların okuyup anlayabileceği) bir biçimde kodlandığı bu yaklaşımın

yapay genel zekâyâ ulaşmaya imkân vereceğini düşünüyordu. Sembolik sistemler katı kurallara dayalı, kesin bilgidен yola çıkarak çıkarım yapılan alanlarda başarılı olsa da öğrenmekte ya da belirsiz durumlarla başa çıkmakta zorlanır. Özellikle 2000'lerden sonra ön plana çıkmayan bir başka yaklaşımsa yapay sinir ağları. İnsan beyninin yapısından esinlenerek modellenen bu sistemler, verimsiz bir biçimde de olsa eğitilebiliyor ve hatta belirsiz durumlarla başa çıkmakta da gayet başarılı. Ancak kodlanmış bilginin sembolik ve kesin kurallara dayalı olmaması, yapay sinir ağlarıyla modellenmiş programların kara kutu gibi çalışmasına yol açıyor ve istenmeyen hatalar üretmelerini hâlinde düzeltilmelerini zorlaştırıyor.

Sadece sembolik ve sadece yapay sinir ağlarına dayalı modellerin eksikliklerini gidermek için son yıllarda öne çıkan bir alansa nörosembolik yapay zekâ. Nörosembolik uygulamalar, sembolik algoritmaları ve yapay sinir ağlarını bir araya getiriyor. Sembolik yapay zekânın Sistem 2'ye, yapay sinir ağlarının Sistem 1'e benzemesi, bu hibrit uygulamaların insanlar gibi düşünen yapay zekâ

uygulamalarının geliştirilmesi çabasında daha yararlı olacağını düşündürüyor. AlphaGeometry, AlphaGo gibi yapay zekâ programları, nörosembolik yaklaşımın başarısını matematik ve strateji oyunları gibi sınırlı alanlarda örneklendiriyor. Nörosembolik yaklaşımın bir gün genel yapay zekâyâ ulaşmasına imkân verip vermeyeceği ya da böyle bir hedefe ulaşmanın mümkün olup olmadığı ise tartışmalara ve araştırmalara konu olmaya devam ediyor.

Bugün var olan nörosembolik uygulamaların çoğunda sembolik algoritmalar ve yapay sinir ağları

basitçe bir araya geliyor, belirli görevleri yerine getirmek için "sırayla" çalışıyor. Ancak bu durumun da tam olarak insan düşüncesinin ortaya çıkışını taklit ettiği söylenemez. Bazı araştırmacılara göre yapay genel zekâyâ ulaşılmasına imkân verecek, sembolik programlama ve yapay sinir ağlarını daha sofistike bir biçimde bir araya getirebilen uygulamalar geliştirebilmek için "yapay zekâ üstbilişi" (yapay zekânın kendi düşünmesini takip ve kontrolü) alanında gelişmelere ihtiyaç var. ■



Kaynaklar

Jones, N., "The Great AI Mash-up", *Nature*, Cilt 647, s. 842, 2025.

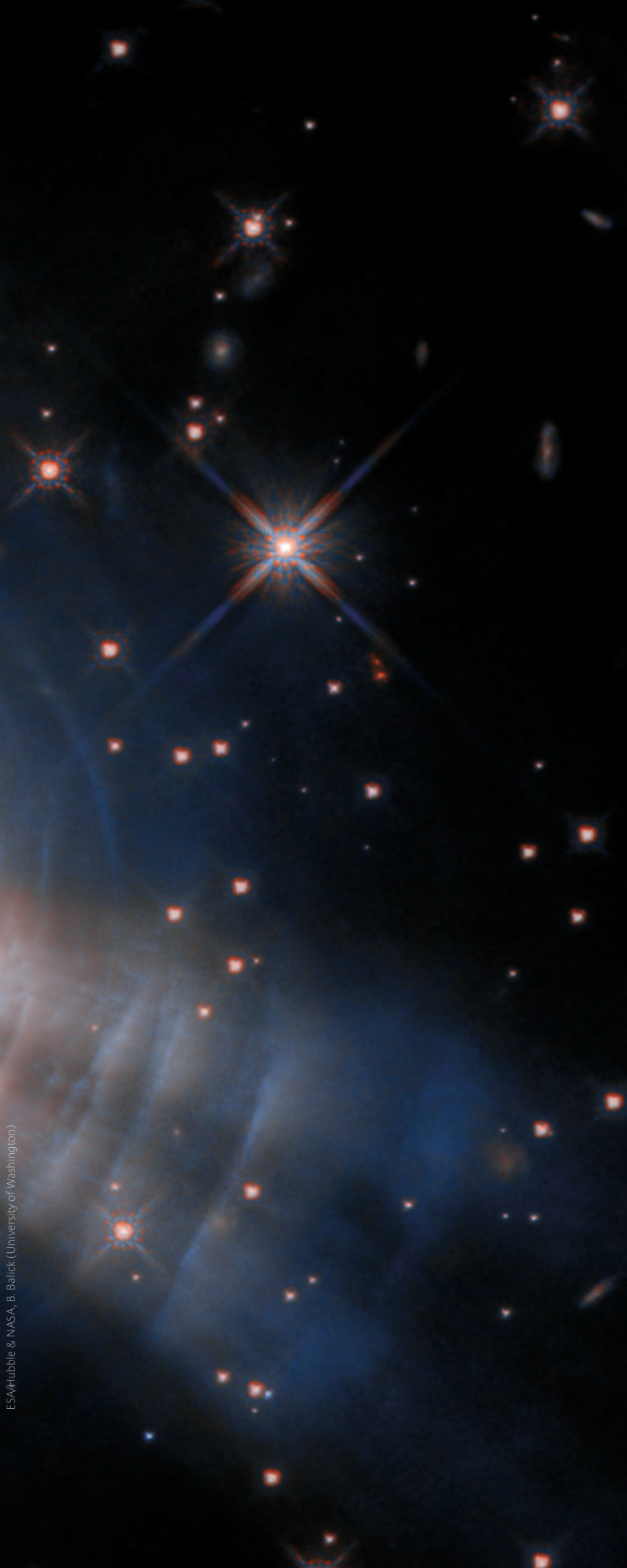
Nawaz, U. ve ark., "A review of neuro-symbolic AI integrating reasoning and learning for advanced cognitive systems", *Intelligent Systems with Applications*, Cilt 26, Makale No: 200541, 2025.

Trinh, T. H., ve ark., "Solving Olympiad geometry without human demonstrations", *Nature*, Cilt 625, s. 476, 2024.

Gao, L., ve ark., "PAL: Program-aided Language Models", *arXiv*, <https://arxiv.org/abs/2211.10435>, 2022.

Bir Yıldızın “Yaşamının” Son Aşamaları

Dr. Tuba Sarıgül [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



CRL 2688 olarak da bilinen Yumurta Bulutsusu'nun bu fotoğrafı Hubble Uzay Teleskobu tarafından çekildi.

Yaklaşık 1.000 ışık yılı uzağımızdaki Yumurta Bulutsusu, gökyüzünde Kuğu Takımyıldızı civarında bulunuyor.

Yumurta Bulutsusu'nun merkezinde, kütlesi Güneş ölçeğinde olan bir yıldız yer alıyor. Yıldız, etrafını saran yoğun toz bulutu nedeniyle doğrudan gözlemlenemiyor. Yumurta Bulutsusu, ömrünün sonuna yaklaşan bu yıldızın dış katmanlarını uzaya yayması sonucu oluştu.

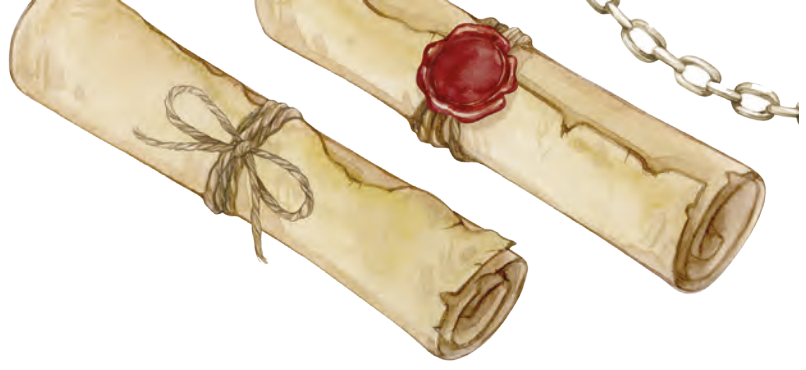
Yumurta Bulutsusu, yıldızların zaman içinde geçirdiği değişimler konusunda bilim insanlarına önemli bilgiler sağlıyor. Çekirdeğindeki füzyon tepkimelerinin devam etmesi için gerekli hidrojeni ve helyumu tüketen Güneş benzeri yıldızların dış katmanları uzaya dağılır ve çekirdeğin etrafında bir toz ve gaz bulutu oluşur. Beyaz cüce olarak adlandırılan sıcak çekirdek, etrafındaki gazı iyonlaştırarak ışık yaymasına sebep olur. Bu tür bulutsular gezegenimsi bulutsu olarak isimlendirilir. Yumurta Bulutsusu'nun çekirdeğinin sıcaklığı ise çevresindeki gazın iyonlaşmasını sağlayacak kadar yüksek değil. Bulutsunun parlaklığının kaynağı yıldızdan yayılan ışığın toz ve gaz bulutu tarafından yansıtılması. Bu nedenle de ön gezegenimsi bulutsu olarak sınıflandırılıyor.

Bugüne kadar keşfedilen ilk, en genç ve en yakın ön gezegenimsi bulutsu olan Yumurta Bulutsusu, karbon ve azot gibi yaşam için kritik öneme sahip elementlerin Güneş benzeri yıldızlar tarafından nasıl uzaya yayıldığının anlaşılmasına yardımcı oluyor. ■

Kaynak

<https://esahubble.org/images/heic2604a/>

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR



Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

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

Orta Çağlarda Hareket III



İbn Sînâ Sonrası Hareket Anlayışları

İbn Sînâ'nın (980-1037) bütün hareket türlerinin bir ortam içerisinde gerçekleştiğini savunması ve kalıcı kasrî meylin ancak ortam dirençsizse yani hareketi engelleyen bir durum yoksa mümkün olabileceğini ifade etmesi, kendisinden sonra gelen bilim insanlarını ciddi bir şekilde etkiledi ve hareket incelemelerinin seyrini değiştirdi. Doğal harekete ilişkin sorunlar henüz fark edilmediği için bilim insanlarının bütün dikkatleri fırlatma hareketi konusunda ve özellikle de İbn Sînâ'nın ortaya koyduğu kasrî meyil kavramı üzerinde yoğunlaştı. Konu hakkında iki yaklaşım öne çıktı.



Birinci yaklaşımı benimseyenler, “Kasrî meyil nesneye kazandırılan geçici bir özelliktir.” iddiasını savundu. Bu yaklaşımı benimseyenler, düşüncelerini İbn Sînâ’nın “Bütün hareketler bir ortam içerisinde gerçekleşir.” önermesine dayandırdı. Buna göre nesnenin fırlatıldıktan bir süre sonra eğri çizerek yere düşmesi, kasrî meylin geçici bir özellik olduğunu göstermektedir. İkinci yaklaşımı benimseyenlere göre ise “Kasrî meyil kalıcı bir özelliktir.” Bunların dayanakları ise İbn Sînâ’nın dirençsiz veya ideal ortamda hareketin kesintisiz devam edeceği önermesiydi. Dikkat çeken bir diğer husus ise tartışmaya katılan bilim insanlarının çoğunlukla Oxford ve Paris üniversitelerinde görevli doğa bilimcilerinden oluşmasıydı.



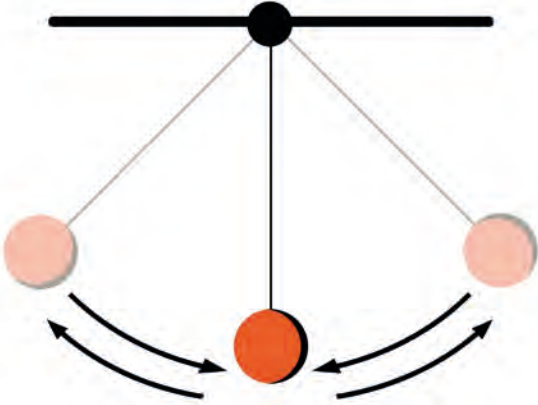
Kasrî Meyil ve Buridan’ın Zorlayıcı İtim Gücü

İbn Sînâ’nın nesneye kazandırılan itici güç düşüncesini ifade eden kasrî meyil terimi *inclinatio violenta* olarak Latinceye çevrildi. Konu hakkındaki ilk tartışmalardan birini Peter Olivi (1248-1298) gerçekleştirdi. Ancak konuyu detaylandıran Paris Üniversitesinden Jean Buridan (1300-1358) oldu. Paris Üniversitesinin rektörlüğünü yapan Buridan aynı zamanda üniversitede doğa felsefesi tartışmalarının yürütüldüğü entelektüel bir ortam oluşturdu. İbn Sînâ’nın tanımladığı kasrî meyil kavramını, *impetus impressus* (zorlayıcı itim gücü) şeklinde Latinceye çevirdi. Bu ifade konunun o sıralarda doğru biçimde kavrandığının önemli bir işareti olması bakımından dikkat çekiyordu. Zira Buridan zorlayıcı itim gücünün, İbn Sînâ’nın anlayışıyla benzer biçimde, maddenin miktarına ve hızına bağlı olduğunu ortaya koydu. Bu yaklaşımı nedeniyle Buridan’ın açıklamaları birçok noktada İbn Sînâ ile örtüşüyordu.

Mekanik konusunda ilgisini daha çok dinamik üzerinde yoğunlaştıran Buridan’ın her ne kadar özgün olmasa da zorlayıcı itim gücü tanımlaması ve fırlatma hareketini bu düşünceye dayandırarak açıklaması, o dönemde konunun yeniden tartışılmasına neden oldu. Düşüncesinde dikkat çeken birkaç husus vardı: Fırlatıcı tarafından fırlatılan nesneye kazandırılan zorlayıcı itim gücü, fırlatılan nesneye başlangıçta



ve hemen kazandırılan hız ile o nesnenin madde miktarına (ağırlığına) göre değişir. Hareket ettiren hareket ettirdiği nesneyi ne kadar hızlı hareket ettirirse ona aynı oranda daha güçlü bir itim gücü aktarır. Dolayısıyla madde miktarı ne kadar fazla olursa nesne o kadar fazla itim gücü kazanır. Bu nedenle aynı hacim ve şekle sahip tahta ve taş, bir fırlatıcı tarafından eşit hızda fırlatılırsa taşın daha uzağa gittiği görülür. Bunun nedeni onun daha fazla itim gücü taşımasıdır. Dahası bu itki, hafif olan nesneye kazandırılan itki kadar hızlı tükenmez. Bu nedenle taş fırlatıcıdan ayrıldıktan sonra bu itim gücü sayesinde hareket eder. Ancak bu güç, havanın direnci ve taşın ağırlığı nedeniyle sürekli azalır. Bu durum taş, itim gücünün hareket ettirme eğiliminde olduğu yönün tersine meylettirir.



Bu ifadelerden Buridan'ın, İbn Sînâ gibi modern momentum kavramına karşılık gelen bir düşünceden söz ettiği anlaşılır. Bilim tarihçisi Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages* (Orta Çağ'da Mekanik Bilimi) başlıklı kitabında İbn Sînâ'ya göndermede bulunduktan sonra "Buridan'ın itim gücü olarak isimlendirdiği nitelik, ilk kez Newton tarafından formüle edilen momentumla benzer boyutlara sahiptir." der.

Buridan'ın dikkat çeken bir diğer düşüncesi de zorlayıcı itim gücünü, karşıt etkenler tarafından yok edilebilir olsa bile, kalıcı bir nitelik olarak tasavvur etmesidir. Başka bir deyişle kazandırılan itim gücünün, karşıt bir direnç veya karşıt bir harekete zorlanma söz konusu olmadığı sürece sonsuza dek devam edeceğini söyler. Buridan, bu düşüncesini savunmak üzere gök cisimlerinin kesintisiz bir şekilde devam eden hareketlerini örnek verir ve "Gök cisimlerine kazandırılmış olan itim gücü hiçbir zaman azalmaz ve bozulmaz çünkü gök cisimlerinin hareket yönlerini değiştirmeye yol açacak zorlayıcı etkilere maruz kalmadıkları gibi onlar için bu itim gücünü zayıflatacak bir direnç de söz konusu değildir." der.

Buridan'ın açıklamalarındaki İbn Sînâ etkisi son tümcelerde de görülebilir. Zira o da Aristoteles'in Ay-altı ve Ay-üstü evren ayırımına dayanan geleneksel anlayışını sürdürür. Evren anlayışına dair bu sınırlandırma her iki bilim insanının geliştirdiği hareket kuramında ciddi bir kusura yol açar. Çünkü böyle bir kabul yapıldığında doğrusal ve döngüsel itim arasında kesin bir ayrıma gidilmesi mümkün değildir. Bu nedenle zorlayıcı itim gücünün doğrusal ve döngüsel yönelime nasıl yol açtığına açıklığa kavuşturulması için 16. yüzyılı beklemek gerekmiştir. Bununla birlikte yine 14. yüzyılın başlarında Oxford Üniversitesinde başlatılan yeni bir çalışma, konu hakkında yeni bir bakış açısı getirir.

Merton Okulundaki Çalışmalar

Çalışmanın öncüsü Thomas Bradwardine (1300-1349) adlı bir matematikçidir. Üniversitenin Merton Kolejinde bir kinematik araştırmaları merkezi kuran Bradwardine, burada kendisi gibi matematikçi olan William Heytesbury (1313-

1372), Richard Swineshead (öl. 1354) ve John Dumbleton'un da (1310-1349) katkısıyla hareket konusunun matematiksel açıdan bir bütün olarak ele alınmasına öncülük etti. 1325 ve 1350 yılları arasında etkili araştırmalar gerçekleştiren bu bilginler, 16. yüzyıldan itibaren gelişmeye başlayan modern kinematik çalışmalarının temellerini attı. Gruba öncülük eden Bradwardine, 1328'de *Tractatus de Proportionibus* (Oranlar Üzerine İnceleme) adlı kitabı kaleme aldı.

Bu dört bilim insanı mekanik biliminin gelişimine aşağıdaki katkıları yaptı:

1) Hareketin açıklanmasında baş vurulan dinamik ve kinematik yaklaşımlar arasında kesin bir ayrıma gidildi. Hareketin nedensel açıklanması dinamik, uzam-zaman bağıntılarına dayalı açıklanması ise kinematik bağlamda ele alındı. Bu durum modern dönem hareket anlayışının esasını oluşturdu.

2) İlk kez anlık hız konusu ele alındı. Bu sayede hem hız hem de hızdaki değişimin ifadesi olan ivme kavramının hareket açıklamalarındaki işlevinin tam olarak belirlenmesi sağlandı.

3) Eşit zaman aralıklarında eşit hız değişimlerinin gerçekleştiği düzgün ivmeli hareketin tanımı yapıldı.

4) Kinematik yaklaşımın temelini oluşturacak şekilde bir teorem geliştirildi ve kanıtlandı. Ortalama hız teoremi olarak isimlendirilen bu kinematik teoreme göre düzgün ivmeli hareket eden bir cismin belirli bir zamanda aldığı yol, bu zaman aralığının orta anındaki hızına eşit ve



Thomas Bradwardine (1300-1349)

sabit bir hızda hareket eden cismin aldığı yola eşittir.

Kinematik teorem, Galileo Galilei (1564-1642) tarafından farklı bir kavramsal çerçevede ifade edilerek nesnelerin serbest düşüşünün açıklanmasında kullanıldı. Oxford ve Paris üniversitelerinde kinematik araştırmalarını yürütenler, matematik eğitimi almış doğa filozoflarıydı.

Gelecek sayımızda Orta Çağlarda hareket konusundaki çalışmaları ele almayı sürdüreceğiz. ■

Kaynaklar

Clagett, M., *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison: The University of Wisconsin Press, 1961.

Sayılı, A., "Dinamik Alanında İbni Sînâ'nın Buridan Üzerine Etkisi", (273-277), *Uluslararası İbni Sînâ Sempozyumu*, Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı, 1984.

Topdemir, H. G., "Aristoteles'in Doğa Felsefesi ve Ortaçağ'a Yansımaları" (95-123), M. M. Söylemez, & R. Duran (Dü) içinde, *2400'üncü Yılında Aristoteles ve Aristoteles'in Dünya Tefekküründeki Yeri*, Lefkoşa: Yakın Doğu Üniversitesi, 2017.



Doğa
FLORA

Doç. Dr. Şeyda Fikirdeşici Ergen
Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Pampas Otu

Pampas otu (*Cortaderia selloana*), buğdaygiller (Poaceae) familyasına ait, erkek ve dişi çiçeklerin ayrı bitkilerde bulunduğu yani iki evcikli ve çok yıllık bir türdür. Yüksekliği çiçek sapları ile birlikte 2-4 metreye ulaşabilen pampas otunun genellikle beyaz, krem veya soluk pembe renkli çiçek salkımları vardır. Güney Amerika'nın güneyinde yetişen ve kümeler hâlinde büyüyen bir ot türüdür. 19. yüzyılda Avrupa ve Kuzey Amerika'ya peyzaj düzenlemelerinde kullanılmak üzere getirilen bu tür birçok ülkede istilacı bitki türü olarak kabul edilir.

Yabancı bir türün doğal ekosisteminin dışındaki yayılma başarısı, yüksek tohum üretme kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Pampas otunun dişi çiçekleri tek sezonda ortalama 400 bin civarında tohum üretebilir. Tohumlar çok uzak mesafelere rüzgârla taşınır ve tozlaşma bu sayede gerçekleşir. Tohumlar toprağa ulaştıklarında çok çeşitli çevre, iklim ve toprak şartlarında hızla çimlenebilir. Pampas otunu tüketen bir otobur hayvan veya hastalanmasına neden olan belirli bir patojen bulunmadığı için popülasyon artışı kontrol altında tutulamaz. Ayrıca bu bitki, su veya besin maddelerinin (özellikle azotun) azaldığı durumlara fizyolojik ve morfolojik olarak uyum sağlayabildiğinden yerel bitki türlerine karşı rekabette üstünlük sağlar. Güçlü kök sistemi sayesinde şiddetli yaz kuraklıklarına ve su stresine karşı son derece dirençlidir. Tuzluluk oranı yüksek ortamlarda hayatta kalabilmesi, bataklıklarda veya kıyı kumullarında yaşam döngüsünü rahatlıkla tamamlayabilmesi en dikkat çekici özelliklerindendir. Pampas otu, petrol kökenli organik kirleticiler, kurşun ve çinko gibi ağır metallerle kirletilmiş topraklarda bile gelişebilir.

Pampas otu istilasını genellikle tarlaların çevresi, şehirler arası yolların kenarları veya terk edilmiş araziler gibi ışık alan açık alanlarda başlar. Çok yıllık yoğun kümeler ve geniş kök sistemleri oluşturduğu için diğer bitki türlerinin habitata yerleşmesini ve büyümesini zorlaştırır. Orman ekosistemlerinde ağaç fidanlarıyla ışık, besin ve su için rekabet ederek onların gelişimini yavaşlatır. Örneğin İspanya'da sulak bir alanda yapılan araştırmada pampas otunun istila ettiği alanlarda diğer alanlara kıyasla tür çeşitliliğinin yaklaşık %30, aile çeşitliliğinin ise yaklaşık %60 oranında azaldığı tespit edildi.

Türkiye'de henüz istilacı bitki türleri arasında yer almayan pampas otu, Akdeniz iklimine uyum sağlama kapasitesi, tuzluluğa ve rüzgâra dayanıklılığı nedeniyle özellikle Akdeniz kıyı şeridi (Antalya, Mersin, Muğla) ile Aydın, İzmir ve çevresinde peyzaj ve süs bitkisi olarak yetiştirilir. ■

Kaynaklar

- Lázaro-Lobo, A. ve ark., "Monographs on invasive plants in Europe No 8: *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn", *Botany Letters*, Cilt, 171, Sayı 4, s. 383-407, 2024.
- Liendo, D. Ve ark., "*Cortaderia selloana*, an example of aggressive invaders that affect human health, yet to be included in binding international invasive catalogues", *Neobiota*, Cilt 89, s. 229-237, 2023.
- Suárez, L. Ve ark., "Hydrothermal treatment as a complementary tool to control the invasive Pampas grass (*Cortaderia selloana*)", *Science Of The Total Environment*, Cilt 807, Makale no: 150796, 2022.

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül

[TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Mars ve Satürn Tekrar Gökyüzünde

Nisan ayında Venüs ve Jüpiter, Güneş'in batışından sonra gökyüzünde ortaya çıkarken Merkür gün doğumundan önce görülebiliyor. Ay sonunda ise Mars ve Satürn, Merkür'e katılıyor. Ayın ikinci yarısı boyunca etkinliğini devam ettiren Lyrid Gök Taşı Yağmuru da nisan ayında izleyebileceğiniz etkileyici gök olaylarından.

Merkür

Merkür, nisan ayının başında Güneş'in doğuşundan hemen önce doğu yönünde kısa süreler görülebiliyor. Ancak gezegen ay boyunca ufku üzerinde çok yükselmiyor.

Merkür, 4 Nisan'da en büyük batı uzanımı konumuna geliyor. 15 Nisan'da ise Merkür ve hilal şeklindeki Ay birbirine yakın konumda. Bu tarihte Mars da gökyüzünde iki gök cisminde katılıyor. Merkür, 20-21 Nisan'da Mars ve Satürn ile birbirine çok yakın görülebiliyor. Üç gezegen de ufka çok yakın olduklarından

ancak açık bir ufukta ve yüksek bir konumdan, teleskop ya da dürbün yardımıyla gözlemlenebiliyor.

İlerleyen günlerde Güneş'le arasındaki açısal mesafe giderek azaldığından nisan ayının ikinci yarısından sonra Merkür'ü gözlemlemek hayli zorlaşıyor.

Venüs

Venüs, nisan ayında Güneş'in batışından sonra batı yönünde ufku üzerinde parlıyor. Ayın başında Güneş'ten yaklaşık 1,5 saat sonra batan Venüs'ün gözlem süresi ilerleyen günlerde uzayarak 30 Nisan'da 2,5 saate çıkıyor.

Venüs, 19 Nisan'da yeni ay evresinden yakın zamanda ayrılan Ay ile birbirine yakın görülebiliyor. Nisan ayının başında Koç Takımyıldızı'nda olan Venüs, 20 Nisan'dan sonra Boğa Takımyıldızı'na geçiyor.

Mars

9 Ocak'ta kavuşum konumundan geçen Mars, Güneş'le aralarındaki açısal mesafe yeterince büyük olmadığından birkaç aydır görülemiyordu. Mars, nisan ayının son günlerinde Güneş'in doğuşundan önce gökyüzünde tekrar ortaya çıkmaya başlıyor. Ufku üzerinden çok



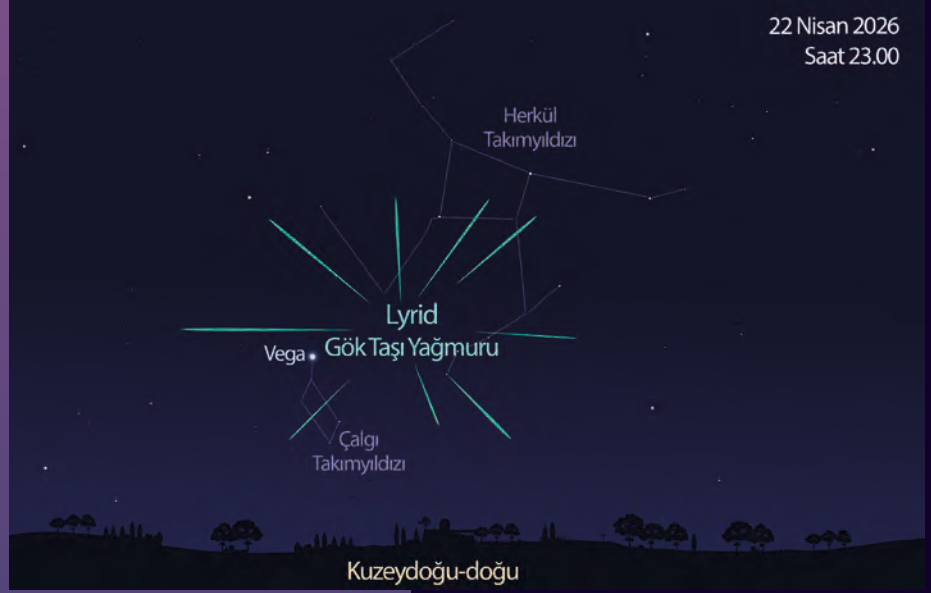
yükselmeyen Kızıl Gezegen ancak uygun gözlem koşullarında ve çok kısa süreler görülebiliyor.

21 Nisan sabahı Mars'ı, Merkür ve Satürn ile birlikte doğu yönünde ufukun hemen üzerinde görmeyi deneyebilirsiniz.

Jüpiter

Jüpiter nisan ayının başında Güneş'in batışından sonra ufukun yaklaşık 70 derece üzerinde ortaya çıkıyor ve gece yarısından yaklaşık üç saat sonra batı-kuzeybatı yönünde ufuktan batıyor. İlerleyen günlerde daha erken saatlerde batmaya başlayan Jüpiter'in gözlem süresi kısalıyor ve parlaklığı azalıyor.

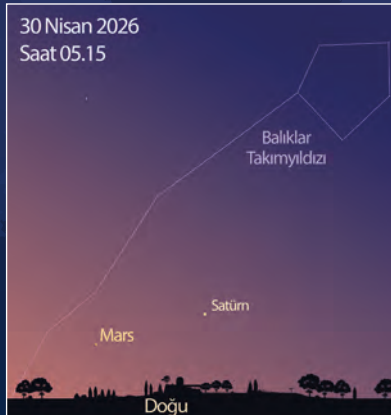
Ay boyunca İkizler Takımyıldızı'nda bulunan Jüpiter, 23 Nisan gecesi Ay ile birbirine çok yakın görülebiliyor.



Satürn

Geçtiğimiz ay yörünge hareketi sırasında Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçen Satürn, bu süreçte birkaç haftadır görülemiyordu. Satürn, nisan ayının ortasından sonra Güneş'in doğuşundan önce gökyüzünde tekrar ortaya çıkmaya başlıyor.

30 Nisan sabahı Satürn ve Mars'ı doğu yönünde ufukun yaklaşık 5 derece üzerinde birbirine yakın görmeyi deneyebilirsiniz.



Lyrid Gök Taşı Yağmuru

Lyrid (Çalgı) Gök Taşı Yağmuru, 22-23 Nisan gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor. Bu tarihte gök taşı yağmurunun saçılma noktası yani gök taşlarının gökyüzünde ortaya çıkıp etrafa dağılıyormuş gibi görüldüğü nokta gün batımından yaklaşık bir saat sonra kuzeydoğu yönünde ufuktan doğuyor ve Güneş'in doğuşundan önce şafak vaktinde ufukun üzerinde en yüksek noktaya ulaşıyor. En yüksek etkinlik sırasında saatte maksimum 18 gök taşı görülebiliyor. Bu tarihte Ay yuvarlağının yaklaşık %35'i aydınlık görüldüğünden Ay, gök taşlarının fark edilmesini belirgin düzeyde etkilemiyor.

Lyrid Gök Taşı Yağmuru sırasında gök taşları gökyüzünde kalıcı izler bırakmasa da çok parlak ateş topları oluşturabilir. Lyrid Gök Taşı Yağmuru'nun kaynağı C/1861 G1 Thatcher kuyruklu yıldızdır. İnsanlar tarafından bilinen en eski gök taşı yağmuru olan Lyrid'e ait ilk gözlem kayıtlarının geçmiş MO 687 yılına dayanır.

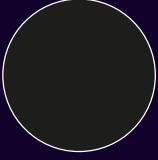
Dolunay
2 Nisan
Saat: 15.12



Son dördün
10 Nisan
Saat: 07.52



Yeni ay
17 Nisan
Saat: 14.52



İlk dördün
24 Nisan
Saat: 05.32



Veröte

7 Nisan Saat: 11.30 404.970 km

Yerberi

19 Nisan Saat: 09.54 361.633 km

Gökyüzünün Mücevherleri: Ülker Açık Yıldız Kümesi

Yedi Kız Kardeşler ve Messier 45 olarak da bilinen Ülker Açık Yıldız Kümesi, gökyüzünde çıplak gözle en kolay fark edilebilen yıldız kümelerinden biridir. Açık yıldız kümeleri aynı moleküler bulutun içinde oluşmuş ve birbirlerine kütle çekimsel olarak zayıf bir şekilde bağlı yıldız topluluklarıdır.

Ülker Açık Yıldız Kümesi'nde çıplak gözle 6-7 yıldız fark edilebilir. Aslında 1.000'den fazla yıldızdan oluşur. Ancak sonuçları *Astrophysical Journal*'da yayımlanan bir araştırmaya göre Ülker Açık Yıldız Kümesi, artık var olmayan çok daha büyük bir yıldız kümesinin çekirdeği olabilir. Avrupa Uzay Ajansı'nın Gaia görevi kapsamında oluşturulan yıldız kataloğunu inceleyen gök bilimciler, yaş ve kimyasal bileşim gibi özellikleri Ülker Yıldız Kümesi'nin üyeleri ile benzer olan yıldızları tespit etti ve 10.000'den fazla yıldızın Ülker ile akraba alabileceğini buldu.

Siz de mavi tonlardaki renkleriyle gökyüzünde kolayca fark edilebilen Ülker Açık Yıldız Kümesi'ni 24 Nisan akşamı Venüs'ün yakınlarında görmeyi deneyebilirsiniz.

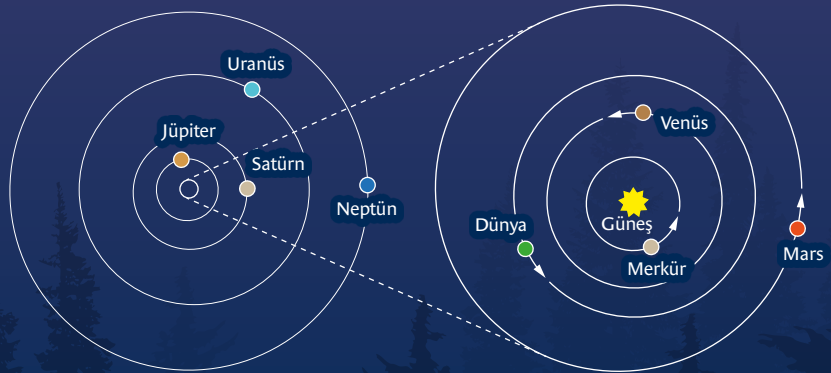


Robert Gendler / Getty Images

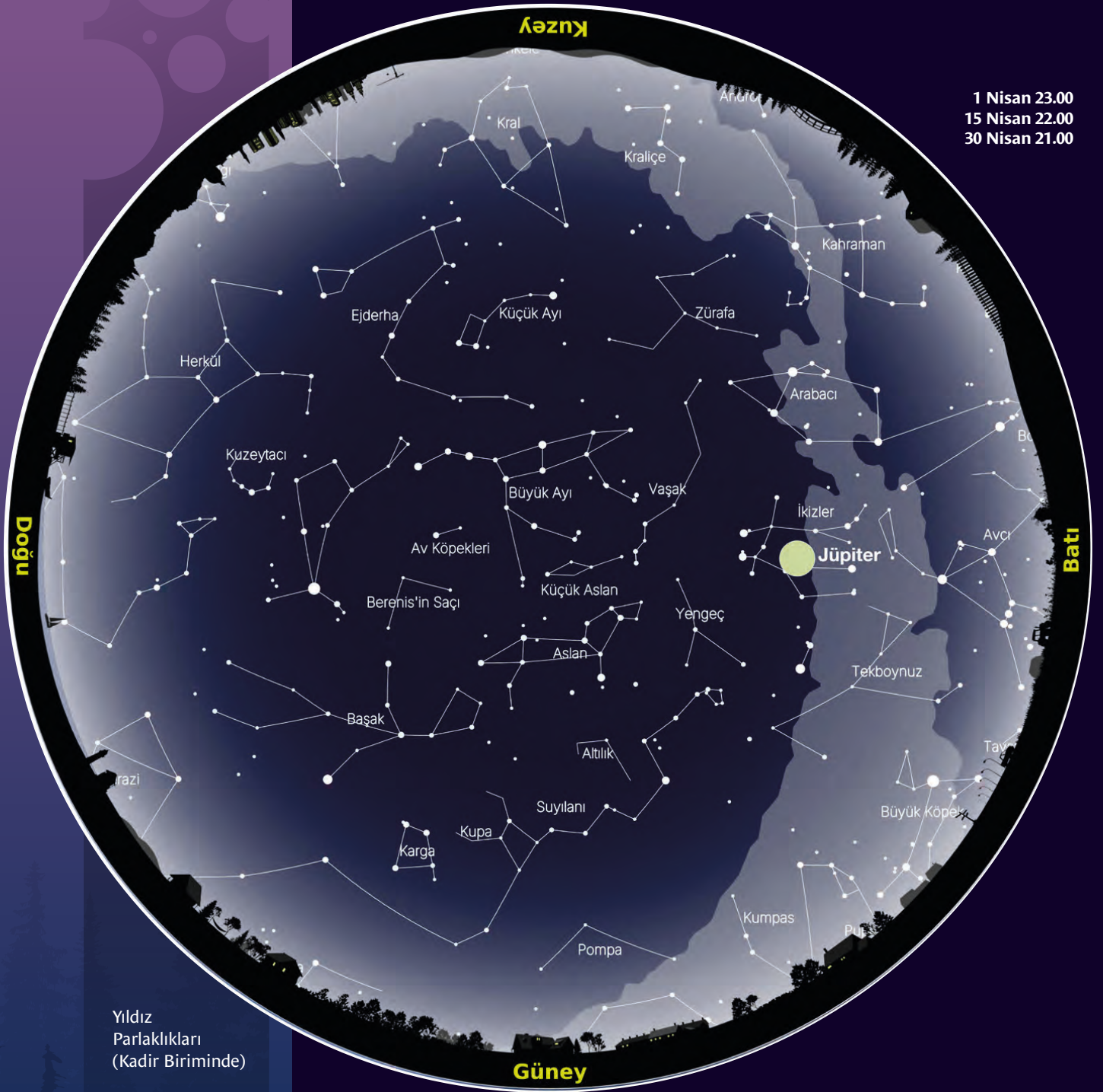
Ayın Önemli Gök Olayları

- | | |
|--------------------|---|
| 2 Nisan | Ay, dolunay evresinde |
| 3 Nisan | Ay ve Spika yakın görünümde |
| 4 Nisan | Merkür, en büyük batı uzanımı konumunda |
| 6 Nisan | Ay ve Antares yakın görünümde |
| 7 Nisan | Ay, Dünya'ya en uzak konumda |
| 10 Nisan | Ay, son dördün evresinde |
| 16 Nisan | Ay ve Mars yakın görünümde |
| 17 Nisan | Ay, yeni ay evresinde |
| 19 Nisan | Ay, Dünya'ya en yakın konumda |
| | Ay ve Venüs yakın görünümde |
| | Mars ve Satürn yakın görünümde |
| 20 Nisan | Merkür ve Satürn yakın görünümde |
| 21 Nisan | Merkür ve Mars yakın görünümde |
| 22-23 Nisan | Lyrîd Gök Taşı Yağmuru en yüksek etkinlik |
| 23 Nisan | Ay ve Jüpiter yakın görünümde |
| 24 Nisan | Ay, ilk dördün evresinde |
| 26 Nisan | Ay ve Regulus yakın görünümde |
| 30 Nisan | Ay ve Spika yakın görünümde |

Nisan Ayında Gezegenlerin Birbirlerine Göre Yörüngelerindeki Konumları



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



1 Nisan 23.00
15 Nisan 22.00
30 Nisan 21.00

Yıldız
Parlaklıkları
(Kadir Biriminde)

- - 1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Kaynaklar

- Okuyan, O. ve Köseoğlu, D. K., "2025 Gök Olayları Yıllığı", *Bilim ve Teknik*, Cilt 59, Sayı 698, 2026.
- "Observing October 2024", *Sky and Telescope*, Cilt 151, Sayı 4, s. 41-57, 2026.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 54, Sayı 4, s. 28-35, 2026.
- <https://in-the-sky.org/newscal.php>
- <https://www.imo.net/resources/calendar/>
- <https://www.scientificamerican.com/article/the-pleiades-star-cluster-has-a-secret-stellar-family/>

Düşünme Kulesi

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

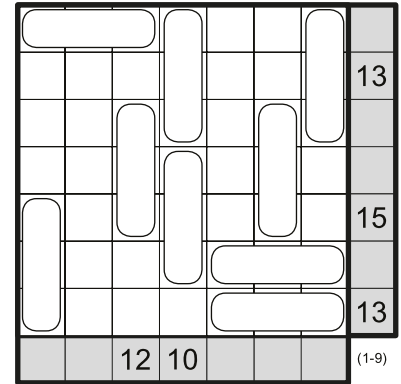
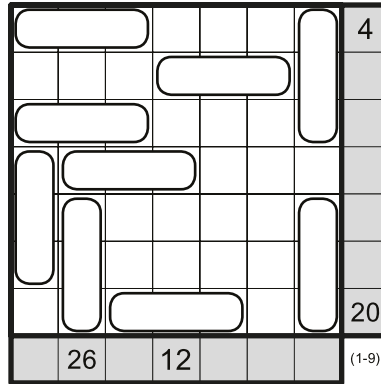
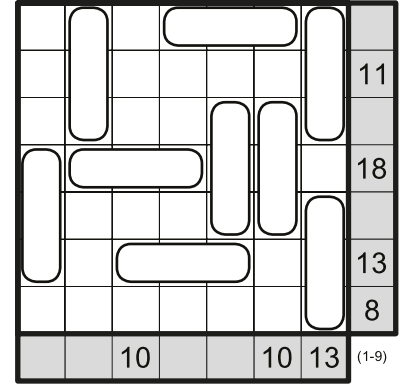
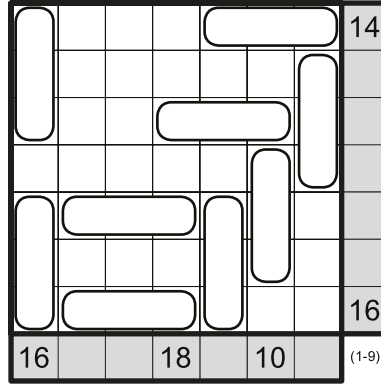
Ayın Oyunu

Kapsül

Kapsül Oyununun Kuralları

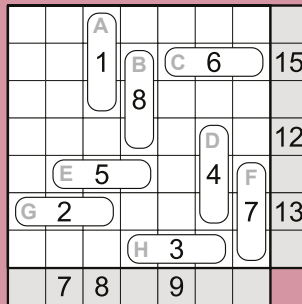
1'den 9'a (örnekte 1'den 8'e) kadar olan rakamların tümünü diyagramdaki kapsüllere yerleştirin.

Diyagramın dışındaki sayılar, o satır veya sütunda görülen kapsüllerin içindeki rakamların toplamını vermektedir.



Kapsül

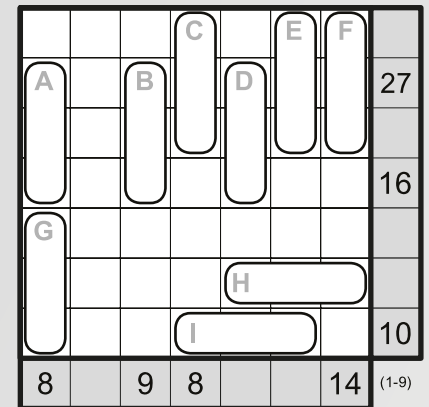
Örnek Çözüm



Ödüllü Soru

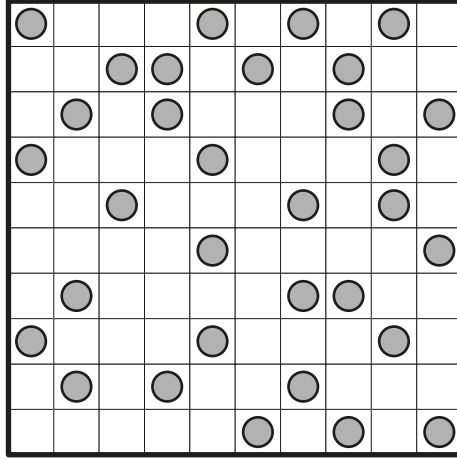
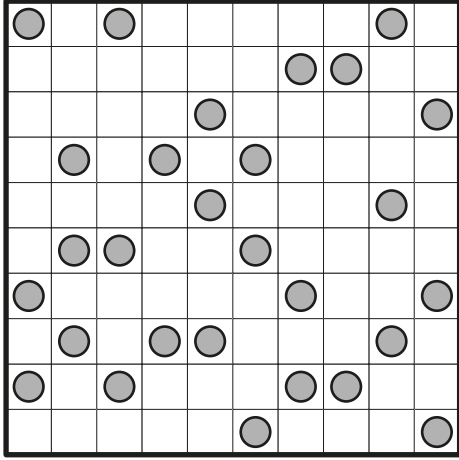
*Kapsül sorusunun doğru çözümünü *Bilim ve Teknik* internet sitesi üzerinden gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Akıllı Makineler Nasıl Düşünür?* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü Matrax sorusunu doğru yanıtlayanlar arasından çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyuruldu.

 bilimteknik.tubitak.gov.tr

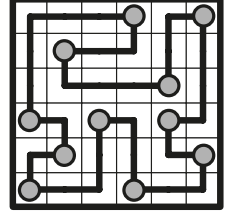


Kapsüllerin içine yerleşen rakamlar kapsüllerin harfleri dikkate alınarak yazılmalıdır. Mesela soldaki örnek çözüm için A:1, B:8, C:6, D:4, E:5, F:7, G:2, H:3 şeklinde olmalıdır.

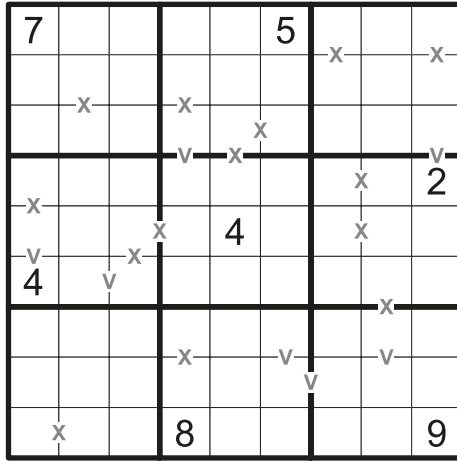
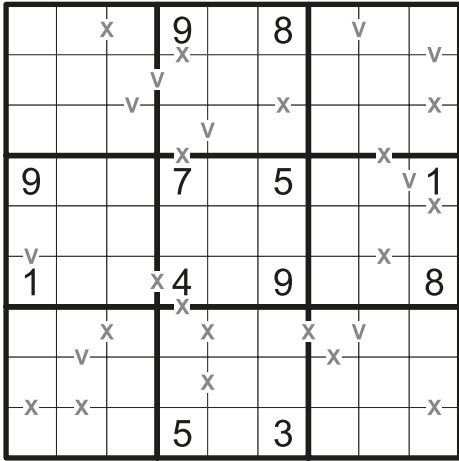
Köşe Kapmaca: Yatay veya dikey yönde ilerleyerek diyagramdaki hücrelerin hepsinden geçen ve kendisini kesmeyen kapalı bir yol çizin. Yol, her çemberde yön değiştirmeli ve iki çember arasında yalnızca bir köşe bulunmalıdır.



Köşe Kapmaca
Örnek Çözüm



XV Sudoku: Her satırda, her sütunda ve kalın çizgilerle belirtilmiş her bölgede 1'den 9'a kadar rakamlar tam olarak bir kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun. Ayrıca kenardan komşu olan iki hücrede yer alan rakamların toplamı 5 ise aralarına V işareti, toplamı 10 ise aralarına X işareti konulmuştur. Bu işaretler, toplamı 5 ya da 10 olan, kenardan komşu tüm hücrelerin arasına konulmuştur.



XV Sudoku
Örnek Çözüm

1	4	2	7	5	8	3	9	6
6	9	8	3	2	1	7	5	4
7	3	5	9	6	4	8	2	1
9	5	7	6	3	2	1	4	8
3	2	4	8	1	9	6	7	5
8	1	6	5	4	7	2	3	9
5	8	3	4	7	6	9	1	2
4	6	1	2	9	3	5	8	7
2	7	9	1	8	5	4	6	3

Geçen Sayının Çözümleri

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

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

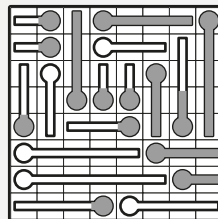
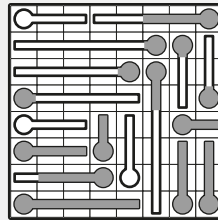
1	5	6	2	4	3
4	6	3	1	5	2
2	4	5	3	6	1
3	2	4	5	1	6
6	1	2	4	3	5
5	3	1	6	2	4

Ödüllü Soru:
Matrax

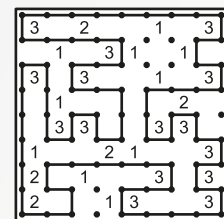
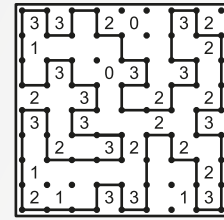
3	6	2	4	1	5
5	3	1	6	4	2
6	4	3	5	2	1
2	5	6	1	3	4
4	1	5	2	6	3
1	2	4	3	5	6

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

Matrax



Termometre



Çit



Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr]

Unutulmuş Ustalar 2: Rudolf Charousek

“Unutulmuş Ustalar” yazı dizisi içinde bu ay ele alacağımız ikinci usta Rudolf Rezső Charousek (1873–1900). Charousek, satranç dünyasında hızla yükselip sonra da birden sahneden çekilen olağanüstü yetenekli bir diğer oyuncu. Bugünkü Çek Cumhuriyeti’nin başkenti olan Prag’da doğmakla birlikte Prag’ın o sırada Avusturya-Macaristan İmparatorluğu içinde yer alması nedeniyle günümüzde Macar ya da Çek-Macar bir oyuncu olarak hatırlanır. Yetiştği çok uluslu ortamın da etkisiyle Çekçe, Macarca ve Almanca konuşabilen çok kültürlü bir entelektüeldi.

Satranca geç başlamasına rağmen (yaklaşık 15 yaşında) olağanüstü bir

hızla kendini geliştirdi. Bu geç başlangıca rağmen oyunu çok hızlı kavraması, çağdaşları ve daha sonra onu inceleyen tarihçiler tarafından neredeyse mucizevi olarak değerlendirilmiştir. Bu ilk yıllarda kendisine hediye edilen Paul Rudolf von Bilguer’in “*Handbuch des Schachspiels*” adlı temel eserinden yoğun biçimde yararlandı. Hukuk tahsili için gittiği Kassa’da (bugün Slovakya’daki Kosice) o dönemde Orta Avrupa’da yaygın olduğu üzere satranççıların gittiği birçok kafe vardı. Burada tecrübeli oyuncularla temas eden Charousek, çok geçmeden agresif ve kombinatif oyun tarzıyla sivrildi. Buna uygun olarak partilerinde şah gambiti, Evans gambiti gibi riskli açılışları tercih

ediyordu. Bununla birlikte pozisyonel oyuncuların sevdiği daha esnek bir açılış olan vezir gambitini de oynadığı oluyordu. Kendine güveni artınca o dönemde Macaristan’ın en kuvvetli oyuncusu olan Geza Maroczy ile iki maç yaptı, bunların birincisini 2-1 kazanırken ikincisini 5-9 gibi net bir skorla kaybetti. Cesareti kırılmayan ve Kassa’daki satranç çevresi artık ona dar gelmeye başlayan Charousek, hukuk tahsilini tamamlamak üzere Budapeşte’ye gitti. Burada organizatörlerin ilgisini çekmeyi başardı ve 1896’da Nürnberg’de yapılan Emanuel Lasker, Wilhelm Steinitz, Mikhail Chigorin gibi devlerin katıldığı bir turnuvaya davet edildi. Turnuva masraflarını karşılayacak durumda olmayan genç

yetenek, arkadaşları arasında toplanan para sayesinde ilk uluslararası deneyimini yaşayacağı Nürnberg’in yolunu tuttu. Buradaki performansı çok iyi olmasa da (19 oyuncu arasında on ikincilik) zamanın şampiyonu Lasker’i yenmesi büyük önemli bir başarıydı. Bu sayede uluslararası tanınırlığı arttı. Zaten Nürnberg, Charousek’in böyle vasat bir sonuç elde edeceği ilk ve son uluslararası turnuva oldu. Gerçekten de iki ay sonra Budapeşte’de yapılan önemli bir turnuvada Chigorin’le birlikte birinci oldu. Bir yıl sonraki Berlin 1897 turnuvasında yine birinciydi. Bu turnuvada kötü bir başlangıcın (dört oyun sonunda yalnız bir puan) ardından üst



üste dokuz galibiyet olarak gerçekleştirdiği geri dönüş, satranç tarihinin en etkileyici performanslarından biri olarak kabul edilir.

Bu başarılarından sonra satranç dünyasının görmezden gelemeyeceği bir konuma yükselen Charousek, dönemin dünya satranç şampiyonu Lasker'in de dikkatini çekti. Lasker, Charousek'te potansiyel bir dünya şampiyonu gördüğünü söylüyordu! Hatta ikisi arasında bir şampiyonluk maçı yapıp yapılamayacağı satranç çevrelerinde konuşulur oldu. Ancak kader buna izin vermedi. Bir soğuk algınlığı önce zatürreye dönüştü ardından da

Charousek'in ilerlemiş tüberküloza yakalandığı anlaşıldı. Son derece zayıf ve bitkin bir hâlde 1898'da katıldığı Viyana turnuvasında yine de ikinci olmayı başardı. Hastalığı hızla ilerledi, bu yetenekli oyuncu iki yıl sonra akciğer tüberkülozundan yaşamını yitirdiğinde yalnızca 26 yaşındaydı.

Şimdi onun en ünlü oyunlarından birini inceleyelim. Bu unutulmaz partide Charousek'in nasıl "aman vermez" bir oyuncu olduğunu izleyeceğiz.

Charousek-Wollner

Kaschau, 1893
Danimarka gambiti

1. e4 e5 2. d4 exd4 3. c3 dxc3 4. Fc4 Af6 5. Af3

Fc5 6. Axc3 d6 7. 0-0 0-0

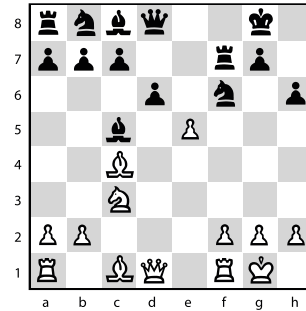
8. Ag5 h6?

Beyazın f7'ye yüklenişini görmezden gelen önemli bir hata. Wollner rakibinin iki hafif figüre karşılık kale almak istemeyeceğini ve atını geri çekeceğini düşünüyor. Ama Charousek'in bambaşka bir planı var.

9. Axf7 Kxf7 10. e5!

Charousek siyahın d6 piyonunun açmazda olmasından yararlanarak f6 atına saldırıyor ve tempo kazanıyor (Diyagram 1).

Diyagram 1



10...Ag4 11. e6!

Rakip pozisyonun kalbine mızrak gibi saplanan bir hamle! Siyah 11...dxe6 oynarsa 12. Vxd8 var.

11...Vh4

Wollner hem f2 hem de h2'ye saldırarak karşı oyun elde etmeye çalışıyor ama nafile...

12. exf7+ Şf8

12...Şh7 13. f8=A+! Şh8 14. Ag6+ ve siyah veziri alır.

13. Ff4!

Charousek bir taş geliştiriyor ve h2'yi koruyor, f2'yi umursamıyor bile!

13...Axf2 14. Ve2 Ag4+

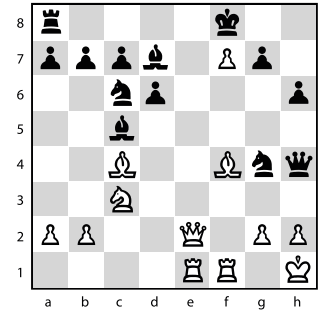
15. Şh1 Fd7

Beyaz 16. Ve8# ile tehdit ettiğinden bu hamle gerekiyordu.

16. Kae1 Ac6

Siyah çaresizce e8'i savunmaya çalışıyor. Ama çok geç (Diyagram 2).

Diyagram 2

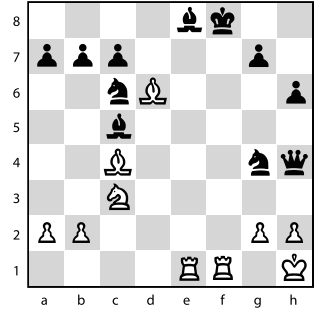


17. Ve8+! Kxe8 18.

fxe8=V+ Fxe8 19. Fxd6#

(Diyagram 3).

Diyagram 3



Matla biten çifte vezir fedası! Charousek'in rakibine bir an dahi nefes aldırmadığı enfes bir oyun. Çok sonra

Amerikalı akademisyen, edebiyatçı ve satranç yazarı Kester Svendsen (1912-1968) “*Son Tur*” adlı kısa hikâyesinde bu oyunu adeta bir karakter gibi kullandı. Hikâyede yaşlı bir satranç ustası 50 yıldır “mükemmel oyunu” oynama peşindedir. Dünya şampiyonluğu turnuvasının son turunda yarım puan gerisinde olduğu güçlü Rus usta Rolavsky (eserdeki hayal ürünü bir karakter) ile eşleşir. Kendisi beyazlarla oynayacaktır. Oyun, Charousek-Wollner oyunundaki aynı hamlelerle gelişir ve ustamız yıllardır beklediği mükemmel oyunu kazanır. Hayali sonunda gerçek olmuştur!

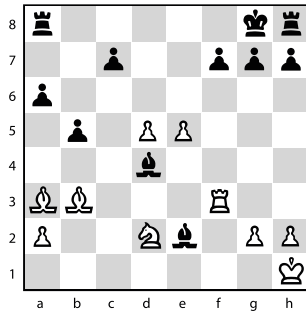
“Charousek eğer yaşasaydı hangi zirvelere ulaşırdı?” sorusu ne yazık ki sonsuza kadar cevapsız kalacak.

Ayın Soruları

Ayın soruları olarak Charousek’in oyunlarından iki pozisyon seçtik. Bakalım siz de onun nasıl kazandığını bulabilecek misiniz?

Diyagram 4

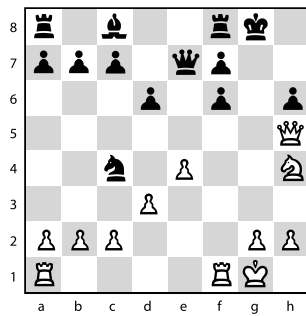
Charousek-Englander
Kaschau, 1891



Sıra, kalesi tehdit altında olan Charousek’de. Sizce nasıl kazandı?

Diyagram 5

Charousek-Lehner
Budapeşte, 1897

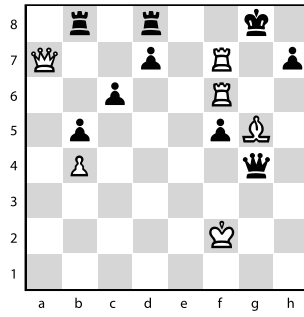


Siyah son hamlesinde 15...Axc4 oynayarak Charousek’in c4’teki filini almıştı. Charousek nasıl kazandı?

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Son yazımızda sizlere yapay zekâ tarafından kurulmuş üç etüt sunmuştuk. Şimdi bunların çözümlerini veriyoruz:

Diyagram 6



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

1. Kg6+!

Beyaz daha ilk hamlede iki kalesini birden siyaha sunuyor.

1...Şxf7

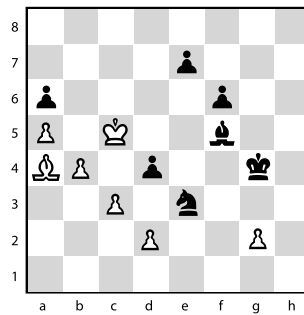
1...hxg6 2. Va1 ve beyaz kazanır.

2. Va1! hxg6 3. Vf6+ Şg8

4. Fh6!

Ve kazanır çünkü 5. Vg7# önlenemez. Açık tahtada siyah vezirin beyaza şah çekebileceği bir kare bulamaması ilginç.

Diyagram 7



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

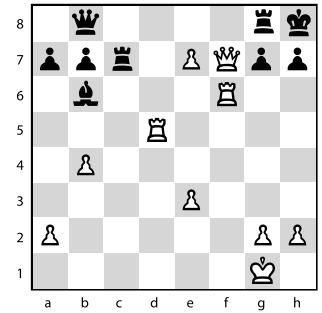
1. cxd4 Axc4 2. Şb6 Fc8

3. Fc6 Af4 4. Fb7 Fxb7

5. Şxb7 Ad5 6. b5 Ab4 7. bxa6 Axa6 8. Şxa6 f5 9. Şb6 f4 10. a6 f3 11. a7 f2 12. a8=V f1=V 13. Vg8+ Şh4 14. Vh7+

Bu hamlenin ardında beyaz e7 piyonunu alır ve kazanır.

Diyagram 8



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

1. Kd8! Vxd8 2. exd8=A!

Kc1+

2...Kxf7 3. Axf7#.

Boğmaca matı!

3. Kf1 Fxe3+ 4. Şh1 Kxf1+

5. Vxf1 Kxd8

Şimdi siyahın 6. Kc8 ve 7. Kc1 tehdidi var.

6. g3

Bu hamleden sonra çok kolay olmasa da beyaz için kazanç var. Motor beyaz için +3 üstünlük veriyor. ■

Ayın Sorusu

Prof. Dr. Azer Kerimov
Bilkent Üniversitesi, Matematik Bölümü

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



Bu ay:
Başıma Yıldırım Düştü!
Olasılıkların İlginç Dünyası



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

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



bilimteknik.tubitak.gov.tr



Cücelerin Fındıkları Satranç Tahtasına Dağıtması

Ayın Sorusu

Cücelerin çiftliğini ziyaret eden Keloğlan cücelere hediye olarak bir sepet fındık getirir ve cücelerden fındıkları saymalarını ister. Cüceler sepette tam olarak 550 fındık bulunduğunu söyler. Keloğlan sepetteki fındıkları kullanarak cücelere bir ödev hazırlar. Bunun için Keloğlan ilk olarak çiftliğin avlusuna 10×10 boyutlarında bir satranç tahtası çizer ve cücelerden sepetteki 550 fındığın tamamını bu satranç tahtasının birim karelerine yerleştirmelerini ister.

Kurallara göre cücelerin 10×10 boyutlarındaki satranç tahtasının tam olarak 10 birim karesine birer, tam olarak 10 birim karesine ikişer, ... , tam olarak 10 birim karesine dokuzar ve son olarak tam olarak 10 birim karesine ise onar fındık yerleştirmesi gerekmektedir. Cüceler bu kurallara uymak koşuluyla hangi birim kareye kaç fındık yerleştireceklerine kendileri karar verecektir. Fındıklar kurallara uygun şekilde yerleştirildikten sonra satranç tahtasının 10 satırından her birinin ve 10 sütunundan her birinin puanı hesaplanır. Tanıma göre bir satırın puanı, bu satırın birim karelerinde bulunan farklı fındık sayılarının oluşturduğu kümenin eleman sayısına eşittir. Benzer şekilde bir sütunun puanı, bu sütunun birim karelerinde bulunan farklı fındık sayılarının oluşturduğu kümenin eleman sayısına eşittir.

Örnek olarak cüceler birinci satırdaki her birim kareye birer, ikinci satırdaki her birim kareye ikişer, ... , dokuzuncu satırdaki her birim kareye dokuzar ve son olarak onuncu satırdaki her birim kareye onar fındık yerleştirirse on satırdan her biri sadece eşit sayıda fındık içeren birim karelerden oluşacaktır. Sonuç olarak bu on satırdan her birinin puanı 1 olacaktır.

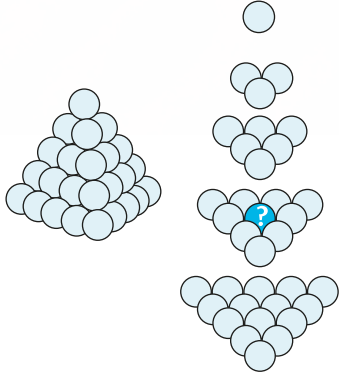
Diğer taraftan on sütundan her birinde hem bir, hem iki, ... , hem dokuz ve hem de on fındık içeren birim kare bulunacaktır. Sonuç olarak bu on sütundan her birinin puanı 10 olacaktır. Ödevin kurallarına göre cüceler fındıkların tamamını yerleştirdikten sonra Keloğlan her satırın ve sütunun puanını hesaplıyor ve elde edilen bu 20 sayının en büyüğü (en büyük puana eşit olan birkaç satır veya sütun puanı olabilir) cücelerin fındık yerleştirmesinin sonuç puanı oluyor. Örneğin yukarıda örnek olarak verilmiş dağıtımın sonuç puanı 1, 1, ... , 1, 10, 10, ... , 10 sayılarının en büyüğü olan 10 sayısıdır. Cücelerin ödevdeki amacı fındık yerleştirmesinin sonuç puanının mümkün olduğunca küçük bir sayı olmasıdır.

Cüceler 550 fındığın tamamını kurallara uygun olarak yerleştirerek oluşturdukları dağıtımın sonuç puanını en az kaç yapabilir? Bu sonuç puanını elde etmek için cücelerin fındıkları nasıl yerleştirmeleri gerektiğini açıklayınız. Elde edilen sonuç puanından daha küçük sonuç puanı olan herhangi başka bir dağıtımın neden bulunmadığını kanıtlayınız. ■

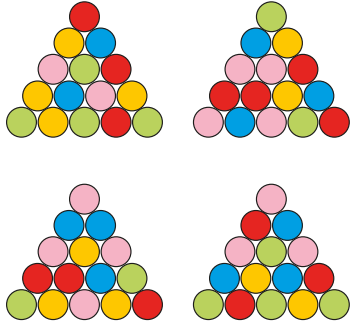
Zekâ Oyunları

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

DÜZGÜN DÖRT YÜZLÜ



35 adet tek renkli küreden oluşan bir düzgün dört yüzlü ve onu oluşturan 5 kat sol üstteki şekilde görülüyor.



Aynı düzgün dört yüzlünün renkli küreler kullanarak yapılmış olanının dört farklı yüzden görüntüsü yukarıda verilmiştir.

-Her renkteki küre sayısı eşittir.
-Yüzler görüntülenirken saat yönünde ya da tersi yönde döndürülmüş olabilir .

Bu düzgün dört yüzlüde görünmeyen kürenin (soru işaretli olan konumdaki) hangi renk olduğunu bulunuz.

BASAMAKLAR

Basamakları arasındaki uzaklığın eşit olduğu bir merdivende

► 4. ile 8. basamak arasındaki uzaklık, 5. ile son basamak arasındaki uzaklığın yarısından 100 cm eksiktir.

► 2. ile 11. basamak arasındaki uzaklık, 3. ile son basamak arasındaki uzaklığın yarısından 100 cm fazladır.

Bu merdivenin kaç basamaklı olduğunu bulunuz.

EŞİTLİK

$$\boxed{}\boxed{}\boxed{} + \boxed{}\boxed{} = \boxed{}\boxed{} \times \boxed{}\boxed{}$$

1'den 9'a kadar olan 9 rakamı kutulara öyle yerleştiriniz ki;

- Şekilde görülen eşitlik sağlansın.
- Soldan sağa doğru rakamların oluşturduğu dokuz basamaklı sayı en küçük olsun.

TARAFTAR

Bir taraftar tuttuğu takım için şu iddialarda bulunuyor:

1. Takımım bir maçta 3 veya daha fazla gol atarsa mutlaka kazanır.
2. Takımım ilk golü atamazsa maçı kaybeder.
3. Takımım bir gol yedikten sonra tekrar gol yemeden gol atarsa o maçı kaybetmez.

Aynı taraftar bir maçla ilgili şunları söylüyor:

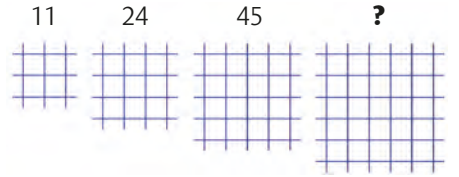
- Maçta toplam 5 gol atıldı.
- Benim takımım bu maçta 3 gol attı.

- Takımım ilk golü atamadı.
- Takımım maçta toplam 2 gol yedi.

Buna göre yukarıdaki iddialardan hangisi kesin olarak yanlıştır?

SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine hangi sayı gelmelidir?



SAYI TUTMA

Ahmet rastgele üç sayı, Mehmet de rastgele iki sayı tutar. Ahmet'in tuttuğu sayılardan çift olanların sayısının Mehmet'in tuttuğu sayılardan çift olanların sayısından daha fazla olma olasılığı nedir?

Not: Her ikisinin de çift sayı tutma ve tek sayı tutma olasılıkları eşittir.

ÜÇ TAM SAYI

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

- En büyük sayı bir kare sayıdır ve diğer iki sayının toplamına eşittir.
- En küçük sayı ortadaki sayının yarısına eşittir.

Bu sayıları bulunuz.

SAAT RAKAMLARI

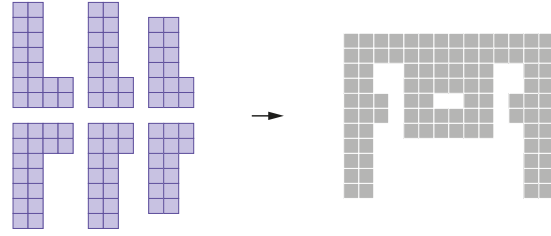
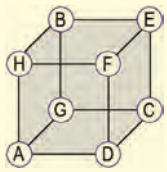
Saat ve dakikayı 24 saatlik düzende gösteren (00.00 - 23.59) bir dijital saatiniz var. Bir ara saatinize bakıyorsunuz ve saat gösteren rakamların soldan sağa doğru artığını görüyorsunuz.

Bu durum 24 saat içinde kaç kez gerçekleşir?

Örnekler: 01:38 14:57

ALTI "L"

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

**GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ****HARFLİ KÜP****ON DÖRT BASAMAKLI SAYI**

74151643752362

UĞURLU SAYILAR

9797760 farklı biçimde oluşabilir. 1'den 9'a kadar rakamlar 9! biçimde dağılır.

Bu 9 rakam 3 kişiye aşağıdaki şekilde dağılır:

(1, 1, 7) 3! / 2! = 3 dağılım

(1, 2, 6) 3! = 6 dağılım

(1, 3, 5) 6

(1, 4, 4) 3

(2, 2, 5) 3

(2, 3, 4) 6

Toplam $27 \times 9! = 9797760$

SORU İŞARETİ

C gelmelidir. Şekil saat yönünde 90 derece döndürülerek ilerlemektedir.

ÜÇ RAKAM

A = 7, B = 2, C = 9

YAPAY ZEKÂ EĞİTİMİ

Eğitimi tamamlama oranı %61'dir.

Toplam personeli 20 kişi olarak düşünürsek işlemler kolaylaşır.

Çalışanlar: 13 kişi

Stajyerler: 7 kişi

Mühendisler: $13 \times 5 / 13 = 5$ kişi

Satış elemanları: $13 \times 8 / 13 = 8$ kişi

Ofiste çalışan stajyerler: $7 \times 3 / 7 = 3$ kişi

Uzaktan çalışan stajyerler: $7 \times 4 / 7 = 4$ kişi

Eğitimi tamamlayan:

Mühendisler: $5 \times \%80 = 4$

Satış elemanları: $8 \times \%55 = 4,4$

Ofisteki stajyerler: $3 \times \%40 = 1,2$

Uzaktan çalışan stajyerler: $4 \times \%65 = 2,6$

Eğitimi tamamlama oranı = $(4,0 + 4,4 + 1,2 + 2,6) / 20 = 61/100$

ELMALAR VE PORTAKALLAR

142/175

Soruyu çözerken tersten giderek portakal kalma olasılığını hesaplayıp 1'den çıkarmak çok daha pratiktir.

İlk adım için:

Toplam seçenek = $C(7, 3) = 35$

Üç elma: $C(4, 3) / 35 = 4/35 \rightarrow$

(Torba: 2 elma, 3 portakal)

Üç portakal: $C(3, 3) / 35 = 1/35 \rightarrow$

(Torba: 5 elma, 0 portakal)

Karışık: $(C(4, 2) C(3, 1) + C(4, 1) C(3, 2)) / 35 = 30/35 \rightarrow$ (Torba: 3 elma, 2 portakal)

Hedef üçüncü adıma geçerken torbada 1 elma, 2 portakal bulunmalıdır. Bu duruma iki yoldan ulaşılabilir:

1) İlk adımda 3 elmanın çekilmesi (sonuç: 2 elma, 3 portakal), ikinci adımda ise meyvelerin karışık çekilmesi.

$4 / 35 \times (1 - C(3, 3) / C(5, 3)) = (4/35) \times (9/10) = 36/350$

2) İlk adımda meyvelerin karışık çekilmesi (sonuç: 3 elma, 2 portakal), ikinci adımda ise 3 elmanın çekilmesi.

$(30/35) \times C(3, 3) / C(5, 3) = (30/35) \times (1/10) = 30/350$

Portakal kalma olasılığı = $36/350 + 30/350 = 66/350$

Elma kalma olasılığı = $1 - 66/350 = 284/350 = 142/175$

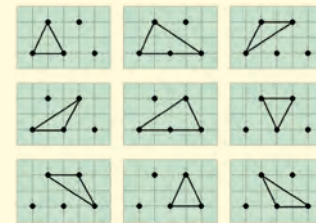
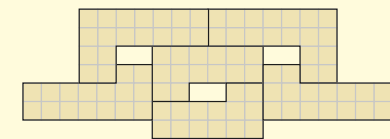
DİZİ

$$a_n = \sqrt{14 + 2n}$$

$$a_{11} = \sqrt{14 + 2 \cdot 11} = \sqrt{36} = 6$$

ÜÇGEN NOKTALARI

9 farklı üçgen oluşturulabilir:

**ALTI "L"**

Yayın Dünyası

Dr. Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Doğa - Kuş Gözlem

Susanna Davidson, Sarah Courtauld,
Kate Davies
Çeviri: Bahtiyar Kurt

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Çocuk ve Gençlik Kitaplığı, 2025 (5. Basım)

Kuş gözlemciliğini anlatan bu küçük kitapla kuşların kendilerine özgü dünyalarının kapısını aralayacaksınız. Kuşlarla ilgili ilginç bilgiler edinecek ve kuş gözlemi için en uygun yerlerden birinin evinizin arka bahçesi hatta pencerenizin önü olduğunu keşfedeceksiniz. Ayrıca kitabımızın arka kapağının içindeki kare kodu kullanarak bazılarınızın belki de ilk kez duyacağı kuş seslerine ulaşabileceksiniz. Sizi kuş gözlemciliğine başlamaya özendirceğini düşündüğümüz güzel bir rehber.



Göç - Hayvanların Olağanüstü Yolculukları

Mike Unwin
Çeviri: Fulya Aktüre
Çizer: Jenni Desmond

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

Karadan binlerce kilometre uzakta, tehlikelerle dolu bir yolculuktasın. Fırtınayla çalkalanan bir denizin üzerinde uçuyorsun. Yağmur damlaları, kabarıp dalgalanan suya vuruyor. Karaya ayak basmayalı on yıl olmuş. Sen, yiyecek aramak için sürekli göç eden bir gezgin albatrossun. Bazı hayvanlar, hayatta kalma mücadelesi içinde, zorlu hava koşullarına karşı koyarak destansı yolculuklar yapar. Bu kitapta 20 farklı hayvanın olağanüstü göç hikâyesi anlatılıyor.



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. Her hafta yeni bir konu ve konukla sizlerle buluşuyoruz.

Spotify, Apple Podcast, SoundCloud ve
YouTube kanallarından dinleyebilirsiniz.

