

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Nisan 2025 Yıl 58 Sayı 689 - 29 TL

DOĞAL YAŞAM KRİTİK EŞİĞE YAKLAŞIYOR

Dünya yaban hayatı popülasyonu
ve biyoçeşitlilik giderek azalıyor...

Schrödinger Denklemi'nin
100. Yılında
Kuantum Mekaniği
Özel Kitap Eki (2. Bölüm)

Evrenin Kayıp Gezegenleri
Yapay Zekâ Tıpta
Neler Vadediyor?
Nöromorfik Hesaplama

POSTER
SÜRDÜRÜLEBİLİR
BİR DÜNYA VE
BİYOÇEŞİTLİLİK İÇİN
DOĞAYI KORU!



Nesiller Boyu...

Keşfetmenin Sonu Yok!

Yıllık abonelik **348 TL** yerine sadece **295 TL**



348 TL
yerine

YILLIK ABONELİK
295 TL

#BilimOkuyanBilir

Ücretsiz Kargo



Abonelik Fırsatları İçin:
yayinlar.tubitak.gov.tr



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



Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 58 Sayı 689
Nisan 2025

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. Berat Z. Haznedaroğlu
Dr. Yeşim İmamoğlu
Prof. Dr. Raif Kandemir

Araştırma ve Yazı Grubu

Dr. Özlem Ak
Mesut Erol
Dr. Mahir E. Ocak
Dr. Tuba Sarıgül
İlay Çelik Sezer
Hayriye Yetiş

Redaksiyon

Berranur Beşir
Mehmet Sığırcı

Grafik Tasarım

Ayşe Dilara Cumhur
Hüseyin Diker

Web-Mobil Uygulama-Sosyal Medya

Dr. Tuba Sarıgül
Rıza Berkay Ayçelebi
Ebru Yavuz

Mali Yönetmen

Adem Polat

Mali ve İdari Hizmetler

M. Furkan Aktaş

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

Başak Matbaacılık Tanıtım
Hizmetleri İth.İhr. A.Ş.
basakmatbaa.com

Baskı Tarihi 21.03.2025

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 ilse ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı
[7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Egt. Krs. Ş. sayı Nşr.83] tarafından
Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

ISSN 977-1300-3380

Fiyatı 29 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 olduğunu 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.

Küresel iklim değişikliğinin yanında, insan nüfusunun hızlı artışı, insanların kısıtlı olan doğal kaynakları kontrolsüz bir şekilde kullanmaları, aşırı ve hızlı tüketim alışkanlıkları doğal yaşam alanlarını ve biyoçeşitliliği tehdit ediyor. Her geçen gün canlı popülasyonları giderek azalıyor ve buna bağlı olarak ekosistemlerin işleyişinde de endişe verici bozulmalar yaşanıyor. İlay Çelik Sezer, Dünya Doğayı Koruma Vakfı'nın (WWF) 2024 Yaşayan Gezegen Raporu kapsamında hazırladığı bu ayki yazısında, biyoçeşitliliğin tüm dünyadaki durumuna ilişkin genel bir değerlendirme yaparken biyoçeşitlilik kaybını önlemeye yönelik ne gibi sistemsel dönüşümlere gidilebileceği konusuna da değiniyor. "Sürdürülebilir Bir Dünya ve Biyoçeşitlilik İçin Doğayı Korumak!" başlıklı posterimizde de insan yaşamının doğadaki ekolojik dengeye ve doğanın bizlere sağladığı ekosistem hizmetlerine bağlı olduğunu bir kez daha hatırlatıyor, doğayı korumak için hemen harekete geçmemiz gerektiğini özellikle vurguluyoruz.

Binlerce ötegezegen keşfinden sonra gezegen demografisi adında yeni bir araştırma alanı doğdu. Gök bilimciler, keşfedilen ötegezegenlerin özelliklerini inceleyerek gezegen sistemlerinin yaşam döngüsünü daha iyi anlamaya çalışıyor. Mahir Ocak, “Evrenin Kayıp Gezegenleri” başlıklı yazısında bu konuyu ele alıyor. Özlem Ak, sağlık hizmetlerinde kullanılan yapay zekâ türlerini, bazı uygulamalarını, yapay zekânın bu alandaki faydalarını ve geleceğin neler getirebileceğini bizler için özetliyor. Murat Can Işık ise beyin gibi çalışan bilgisayarların temelini atan nöromorfik hesaplama teknolojisini ele alıyor. “Schrödinger Denklemi'nin 100. Yılında Kuantum Mekaniği” başlıklı özel kitap ekimizin 2. bölümünü de bu sayıda veriyoruz. “OpenAI'nin Büyük Dil Modelleri ve Çip Talebi” ve “Uluslararası Uzay İstasyonu'nda Solunabilir Oksijen Nasıl Üretiliyor?” yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden *Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm, 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 (services.tubitak.gov.tr/edergi). Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak, ayrıca hem yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (bilimteknik.tubitak.gov.tr), podcast kanallarını ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

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

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

ISSN 13003380



9 771300 338001

İçindekiler

4

**Bilim ve Teknik ile
Büyüdüm**

Özlem Ak

6

Haberler

12

**Türkiye'nin Ay Araştırma
Programı Hazırlıkları
Hız Kesmeden
Devam Ediyor**

Hayriye Yetiş

14

**Bilim Çizgi
Alexander Fleming**

Sinançan Kara

32

**Beyin Gibi Çalışan
Bilgisayarlar
Nöromorfik Hesaplama**

Murat Can Işık

42

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

45

**Biraz Tekne, Biraz Uçak...
Deniz Planörü**

Özlem Ak

56

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

58

**OpenAI'nin Büyük Dil
Modelleri ve Çip Talebi:
Donanım Dünyası
Nereye Gidiyor?**

Murat Can Işık

16

WWF Raporu Kapsamında Doğal Yaşamın Durumu - Doğa Kritik Eşiğe Yaklaşıyor

İlay Çelik Sezer

İnsanlar da dâhil olmak üzere yeryüzündeki yaşamın bağlı olduğu en temel kaynak olan biyoçeşitlilik, doğrudan ya da dolaylı olarak insan kaynaklı sebepler yüzünden hızlı bir azalmayla karşı karşıya.



72

**Uluslararası Uzak
İstasyonu'nda Solunabilir
Oksijen Nasıl Üretiliyor?**

Hayriye Yetiş

78

**Bilim Tarihinden Notlar
Dış Merkezli ve Çember
Merkezli Evren Modelleri**

Hüseyin Gazi Topdemir

82

**Doğa - Fauna
Su Mercimeği**

Şeyda Fikirdeşici Ergen

84

Gökyüzü

Tuba Sarıgül

88

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu

90

Satranç

Kıvanç Çefle

93

Ayin Sorusu

Azer Kerimov

94

Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı

96

Yayın Dünyası

Özlem Kılıç Ekici

ÖZEL KİTAP EKI

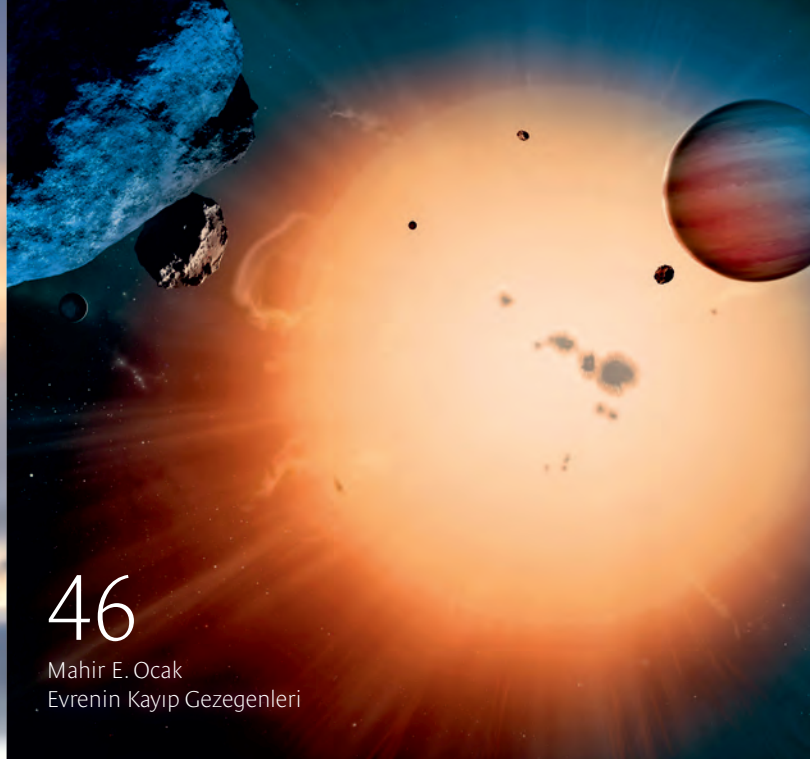
**Schrödinger Denklemi'nin
Yüzüncü Yılında**

Kuantum Mekanikası

(2. Bölüm)

Mahir E. Ocak,

Hüseyin Diker



46

Mahir E. Ocak
Evrenin Kayıp Gezegenleri



62

Özlem Ak
Yapay Zekâ Tıpta Neler Vadediyor?

POSTER EKİ

Sürdürülebilir Bir Dünya ve Biyoçeşitlilik için Doğayı Koru!

İlay Çelik Sezer,
Ayşe Dilara Cumhur



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.



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 programı ile kulağınız her daim bilimde olsun! Podcast içeriklerimizi Spotify, YouTube Music, Apple Podcast ve SoundCloud'dan dinleyebilirsiniz.



Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, “*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı” diyen okurlarımız için mektuplarını gönderebilecekleri adresimizi hatırlatıyoruz: bteknik@tubitak.gov.tr



“Geleceğime dokunmaya başlayan dergi”

Merhaba,

Henüz 9 yaşındayım ve Konya’da yaşıyorum. *Bilim ve Teknik*’in geleceğime çok katkısı olacağını düşünüyorum. Çok güzel bir dergi ve özellikle dergi eki olarak verilen posterleri çok seviyorum. Dergi ile birlikte verilen “*Schrödinger Denklemi’nin 100. Yılında Kuantum Mekanik*” kitap ekini okuldaki bazı arkadaşlarımla inceledik ve okuyup anlamaya çalıştık. İçeriğini okumak bizim için biraz zor oldu! Ben daha 3. sınıfta olsam da merak edip dergiyi anladığım kadarıyla okumaya başladım ama yaşım ilerledikçe eminim içinde yazanları çok daha iyi anlayacağım ve tüm bu bilgilerden en iyi şekilde faydalanacağım. Annem derginizi her ay düzenli takip ediyor. Tıpkı annem gibi ben de her ay okumaya devam edeceğim. Bu dergide emeği geçen herkese teşekkürler.

Asya Naz Güner



“Kariyerimi seçmemde rol oynayan dergi”

Merhaba,

Geçmiş yıllarda *Bilim ve Teknik* dergisi ile birlikte verilen “Karadelik” posterinden çok etkilenmiş ve hemen odama asmıştım. O günden beri *Bilim ve Teknik* dergisi hayatımın vazgeçilmezi oldu. Bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı diyebilirim çünkü şu an bu satırları Astronomi ve Uzay Bilimleri eğitimi alan bir üniversite öğrencisi olarak yazıyorum. Bilimi sevdiren tarzınız ve güncel bilimsel gelişmeleri en doğru şekilde bizlerle paylaştığınız için çok teşekkür ediyoruz. Bir gün, *Bilim ve Teknik*’te yazılar yazan bir astronom olmak en büyük dileğim. Bilimle kalın...

Elifnur Çobanoğlu

“Bir bayrak yarışı gibi”

Merhaba,

32 yıldır fen bilimleri öğretmeni olarak çalışıyorum. *Bilim ve Teknik* dergisi sevdam, 80’li yıllarda bir öğretmenimin sınıfa dergiyi getirmesi ile başladı. O zamandan beri bu dergiyi alıyorum. Bu dergi sayesinde fen bilimleri öğretmeni olduğumu düşünüyorum. Ben de şimdi öğrencilerime *Bilim Çocuk* dergisi götürüyorum. İlgiyle takip ediyorlar. Yaşları ilerledikçe *Bilim ve Teknik* okumaları için onları teşvik edeceğim. Öğrencilerime dergilerinizle bilimi sevdirmeye devam edeceğim. Tıpkı bir bayrak yarışı gibi...

Ümit Kandemir

“Çalışmalarına ışık tutan dergi”

Merhaba,

Çocukluk yıllarımda *Bilim Çocuk* okumaya başladığımda, TÜBİTAK dergilerinin hayatımın her evresini araştıran, sürekli okuyan biri olarak şekillendireceğini bilmiyordum. Şimdi bir öğretim görevlisi olarak çalışmalarına ışık tutan *Bilim ve Teknik* dergisinin her sayısını hâlâ büyük bir heyecanla bekliyorum. Bulduğum her yerde, her zaman bir sayısını bulundurduğum *Bilim ve Teknik* dergisini, 1 yaşındaki biricik kızım Defne’nin de büyüdüğünde severek okumasını ve hayatı boyunca okuma isteğinin devam etmesini diliyorum. Yıllar sonra bu yazdıklarımı dergide okurken onun da kendi çocuklarına aynı şekilde yazması dileğiyle...

Metin Özekli

“Bilimin içinde büyüdüm”

Merhaba,

Bilimin büyüleyici dünyası ile tanışmam 2000’li yıllara dayanıyor. Henüz ilk okula yeni başlamıştım. İlk önce *Meraklı Minik* ve ardından *Bilim Çocuk* hayatıma girmişti. Dergilerinizin o büyüleyici dünyasında öylesine kayboldum ki âdeta bilimin içinde büyüdüm. Bu dergiler, markete her gittiğimde boyumun zor yettiği raflardan ilk almak istediğim şeyler oldu. Ufkumu açtı, kendi başıma deneyler yapmamı sağladı. Daha sonra *Bilim ve Teknik* ile tanıştım. O yaşlarımda bana biraz ağır geliyordu. Ortaokulun sonlarına doğru *Bilim ve Teknik*’e daha çok ilgi duydum, onunla keşfederek öğrenmeyi fazlasıyla sevdim. Derginin her sayısını elime aldığımda âdeta zamanda yolculuk yapıyordum. Bu dergilerle birlikte büyüdüm diyebilirim. Özellikle *Bilim ve Teknik* dergisi mühendis olmamın temel taşlarından birisidir. Şu an 26 yaşında bir yapay zekâ mühendisiyim ve hâlâ *Bilim ve Teknik* hayatımın içinde. Birbirimizden öğreneceğimiz daha çok şey olduğuna eminim. İleride gerek kendi çocuklarımı gerekse arkadaşlarımın çocuklarını bu üçlü ile büyütmeyi hedefliyorum.

Aylin Özge Özbay

“Bilim ışığındaki yol arkadaşım”

Merhaba,

Bilim ve Teknik dergisine 2 yıldır aboneyim. Daha önce tanışmadığım için çok şey kaçırdığımı düşünüyorum. Macera ve bilim birlikteliği ile günümüz teknolojisinde neler olup bittiğini keyifli ve merak uyandıran bir tarzda okurlarınıza iletirsiniz. İlginç başlıklar ile dikkatleri çekmeyi başarıyorsunuz. Bu yolculuğa dâhil olmaktan çok mutluyum. Teşekkürler *Bilim ve Teknik* ailesi.

Yusuf Dervişoğlu

Haberler

Grönland Köpek Balıkları Kanser Olmuyor mu?

Özlem Ak

Grönland köpek balıkları (*Somniosus microcephalus*) boyu 6 metreden daha uzun olabilen ve kütlesi bir tonu aşabilen, derin suların yavaş hareket eden sakinleridir. Karanlık ve soğuk sularda dolaştıkları için yaşamları hakkında çok az şey biliyoruz ancak ömürlerinin yaklaşık 400 yıl olduğu tahmin ediliyor, bu da onları bilinen en uzun ömürlü omurgalılar yapıyor. Tokyo Üniversitesinden Shigeharu Kinoshita ve meslektaşları, yaptıkları genomik (bir canlının genetik materyalinin tümünün incelenmesi) çalışma ile Grönland köpek balıklarının nasıl yüzyıllarca yaşadığını ve buna rağmen kansere nadiren yakalandığını açığa kavuşturmuş olabilir.

Araştırmacılar, köpek balığının genomunu dizileyerek her kromozomdaki genleri ortaya çıkardı.

Genomun %86,5 oranında diziliminin tamamlandığı ve şimdiye kadar yaklaşık 37.000 gen bulunduğu tahmin ediliyor. Genomik dizilim sonrasında araştırmacılar, diğer köpek balığı türlerinde -örneğin ortalama ömrü 54 yıl olan balina köpek balığında (*Rhincodon typus*) veya ortalama ömrü 25 yıl olan beyaz benekli bambu köpek balığında (*Chiloscyllium plagiosum*)-görülenden daha fazla sayıda NF-κB'nin (tüm hücre tiplerinde bulunan bir transkripsiyon faktörü) etkinleştirilmesinde rol oynayan gen kopyası keşfetti. Yine bir başka çalışmada,

100 yıldan fazla yaşayabilen kırmızı deniz kestanelerinde (*Mesocentrotus franciscanus*) NF-κB ile ilgili çok sayıda gen tanımlandı.

NF-κB, enfeksiyonlara karşı bağışıklık tepkisinin düzenlenmesinde rol oynar. NF-κB'nin işlevini yerine getirememesi, tümör hücrelerinin sürekli çoğalmasına ve patojenlerin bağışıklık sistemi saldırılarından kaçmasına neden olur. Örneğin, University College London'dan bilim insanları, kısa bir süre önce büyük hayvanların daha





Tim Johnson / Curtin Üniversitesi

Pilbara bölgesinde keşfedilen saçılma konileri

Dünyanın Bilinen En Eski Krateri Keşfedildi

Dr. Mahir E. Ocak

yüksek kanser riskine sahip olduğunu ancak bu duruma karşı daha iyi savunmalar geliştirdiklerini keşfetti.

Kanada Nova Scotia'daki Dalhousie Üniversitesinden Aaron MacNeil, tüm bu çalışmaların bazı köpek balıklarının büyük boyutları göz önüne alındığında yani daha çok hücreye sahip olmalarına rağmen beklenenden çok daha az kansere yakalanmalarının nedenini anlamaya yardımcı olduğunu söylüyor. ■

<https://doi.org/10.1101/2025.02.19.638963>

Bir grup yer bilimci Avustralya'nın kuzeybatısındaki Pilbara bölgesinde meteorit çarpmasıyla oluşmuş bir krater keşfetti. Yaklaşık 3,5 milyar yaşında olduğu tespit edilen krater, bilinen kraterlerin en yaşlısı ünvanını ele geçirdi. Daha önce bilinen en yaşlı kraterler 2,2 milyar yıllıktı. Yapılan keşifle ilgili ilginç bir nokta kraterin varlığının, önce kıtaların oluşumuyla ilgili bir hipotezden yola çıkarak kuramsal olarak tahmin edilmesi sonra da kraterin tam olarak tahmin edildiği bölgede bulunması oldu.

Kıtaların oluşumu ile ilgili bir hipotez, günümüzden

4,5-2,5 milyar yıl önceki dönemde Dünya'ya çarpan gök taşlarının, yer kabuğunun şekillenmesinde önemli rol oynadığını öne sürüyor. Bu hipoteze göre çapı 10 kilometrenin üzerinde olan meteoritler, dalma-batma bölgeleri meydana getirmiş ve mantonun derinlerinden gelen eriyiklerin, kıtaların çekirdeklerini oluşturmasına yol açan süreçleri tetiklemiş olabilir.

Yakın zamanlara kadar bilinen en yaşlı kraterler 2,23 milyar yıllıktı. Dolayısıyla günümüzden 4,5-2,5 milyar yıl önce meteorit çarpmalarının, kıtaların oluşunda rol oynadığına dair hipotezi destekleyen bir veri bulunmuyordu. Ancak Avustralya'daki Curtin Üniversitesinden bir grup araştırmacının yakın zamanlarda keşfettiği kraterle bu durum değişti.

Araştırmacılar, birkaç yıl önce Avustralya'nın kuzeybatısında yer alan Pilbara bölgesindeki karaların oluşumunda meteorit çarpmasının rol oynadığını öne sürmüştü. İlerleyen zamanlarda gök taşı çarptığı iddia edilen bölgede yapılan arazi taramalarında "saçılma konileri" olarak adlandırılan yapılar keşfedildi. Sadece meteorit çarpması gibi şiddetli olayların ortaya çıkardığı yüksek basınçlı ortamlarda oluştuğu bilinen bu koni biçimli yapılar, araştırmacıların iddiasını doğruladı. Bölgedeki kayaların yaşı ile ilgili analizler, meteorit çarpmasının günümüzden yaklaşık 3,5 milyar yıl önce meydana geldiğini gösterdi. Keşfedilen krater, bilinen kraterlerin en yaşlısı olarak kayıtlara geçti.

Detaylı bilgiye Christopher Kirkland ve arkadaşlarının *Nature Communications*'ta yayımladığı makaleden ulaşabilirsiniz. ■

<https://www.nature.com/articles/s41467-025-57558-3>

Evlerdeki Güzel Kokulu Tehlike!

Hayriye Yetiş

Ortama hoş koku veren ürünler, günlük hayatta sıklıkla kullanılan tüketim malzemeleri arasında yer alıyor. Ancak çeşitli kimyasal maddeler içeren oda spreyleri, deodorantlar ve yüzey temizleyiciler gibi ürünler sanıldığı gibi zararsız olmayabilir.

Hava kirliliği denildiğinde akla ilk olarak egzoz gazları, duman ya da fabrika bacalarından salınan zararlı gazlar gelir. Purdue Üniversitesinden araştırmacılar, gerçekleştirdikleri bir çalışmada ortamın hoş kokması için kullanılan kimyasal ürünlerin iç mekân havasını dış mekân havasından daha kirli hâle getirebildiğini ortaya koydu. Bu ürünlerden ortama yayılan

nano ölçekteki partiküller, hızla akciğerlerin derinliklerine kadar ulaşarak solunum yolu hastalıkları ve alerjik reaksiyonlar gibi sağlık sorunlarına yol açabiliyor.

Ortama hoş koku vermesi için kullanılan ürünlerin içerdiği bazı uçucu yani kolayca buharlaşan organik bileşenler, havada bulunan ozon gazıyla tepkimeye girerek ortam havasını insan sağlığı için zararlı hâle getiriyor. Örneğin hoş aroması nedeniyle parfümlerde, kozmetik ve temizlik ürünlerinde sıklıkla kullanılan bir bileşen olan terpenler (çoğu aromatik özellik gösteren organik bileşikler), ozon gazıyla tepkimeye girerek zararlı partiküller yayabiliyor. Benzer şekilde kokulu mumlardan yayılan bazı kimyasal bileşenler ortamın havasını kirletebiliyor.

İç mekân havasında kirliliğe yol açabilecek tek faktör kokulu ürünler değil. Gazlı ocaklarda 1 kilogram yemek pişirmek için kullanılan yakıt, ortama 3 nanometreden (metrenin milyarda biri) küçük yaklaşık 10 katrilyon partikül yayılmasına sebep olabiliyor. Bu da demek oluyor ki kapalı ortamda kullanılan gazlı ocağın yaydığı zararlı partikül miktarı, yoğun trafikte araba egzozlarından yayılan partikül miktarından yaklaşık 10 ila 100 kat daha fazla.

İç mekân havasının temiz ve sağlıklı olmasını istiyorsak bulunduğumuz ortamı düzenli



havalandırmak hayli önemli. Ayrıca ortamda havadaki toksinleri azaltmaya yardımcı bitkiler bulundurmak ve hava temizleyici cihazların hepa filtreli olmasına dikkat etmek, sağlıklı bir yaşam alanı oluşturmada etkili yöntemler arasında. ■

<https://www.sciencedaily.com/releases/2025/02/250218000726.htm>

Kara Deliğin Gölgesinin Zamanla Değişimi

Dr. Mahir E. Ocak

M87* kara deliği ile ilgili verilerin istatistiksel analizi, kara deliğin görünümünde zaman içinde yaşanan değişimlere açıklama getiriyor. Analizler, kara deliğin spini (kendi kütle merkezi etrafındaki açısal momentumu) ile ilgili daha önce yapılan çıkarımları destekliyor. Ayrıca kara deliği çevreleyen gaz bulutundaki türbülansın, kara deliğin görünümündeki değişimlerde rol oynadığını gösteriyor.

Kara delikler, çekiminden ışığın bile kurtulamadığı gök cisimleridir. Kara deliği çevreleyen, olay ufku olarak adlandırılan hayali yüzeyi geçerek kara deliğin içine düşen bir cisim bir daha geri çıkamaz. Olay ufkunun dışında bulunan elektrik yükleri ise kara deliğin güçlü



çekiminin etkisiyle ivmelenerek ışık yayar. Bu durum bir kara deliğin Dünya'dan bakıldığında bir ışık halesinin ortasında bir gölge gibi görünmesine yol açar.

Bir kara deliğin olay ufku civarını görüntülemek için gerekli çözünürlüğe ulaşmak kolay değildir. Sıradan bir teleskobun bir kara deliği görüntüleyebilecek çözünürlüğe sahip olması için çapının Dünya'nın çapı kadar büyük olması gerekir. 2019 yılında ilk kez bir kara deliğin görüntüsünü elde etmeyi başaran araştırmacılar, bu çözünürlüğe ulaşmak için yeryüzünün dört ayrı kıtasındaki sekiz teleskopla eş zamanlı gözlemler gerçekleştirmişti.

Elde edilen ilk kara delik görüntüsü M87*'a aitti. Beklendiği gibi görüntüde bir ışık halesinin ortasında bir gölge vardı. Araştırmacılar, topladıkları verileri kullanarak kara deliğin özellikleri hakkında da tahminler yapmıştı. Kara deliğin kütlelerinin Güneş'inin 6,5 milyar katı olduğu hesaplanmış ayrıca kara deliğin saat yönünde dönmekte

olduğu ve spin vektörünün Dünya'ya uzak yönde olduğu tespit edilmişti.

İlk kara delik görüntüsünün elde edilmesini sağlayan gözlemler 2017 yılında yapılmıştı. Olay Ufku Teleskobu iş birliği olarak anılan araştırma grubu aynı kara deliği 2018 yılında da gözlemlemişti. Yakın zamanlarda araştırmacılar hem 2017'de hem de 2018'de toplanan verilerin istatistiksel analizini içeren bir makale yayımladı. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çıkarımları destekler nitelikte.

Kara deliğin 2018 yılı verileri ve 2017 yılı verileri ile elde edilen görüntüleri karşılaştırıldığında kara deliğin gölgesini çevreleyen haledaki değişim dikkat çekiyor. İlk görüntüde halen daha parlak olduğu bölge güneybatıda yer alırken ikinci görüntüde ise güneydoğu da yer alıyor. Bu durumun kuramsal tahminlerle uyumlu olduğu ve kara deliğin spini ile ilgili daha önceleri yapılan çıkarımları desteklediği belirtiliyor. Ayrıca istatistiksel analizler haledaki

değişimlerin kara deliği çevreleyen madde birikintisindeki türbülansla açıklanabileceğini de gösteriyor.

Araştırmacılar, gelecekte M87* kara deliğinin 2021 ve 2022 yılında gözlemlenmesiyle toplanan verileri de analiz etmeyi planlıyor. Elde edilecek sonuçların kara delikleri çevreleyen madde birikintileri ile ilgili kuramsal modelleri iyileştirmekte kullanılması planlanıyor.

Detaylı bilgiye Olay Ufku Teleskobu araştırmacılarının *Astronomy and Astrophysics*'te yayımladığı makalelerden ulaşabilirsiniz. ■

<https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2024/01/aa47932-23/aa47932-23.html>
https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2025/01/aa51296-24/aa51296-24.html

Antarktika'daki Kuşlar H5N1 Tehlikesi Altında Olabilir

Özlem Ak

Kuş gribine neden olan H5N1 virüsünün yüksek patojenik yani ciddi hastalıklara ve ölüme neden olabilen formu, 2020'den beri Avrupa, Asya ve Afrika'da yayılıyor, birçok yabani kuşu öldürüyor ve kümes hayvanı çiftliklerinde salgınlara neden oluyor. 2021'de Kuzey Amerika'ya ulaşan H5N1'in ineklerin memelerine bulaştığı ve hayvanların arasında



Büyük korsan martı kuşu
(*Stercorarius skua*)

yayıldığı tespit edildi. 2022'nin sonunda Güney Amerika'nın güney ucuna kadar yayıldı ve virüsün coğrafik yayılım hattı boyunca binlerce deniz memelisinin yanı sıra birçok farklı türden kuşun da ölümüne sebep oldu. Şimdi de H5N1, Antarktika Yarımadası boyunca güneye doğru yayılıyor, bu da penguen ve diğer deniz kuşlarının popülasyonlarının tehlike altında oldukları anlamına geliyor.

Prof. Dr. Juliana A. Vianna ve ekibi, Kasım 2024 ile Ocak 2025 arasında Antarktika Yarımadası boyunca deniz kuşlarının 16 yuvalama alanını inceledi. Araştırmacılar, hiçbir yaralanma belirtisi olmayan 35 ölü büyük korsan martı kuşu (*Stercorarius skua*) buldu. Bu kuşların 11 tanesinden alınan örneklerde, son yıllarda dünya çapında yayılan yüksek derecede patojenik H5N1 kuş gribi virüsüne rastlandı.

Güney Okyanusu'nda bulunan Güney Georgia adasının hemen açıklarındaki Bird Adası'nda yaşayan hasta kahverengi korsan martıları (*Stercorarius antarcticus*) ve dev fırtına kuşlarında da (*Macronectes giganteus*), 2023 yılında yapılan testlerde yüksek derecede patojenik H5N1 kuş gribi virüsü tespit edildi. Vianna'nın ekibi, Aralık 2023 ve Ocak 2024'te yarımadanın en kuzey ucunda yaşayan bazı Adélie penguenlerinde ve Antarktika'daki diğer martı türlerinde enfeksiyon belirtileri buldu. Böylece virüsün kıtadaki varlığı teyit edildi. Şu ana kadar bölgedeki diğer kuş türlerinde teyit edilmiş başka bir vaka yok ancak Vianna, 9 Mart 2025'te Şili Antarktika Enstitüsü (INACH) tarafından kendisine bölgede ölü penguenlere de rastlandığına dair bilgi verildiğini söylüyor. Penguenler yoğun koloniler

hâlinde üredikleri için H5N1'in aralarında hızla yayılmasından ve bazı popülasyonların büyük bir bölümünün kaybindan endişe duyuluyor. Ancak Vianna, kuşların H5N1'e karşı duyarlılığının türden türe değiştiğini bu nedenle bazı penguen türlerinin virüse dirençli olmasının mümkün olduğunu belirtiyor.

Şubat 2025'te bir başka araştırmacı grubu da Antarktika yakınlarındaki Hint Okyanusu'nda bulunan Crozet ve Kerguelen takımadalarında H5N1'e rastladıklarını ve virüsün, fil foklarının yanı sıra çeşitli kuş türlerinin de ölümüne sebep olduğunu bildirdi. Bu da virüsün Antarktika'nın yarısından fazlasını dolaşarak daha önce virüse rastlanmayan Avustralya ve Yeni Zelanda'ya doğru yayılmaya başladığı anlamına geliyor. ■

<https://doi.org/10.1101/2025.03.02.640960>

Bazı Deniz Kaplumbağaları Neden Daha Erken Yumurtluyor?

Özlem Ak



eşil deniz kaplumbağaları artan küresel sıcaklıklara tepki olarak yuvalama alışkanlıklarını değiştiriyor. Araştırmacılar, şubat ayında *Proceedings of the Royal Society B* dergisinde yayımlanan çalışmalarında kaplumbağaların daha sıcak koşullarla başa çıkabilmek için yumurtalarını normal zamandan daha erken bıraktıklarını bildiriyor.

Kaplumbağaların sıcak hava koşullarına nasıl uyum sağladığını anlamak için koruma ekoloğu Annette Broderick ve meslektaşları, Kuzey Kıbrıs

sahillerinde etiketleyerek takip ettikleri yaklaşık 600 yeşil kaplumbağanın (*Chelonia mydas*) otuz yıllık yuvalama verilerini analiz etti. Veriler, her yuvadaki başarılı yavru sayısını (yumurtadan canlı ve sağlıklı çıkan yavru sayısını) ve kuluçka sırasındaki sıcaklıkları içeriyordu. Ekip, sıcaklıklar yükseldikçe dişilerin her 1 °C artış için ortalama 6,47 gün daha erken yumurtladığını tespit etti. Önceki araştırmalar tüm kaplumbağa popülasyonlarının yuvalama faaliyetlerinin erkene kaydığını göstermiş olsa da yeni çalışma, bireysel olarak kaplumbağaların iklim değişikliğine yanıt olarak davranışlarını değiştirdiklerini doğruluyor.

Diğer yandan çalışmanın yazarlarından, Yeni Zelanda'daki Wellington Victoria Üniversitesinden deniz biyoloğu Mollie Rickwood, yuvalama davranışında popülasyon ölçeğinde meydana gelen değişimlerin birden fazla nedeni olabileceğini düşünüyor. Dişilerin, her yıl yaklaşık aynı zamanlarda yuva yapma eğiliminde olduğunu ancak popülasyona yeni katılanların popülasyonun eski üyelerinden daha erken yumurtlayabileceğini bunun da popülasyonun ortalama yumurtlama zamanının daha erkenmiş gibi gözükmesine neden olabileceğini belirtiyor. ■

<https://doi.org/10.1098/rspb.2024.1809>



Türkiye'nin Ay Araştırma Programı Hazırlıkları Hız Kesmeden Devam Ediyor

Hayriye Yetiş [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



2021 yılında açıklanan Millî Uzay Programı kapsamında belirlenen 10 hedeften biri, yerli teknolojilerle tasarlanan ve üretilen bir uzay aracının Ay'a gönderilmesi idi. Bu hedef doğrultusunda 2021'in sonunda başlatılan Ay Araştırma Programı Projesi'nin 1. Bilimsel Çalışma Grubu Toplantısı, 6 Haziran 2023 tarihinde gerçekleşmişti. 30-31 Ocak 2024 tarihlerinde ikincisi gerçekleşen toplantının üçüncüsü ise TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) organizasyonu ile 11-12 Şubat 2025 tarihlerinde yapıldı.

Ay Araştırma Programı'nın iki aşamada gerçekleşmesi planlanıyor. İlk aşamada yerli olarak geliştirilecek uzay aracı, Dünya yörüngesinin ardından Ay'a ulaşacak ve 100 km irtifalı kutupsal ve dairesel Ay yörüngesine yerleşerek görüntü ve bilimsel veriler toplayacak. Yörüngede gerçekleştirilecek operasyonların ardından yerli imkânlarla geliştirilen hibrit roket motorunu uzayda ateşleyerek Ay yüzeyine sert iniş gerçekleştirecek. İkinci aşamada ise yumuşak iniş özelliği olan bir uzay aracı görevde olacak. Millî teknolojilerle geliştirilen fırlatma aracıyla uzaya çıkması planlanan iniş aracı, Ay yüzeyine yumuşak iniş gerçekleştirecek. Böylece Ay Araştırma Programı ile 1. Ay görevi kapsamında Ay'ın yörüngeden keşfi ve Ay yüzeyi ile ilk temasın gerçekleştirilmesi,

2. Ay görevi kapsamında ise yumuşak iniş yöntemiyle yüzeye keşif aracı indirilmesi hedefleniyor.

Türkiye Uzay Ajansı (TUA) tarafından desteklenen Ay Araştırma Programı'nın ilk aşaması kapsamında uzay aracının tasarımı, geliştirilmesi, entegrasyonu, testleri, fırlatılması ve operasyonlarından TÜBİTAK UZAY sorumlu. Bu kapsamda Ay'a sert inişin gerçekleşmesini sağlayacak hibrit itki sistemi ise uzay teknolojileri alanında kimyasal roket itki sistemleri çalışmalarını yürüten DeltaV Uzay Teknolojileri A.Ş. tarafından geliştiriliyor. Hibrit itki sistemleri katı ve sıvı yakıttan oluşan çift yakıtlı bir itki sistemi olma özelliğine sahip.

Türkiye'nin İlk Ay Görevi kapsamında Ay yörüngesi ve yüzeyine ulaşımın 2027 yılı ilk yarısında gerçekleşmesi planlanıyor. Türkiye'nin ilk Ay ve derin uzay görevinin gerçekleşmesi, sağlayacağı operasyonel tecrübeler açısından büyük öneme sahip. Endüstri ve akademi camiasından birçok paydaşın yer aldığı Ay Araştırma Programı ve projelerden elde edilecek bilimsel veriler, uzay ekosisteminin güçlenmesine ve uzay bilimleri konusunda ülkemizin uluslararası alanda yetkinliğinin artmasına katkı sağlayacak. Ay Araştırma Programı ile ülkemiz, sahip olduğu imkânlarla Ay'da faaliyet gösteren az sayıdaki ülkeden biri olacak. ■

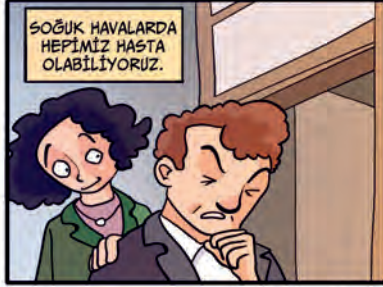
Kaynaklar

- <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-ilk-uzay-araci-2026da-ay-yolculuguna-cikacak/3046113>
- <https://uzay.tubitak.gov.tr/ay-bilimsel-calisma-grubu-3-toplantisi-gerceklestirildi/>
- <https://deltav.com.tr/index.php/his/>

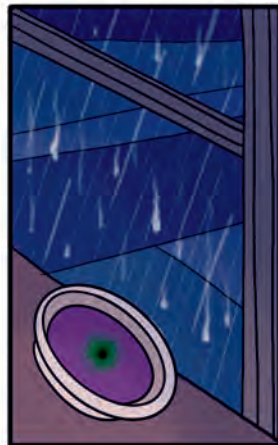
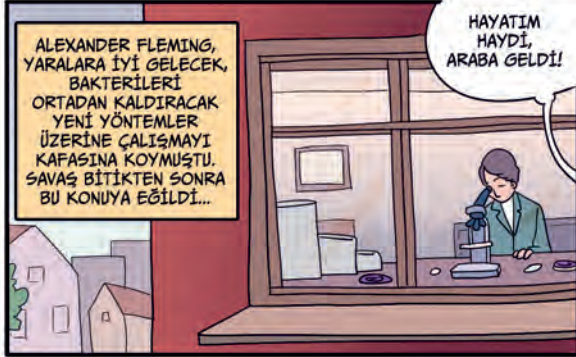
Bilim Çizgi

Sinancan Kara [btcizgiroman@tubitak.gov.tr

Alexander Fleming

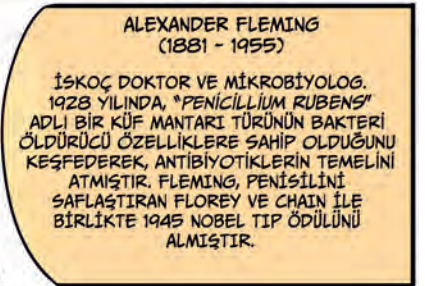
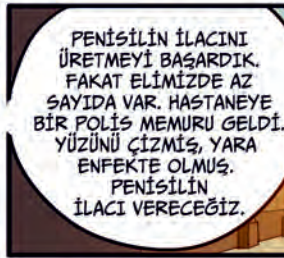
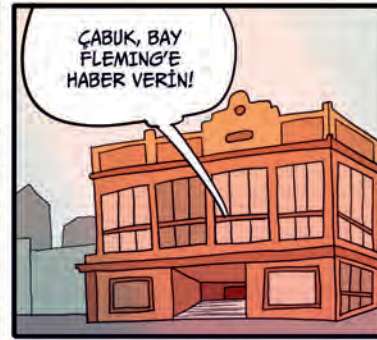


DOKTORUMUZUN YAZDIĞI İLAÇLAR SAYESİNDE GÜNÜMÜZDE İYİLEŞMEK, ESKİ ÇAĞLARA GÖRE ÇOK DAHA KOLAY.





BAKTERİLER ÖLMÜŞ...





WWF Raporu Kapsamında Doğal Yaşamın Durumu:

Doğa Kritik Eşiğe Yaklaşıyor



İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İnsanlar da dâhil olmak üzere yeryüzündeki yaşamın bağlı olduğu en temel kaynak olan biyoçeşitlilik, doğrudan ya da dolaylı olarak insan kaynaklı sebepler yüzünden hızlı bir azalmayla karşı karşıya. Gerek küresel iklim değişimi gerekse insan etkinliklerinden kaynaklı başka baskı unsurları karşısında canlı popülasyonlarında ciddi azalmalar ve buna bağlı olarak da ekosistemlerin işleyişinde endişe verici bozulmalar meydana geliyor. İklim değişimini durdurma ve biyoçeşitliliği korumaya yönelik küresel ölçekteki anlaşmalarla belirlenmiş hedeflerin ise hayli gerisinde kalınmış durumda. Dünya Doğayı Koruma Vakfı'nın (WWF) 2024 Yaşayan Gezegen Raporu, biyoçeşitliliğin tüm dünyadaki durumuna ilişkin genel bir değerlendirme yaparken biyoçeşitlilik kaybını durdurmaya yönelik ne gibi sistemsel dönüşümlere gidilebileceği konusunda da öneriler sunuyor. Raporun ortaya koyduğu çarpıcı verilere ve verdiği önemli mesajlara gelin birlikte göz atalım.



Bu çarpıcı görüntü Amazon yağmur ormanlarındaki tahribata ilişkin bir fikir veriyor.

Doğayı Kaybediyoruz

Doğadaki canlı türleri, biyoçeşitlilik, iklim değişimi gibi gezegenimizin ve insanlığın geleceğini yakından ilgilendiren konularda, çeşitli ölçeklerde çok sayıda bilimsel araştırma yapılıyor. Bu araştırmaların sağladığı verileri topluca gözden geçirerek küresel ya da bölgesel ölçekte çıkarımlar yapan ve bu çıkarımlardan yola çıkarak çözüm önerileri ortaya koyan raporlar büyük önem taşıyor. Çünkü bu raporlar hem kamuoyunda farkındalık oluşmasına yardımcı oluyor hem de iklim, biyoçeşitlilik ve sürdürülebilirlik gibi alanlarda uluslararası kararların alındığı periyodik toplantıların hazırlıkları için bilgi kaynağı sağlıyor. Dolayısıyla bu alanlarda alınan kararları etkiliyor. Hükûmetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) iklim raporları, Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetlerine İlişkin Hükûmetler Arası Bilim-Politika Platformu'nun (IPBES) biyoçeşitlilik raporları gibi WWF'nin iki yılda bir yayımladığı Yaşayan Gezegen Raporları da bunlar arasında.

İnsanlık olarak varlığımızı biyoçeşitliliğe borçluyuz ancak WWF 2024 Yaşayan Gezegen Raporu'na göre doğanın durumunu takip etmek için kullanılan küresel ölçekteki hemen hemen her gösterge, doğayı kaybettiğimize işaret ediyor. Geride bıraktığımız 50 yıllık (1970-2020) zaman diliminde dünyanın farklı yerlerinde izlenen yaban hayatı popülasyonlarının Yaşayan Gezegen Endeksi ile ölçülen ortalama büyüklüğü %73 oranında azaldı. Bu istatistik çift yaşamlıların (amfibiler), kuşların, balıkların, memelilerin ve sürüngenlerin dâhil olduğu 5.495 canlı türüne ait yaklaşık 35.000 farklı popülasyonda gözlemlenen sayısal değişimlere dayanıyor. En büyük düşüşler %85'lik bir oranla tatlı su popülasyonlarında görülürken onları %69'luk düşüşle karasal popülasyonlar ve %56'lık düşüşle okyanus ve denizlerdeki popülasyonlar izliyor.

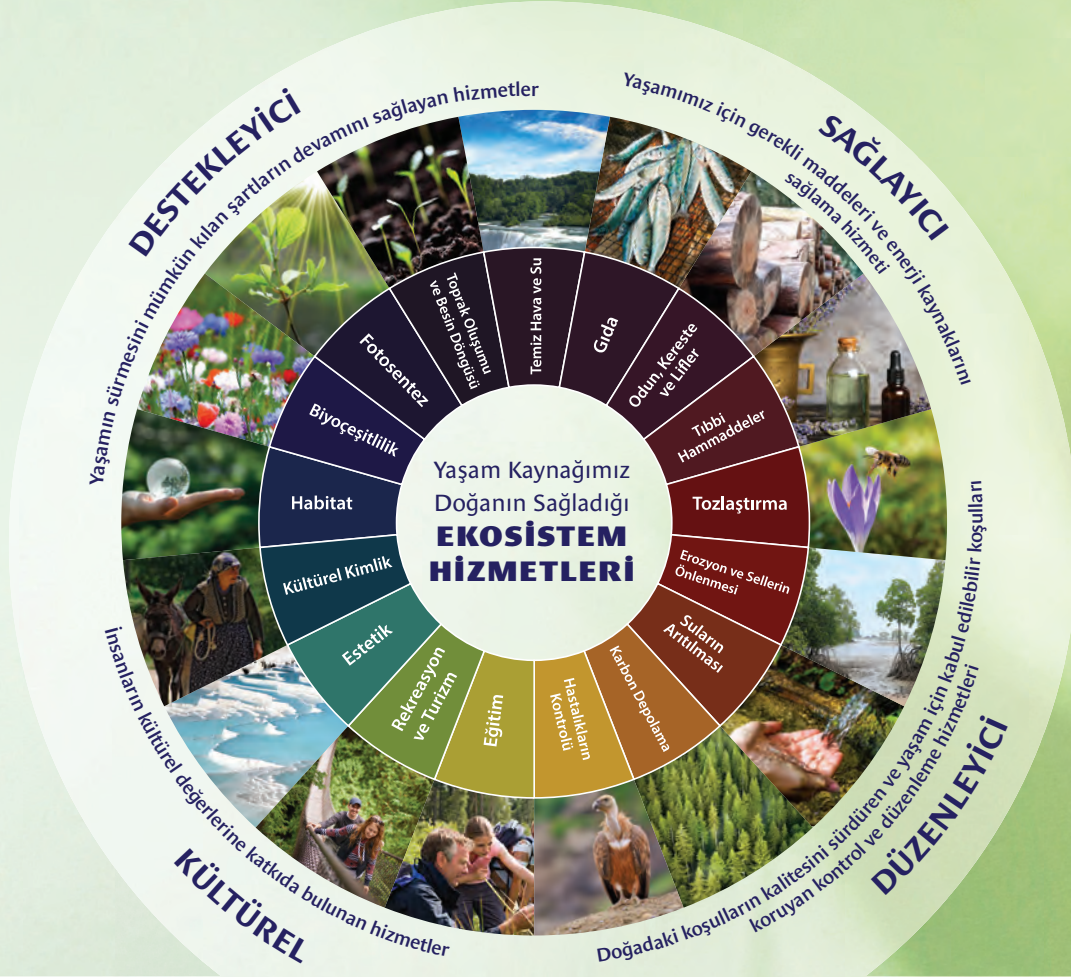


Avustralya'nın Queensland eyaletinin kuzeydoğu kıyısına yakın, Büyük Bariyer Resifi'nin kuzeyinde yer alan Milman Adası'ndaki şahin gagalı kaplumbağaların (*Eretmochelys imbricata*) yuva yapan dişilerinin sayısı, ada Büyük Bariyer Resifi'ndeki en üst düzey koruma statüsüne sahip bir alanda bulunmasına rağmen, 1990-2018 arasında 28 yıllık süre içinde %57'lik bir düşüş gösterdi. Bilim insanları 2036'ya gelindiğinde şahin gagalı kaplumbağaların buradaki popülasyonunun tamamen yok olabileceğini tahmin ediyor. Şahin gagalı kaplumbağalar habitat kaybı, iklim değişimi, yasal ve yasadışı avlanmanın yanı sıra balık ağlarına dolanma gibi tehditlere karşı hassas canlılar.

Takip edilen canlı popülasyonlarında bölgesel düzeyde en hızlı azalma %95'lik çarpıcı bir oranla Latin Amerika ve Karayipler'de görülüyor. Bu bölgeyi %76'lık azalma ile Afrika ve %60'lık azalma ile Asya - Pasifik takip ediyor. Avrupa ve Orta Asya (%35) ile Kuzey Amerika'da (%39) ise popülasyon büyüklüklerindeki azalmalar o kadar dikkat çekici değil. Oranların daha düşük olması, bu bölgelerde kaybın az olmasından ziyade 1970'ten önce gerçekleşen büyük ölçekli kayıplardan sonra bazı popülasyon büyüklüklerinin sabitlenmesinden ya da doğa koruma çabaları ve izlenen türlerin koruma programları kapsamında kontrollü üreme ve yeniden yerleştirme

çalışmalarıyla doğal yaşam alanlarına kazandırılması sayesinde artmasından kaynaklanıyor. Popülasyon büyüklüklerinin takip edildiği tüm bölgelerde yapılan analizlerde en çok raporlanan tehdit, öncelikli olarak gıda üretim süreçlerinden kaynaklanan habitat

tahribatı ve kaybı iken bunun ardından canlıların aşırı tüketimi, istilacı türler ve hastalıklar geliyor. İklim değişimine bağlı etkiler (özellikle Latin Amerika ve Karayipler’de) ve kirlilik (özellikle Kuzey Amerika ve Pasifik’te) diğer tehditler arasında.



Doğa, yediğimiz besinlerden enerji kaynaklarına ve ilaçlara, istikrarlı bir iklimden temiz havaya ve suya kadar bütün yaşamsal ihtiyaçlarımızı sağlamak suretiyle doğrudan ya da dolaylı olarak insan yaşamının temel dayanaklarını oluşturuyor. Gerek ekonomilerimizin gerek toplumlarımızın gerekse uygarlıklarımızın temeli, doğaya dayanıyor. Dolayısıyla doğanın tehdit altında olması demek sağlığımızın ve geçim kaynaklarımızın da tehdit altında olması anlamına geliyor.

Doğanın tahrip olması ve işlevlerinin bozulması, tarım zararlıları ve hastalıkların artmasına neden olarak tozlaştırmayı sağlayan böceklerin yok olmasına ya da toprakların tarım yapmaya elverişsiz hâle gelmesine yol açtığı için tarım ürünlerinin veriminin azalacağı ve sonuçta gıda stoklarımızın tükeneceği bir gelecekle karşı karşıya kalmamız demek. Temiz su bulmanın zorlaşacağı, ekosistemlerin artık atmosferdeki karbondioksiti soğurarak iklimin küresel ölçekte dengesini korumasını sağlayamayacağı ve bizleri aşırı hava olaylarından koruyamayacağı bir gelecekle...

Aslında çok sayıda insan bu tür bir geleceği şimdiden yaşıyor. Örneğin Hindistan'ın Chennai kentindeki milyonlarca insan, kentin kıyı bölgelerinde bulunan sulak alanlardaki tahribatın etkilerini hissetmeye başladı. Sulak alan ekosistemleri suyu emerek taşkınların önlenmesine ve kentin su kaynaklarının yenilenmesine yardımcı oluyordu. Ancak son birkaç yıldır kent iki defa şiddetli sele ve insanların temel su ihtiyacının ancak taşıma suyla sağlanabildiği uzun süreli bir kuraklığa maruz kaldı.

WWF, doğal sistemlerin durumunu ve zaman içindeki değişimini nicel olarak ölçmek için, doğanın durumunu farklı açılardan değerlendirmeyi sağlayan çeşitli endeksler kullanıyor. Örneğin Kırmızı Liste Endeksi canlı türlerinin yok olma riskindeki değişimleri ölçerken Biyoçeşitlilik Bütünlük Endeksi bir alandaki doğal biyoçeşitliliğin ne ölçüde korunduğuna ilişkin uzun vadeli bir değerlendirme yapmaya imkân sağlıyor. Yaşayan Gezegen Raporu'nda ana ölçüt olarak kullanılan Yaşayan Gezegen Endeksi (Living Planet Index, LPI) ise popülasyonların büyüklüklerinin zaman içindeki değişiminin izlenmesini sağlayarak türlerin yok oluş riski için bir erken uyarı işareti olarak işlev görüyor ve ekosistemlerin varlığını olması gerektiği

şekilde sürdürüp sürdürmediğini anlamamıza yardımcı oluyor. Popülasyonların uzun süre dengede kalması yani popülasyon büyüklüğünde belirgin değişimlerin olmaması, hastalık ve aşırı hava olaylarına karşı direnç sağlar. Ancak, küresel Yaşayan Gezegen Endeksi'nin işaret ettiği gibi popülasyonlardaki azalma, bu dayanıklılığı azaltarak ekosistem işleyişini dolayısıyla gıda, temiz su, karbon depolama ve sosyal refahı destekleme gibi ekosistem hizmetlerini tehlikeye atıyor. Çünkü bir türün popülasyonu belirli bir seviyenin altına düştüğünde, ekosistemdeki rolünü (örneğin, tohum yayma, tozlaşma, besin döngüsüne katkı gibi) tam olarak yerine getiremeyebilir.



Antarktika'nın çeşitli bölgelerinden 94 sakallı penguen (*Pygoscelis antarcticus*) kolonisinin popülasyonlarında 1980-2019 arasında ortalama %61 azalma görüldü. Bu azalmanın deniz buzullarındaki değişimler ile iklim değişiminden ve Antarktika'daki kril avlama sahalarındaki artıştan kaynaklı kril kıtlıklarına bağlı olduğu düşünülüyor. Kriller penguenlerin ana besin kaynağını oluşturan karides benzeri kabuklu canlılar. Kriller azalınca penguenler besin arayışına daha fazla vakit ayırmak zorunda kalıyor, bu da üreyememe risklerini artırıyor.

Ekosistem Hizmetleri

Doğadan sağladığımız faydalara bilimsel olarak “ekosistem hizmetleri” ya da “doğanın insanlara katkıları” deniyor. İnsanlık olarak genellikle bu faydaların her zaman erişebilir olduğunu kabul ediyor ve kanıksıyor, değerlerini bilmiyoruz. Bu faydalardan sadece birkaçını sıralamak gerekirse:

1. Ormanlar iklimi düzenler, tarımsal üretimi mümkün kılan yağışların oluşmasına yardımcı olur, su kaynaklarımızı yeniler ve bize kereste, gıda ve tıbbi bitkiler sağlar.
2. Sulak alanlar emdikleri suyu yavaş yavaş dışarı vererek kuraklık ve sel riskini azaltır.
3. Mangrov ormanları, kıyı yerleşimlerini fırtınalara ve erozyona karşı koruyup büyük miktarda karbonu bünyesinde tutar.
4. Deniz ekosistemleri bize her yıl yaklaşık 100 milyon ton besin sağlar.
5. Tarım ürünü çeşitlerinin dörtte üçü ve küresel tarım üretiminin üçte birinden fazlası tozlaşma için arılara ve başka tozlaştırıcı canlı türlerine ihtiyaç duyar.
6. Doğa turizmi milyonlarca istihdam ve büyük miktarda gelir sağlar.



Bir Tür Yok Olduğu Zaman Ne Olur?

Bir türün popülasyonu kritik bir düzeyin altına düştüğünde ekosistemin dirençliliği (dış etkilere karşı ekosistem özelliklerinin değişmeden kalabilme kapasitesi) azalır ve bu durum ekosistem hizmetlerini de sekteye uğratabilir. Örneğin soldaki resimde görülen ısıldak papağan balıkları (*Sparisoma viride*)

mercanların yüzeyindeki alglerle beslenerek mercanların sağlıklı kalmasına yardımcı olur. Ancak bu balıkların sayısı aşırı avlanma sonucu azalırsa alttaki resimde görüldüğü gibi alg popülasyonu kontrolsüzce artar, mercanlar ölmeye başlar ve yaşamları mercanlara bağlı olan diğer canlı popülasyonları da giderek azalır. Bu durum yalnızca biyoçeşitliliği değil mercan resiflerine ihtiyaç duyan kıyı halklarının geçim kaynaklarını ve mercan resifleri sayesinde fırtınalardan korunma olanaklarını da olumsuz etkiler.





Gabon'daki Minkébé Millî Parkında yaşayan Afrika orman fillerinin (*Loxodonta cyclotis*) popülasyonu 2004-2014 aralığında %78-81 oranında azaldı. Bu çarpıcı azalmaya fillerin fildişi ticareti için avlanması'nın neden olduğu yönünde güçlü kanıtlar var. Orta Afrika'daki tüm orman fillerinin yaklaşık yarısı Gabon'da yaşadığı için bu ölçekteki bir azalma türün geleceği açısından hayli endişe verici bulunuyor.

Kritik Eşik Noktalarına Yaklaşıyoruz

Yaşayan Gezegen Endeksi ve benzer göstergelerin hepsi doğanın endişe verici bir hızla tahrip olduğunu gösteriyor. Bazı değişimler küçük ve aşamalı olsa da bu etkilerin birikmesi daha büyük ve hızlı değişimleri tetikleyebiliyor. Birikimli etkiler bir eşik noktasına ulaştığında ise değişim kendi kendini beslemeye başlıyor ve sonuçta büyük, genellikle ani ve potansiyel olarak geri dönüşü olmayan değişimler ortaya çıkıyor. Bu tür değişimlerin başladığı eşik noktalarına kritik eşik noktası deniyor.

WWF raporuna göre mevcut durumun devam etmesi hâlinde doğal yaşamda bir dizi kritik eşik noktasına ulaşılması ve bunun yıkıcı sonuçları olması hayli olası

görünüyor. Bu eşik noktalarının bazıları, insanlık ve canlı türlerinin çoğu için ciddi tehdit oluşturma, Dünya'nın yaşamı destekleyen sistemlerine zarar verme ve dünyanın her yerinde toplumların sosyal ve ekonomik istikrarını tehlikeye düşürme potansiyeli taşıyor. Erken uyarı niteliğindeki birtakım belirtiler bazı kritik eşik noktalarına hızla yaklaştığımızı gösteriyor:

● **Biyosferde:** Mercan resiflerinin toplu ölümü, kıyı kesimlerde yaşayan yüz milyonlarca insanın yararlandığı balık stoklarını yok edebilir ve onları resifler sayesinde korundukları fırtınalara karşı korunmasız hâle getirebilir. Amazon Yağmur Ormanları'nda görülen ormansızlaşma düzeyinde kritik eşiğin aşılması ise tonlarca karbonun atmosfere salınmasına neden olarak tüm dünyada meteorolojik normalleri (örneğin belirli bir yerde yılın belirli zamanlarındaki normal sıcaklık ve yağış koşullarını) bozabilir.

● **Okyanus Akıntılarında:** Grönland'ın güneyinde, tuzlu suyun soğuyarak okyanusun derinlerine hareket ettiği döngüsel bir akıntı olan Kutup Altı Girdabı'nın zayıflayarak durması Avrupa'da ve Amerika'da hava durumuna ilişkin tipik örüntüleri çarpıcı biçimde değiştirebilir.

● **Kriyosferde:** Gezegenimizin donmuş hâldeki kısımlarının bütününe kriyosfer adı veriliyor. Grönland ve Batı Antarktika'daki buz örtülerinin erimesi deniz seviyelerinin metrelerce yükselmesine neden olabilir. Öte yandan permafrostta yani donmuş hâldeki topraklarda gerçekleşecek büyük ölçekli erimeler de büyük miktarlarda karbondioksit ve metanın atmosfere salınmasına neden olabilir.



Henk Bogaard / iStock

Akbabalar hayvan leşlerini ortadan kaldırmak suretiyle besin döngüsüne katkıda bulunarak ve leşlerden etrafa bulaşıcı hastalıklar yayılmasını önleyerek çok önemli bir ekosistem hizmeti sağlar. Afrika'daki akbaba popülasyonları en az üç nesildir azalma gösteriyor.



Nikada / iStock



RainervonBrandts / iStock

! Küresel Olarak Önemli 5 Eşik Noktası Aşılmak Üzere

Sürekli yapılan izlemler ve bilimsel kanıtlara dayalı erken uyarı işaretleri, 5 küresel kritik eşik noktasını aşmaya hızla yaklaştığımızı gösteriyor. Aşılan her bir eşik noktası, insanlığın ve dünyadaki yaşamı destekleyen sistemlerin geleceği için çok ciddi sonuçlar doğurabilir.

- Ormansızlaşma Sonucu Kurumakta Olan Amazon Yağmur Ormanları
- Mercan Resifi Ölümleri
- Buz Örtülerinin Küçülmesi
- Atlantik Okyanusu Akıntısı'nın Durması
- Donmuş Toprakların Erimesi



1994-2016 aralığında Brezilya'nın Mamirauá koruma alanındaki Amazon pembe nehir yunusu (*Inia geoffrensis*) ya da diğer adıyla boto popülasyonunda %65'lik, haliç yunusu (*Sotalia fluviatilis*) popülasyonunda ise %75'lik azalma oldu. Her iki yunus türü de hem balık ağlarına dolanma tehlikesine karşı savunmasız hâlde hem de olta yemi üretmek için avlanıyor. Güncel araştırmalar bu yunusların popülasyonlarındaki azalma eğiliminin sürdüğünü ve iklim değişiminin bu canlılar için her geçen gün daha büyük bir tehdit hâline geldiğini gösteriyor. 2023 yılında aşırı bir sıcaklık ve kuraklık döneminde bölgedeki sadece iki gölde 330'dan fazla yunus öldü.

“Kritik eşik noktası” kavramının zihinde somutlaştırılması zor olabilir. Ancak bölgesel ölçeklerde gözlemlenen ekolojik, sosyal ve ekonomik sonuçları bu eşiklerin aşılmak üzere olduğunu gösteriyor:

- Kuzey Amerika'nın batısında, çam ağaçlarının kabuklarına zarar veren böcek istilası, artan orman yangınlarıyla birlikte bu türlerin popülasyon büyüklüğünü kritik bir eşik noktasına getiriyor. Bu eşik aşıldığında, çamların yerini çalılıklar ve çayırliklar alacak. Üstelik, iklim değişikliği böcek istilasının yanı sıra orman yangınlarını da şiddetlendiriyor.
- Dünyanın en büyük mercan resifi olan Büyük Bariyer Resifi'nde deniz sıcaklıklarının artmasına bağlı olarak ortaya çıkan ekosistem tahribatı sonucu

1998, 2002, 2016, 2017, 2020, 2022 ve 2024 yıllarında büyük ölçekli mercan beyazlaması vakaları ortaya çıktı. Aslında Büyük Bariyer Resifi şimdiye kadar kayda değer bir direnç sergileyerek ekosistem işlevlerini sürdürmeye devam etti. Ancak veriler bu direncin sürekli olarak devam etmeyeceğini ve küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlandırmayı başarsak bile tüm dünyadaki mercan resiflerinin %70-90 kadarını muhtemelen kaybedeceğimizi gösteriyor.

- Amazon'da ormansızlaşma ve iklim değişikliği, yağışları düşürerek tropikal yağmur ormanının varlığını sürdürmesi için gerekli koşulları bozuyor. Hâlihazırda %14-17'lik bir kısmı kaybedilmiş olan Amazon Yağmur Ormanları'ndaki bu durum, kaybun %20-25'lik bir orana çıkmasıyla kritik eşik noktasına ulaşabilir. Bu da insanlar, biyoçeşitlilik ve küresel iklim için yıkıcı sonuçlar doğurabilir.

Tüm bu veriler karamsar bir tablo çizse de WWF raporunda, ekosistemlerin dayanıklılığını artırıp iklim değişiminin ve başka baskı unsurlarının etkilerini azaltarak kritik eşik noktalarının aşılmasını önlemek için hâlâ bir fırsatımız olduğu vurgulanıyor.



Doğu Afrika'da Ruanda, Demokratik Kongo Cumhuriyeti ve Uganda'nın bulunduğu bölgedeki bir yanardağ zinciri olan Virunga Dağları'ndaki dağ gorillerinin (*Gorilla beringei beringei*) sayısı 2010-2016 aralığında yılda ortalama %3'lük artış gösterdi. Bu artışın, korunan alanların özenli bir şekilde yönetilmesi, milli parkların çevresinde yaşayan toplulukların koruma planlarına kapsamlı şekilde dâhil edilmesi, goril gruplarının yakından izlenmesi ve gerektiğinde veteriner müdahalesi sağlanması gibi koruma tedbirleri sayesinde gerçekleştiği düşünülüyor.

Küresel Hedeflerin Gerisindeyiz

WWF Raporunda insanlığın ortak küresel hedeflerindeki durum da değerlendiriliyor. Küresel ölçekteki çevre ve sürdürülebilirlik sorunlarının etkileri dünyanın her yerinde görülmeye başladığında yakın geçmişte dünya devletleri bir araya gelerek yaşanabilir ve sürdürülebilir bir gelecek için çeşitli hedefler ortaya koydu. Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'yle ortaya konan biyoçeşitlilik kaybını durdurma hedefi, Paris Anlaşmasıyla ortaya konan küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlama hedefi ve

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından yoksulluğu ortadan kaldırıp insan refahını temin etmeye yönelik olarak belirlenen "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri" bunların en önemlileri. Ancak küresel iş birliğiyle başlatılan bu inisiyatifler kapsamında şimdiye kadar gerçekleştirilen eylemler ve alınan tedbirler, 2030 itibarıyla ulaşılmak istenen hedeflere ulaşmak için hayli yetersiz kalıyor. Kritik eşik noktalarının aşılması ise bu hedefleri imkânsız hâle getirebilir. Uluslararası hedeflerle ilgili pek de parlak olmayan tablo şu şekilde:

- 2030 için belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin yarısından fazlası gerçekleşemeyecek. Bu hedeflerin %30'unda ya şimdiye kadar bir gelişme sağlanamadı ya da 2015 düzeyine göre daha gerideyiz.
- Dünya genelindeki ülkelerin küresel ısınmayı sınırlandırmak için verdikleri mevcut iklim taahhütleri ile yüzyıl sonunda 3 °C'ye yakın bir küresel ısınmaya ulaşılabilir, bu da kaçınılmaz olarak birden fazla kritik eşik noktasının aşılmasını tetikleyecektir.
- Dünya genelinde biyoçeşitliliği korumak ve sürdürülebilirliği sağlamak için ortaya konan ulusal biyoçeşitlilik stratejileri ve eylem planları hem yetersiz hem de finansal ve kurumsal destekten yoksun.

WWF raporunda ortak hedeflere ulaşılmasına yönelik daha fazla çaba gösterilmesinin yanında bu çabaların birbiriyle uyumlu ve eşgüdümlü olması gerektiği de vurgulanıyor. Farklı alanlardaki hedefleri birbirinden bağımsız ele alan yaklaşımlar çatışma riskleri barındırıyor. Örneğin belirli bir arazinin gıda üretimi için mi, biyoçeşitliliği koruma amaçlı mı yoksa yenilenebilir enerji eldesi için mi kullanılacağı konusunda alınacak kararlar birbiri ile çelişebilir. Oysa koordineli ve kapsayıcı bir yaklaşımla hedeflerin herhangi birinden ödün vermeden pek çok çatışma önlenir. Hedeflerin birlikte ele alınması hem doğanın korunmasına ve doğadaki tahribatın onarılmasına hem iklim değişiminin durdurulmasına ve iklim değişimine uyum sağlanmasına hem de insan refahının iyileştirilmesine yönelik pek çok fırsat yaratabilir.



Avrupa bizonlarının (*Bison bonasus*) doğal ortamdaki popülasyonu 1927'de tamamen yok olmuştu. Bu türe ait sadece özel koruma merkezlerinde korunan bireyler kalmıştı. Kapsamlı ve sistematik olarak yürütülen yetiştirme, doğal ortama yeniden kazandırma ve yer değiştirme çalışmaları sayesinde 1950-2020 aralığında doğal ortamdaki popülasyonun nüfusu sıfırdan 6.800'e yükseldi. Şu anda bu canlıların çoğu (%91-100) korunan alanlarda yaşıyor.

Çare Dönüşümde

WWF Raporuna göre gezegenimizin, insanların ve doğanın varlığını sürdürmeye devam edebileceği bir yer olarak kalmasını sağlayabilmek için insanlık olarak karşımızdaki zorlukların üstesinden gelebilecek ölçekte tedbirler almamız gerekiyor. Bir yandan doğayı korumaya yönelik çok daha etkili eylemleri hayata geçirirken diğer yandan biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve ekosistem tahribatına neden olan başlıca etmenleri bertaraf etmemiz lazım. Bunun yolu ise gıda, enerji ve finans sistemlerimizde büyük dönüşümler yapmaktan geçiyor.

Doğa Korumada Dönüşüm

Dünya çapında doğal sistemlerde görülen çarpıcı düzeydeki kayıplara rağmen pek çok türün popülasyonu da doğa koruma çabaları sayesinde dengelenmiş ya da artmış durumda. Ancak doğanın korunmasına yönelik birbirinden bağımsız başarılar ve sadece doğadaki kaybun yavaşlatılması yeterli değil. Öte yandan insanların sosyal, ekonomik ve kültürel ihtiyaçlarını hesaba katmayan koruma çabalarının da uzun vadede başarılı olması pek mümkün değil.]

1. Daha Fazla Koruma

Hâlihazırdaki doğa koruma alanları dünyadaki karasal alanların %16'sını ve deniz yüzeyinin %8'ini oluşturuyor. Ancak bu alanların çoğu etkili bir şekilde yönetilmiyor. Kunming-Montreal Biyoçeşitlilik Çerçevesi'nin 2 numaralı hedefi, tahribata uğramış alanların %30'unun 2030 itibarıyla yenilenmiş olmasını; 3 numaralı hedefi ise 2030 itibarıyla karaların, iç suların ve denizlerin %30'unun koruma altına alınmış olmasını gerektiriyor. Aslında bu hedefler, doğa koruma çalışmalarının kapsamını ve etkinliğini önemli ölçüde artırmak için eşsiz bir fırsat sunuyor.

2. Yerli Halkların Toprakları

Ülkelerin korunan alanları genişletmesi, birbiriyle bağlantılı hâle getirmesi ve bu alanları yönetmek için kurduğu sistemleri geliştirip yeterli fonla desteklemesi, bunları yaparken de doğa koruma çabalarından olumsuz etkilenebilecek insanların ihtiyaçlarını dikkate alması ve haklarına saygı göstermesi gerekiyor. Yerli halklar ve yerel toplulukların haklarını dikkate alan ve destekleyen yaklaşımlar, yerel ölçekte biyoçeşitliliği korumanın en etkili yolları arasında. Yerli halkların sahip olduğu, yönettiği, kullandığı ve/veya üzerinde yaşadığı topraklar, tüm dünyada karasal alanların dörtte birini oluşturuyor. Bu alanlar resmi olarak koruma statüsünde olan doğa koruma alanlarının %35'ini ve koruma statüsünde olmayıp doğal açıdan bütünlüğünü koruyan yani biyoçeşitliliği ve ekosistem işlevleri tahrip olmamış karasal alanların da yine %35'ini kapsıyor. Yerli halklar ve yerel topluluklar tarafından yönetilen pek çok alanda, canlı türlerinin ve ekosistemlerin yüzyıllar boyunca sürdürülebilir biçimde korunduğu görülüyor.

Gerek Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde, gerekse IPCC ve IPBES belgelerinde büyük önem atfedilen yerli halklar ve yerel topluluklar, nesiller boyunca belirli bir bölgede yaşayan, kendilerine has kültürlerinin ve geleneklerinin yanı sıra doğal çevreyi kendilerine has yönetme biçimlerini halen koruyan insan grupları için kullanılan bir terim.

3. Doğa Temelli Çözümler

Doğayı göz ardı eden yöntemler yerine doğal sistemleri bozmadan onları korumayı esas alan doğa temelli çözüm yaklaşımları da iklim, biyoçeşitlilik ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma konusunda ümit vad ediyor. Örneğin ormanların, sulak alanların ve kıyı habitatlarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ve iyileştirilmesi hem daha fazla karbon soğurulmasına hem de bu bölgelerde yaşayan insan topluluklarının iklim değişiminin etkilerine uyum sağlamasına yardımcı olabilir. İklim değişimini durdurmaya yönelik bu doğa temelli çözümler, bir yandan yıllık sera gazı salımlarını %10-19 oranında azaltırken bir yandan da ekosistemler ve insanların geçim kaynakları açısından fayda sağlama potansiyeline sahip.



Pasifik kral somonlarının (*Oncorhynchus tshawytscha*) üremek için kışın ABD'nin California eyaletindeki Sacramento nehrine gelen popülasyonunda, yıldan yıla dalgalanmalar olmakla birlikte 1970-2022 yılları arasında %88'lik bir düşüş görüldü. Tehlike altındaki bu popülasyonun göç rotası barajlar yüzünden tıkanınca her zamanki üreme bölgelerine erişimleri zorlaştı. Pasifik kral somonlarının üreyebilmesi ve yavrularının hayatta kalabilmesi için suyun soğuk olması gerekiyor. Ancak bu balıklar artık sadece nehrin çok daha küçük kollarına erişebiliyor, buralarda ise sular daha sığ ve ılık. İklim değişimi onlar için önemli bir tehdit oluşturuyor ve hayatta kalmaları nehrin daha yukarılarında bulunan barajlardan soğuk su bırakılmasına bağlı.

Gıda Sisteminde Dönüşüm

Gıda sistemimiz doğal sistemlerdeki tahribatın bir numaralı sorumlusu. Dünya üzerindeki yaşanabilir alanların %40'ı gıda üretiminde kullanılıyor. Gıda üretim faaliyetleri habitat kayıplarının başlıca nedeni. Su kaynaklarının %70'i gıda üretiminde kullanılıyor. Sera gazı salımlarının da dörtte biri gıda üretimi faaliyetlerinden kaynaklanıyor. Buna karşılık gıda sistemimiz, insanlığın ihtiyaç duyduğu gıdayı sağlayamıyor: insanların yaklaşık üçte biri yeterince besleyici gıda alamıyor, buna yakın bir kısmı ise fazla kilolu. WWF raporu bu konuda yapılabilecekleri dört başlıkta topluyor:

1. Doğa Dostu Üretim

Bir yandan dünya üzerindeki tüm insanlar için yeterli gıdayı sağlarken diğer yandan doğanın kendini yenilemesine fırsat tanımak mümkün. Doğa dostu tarımsal üretim uygulamaları, tarımsal ürün verimliliğini ve hayvancılıkta üretkenliği artırırken ekosistemler, biyoçeşitlilik ve toprağın sağlığı üzerindeki tahribatın iyileşmesine yardımcı olabilir. Balık stoklarını yenileyerek ve sürdürülebilir şekilde yöneterek daha fazla doğal deniz ürünü elde edebiliriz. Ayrıca su ürünleri yetiştiriciliğini de daha sürdürülebilir hâle getirmek mümkün.

2. Sağlıklı ve Gezegen Dostu Beslenme

Tüm insanların et ürünleri, yağ ve şekerce zengin bir diyetle beslenebilmesi için Dünya'daki gıda üretimi için gerekli kaynakların birkaç kat fazlasına sahip olmamız gerekirdi. Dünyada tarıma uygun tüm arazilerin yaklaşık %71'i hayvan otlatmak için kullanılırken %11 kadarı da hayvan yemi olarak kullanılan tarım ürünlerini yetiştirmeye ayrılmış durumda. Oysa insanlar diyetlerinde hayvansal gıda oranını azaltıp bitkisel gıda oranını artırsalar gıda krizinin çözümünde önemli bir aşama kaydedilebilir. Beslenme tercihleri bölgeden bölgeye değişse de daha fazla oranda bitkisel besin tüketmek hem sağlığımız hem de gezegenimiz için daha faydalı. Ayrıca yetersiz beslenme ve gıda güvenliği sorunlarına karşı tedbirler alınması şart.



MachineHeadz / iStock

3. Gıda Kaybının ve İsrafının Azaltılması

Günümüzde dünyada üretilen tüm gıda ürünlerinin %30-40 kadarı yenmeden çöpe gidiyor. Çöpe giden yiyeceklerin kalorisi, dünya genelinde üretilen gıda ürünlerinin toplam kalori miktarının yaklaşık dörtte birine; üretiminde kullanılan arazi ve su miktarı, toplam tarımsal arazi ve su kullanımının beşte birine denk. Çöpe giden gıdaların üretimi sırasında salınan sera gazı miktarı ise küresel sera gazı salımlarının %4,4'üne karşılık geliyor. Oysa gıda kaybını ve

israfını azaltabilmek için elimizde pek çok fırsat var. Tedarik zincirlerinde daha iyi saklama ve işleme teknolojilerinin kullanılmasından tüketiciler olarak ne satın alıp pişireceğimiz konusunda daha bilinçli davranmaya kadar farklı tedbirler alınabilir.

4. Tarım ve Balıkçılık Sübvansiyonlarında Dönüşüm

Devletler, doğayı tahrip edici etkilere sahip uygulamaları da içeren tarımsal faaliyetler için her yıl yaklaşık 635 milyar ABD doları, aşırı avlanma içeren balıkçılık faaliyetleri için de yaklaşık 22 milyar ABD doları değerinde sübvansiyon yatırımı yapıyor. Bu sübvansiyonların toplam değeri; doğa dostu üretimi artırmak, gıda kaybını ve israfını azaltmak, daha sağlıklı beslenme tercihlerinde bulunmaları için insanları teşvik etmek ve besleyici gıdaları herkes için erişilebilir fiyatlarda tutmak için gereken parasal kaynağı fazlasıyla karşılayabilecek boyutta.



Pham Hung / iStock

Deniz tabanına veya büyük su kütlelerine sarkıtılan ağır ağırları sürüklemeye dayalı trol yöntemi, avlanmak istenen balık türlerinin yanında başka bir çok deniz canlısının da yakalanmasına neden olduğu için biyoçeşitlilik açısından sakınca taşıyor.

Enerji Sisteminde Dönüşüm

Enerji elde etme ve tüketme süreçleri iklim değişimine neden olan başlıca etmen. Bir iklim felaketini önlemek için 2030 itibariyle sera gazı salımlarımızı yarıya indirmemiz gerekiyor. Bunun için de enerji kaynağı olarak fosil yakıtların kullanımını hızla azaltıp yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmemiz gerektiğini biliyoruz. Bu enerji dönüşümünün, merkeze insanı ve doğayı koyan, hızlı, doğa dostu ve adil bir dönüşüm olması gerekiyor.



1. Daha Hızlı Bir Dönüşüm

Son on yılda dünya genelinde kurulu yenilenebilir enerji sistemlerinin toplam kapasitesi yaklaşık iki katına çıkarken rüzgâr ve güneş enerjisi sistemleri ile bataryaların maliyetleri %85'e varan oranlarda düştü. Yenilenebilir enerjiye geçiş konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da bu enerjilerin kullanıma geçme hızı ve toplam enerji üretimindeki payı küresel iklim hedeflerine ulaşmak için yeterli değil. Bu açığı kapatmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımları artırmamız ve enerji dönüşüm sürecini hızlandırmamız gerekiyor. Gelecek beş yıl içinde yenilenebilir enerji üretimini üç katına ve enerji verimliliğini iki katına çıkarmamız, hafif taşıtların %20-40'ını elektrikli hâle getirmemiz ve enerji hatlarını modernize etmemiz gerekiyor. Bu da 2030 itibariyle

yenilenebilir enerji sistemlerine yönelik yıllık yatırımın en az üç katına yani yaklaşık 4,5 trilyon ABD dolarına çıkarılmasını gerektirecek.

2. Daha Çevre Dostu Bir Dönüşüm

Enerji eldesinde fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının iklim, insan sağlığı ve doğa için olumlu sonuçlar doğuracağı aşîkâr. Ne var ki bu dönüşüm kendi içinde başka zorluklar barındırabilir. Örneğin hidroelektrik

alanındaki gelişmeler nehirlerin doğal akış düzeninin ve ekosisteminin bozulmasına, biyoenerji alanındaki gelişmeler ise biyokütle üretimi için daha geniş tarım alanlarına ihtiyaç duyulmasına ve arazi kullanımında ciddi değişimlere neden olabilir. Güç iletim hatları ve yenilenebilir enerji teknolojileri için gerekli ham maddeleri tedarik etmeye yönelik madencilik faaliyetleri ekolojik açıdan korunması gereken hassas arazileri, tatlı su kaynaklarını ve okyanus sistemlerini olumsuz etkileyebilir. Enerji alanındaki dönüşümün gerçekten çevreci olabilmesi için

uygun bölgelerde doğru yenilenebilir enerji kaynağını seçmek ve çevresel tedbirleri gözetebilmek, bunun için de tüm bu süreçlerde dikkatli bir planlama yapmak gerekiyor.

3. Daha Adil Bir Dönüşüm

770 milyondan fazla insan hâlâ elektrikten yoksun olarak yaşıyor ve yaklaşık 3 milyar insan hâlâ yemek pişirmek için kerosen, kömür, odun gibi biyoyakıtlar kullanıyor. Bu insan topluluklarının modern yenilenebilir enerji çözümlerine erişiminin olmaması yoksulluğu, ormansızlaşmayı ve iç ortam hava kirliliğini ciddi ölçüde artırıyor. İç ortam hava kirliliği kadınları ve çocukları erkeklere göre daha fazla etkileyen önemli bir erken ölüm sebebi. Sonuç olarak, herkesin modern ve güvenli enerji kaynaklarından yararlanabildiği adil bir dönüşüm gerekiyor.

Finans Sisteminde Dönüşüm

Küresel GSYİH'nın (GDP) yaklaşık yarısı (%55) yani tahminen 58 trilyon ABD doları, orta ya da yüksek düzeyde doğaya ve onun sağladığı hizmetlere dayanıyor. Oysa mevcut ekonomik sistemimiz doğadan sağlanan hizmetlerin değerini yok sayıyor. Doğanın sağladıkları ve karşılığında doğaya olan etkilerimiz hesaba katılmadığı için de her yıl yaklaşık 7 trilyon ABD dolarına denk parasal kaynak doğa ve iklim krizini daha da körükleyici etkilere sahip faaliyetler için harcanıyor. Buna karşılık doğa dostu çözümler için harcanan miktar sadece 200 milyar ABD doları düzeyinde. WWF raporunda küresel finans sisteminin de bu açıdan bir dönüşüme uğraması gerektiği vurgulanıyor.

1. Doğaya Yatırım Yapmak

İklim ve doğa krizleriyle mücadele ederken gıda ve enerji sistemlerimizi dönüştürmek çok büyük bir

yatırım gerektirecek. Dolayısıyla küresel finans sisteminde para akışının gezegen için zararlı faaliyetlerden gezegeni koruyucu ve iyileştirici özellikteki faaliyetlere kaydırılacağı devasa bir dönüşüm gerekiyor. Bu dönüşüm, kamunun ve özel sektörün dâhil olacağı; fon, senet, kredi ve sigorta gibi finansal araçların doğa koruma çalışmaları için kullanılmasından doğa dostu işletme ve girişimlere yönelik uzun vadeli yatırımlara kadar uzanan yeni finansman çözümlerini gerektirecek.

2. Doğayla Finansı Bağlantılandırmak

Finansal sistemimizin ve onun desteklediği ekonomilerin ekosistemler, biyoçeşitlilik, su kaynakları ve istikrarlı bir iklim olmadan ayakta kalması imkânsız. Bankaların ve finans kuruluşlarının aldıkları tüm kararlarda doğanın ve iklimin önemini ve bu kararların doğa üzerinde oluşturabileceği riskleri hesaba katması, borç verdikleri tüm organizasyonların da aynı ilkeleri göz önünde bulundurduğundan emin olmaları gerekiyor.



Karakulaklar (*Caracal caracal*) ülkemizdeki 5 yabani kedi türünden biri. Ülkemizin güneybatısında, özellikle Muğla ve Antalya'da yayılış gösteren tür, bu bölgede yaklaşık 2.500 bireyden oluşan ve dünyadaki diğer karakulaklardan izole hâldeki bir popülasyona sahip. İzole popülasyonlar çevredeki olumsuz değişikliklere karşı daha kırılgan olurlar. Zaman içinde genetik kendileşme (inbreeding) sonucu genetik çeşitliliklerini kaybetmeleri onları hastalıklar ve çevresel değişimler gibi tehditlere daha dayanıksız hâle getirebilir. Bu yüzden ülkemizdeki her bir karakulak bireyi büyük önem taşıyor. Ülkemizdeki karakulaklar ayrıca giderek artan insan kaynaklı baskılar altında. Son yıllarda yaşanan büyük orman yangınları da bu türün habitatlarında büyük bir değişime yol açtı.

Yabani Kedilerimiz Karakulaklar Tehdit Altında

Dr. Öğretim Üyesi Yasin İlemin / Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Ülkemiz hem sahip olduğu bitki (flora) türleri hem de hayvan (fauna) türleri açısından eşsiz bir coğrafya. Ülkemizde; 12.000'in üstünde damarlı bitki, 380'den fazla iç su balığı, 40'a yakın çiftyaşamlı (amfibi), 180 sürüngen, yaklaşık 500 kuş ve 180 memeli türü bulunuyor. Bu değerli türlere ait popülasyonların üstündeki en büyük tehdit ise habitat parçalanması. Bir türün yaşadığı ve türün tüm ihtiyaçlarını karşılayan alanın, taşıdığı tüm unsurlarla birlikte oluşturduğu bütüne o türün habitatı deniyor. Kaçak avcılık, canlıların (örneğin bazı endemik bitkilerin) doğadan yasa dışı olarak toplanması, su ve toprağın dolayısıyla habitatların çeşitli atıklarla kirlenmesi, ülkemizde canlı türleri üzerindeki diğer tehditler arasında. Doğal alanların doğrudan tarım ya da konut alanlarına dönüştürülmesinin yanı sıra habitatların içinden geçen ulaşım ağları da habitatları ve barındırdığı türleri her geçen gün daha kırılgan hâle getiriyor. Bir erkek karakulağın (*Caracal caracal*) 20 Şubat 2025 tarihinde karayolunda araç çarpması sonucu ölmesi bu durumun en güncel örneklerinden biri. Karakulaklar üzerinde insan kaynaklı başka baskı unsurları da var. Örneğin karakulakların yöre halkı tarafından kaçak olarak avlandığı ve hatta besi hayvanlarına zarar verdiği gerekçesiyle zehirlendiği de oluyor. Bütün bunlara ek olarak habitatlarını bölen karayolları da karakulaklar için tehlike oluşturuyor. Muğla'da her yıl en az 1 karakulak karayolunda araç çarpması sonucu hayatını kaybediyor. Bu kazalar genellikle belirli noktalarda meydana geliyor. Bu yüzden bu noktalara Karayolları Genel Müdürlüğü ve Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün de dâhil olduğu çalışmalar kapsamında ekosistem geçiş alanları yapılmasını planlıyoruz. Böylece bu nadir kedi türümüz üzerindeki bir baskı unsurunu hafifletmeyi amaçlıyoruz.

Doğaya Değer Biçmek

Doğaya maddi bir değer biçilmesi imkânsız olsa da doğanın insanlara sağladığı katkıların ekonomik karşılığı konusunda fikir edinebiliriz. Dünya Doğa Koruma Birliği'ne (IUCN) göre ekosistemlerin sağladığı maddesel faydaların ve hizmetlerin parasal değerinin yıllık 33 trilyon ABD doları olduğu tahmin ediliyor. Bir başka tahmine göre ise küresel gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) yarısından fazlası (%55) - yani yaklaşık 58 trilyon ABD dolar - orta ya da yüksek düzeyde doğaya ve doğanın sağladığı hizmetlere dayalı. Bu yüzden de ekosistemlerdeki tahribatlar ve biyoçeşitlilikteki azalma ile iklim değişimi ve su kıtlığı gibi çevresel riskler her dönemde dünya ekonomisine yönelik en büyük tehditler arasında sıralanıyor. Doğadan aldığımız hizmetleri alabileceğimiz başka bir kaynak yok. Bu hizmetleri yapay yollarla elde etmemiz de mümkün değil. Oysa doğa bunları bize ücretsiz olarak sunuyor. Dolayısıyla karşılığında doğayı korumamız ve sunduğu hizmetleri sürdürülebilir şekilde kullanmamız gerekiyor.

Başka Gezegenimiz Yok!

Son yıllarda gezegenimizin, iklimin ve biyoçeşitliliğin küresel durumunu değerlendiren tüm raporlarda olduğu gibi doğadaki kaybı değerlendiren WWF raporu da oldukça olumsuz bir tablo ortaya koyuyor. Ancak yine diğer raporlar gibi olumsuz gidişata dur demek için hâlâ geç olmadığını da altını çiziyor. WWF bu raporla, dünya devletlerini küresel ölçekteki aşırı tüketimi azaltmaya, biyoçeşitlilik kaybını durdurmaya, karbon salımlarını belirgin şekilde düşürmeye yönelik, toplumun her kesimi için eşitlikçi tedbirler içeren çok daha sıkı doğa ve iklim politikaları belirlemeye çağırıyor. Raporda ayrıca bireylerin, özel şirketlerin ve sivil toplumun bu politikalara katkıda bulunabilmesi için devletlerin küçük ölçeklerdeki eylemleri finansal olarak destekleyecek daha fazla fon sağlaması gerektiği vurgulanıyor. Ayrıca

iklim, doğa ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının birbirleriyle daha uyumlu hâle getirilmesi gerekiyor. Hem devletlerin hem de özel şirketlerin biyoçeşitliliği ve iklimi olumsuz etkileyen faaliyetleri terk etmesi ve finansal kaynaklarını gezegenimize zarar veren faaliyetlerden, küresel iklim, biyoçeşitlilik ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunacak faaliyetlere kaydırmaları gerektiği üzerinde duruluyor.

En önemli mesaj ise dünya toplumları olarak belirlediğimiz ortak küresel hedeflere ulaşmak için devletler, şirketler, kuruluşlar ve nihayet bireyler olarak hep birlikte hareket etmemiz ve bu doğrultuda yapılması gerekenleri daha denetlenebilir bir hâle getirmeye de hazır olmamız gerektiği. ■

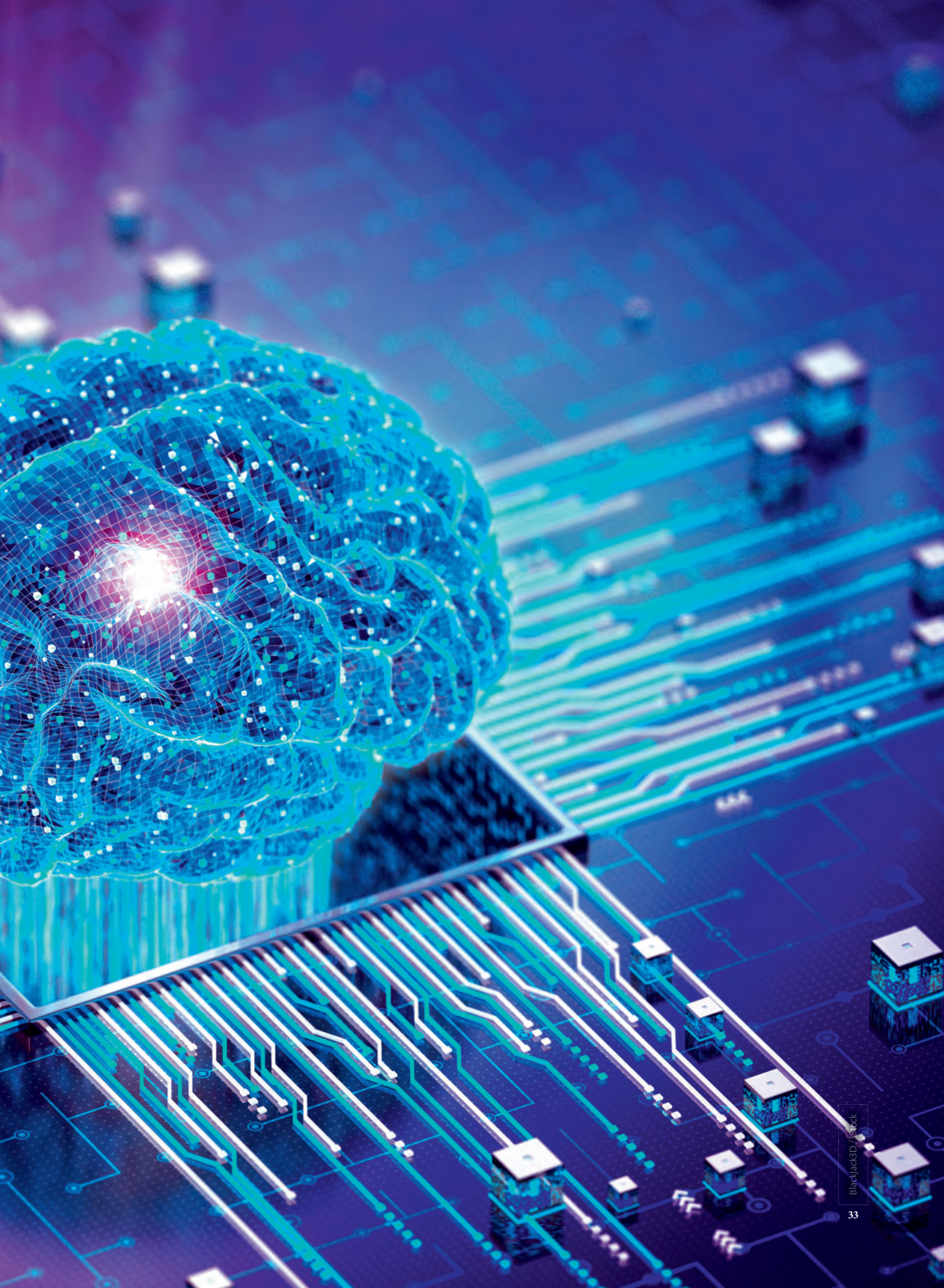
Kaynak

WWF (2024) Living Planet Report 2024 – A System in Peril. WWF, Gland, Switzerland. <https://livingplanet.panda.org/en-GB/>

Beyin Gibi Çalışan Bilgisayarlar Nöromorfik Hesaplama

Murat Can Işık [Stanford Üniversitesi

Bilgisayarlar, hayatımızın hemen her alanında işlerimizi kolaylaştırıyor. Giderek daha güçlü işlemciler, daha büyük veri depolama kapasiteleri ve daha hızlı ağ bağlantıları ile donatılan bilgisayarlar, günlük yaşamdan endüstriyel süreçlere kadar her alanda vazgeçilmez hâle geldi. Ancak tüm bu teknolojik gelişmelere rağmen insan beyninin karmaşıklığını, esnekliğini ve düşük enerji tüketimiyle inanılmaz işlem kapasitesini taklit edebilme konusuna hâlâ çok uzayız.



İnsan beyni, nöronlar (sinir hücreleri) ve sinapslar (iki sinir hücresi veya bir nöron ile bir diğer hücre arasında elektriksel sinir uyarılarının iletildiği bölge) arasında iletişim kuran karmaşık bir biyolojik ağ yapısına sahiptir. Bu yapı öğrenme, karar verme ve adaptasyon gibi süreçlerde olağanüstü bir performans sergiler. Örneğin bir çocuk bir kedi gördüğünde beyindeki nöronlar, kedi tanımlamak ve onunla ilgili geçmişteki deneyimlerini hatırlamak için saniyeler içinde işlem yapabilir. Bu süreç, neredeyse hiç enerji harcamadan gerçekleşir. Buna karşın bir bilgisayarın aynı seviyede bir görev yapması büyük miktarda enerji tüketimi ve yüksek işlem gücü gerektirir.

Peki, bilgisayarlar bu biyolojik işleyişi taklit edebilir mi? Beynimiz gibi enerji verimli, hızlı ve esnek bir şekilde çalışmaları mümkün mü? İşte nöromorfik hesaplama, bu soruların cevabını arayan ve beyin gibi çalışan bilgisayarların temelini atan bir teknoloji olarak karşımıza çıkıyor. Bu teknoloji, yalnızca mevcut bilgisayarların sınırlarını genişletmekle kalmaz aynı zamanda yapay zekâ, makine öğrenimi ve otonom sistemler gibi alanlarda çığır açıcı gelişmelere öncülük edebilir.

Nöromorfik Hesaplamanın Önemi

Nöromorfik hesaplama, yalnızca bir teknoloji olarak değil, aynı zamanda insan beynini anlamaya yönelik bir bilimsel araç olarak da dikkat çeker. Beynin nasıl çalıştığını anlamak, sinir bilim (nöroloji) ve psikoloji gibi disiplinlerin yanı sıra yapay zekâ, bilişim ve mühendislik alanlarında da büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda nöromorfik hesaplama, insan beyninin işleyişini modelleyerek hem daha gelişmiş teknolojiler

geliştirmemize hem de insan zihninin karmaşıklığını daha iyi kavramamıza olanak tanır.

Bu teknoloji, bilgisayarların insan beyninin çalışma prensiplerini taklit ederek bilgi işlemlerini sağlayan bir yaklaşıma dayanır. İnsan beyninde nöronlar ve sinapslar elektrik sinyalleri aracılığıyla iletişim kurar ve bu sayede hızlı, verimli ve enerji tasarruflu bir şekilde karar alma süreçlerini yürütür. Nöromorfik çipler, bu biyolojik işleyişi elektronik bir modelle taklit ederek geleneksel bilgisayar mimarilerinin sınırlarını aşmayı hedefler. Bu sistemler, insanların





gerçekleştirilemez. Aynı zamanda işlemci ve bellek arasındaki veriler sürekli olarak taşınır ve bu durum yüksek enerji tüketimine neden olur.

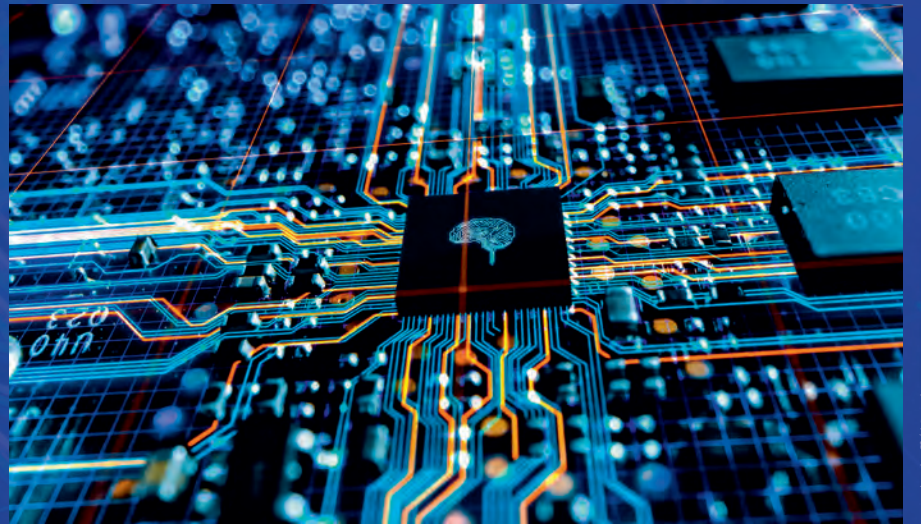
Buna karşın nöromorfik sistemler, bilgiyi paralel olarak işleme yetenekleriyle öne çıkar. İnsan beyninin biyolojik yapısını taklit eden bu sistemler, “diken” adı verilen elektriksel sinyaller aracılığıyla çalışır ve dikenli sinir ağları (Spiking neural network, SNN) olarak isimlendirilen bir yaklaşım kullanır. Nöromorfik sistemlerde nöronlar, yalnızca sinapslardan aldıkları sinyalin gücü belirli bir eşik değere ulaştığında aktifleşir yani “diken” üretir ve bilgi işler. Ayrıca birden fazla nöron aynı anda bilgi işleyebilir yani paralel bilgi işleme mümkündür.

Nöromorfik sistemler olay tabanlı çalışır. Yani nöronlar sadece “diken” ürettiğinde hesaplama

yapar. Nöromorfik sistemlerin bir özelliği de asenkron olmasıdır. Geleneksel yapay sinir ağlarında veri, ağı oluşturan katmanlar arasında eş zamanlı olarak aktarılır. Nöromorfolojik sistemlerde ise nöronlar sinyal gücü belirli bir eşik değere ulaştığında “diken” ürettiğinden bilgi, katmanlar arasında asenkron yani eş zamanlı olmaksızın iletilir.

Ayrıca Von Neumann mimarisine dayanan geleneksel bilgisayarlarda bilginin depolandığı ve işlendiği birimler birbirinden ayrıken nöromorfik sistemlerde bellek ve işlemci birimleri birbirinden ayrı değildir, nöronlar ve sinapslar hem bilgiyi depolayabilir hem de işleyebilir.

Bu süreçler hem bilgi işleme hızını artırır hem de enerji tüketimini büyük ölçüde azaltır. Nöromorfik hesaplama, yalnızca enerji verimliliği



Beyin gerçek zamanlı veri işleme ve karar verme yeteneğine sahipken mikroçipler, bu yeteneklerin elektronik dünyadaki fiziksel temsildir.

öğrenme yetilerinden ilham alarak geliştirilen yapay zekâ ve derin öğrenme gibi modern teknolojilerle kıyaslandığında enerji verimliliği ve işlem hızında önemli avantajlar sunar.

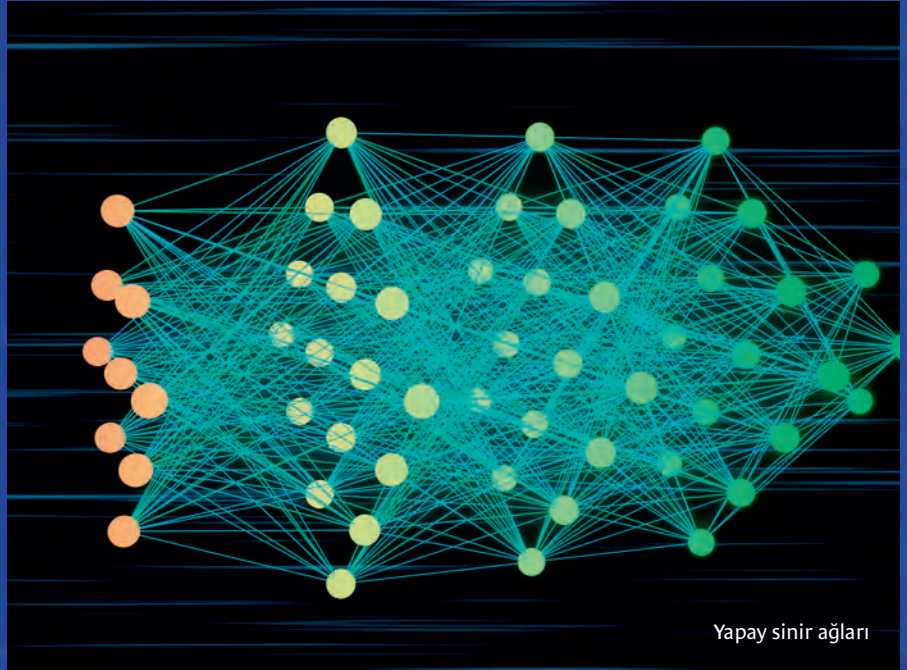
Nöromorfik hesaplama, geleneksel bilgisayar mimarilerinden belirgin farklılıklar gösterir. Geleneksel bilgisayarlar genellikle Von-Neumann mimarisine dayanır: Bu mimaride komutlar ve veriler aynı bellekte saklanır. Bellek ve işlemci arasında tek bir veri yolu bulunduğundan komut (işlemin nasıl gerçekleştirileceğini tanımlayan talimat) getirme ve veri işleme eş zamanlı



Nöromorfik hesaplama, geleneksel bilgisayar mimarilerinden belirgin farklılıklar gösterir.

sağlamaz aynı zamanda gerçek zamanlı analizler, karmaşık veri setlerinin işlenmesi ve makine öğrenimi süreçlerinin daha verimli hâle getirilmesi gibi zorlu görevlerde de etkin bir çözüm sunar. Bu durum, özellikle büyük veri analizleri, sağlık hizmetleri ve otonom sistemler gibi enerji ve işlem gücünün kritik olduğu alanlarda büyük avantajlar sağlar. Ayrıca nöromorfik sistemlerin biyolojik sistemlerin işleyişini anlamada yeni kapılar açması, bilimsel araştırmalarda çığır açıcı sonuçlar elde edilmesine olanak tanır.

Geleneksel bilgisayarlar, belirli görevlerde yüksek enerji tüketir ve genellikle sabit algoritmalarla çalışır. Buna karşın nöromorfik çipler, düşük enerji tüketimleriyle karmaşık görevleri daha hızlı yerine getirebilir. Örneğin karmaşık bir görüntü tanıma işlemi için geleneksel bir işlemci büyük miktarda enerji harcarken bir nöromorfik çip, aynı işlemi çok daha düşük enerjiyle tamamlayabilir.

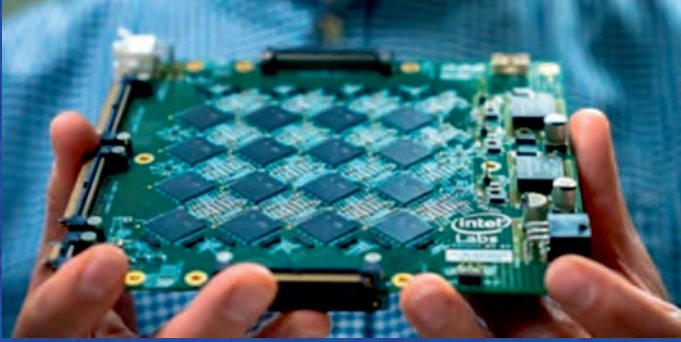


Nöromorfik hesaplama fikri ilk olarak 1980'lerde ortaya atıldı. Carver Mead'in "Analog VLSI and Neural Systems" kitabında biyolojik sinir sistemlerinin elektronik devrelere nasıl uyarlanabileceği tartışılmıştı. 1990'larda ise bu alandaki ilk uygulamalar ortaya çıkmaya başladı. Örneğin sinirsel modellemelerde kullanılan analog devreler, bugün nöromorfik çiplerin temelini oluşturdu. Günümüzde Intel, IBM gibi büyük şirketler bu teknolojiyi geliştirmeye devam ediyor. Bu süreçte nöromorfik hesaplama teknolojisinin gelişimi, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi alanlardaki ilerlemelerle birleşerek hız kazandı. Özellikle 2010'lardan sonra derin öğrenme algoritmalarındaki gelişmeler, nöromorfik sistemlerin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağladı.

Beyinden İlham Alan Çipler

Intel Loihi

Intel'in geliştirdiği Loihi çipi, biyolojik sinir ağlarını taklit eden asenkron dikenli sinir ağlarını kullanıyor. Loihi, öğrenme ve adaptasyon yetenekleriyle özellikle robotik ve otonom sistemlerde tercih ediliyor. Çip, 128 nöromorfik çekirdekten oluşuyor ve enerji verimliliği ile öne çıkıyor.



IBM NorthPole

IBM'in NorthPole çipi ise yüksek işlem kapasitesi ve gerçek zamanlı bilgi işleme yeteneğiyle dikkat çekiyor. Özellikle otonom araçlar ve akıllı şehir uygulamaları gibi enerji verimliliğinin

kritik olduğu alanlarda kullanılıyor.

BrainScaleS ve SpiNNaker

Avrupa'da geliştirilen bu nöromorfik platformlar, sinir bilim araştırmalarında kullanılıyor. BrainScaleS, biyolojik sinir ağlarının işleyişinin analog sinirsel simülasyonlar aracılığıyla modellenmesine olanak tanırken SpiNNaker, yüz binlerce nöron ve milyarlarca sinapsı simüle edebiliyor.

Nöromorfik Hesaplama Nereelerde Kullanılabilir?

Otonom Araçlar

Nöromorfik çipler, otonom araçların çevrelerini daha hızlı ve etkili bir şekilde algılamasını sağlar. Bu sayede trafik kazalarının önlenmesi ve enerji tüketiminin azaltılması mümkün olabilir. Örneğin bir nöromorfik çip, geleneksel bir işlemciden çok daha düşük enerjiyle karmaşık bir görüntü işleme görevini yerine getirebilir.

Sağlık Sektörü

Yapay zekâ destekli nöromorfik sistemler, doktorların hastalıkları daha hızlı teşhis etmesine yardımcı olabilir. Ayrıca kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulmasında da kullanılabilir. Özellikle EEG ve EKG verilerinin analizi gibi biyomedikal uygulamalarda nöromorfik çipler büyük bir potansiyele sahiptir. Epilepsi teşhisi veya kalp ritmi bozukluklarının tespiti gibi alanlarda hızlı ve düşük enerji tüketen analizler yapılabilir.

Robotik

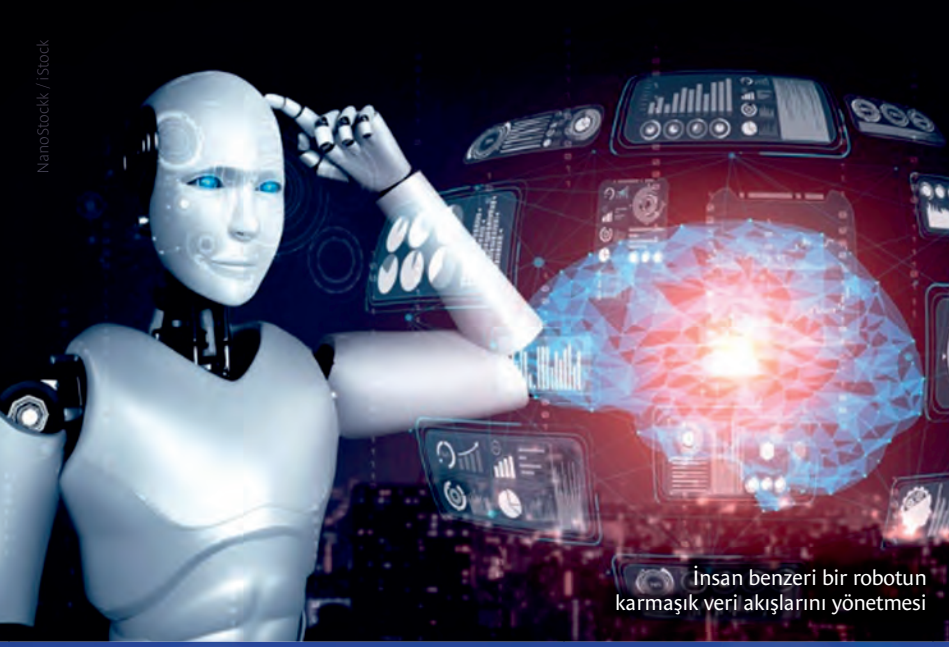
Nöromorfik çiplerle donatılmış robotlar, çevrelerindeki değişikliklere hızla adapte olabilir. Örneğin bir üretim hattında çalışan bir robot, yeni bir görev öğrendiğinde yeniden programlanmasına gerek olmadan kendini optimize edebilir. Bu durum, endüstriyel üretim süreçlerinin otonom olarak gerçekleştirilmesinde büyük bir avantaj sağlar.

Akıllı Şehirler

Trafik yönetimi, enerji tasarrufu ve atık yönetimi gibi alanlarda nöromorfik hesaplama, şehirlerin daha sürdürülebilir hâle gelmesine katkı sağlar. Örneğin gerçek zamanlı veri işleme kapasitesi sayesinde trafik yoğunluğunu azaltmaya yönelik anlık çözümler üretilebilir. Ayrıca enerji tüketimini optimize eden akıllı aydınlatma sistemleri de nöromorfik çipler sayesinde daha verimli hâle gelebilir.

Güvenlik Sistemleri

Nöromorfik sistemler hata, saldırı ve değişen durumlara uyum sağlama konularında geleneksel yapay zekâ algoritmalarına göre daha dayanıklı olabilir. Örneğin güvenlik sistemlerinde sahte veri saldırılarına karşı yüksek direnç gösterebilir.



İnsan benzeri bir robotun karmaşık veri akışlarını yönetmesi

Nöromorfik Hesaplamanın Günlük Hayatımıza Etkileri

Nöromorfik hesaplama, gelecekte telefonlar, oyun konsolları ve ev aletleri gibi birçok teknolojik ürünün çok daha akıllı hâle gelmesini sağlayabilir. Örneğin bir akıllı telefon, kullanıcı alışkanlıklarını öğrenerek kişiye özel öneriler sunabilir. Video oyunlarındaki yapay zekâlı rakipler, oyuncunun stratejilerini analiz ederek daha zorlu hamleler yapabilir. Akıllı ev cihazları, enerji tüketimini optimize edebilir ve çevre dostu çözümler sunabilir. Evde kullanılan internete bağlı akıllı cihazlar (Nesnelerin interneti, IoT, cihazları olarak isimlendirilir.), nöromorfik çipler sayesinde enerji verimli hâle gelir ve bu cihazların bağlı olduğu ağ üzerindeki yükü azaltır.

Yapay Zekâ ve Otonom Sistemler

Yapay zekâ, modern teknolojinin merkezinde yer alıyor. Ancak bu sistemlerin enerji tüketiminin yüksek olması, sürdürülebilirlik açısından ciddi bir engel oluşturuyor. Nöromorfik çipler, yapay zekâ uygulamalarının hem enerji tüketimini azaltabilir hem de işlem hızını artırabilir. Özellikle otonom araçlar, insansız hava araçları (İHA) ve robotlar gibi otonom sistemlerde nöromorfik teknolojilerin kullanımı büyük bir potansiyele sahiptir. Örneğin bir otonom araç, nöromorfik çiplerle donatıldığında çevresel sensörlerden gelen bilgiyi gerçek zamanlı olarak işleyebilir, kararlarını daha hızlı alabilir ve enerji tasarrufu sağlayabilir.

Bu teknoloji yalnızca karayolu taşımacılığı ile sınırlı değil:

Hava taşımacılığı, denizcilik ve lojistik sektörlerinde de büyük dönüşümlere yol açabilir. Özellikle İHA'ların çevre dostu görevlerde kullanımı, nöromorfik çiplerle optimize edildiğinde büyük verimlilik artışları sağlayabilir. Bu sistemler sayesinde hava trafiği daha güvenli hâle gelirken teslimat süreçleri daha hızlı ve maliyet etkin olabilir.

Çevre Dostu Teknolojiler ve Sürdürülebilirlik

Günümüzde enerji tüketimi, teknoloji dünyasının en büyük zorluklarından biri hâline geldi. Veri merkezleri, dünyanın toplam enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturuyor ve bu da karbon ayak izinin artmasına yol açıyor. Nöromorfik sistemlerin veri merkezlerinde kullanılması, enerji verimliliğini artırarak bu soruna çözüm sunabilir. Örneğin nöromorfik çiplerle çalışan veri merkezleri, geleneksel veri merkezlerine kıyasla çok daha az enerji tüketerek daha çevre dostu bir yapı sunabilir.

Enerji tasarrufunun ötesinde nöromorfik teknolojiler, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayabilir. Örneğin güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri

gibi enerji elde edilen sistemlerin verimliliğini optimize etmek için nöromorfik algoritmalar kullanılabilir. Ayrıca bu sistemler, akıllı şebekeler aracılığıyla enerji talebini daha iyi yönetebilir ve dağıtım süreçlerini optimize edebilir.

Eğitim ve Araştırmada Yeni Ufuklar

Nöromorfik hesaplama, akademi ve eğitim dünyasında yeni kapılar açıyor. Özellikle sinir bilim, psikoloji, mühendislik ve bilişim gibi disiplinlerde çalışan araştırmacılar, bu teknolojiyi kullanarak daha karmaşık deneyler gerçekleştirebilir. Örneğin nöromorfik modeller, beynin işleyişini anlamak için simülasyonlar oluşturabilir ve bu da nörolojik hastalıkları tedavi etme yöntemlerinde devrim yaratabilir.

Eğitim alanında nöromorfik çiplerle donatılmış yapay zekâ sistemleri, öğrencilere kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunabilir. Bu sistemler, öğrencinin öğrenme hızını ve tarzını analiz ederek en uygun içerik ve yöntemleri önerebilir. Bu da eğitimde eşitliği artırarak herkes için daha erişilebilir bir öğrenim ortamı sağlayabilir.

Toplumsal Dönüşüm ve İnsan-Makine Etkileşimi

Nöromorfik hesaplama, insan-makine etkileşiminde yeni bir çağın başlangıcını temsil ediyor. Bu teknolojiler, cihazların kullanıcı alışkanlıklarını daha iyi anlamasını ve daha kişiselleştirilmiş deneyimler sunmasını sağlayabilir. Örneğin akıllı ev sistemleri, kullanıcıların davranışlarını öğrenerek enerji tasarrufu sağlayan otomasyonlar geliştirebilir. Akıllı telefonlar, kullanıcıların günlük rutinlerini analiz ederek daha etkili öneriler sunabilir.

Bu teknolojinin toplumsal etkileri yalnızca bireylerle sınırlı değil. Akıllı şehir projelerinde trafik akışının optimize edilmesi, atık yönetiminin iyileştirilmesi ve enerji tüketiminin azaltılması gibi süreçlerde nöromorfik sistemlerin kullanılması, şehir yaşamını daha sürdürülebilir hâle getirebilir. Ayrıca bu tür teknolojilerin daha fazla insan tarafından benimsenmesi, teknolojiye olan güvenin artmasına ve dijital dönüşümün hızlanmasına yol açabilir.

Sağlık Hizmetlerinde Devrim

Nöromorfik hesaplama, sağlık sektöründe de çığır açıcı yeniliklere kapı aralayabilir. Beyin ve sinir hastalıklarının teşhisi ve tedavisinde nöromorfik çipler, daha hızlı ve doğru analizler yapabilir. Örneğin epilepsi nöbetlerini önceden tahmin etmek veya Parkinson hastalarının motor becerilerini iyileştirmek için bu sistemler kullanılabilir.

Ayrıca nöromorfik çipler, biyonik uzuvlar ve diğer tıbbi cihazlarla bütünleştirilerek daha doğal ve etkili çözümler sunabilir. Bu, engelli bireylerin yaşam kalitesini artırabilir ve tıbbi cihazların daha erişilebilir hâle gelmesine katkıda bulunabilir.

Uzay ve Savunma Teknolojilerinde Kullanım

Nöromorfik hesaplama, uzay keşfi ve savunma teknolojilerinde de kritik bir rol oynayabilir. Uzay araçlarında düşük enerji tüketimi, uzun görev süreleri için hayati önem taşır. Nöromorfik sistemler, bu gereksinimleri karşılamak için ideal bir çözüm sunar. Ayrıca askeri uygulamalarda gerçek zamanlı karar alma süreçlerini hızlandırarak operasyonel etkinliği artırabilir.

Zorluklar ve Gelecek Perspektifleri

Nöromorfik hesaplama, birçok avantajına rağmen bazı zorluklarla karşı karşıyadır:

Donanım Tasarımı:

Bu çiplerin üretimi karmaşık ve maliyetlidir.

Yazılım Desteği:

Nöromorfik sistemler için yazılım geliştirme araçları hâlâ sınırlıdır.

Ölçeklenebilirlik:

Büyük ölçekli uygulamalarda bu teknolojiyi verimli bir şekilde kullanmak zordur.

Nöromorfik hesaplama teknolojisi, günümüzdeki yenilikçi uygulamalardan çok daha ötesine geçerek gelecekte hayatımızın her alanında köklü değişikliklere yol açabilir. Bu alanın büyüme potansiyeli yalnızca teknolojik gelişmelerle sınırlı değil aynı zamanda toplumsal, çevresel ve ekonomik etkilerle de ilişkilidir. İnsan beynini taklit eden nöromorfik sistemlerin yaygınlaşması, daha sürdürülebilir ve akıllı bir dünyayı mümkün kılabilir.

Geleceği Şekillendiren Bir Teknoloji Olabilir mi?

Nöromorfik hesaplama, bilgisayar teknolojilerinde devrim yaratmaya aday bir yaklaşım olarak hem bireylerin günlük yaşamlarını hem de endüstriyel uygulamaları köklü bir şekilde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Intel'in Loihi'si, IBM'in NorthPole'u ve Avrupa merkezli BrainScaleS gibi çipler, geleneksel bilgisayar mimarilerinin ötesine geçerek insan beyninin işleyişini daha yakından taklit ediyor. Bu çipler, öğrenme ve karar verme süreçlerini daha doğal ve enerji açısından verimli bir şekilde gerçekleştirebilme yetenekleri sayesinde modern teknolojilerin sınırlarını yeniden tanımlıyor.

Nöromorfik hesaplamanın geleceği, yalnızca teknolojik yeniliklerle sınırlı değil. Aynı zamanda insan yaşamına ve çevresel sürdürülebilirliğe olan etkileriyle de dikkat çekiyor. Enerji verimliliği konusundaki katkıları, özellikle büyük veri merkezleri, yapay zekâ sistemleri ve akıllı şehir altyapıları gibi yoğun enerji tüketen alanlarda oldukça önemli. Örneğin veri merkezlerinin enerji tüketimini azaltmak, karbon ayak izini düşürmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanımını sağlamak açısından

nöromorfik çiplerin benimsenmesi kritik bir adım olabilir. Bu, hem çevreye hem de ekonomik sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunabilir.

Nöromorfik teknolojilerin bireysel yaşamlarımızdaki etkileri de oldukça geniş kapsamlıdır. Gelecekte nöromorfik çiplerle donatılmış cihazlar, kullanıcıların alışkanlıklarını ve ihtiyaçlarını öğrenerek daha kişiselleştirilmiş hizmetler sunabilir. Akıllı telefonlar, video oyun konsolları, ev otomasyon sistemleri ve hatta giyilebilir teknolojiler, bu tür çiplerin avantajlarından yararlanarak hem daha akıllı hem de daha duyarlı hâle gelebilir. Örneğin bir akıllı telefon, yalnızca kullanıcı alışkanlıklarını anlamakla kalmayıp enerji tüketimini optimize ederek daha uzun batarya ömrü sunabilir.

Bilimsel araştırmalar açısından bakıldığında nöromorfik hesaplama, insan beynini daha iyi anlamak ve sinir bilim alanında yeni keşifler yapmak için güçlü bir araçtır. Beyin simülasyonları, sinirsel ağ bozukluklarını anlamak ve yeni tedavi yöntemleri geliştirmek için kullanılabilir. Alzheimer, Parkinson gibi hastalıkların mekanizmalarını daha iyi anlamak ve bireysel tedavi yaklaşımlarını geliştirmek, bu teknolojinin bilimsel potansiyellerinden sadece birkaçıdır. Bununla birlikte nöromorfik hesaplama, psikoloji ve bilişsel



bilimler gibi alanlarda da insan zihninin işleyişine dair yeni bilgiler sunabilir.

Endüstriyel uygulamalar ise nöromorfik teknolojinin önemli fırsatlar sunduğu diğer bir alandır. Otonom araçlar, sağlık hizmetleri, robotik sistemler ve üretim hattı optimizasyonları gibi birçok sektörde bu çiplerin entegrasyonu, iş süreçlerini daha hızlı, verimli ve güvenli hâle getirebilir. Özellikle robotik sistemlerde nöromorfik çiplerin hızlı öğrenme ve

adaptasyon yetenekleri, dinamik ortamlarda daha etkili çözümler sunmasını sağlayabilir. Bu durum, fabrikalardan tarım alanlarına kadar geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabilir.

Sonuç olarak nöromorfik hesaplama, yalnızca bir teknoloji değil aynı zamanda geleceğin dijital dünyasını şekillendiren bir katalizör olarak değerlendirilebilir. Bu teknoloji, enerji tasarrufundan bilimsel ilerlemelere, bireysel yaşam kalitesinden çevresel

sürdürülebilirliğe kadar geniş bir alanda etkisini gösterebilir. Intel, IBM ve diğer öncü şirketlerin bu alandaki çalışmaları, nöromorfik hesaplamanın potansiyelini gözler önüne sererken gelecekte bu teknolojinin günlük yaşamlarımızın ayrılmaz bir parçası hâline gelme olasılığını da artırıyor. Bu nedenle nöromorfik hesaplama, teknolojik gelişmelerin ötesinde daha sürdürülebilir ve insan merkezli bir dünyanın temel yapı taşlarından biri olmaya adaydır. ■

Kaynaklar

- Mead, Carver. *Analog VLSI and Neural Systems*. Addison-Wesley, 1989.
- Furber, S. "Large-scale Neuromorphic Computing Systems." *Journal of Neural Engineering*, 2016.
<https://www.intel.com/content/www/us/en/research/neuromorphic-computing.html>
<https://www.ibm.com/think/topics/neuromorphic-computing>
- Schuman, C. D., Kulkarni, S. R., Parsa, M., et al. "Opportunities for Neuromorphic Computing Algorithms and Applications." *Nature Computational Science*, 2022.
- Roy, K., Jaiswal, A., Panda, P. "Towards Spike-Based Machine Intelligence with Neuromorphic Computing." *Nature*, 2019.
- Sandamirskaya, Y., Kaboli, M., Conradt, J., & Celikel, T. "Neuromorphic Computing Hardware and Neural Architectures for Robotics." *Science Robotics*, 2022.
<https://open-neuromorphic.org/neuromorphic-computing/>
<https://www.eetimes.com/what-is-holding-back-neuromorphic-computing/>
<https://www.ibm.com/think/topics/neuromorphic-computing>
<https://arxiv.org/html/2310.09692v2>
<https://www.nature.com/articles/s43588-021-00184-y>
<https://doi.org/10.1016/j.array.2023.100323>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005623000486?via%3Dihub>

Tekno-Yaşam

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

Dil Modellerinin Yaygın Kullanım Analizi



ChatGPT gibi dil modelleri günlük hayatımızın ayrılmaz bir parçası. En popüler dil modellerinden Claude'un geliştiricisi Anthropic, bu modellerin iş gücü piyasası ve ekonomideki kullanım şekillerini sistematik olarak ölçmeyi amaçlayan kapsamlı bir çalışma başlattı. "Anthropic Ekonomik Endeksi" adındaki bu çalışma, Claude.ai platformunda gerçekleşen milyonlarca anonim yani kullanıcıların kimliğinin belirlenmediği konuşmanın detaylı analizi sonucunda ortaya çıktı. Endeks, yapay zekânın modern ekonomideki iş süreçlerinde pratikte nasıl kullanıldığını gözler önüne seriyor.

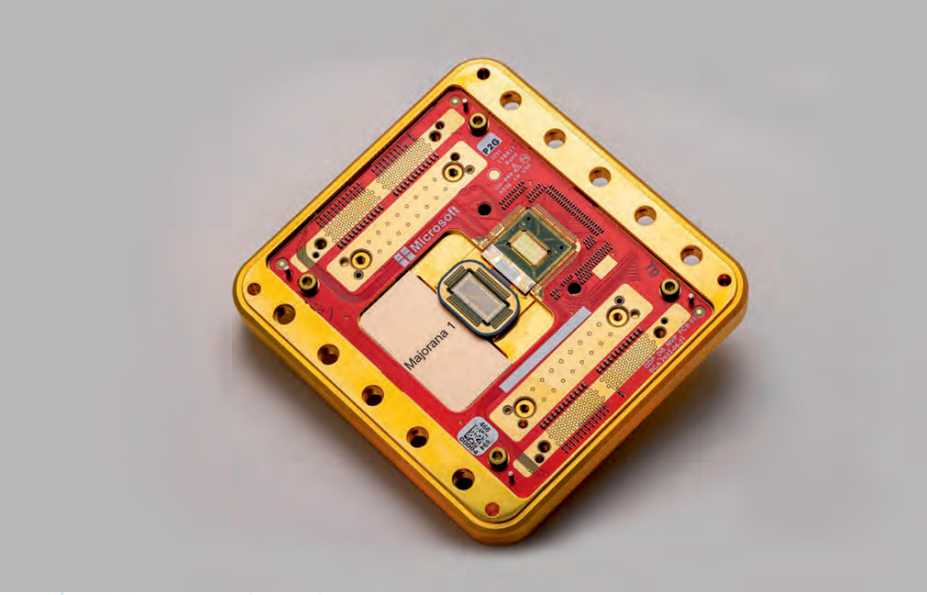
Farklı meslek gruplarında çalışanların yaklaşık %36'sı kendilerine verilen görevlerin en az dörtte birinde dil modellerini kullanıyor. Yazılım geliştiriciler, veri bilimciler ve içerik üreticileri gibi "bilgi işçileri", dil modellerini en yoğun

kullananlar. Bir yazılım geliştirici günlük işlerinin yaklaşık üçte birinde yapay zekâdan destek alırken, bir içerik üreticisi yazılarının yaklaşık dörtte birini yapay zekâ desteğiyle oluşturuyor.

Sonuçlar dil modellerinin çoğunlukla (%57 oranında) insanın yeteneklerini tamamlayıcı şekilde kullanıldığını, tamamen otomasyon amaçlı kullanımın ise daha az (%43 oranında) tercih edildiğini gösteriyor. En düşük gelirli mesleklerde ve en yüksek gelirli mesleklerde yapay zekâ kullanımı ise yaygın değil. Orta ve üst orta gelir grubundaki bilgi işçileri, yapay zekâyı en etkin şekilde iş süreçlerine entegre eden grup olarak öne çıkıyor. Anthropic, veri setini araştırmacıların kullanımına açarak gelecekte iş gücü piyasasında yaşanacak dönüşüm konusunda politika belirleyicilere rehberlik sağlaması hedefliyor.

<https://bit.ly/llm-kullanimi>

Topolojik Kuantum Çipi



için ihtiyaç duyulan daha kararlı kubitlerin geliştirilmesini sağlayabilir.

Amazon tarafından geliştirilen “Ocelot” prototip kuantum çipi ise özellikle hata düzeltme ve ölçeklenebilirlik sorunlarına odaklanıyor. Kedi kubitleri teknolojisini kullanan Ocelot, hata düzeltme algoritmaları

Microsoft, “Majorana 1” adındaki topolojik çekirdek mimarili kuantum çipini tanıttı. Topolojik kubit geleneksel kubitlere kıyasla daha kararlı (kuantum mekaniksel bir sistemin klasik davranışlar göstermeye başlamadan süperpozisyon durumlarını daha uzun süre koruması) ve hata oranı (bir işlem sırasında geçen zamanın klasik davranışların ortaya çıkma süresine oranı) düşük bir yapı sunuyor. Topolojik kubitler, klasik bilgi işleme teknolojilerinde yarı iletkenlerin oynadığı role benzer şekilde, kuantum bilgi işleme teknolojilerindeki dönüşümün anahtarı olabilir.

Varlığı kuramsal olarak öngörülen temel parçacıklar olan Majorana parçacıklarının kuantum bilgi işleme teknolojileri için önemli avantajlar sağlayacağı düşünülüyor. Dolayısıyla bu parçacıkları güvenilir bir şekilde üretmek ve kontrol edebilmek, işlemler sırasında meydana gelebilecek hataları düzeltmeye yönelik zorlukları aşarak büyük ölçekli kuantum bilgisayarlar oluşturmak

kullanmadan belirli hata türlerini kendiliğinden ortadan kaldırarak veya etkisini azaltarak, kuantum hata düzeltme süreçlerini basitleştiriyor. Google’ın Quantum AI ekibi tarafından duyurulan 105 kubitlik “Willow” işlemcisi de hata oranını, hata düzeltme algoritmalarının çok daha verimli çalıştığı belirli bir değerin altına düşüren yani eşik altı kuantum hata düzeltmeye ulaşan ilk çip olarak dikkat çekiyor.

Bu teknolojik gelişmelere rağmen, uzmanlar arasında kuantum bilgi işleme teknolojilerinin hemen pratik uygulamalara dönüşebileceğine dair şüpheler devam ediyor. Hata düzeltme ve ölçeklenebilir tasarımlar gibi teknik engellerin hâlâ çözülmediğini vurgulayan bilim insanları, işlevsel ve pratik kullanım için uygun kuantum bilgisayarlarının yaygınlaşmasının 10 ila 20 yıl gibi bir süre alabileceğini öngörüyor.

<https://bit.ly/topo-kuant>

Elektronik Tat



Yeni bir sistem sayesinde, sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin kullanıcılara sunduğu deneyimler tat alma duyusunu da kapsayacak şekilde geliştirildi. “e-Tat” olarak adlandırılan bu arabirim, görme ve işitmenin ötesinde gustatif (tat alma) algıları da dijital olarak uyararak VR deneyimlerini daha da zenginleştirme potansiyeli taşıyor.

Ohio Eyalet Üniversitesinde malzeme bilimi ve mühendisliği alanında çalışan Dr. Jinghua Li liderliğinde bir ekip tarafından geliştirilen sistem, farklı sensörler kullanarak tat duyusunun uzaktan algılanmasını sağlıyor. Bu sensörler tat bileşenlerini algılayarak elektriksel sinyale dönüştürüyor ve bu veriyi kablolu olarak uzaktaki bir cihaza iletiyor.

Algılanan tadın dijital olarak benzerinin oluşturulması için beş temel tadı temsil eden moleküller (tatlı için glikoz, ekşi için sitrik asit, tuzlu için sodyum klorür, acı için magnezyum klorür ve dil

üzerinde hafif tüy dokunuşunu andıran beşinci tat olan umami için glutamat) kullanılıyor. Sistem, bir ağız aparatı ile küçük bir elektromanyetik pompadan oluşan bir aktuatörden (bir mekanizmayı hareket ettiren bir tür motor) oluşuyor. Bu pompa, elektrik akımı geçtiğinde taşıdığı tat moleküllerini içeren çözeltiyi özel bir jel tabakası aracılığıyla kullanıcının ağızına iletiyor. Li, çözeltinin bu jel tabakasıyla etkileşim süresine bağlı olarak, herhangi bir tadın yoğunluğunun kolayca ayarlanabildiğini belirtiyor.

Yapılan testlerde insanların sistemin ürettiği ekşi tat yoğunluklarını gerçek örneklerle kıyaslandığında yaklaşık %70 doğrulukla ayırt edilebildiği anlaşıldı. *Science Advances* dergisinde yayımlanan araştırma, daha iyi ve daha dinamik bir oyun deneyimi oluşturmaya yardımcı olmanın ötesinde, beynin ağızdan gelen duyuşal sinyalleri nasıl işlediğine dair bilim insanlarına daha kapsamlı bir anlayış sağlıyor.

<https://bit.ly/elektro-tat>

Biraz Tekne, Biraz Uçak... Deniz Planörü

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Elektrikli uçaklar, kütlelerini artıran ve uçuş menzillerini azaltan ağır piller taşıdıkları için yaygın olarak kullanılmazlar. ABD’li Regent Craft şirketi tarafından geliştirilen, kısmen tekne kısmen de uçak olan, 12 kişilik Viceroy deniz planörü sadece elektrik gücü kullanarak dalgaların üzerinde uçabilen en büyük araç olarak nitelendiriliyor.

Hem denizde hem de havada hareket edebilen tamamen elektrikli deniz planörü, ABD’nin Rhode Island eyaletindeki Narragansett Körfezi’nde test edilmeye başlandı. Test uçuşları aracın bu yılın sonlarında yapılması planlanan ilk mürettebatlı uçuşlarının bir başlangıcı niteliğinde.

Florida’daki Embry-Riddle Havacılık Üniversitesinden Richard Anderson, ABD’li Regent Craft şirketi tarafından geliştirilen Viceroy deniz planörünün “yerde kanat” etkisi adı verilen bir olguyla enerji tasarruflu uçuş sağladığını söylüyor. Bu teknikle, alçaktan uçan bir hava aracı ile aşağıdaki zemin veya su arasında hava yastığı işlevi gören bir katman oluşuyor. Bu hava yastığı, aracı destekliyor ve kanat uçlarında hava girdaplarının oluşmasını engelleyerek aerodinamik sürtünmeyi azaltıyor. Sadece alçak uçuşlarda ve yüksek dalgaların olmadığı sakin denizlerde işe yaradığı için bu etkiden çok az araç yararlanıyor. Deniz planörünün gerektiğinde daha dalgalı sularda manevra yapabilmesi için sürtünmeyi dengeli bir şekilde azaltan ve daha yüksek hızda hareket etmesine imkân veren hidrofoil özelliği de araca eklendi. Hidrofoil veya su kanatçığı, yelkenli teknelerde gövdenin sudan bir miktar ayrılması için geliştirilmiş bir çeşit kanat sistemi olarak bilinir. Bir tekne gibi suda yüzen deniz planörü, altındaki kanat benzeri yapıların yardımıyla ana gövdesi sudan kalkacak kadar hızlı hareket ederek hidrofoil moduna geçiyor. Daha sonra hidrofoil modundan uçuş moduna geçiş yaparak havalanıyor. Ancak bu deniz planörünün bir uçak gibi havada çok fazla

yükselmesi beklenmemeli. Viceroy deniz planörü havalandığı zaman deniz yüzeyinden sadece tek bir kanat açıklığı (yaklaşık 20 metre) mesafesinde yükselerek uçabiliyor.



Geliştirilen deniz planörünün bir gemiden daha karmaşık bir işletim sistemine sahip olduğunu vurgulayan uzmanlar, mürettebatın pilot lisansına ihtiyaç duymaması için kontrol sistemlerinin çoğunun otonom araçlarda olduğu gibi otomatikleştirildiğini ve planörün uçuş esnasında bile bir tekne gibi kullanılabileceğini belirtiyorlar.

Viceroy deniz planörünün, 300 kilometreden fazla yol kat edebilecek kadar batarya gücüne sahip olması ve saatte 290 kilometrelik azami seyir hızına ulaşabilmesi onun bir yolcu gemisinden daha hızlı yol almasını sağlıyor. 12 yolcu ve iki mürettebat taşıyabilen deniz planörü sayesinde kıyı kentleri ve adalar arasındaki ulaşımın daha kolay ve ucuz hâle getirilmesi planlanıyor. ■

Kaynaklar

<https://www.newscientist.com/article/2471527-largest-all-electric-flying-machine-begins-sea-trials/>
<https://www.regentcraft.com/seagliderviceroy>

Evrenin Kayıp Gezegenleri

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

Ötegezegenler üzerine yapılan araştırmalar, gezegen demografisi olarak adlandırılan yeni bir alanın doğmasına yol açtı. Bugüne kadar keşfedilen ötegezegenlerin özellikleri incelendiğinde iki ayrı popülasyon eksikliği dikkat çekiyor. Araştırmacılar, bu popülasyon eksikliklerini açıklamak için çeşitli hipotezler öne sürmeye başladı.



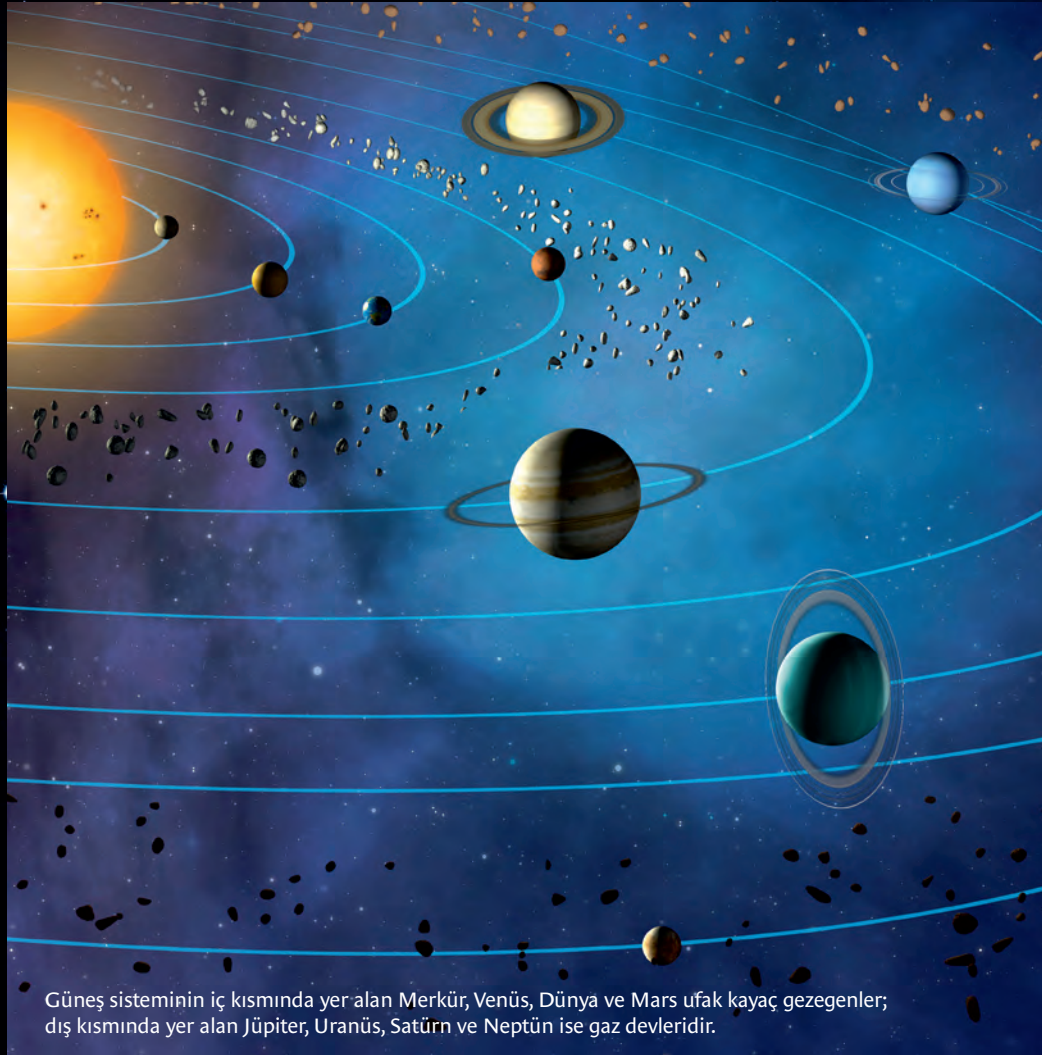
Güneş Sistemi Ne Kadar Sıradan?

Güneş sistemindeki gezegenlere baktığımızda belirgin bir düzen dikkat çeker. İç kısımda yer alan Merkür, Venüs, Dünya ve Mars; küçük, kayaç gezegenlerdir. Dış kısımda yer alan Jüpiter, Uranüs, Satürn ve Neptün ise büyüktür ve çok büyük oranda gazlardan oluşur. Bu düzenin bir açıklaması şudur: Güneş sistemi, büyük oranda hidrojen ve helyum gibi uçucu gazlardan oluşur. Demir, nikel, karbon, silisyum gibi elementlerin miktarı ise çok daha azdır. Sıcaklığın daha yüksek olduğu Güneş'e yakın bölgelerde hidrojen ve helyum gibi uçucu gazlar yüksek hızlarla hareket eder. Bu uçucu gazların bir araya gelerek gezegenlerin yapısına katılması zordur. Bu yüzden Güneş'e yakın bölgelerde ortaya çıkmış gezegenler büyük oranda demir, nikel gibi ağır elementlerden oluşur ve kayaç yapıdadır. Bu gezegenlerin görece küçük olmalarının nedeni, doğal olarak, yapılarında bulunan ağır metallerin Güneş sisteminde az bulunmasıdır. Sıcaklığın daha düşük olduğu Güneş'e uzak bölgelerdeyse hidrojen ve helyum daha düşük hızlarla hareket eder. Bu uçucu gazların bir araya gelerek gezegenlerin yapısına katılması daha kolaydır. Bu yüzden Güneş sisteminin dış bölgelerindeki gezegenler büyük oranda gazlardan oluşur. Bu gezegenlerin

Güneş sisteminin iç bölgesindeki gezegenlere kıyasla çok daha büyük olmalarının nedeni, doğal olarak, yapılarında bulunan hidrojen ve helyumun Güneş sisteminde bol bulunmasıdır.

Yaklaşık otuz sene öncesine kadar bilinen gezegenler, Güneş sistemindekilerle sınırlıydı. Her ne kadar Güneş sisteminin dışında başka gezegenlerin (ötegezegenler) bulunması beklenen bir durum olsa da keşfedilmiş bir ötegezegen henüz yoktu. O dönemler gök

bilimciler arasındaki yaygın kanı, eğer varsa başka gezegen sistemlerinin yapısının da Güneş sistemine benzeyeceğiydi: Yıldızın yakın bölgelerde dolanan ufak kayaç gezegenler ve yıldızın uzak bölgelerde dolanan gaz devleri. Ancak son otuz yılda keşfedilen binlerce ötegezegenin sonra bu kanı yavaş yavaş değişti. Hatta güncel veriler, Güneş sisteminin yapısının evrenin genelindeki gezegen sistemleriyle karşılaştırıldığında sıra dışı olduğunu gösteriyor. Örneğin



Güneş sisteminin iç kısmında yer alan Merkür, Venüs, Dünya ve Mars ufak kayaç gezegenler; dış kısmında yer alan Jüpiter, Uranüs, Satürn ve Neptün ise gaz devleridir.

bugüne kadar yapılan çalışmalar, süperdünyalar olarak sınıflandırılan gezegenlerin evrende bol olduğunu gösteriyor. Hatta araştırmalar, Güneş benzeri yıldızların yaklaşık yarısında, kütlesi Dünya'nunkinden büyük, Neptün'ünkünden küçük bu gezegenlerden en az bir tane bulunduğunu gösteriyor. Güneş sisteminde ise süperdünya türü bir gezegen bulunmuyor. Ayrıca pek çok gezegen sisteminde Güneş sisteminin

aksine yıldızına yakın yörüngelerde dolanan gaz devlerine de rastlanıyor. Ancak bugün ötegezegen keşfi için kullanılan yöntemlerin belirli türdeki gezegenleri keşfetmekte daha başarılı olmasının da bu sonuçlarda etkisinin olduğunu belirtelim.

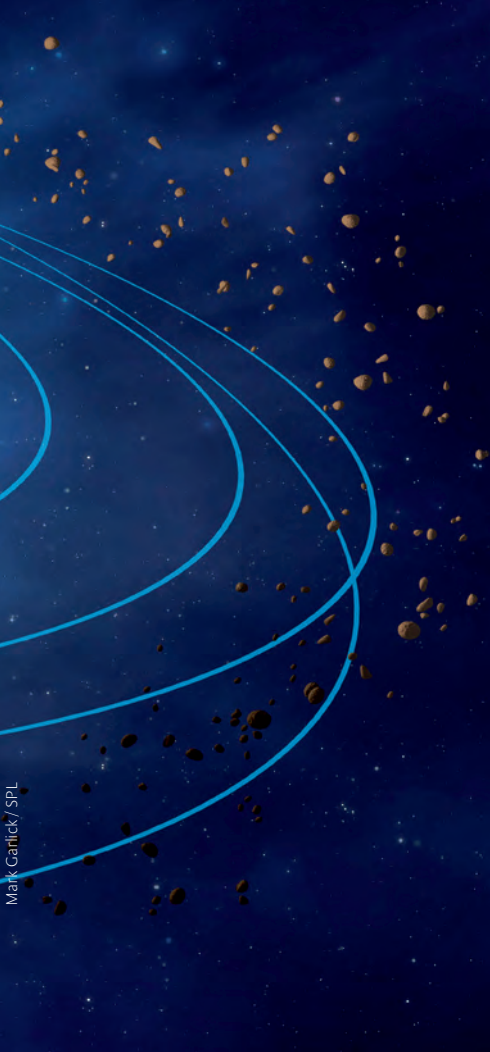
Ötegezegenlerin Keşfi

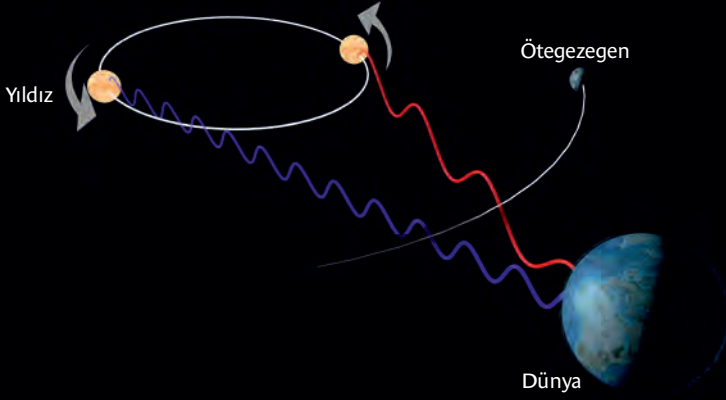
Güneş sisteminin dışındaki gezegenleri gözlemlemek zordur. Çünkü ötegezegenlerin yakınında her zaman kendisinden çok daha büyük ve çok daha parlak bir yıldız vardır. Bu durum, ötegezegenlerin optik teleskoplarla doğrudan görülmesini zorlaştırır. Günümüzde ötegezegenleri keşfetmek için kullanılan yöntemler, yıldızların gözlemlemesine dayanıyor.

Bir yıldız ve bu yıldızın etrafında dolanan bir gezegen olduğunu düşünelim. Gezegen, yıldızın kütle çekiminin etkisiyle hareket eder. Ancak hareket eden sadece gezegen değildir. Gezegenin kütle çekimi de yıldızın hareket etmesine yol açar. Böyle bir sistemde yıldız ve gezegen esasen sistemin kütle merkezinin etrafında dolanır. Ancak yıldızların kütlesi gezegenlere kıyasla çok büyük olduğu için genel olarak sistemin kütle merkezi, yıldızın kütle merkezine çok yakındır. Dolayısıyla yıldız gezegene kıyasla çok daha az hareket eder.

Böyle bir sistem Dünya'dan gözlemlendiğinde yıldızın uzayda "yalpaladığı" görülür. Yalpalama hareketi sırasında yıldızın Dünya'ya yaklaşmasına ya da uzaklaşmasına bağlı olarak yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışığın rengi maviye ya da kırmızıya kayar (ışığın gözlemlenen frekansı artar ya da azalır). Bu kaymaları ölçerek yıldızın etrafında dolanan bir gezegenin varlığı hakkında çıkarım yapılabilir. Gezegenin kütlesi ne kadar büyükse ve yıldızına ne kadar yakın bir yörüngede dolanıyorsa yalpalama hareketi de o kadar büyüktür. Dolayısıyla "radyal hız ölçümü" olarak adlandırılan bu yöntem, özellikle yıldızına yakın yörüngelerde dolanan büyük kütleli gezegenlerin keşfinde yararlıdır.

İlk ötegezegen keşifleri 1992 yılında yapılmıştı. Güneş benzeri bir yıldızın etrafında dolanan ilk gezegen ise 1995'te tespit edildi. Radyal hız ölçümüyle tespit edilen ve 51 Pegasi b adı verilen gezegen, Güneş sistemindeki hiçbir gezegene benzemiyordu. Gezegen yıldızına o kadar yakın bir yörüngede dolanıyordu ki bir turunu sadece 4,2 günde tamamlıyordu. Yıldızına bu kadar yakın olmasının bir sonucu olarak gezegenin sıcaklığı 1.000 °C'nin üzerinde olmalıydı. Ölçümler gezegenin kütlesinin Jüpiter'inin yarısı kadar, hacmininse Jüpiter'inin iki katı kadar olduğunu gösterdi.





Bir gezegenin kütle çekimi etkisiyle hareket eden yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışığın frekansı, yıldızın Dünya'ya yaklaştığı dönemlerde maviye (yüksek değerlere); Dünya'dan uzaklaştığı dönemlerde kırmızıya (düşük değerlere) kayar.

Gezegenin kütlesine kıyasla bu kadar şişkin olmasının nedeni aşırı yüksek sıcaklığıydı. Gök bilimciler Güneş sisteminde bir benzeri olmayan 51 Pegasi b benzeri gezegenleri bugün “sıcak Jüpiterler” adı altında sınıflandırıyor.

Güneş sisteminin yapısından esinlenerek öne sürülmüş, ufak kayaç gezegenlerin yıldızla daha yakın büyük gaz devlerininse yıldızla daha uzak yörüngelerde dolandığı modellerle sıcak Jüpiterlerin varlığı açıklanamaz. Eğer Jüpiter gibi gaz devleri yıldızla yakın yörüngelerde oluşabiliyorsa ya da yıldızla uzak bölgelerde oluşup zaman içinde yıldızına doğru göç edebiliyorsa bu durum, gezegen sistemlerinin oluşumu ve gelişimi ile ilgili teorilerin güncellenmesi ve geliştirilmesi gerektiğini gösteriyordu. İlerleyen yıllarda radyal hız ölçümü yöntemiyle yapılan çalışmalar, Güneş benzeri yıldızların yaklaşık %10'unda yıldızına birkaç AB mesafedeki

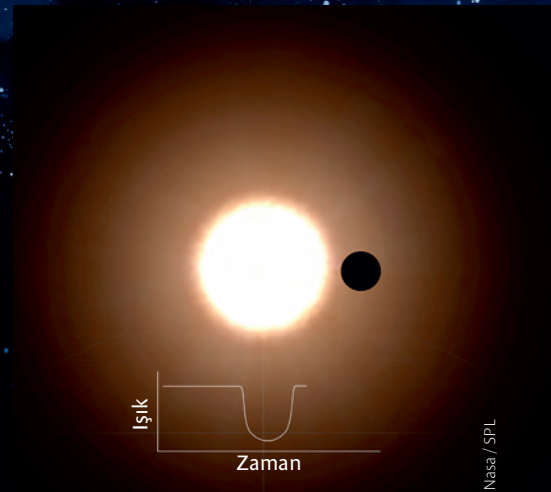
(AB: Astronomi Birimi, Dünya ile Güneş arasındaki ortalama mesafe, yaklaşık 150 milyon kilometre) yörüngelerde dolanan dev gezegenler olduğunu gösterecekti.

Ötegezegen araştırmaları açısından önemli bir dönüm noktası NASA'ya ait Kepler Uzay Teleskobu'nun 2009'da çalışmaya başlaması oldu. Ötegezegen keşfi için özel olarak tasarlanmış teleskop, dört yıl boyunca gök adamız Samanyolu'ndaki yüz binin üzerinde yıldızı gözlemledi. Toplanan verilerin analiziyle binlerce ötegezegen keşfedildi.

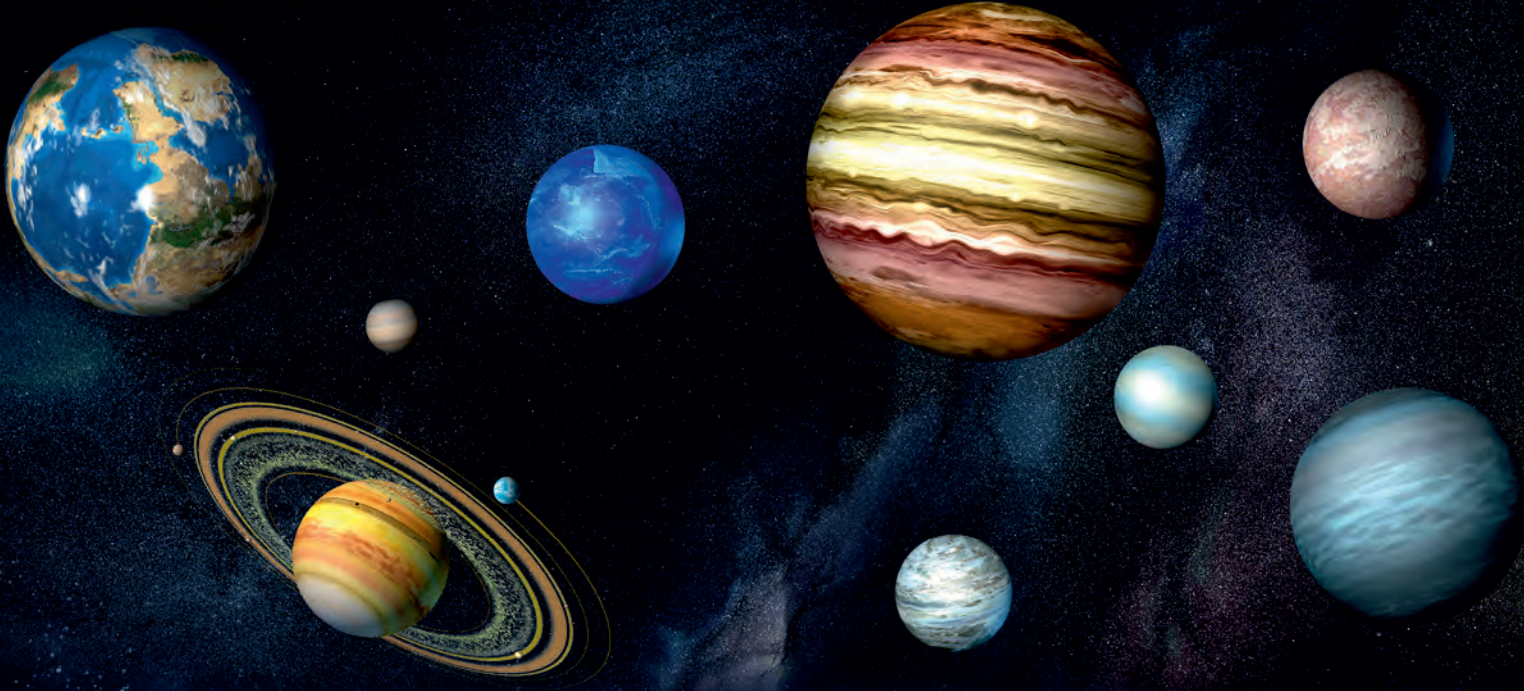
Kepler Uzay Teleskobu kullanılarak yapılan araştırmalarda ötegezegen keşfetmek için transit yöntemi kullanılıyordu. Bu yöntem, bir yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışık miktarındaki değişimlerin ölçülmesi esasına dayanır. Bir yıldızın önünden geçen gezegen, yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışığın periyodik aralıklarla azalmasına

yol açar. Bu tür periyodik azalmaları tespit ederek hem ötegezegenler keşfedilebilir hem de gezegenin ve yörüngesinin özellikleri hakkında bilgi edinilebilir. Gezegen ne kadar büyükse ve yıldızına ne kadar yakın bir yörüngede dolanıyorsa yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışık miktarındaki değişim de o kadar fazla olacaktır ve gezegen, yıldızının önünden o kadar sık geçecektir. Dolayısıyla transit yöntemi de tıpkı radyal hız yöntemi gibi yıldızına yakın yörüngelerde dolanan büyük gezegenleri keşfetmekte daha etkindir.

Kepler verilerinin ortaya çıkardığı bir diğer ilginç bilgi, süperdünya türü gezegenlerin gök adamızda bol olduğunun tespit edilmesi oldu. Analizler, Güneş benzeri yıldızların yaklaşık yarısında en az bir tane süperdünya türü gezegen



Yıldızının önünden geçen bir ötegezegen, yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışığın azalmasına yol açar. Bir yıldızdan Dünya'ya ulaşan ışığın periyodik olarak azalması, yıldızın etrafında dolanan bir gezegenin varlığına işaret eder.



olduğunu gösteriyordu. Bu tür gezegenlerin Güneş sisteminde yer almaması da yine Güneş sisteminin Samanyolu'ndaki gezegen sistemleri açısından bir şablon olarak görülemeyeceğini gösteriyordu.

Gezegen Demografisi

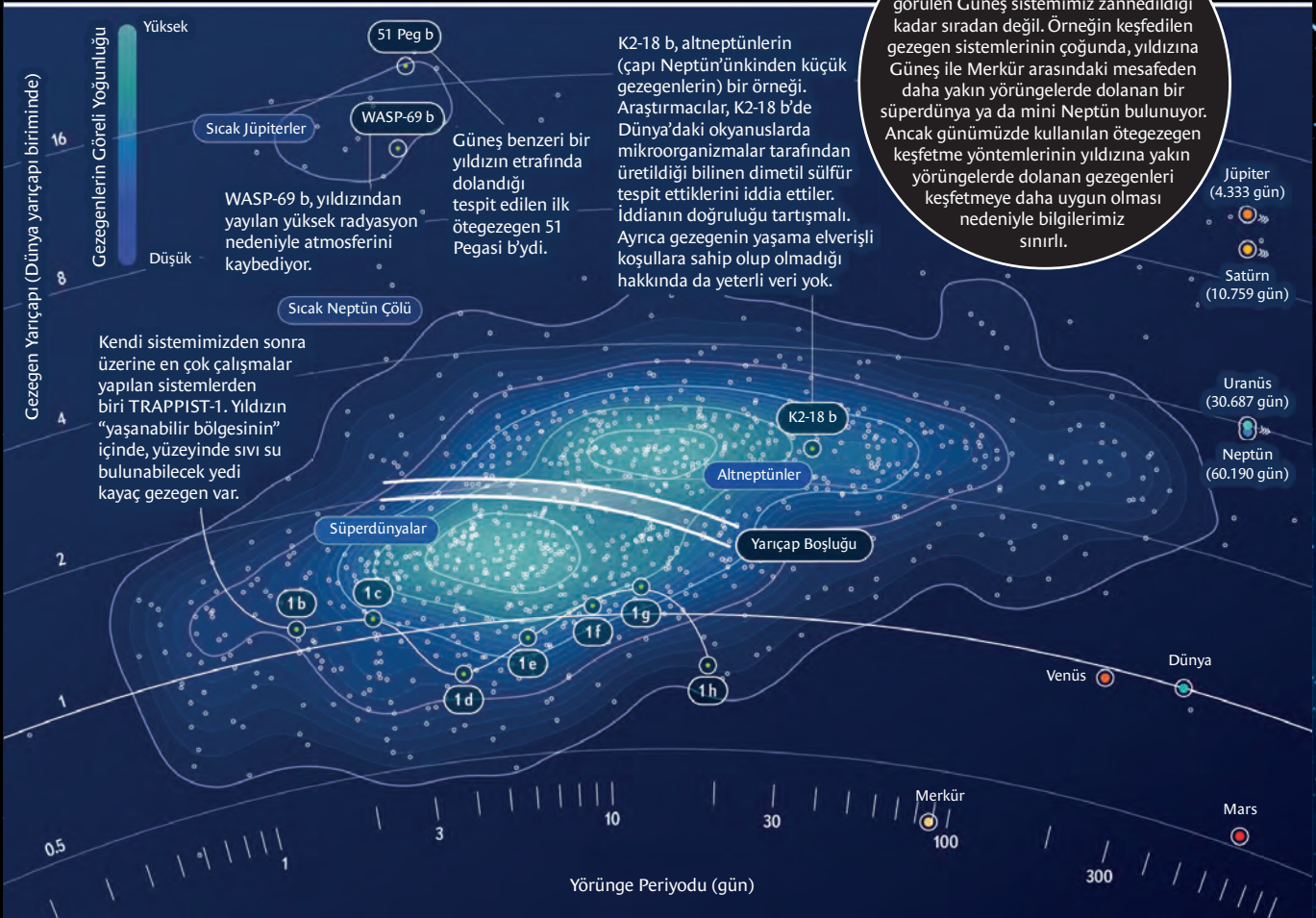
Geçtiğimiz otuz yılda radyal hız ve transit yöntemleri kullanılarak binlerce ötegezegenin keşfedilmesiyle gezegen demografisi olarak adlandırılan yeni bir alan doğdu. Gök bilimciler, keşfedilen gezegenlerin büyüklüklerini, yörüngelerini ve bileşimlerini inceleyerek gezegen sistemlerinin oluşum ve gelişim süreçlerini daha iyi anlamaya çalışıyor. Bugüne kadar keşfedilen gezegenlerin

demografisi incelendiğinde iki tür popülasyonun eksikliği dikkat çekiyor. Birincisi, verilerde bir “yarıçap boşluğu” var: Bugüne kadar keşfedilen gezegenler arasında yarıçapı Dünya'nunkinin 1,6 ila 1,9 katı olan gezegenlerin yoğunluğu çok düşük. İkincisi, verilerde bir “sıcak Neptün çölü” dikkat çekiyor: Periyodu üç günden kısa olan yörüngelerde Neptün büyüklüğündeki gezegenlere rastlanmıyor. Bu iki popülasyon eksikliğinin her ikisi de büyük olasılıkla gezegenlerin zamanla atmosferlerini kaybetmesine yol açan fiziksel süreçlerin sonucu.

Yarıçap boşluğu ile ilgili dikkat çekici bir nokta, yarıçapı boşluğun altında ve üstünde olan gezegenlerin farklı bileşimlere sahip olması. Yarıçap boşluğunun altındaki gezegenler, Dünya gibi

kayaç, yüksek yoğunluklu; üstündeki gezegenlerse “mini Neptün” türü olarak sınıflandırılan kayaç bir çekirdeğin yoğun bir hidrojen ve helyum gazı katmanıyla çevrelendiği gezegenler. Bu durum akla şöyle sorular getiriyor: Acaba tüm küçük gezegenler büyük bir atmosferle doğuyor ve bazıları atmosferlerinin bir kısmını sonradan mı kaybediyor yoksa gezegenler en başından farklı bileşimlerle mi doğuyor? Bilimsel çalışmalar, doğru cevabın büyük olasılıkla birincisi olduğuna işaret ediyor. Yakın zamanlarda aktif olarak atmosfer kaybetme sürecinde olan gezegenlerle ilgili gözlemler, gaz kaybının önemli bir rol oynadığını gösterdi.

Ötegezegen Demografisi: Gök bilimciler bugüne kadar 5.000'den fazla ötegezegen keşfetti. Gezegenlerin demografisinde açıklaması zor, büyük örüntüler var. Örneğin yarıçapı Dünya'ninkinden biraz büyük, Neptün'ünkünden biraz küçük gezegenlere pek rastlanmıyor. Bu gizemli eksiklik yarıçap boşluğu olarak adlandırılıyor. Ayrıca neredeyse hiç sıcak Neptün (yıldızına yakın yörüngelerde dolanan, Neptün büyüklüğünde gezegenler) yok. Bilim insanları, gezegenlerin oluşumundan sonra atmosferlerini kaybetmelerine yol açan süreçlerin -örneğin yıldızlardan yayılan yüksek radyasyonun- bu boşlukları açıklayabileceğini düşünüyor. Aşağıda, bilinen ötegezegenlerin yaklaşık 1.000 tanesinden oluşan bir katalog gösteriliyor.



Atmosfer Kaybetme Mekanizmaları

Gezegenlerin oluşumu sırasında etraflarında büyük bir atmosfer oluşmasını engelleyebilecek ya da bir gezegenin var olan atmosferini zamanla kaybetmesine sebep olabilecek çeşitli mekanizmalar öne sürülüyor. Bu mekanizmaların özellikle ikisi ön

plana çıkıyor: fotobuharlaşma ve çekirdekten güç alan kütle kaybı. Bu mekanizmalar hem yarıçap boşluğunu hem de sıcak Neptün çölünü açıklayabilir.

Fotobuharlaşma mekanizmasındaki temel etken gezegenin etrafında dolandığı yıldızdan yayılan radyasyondur. Genç yıldızlar, füzyon reaksiyonları ile enerji üretmeye başladıklarında yüksek miktarda morötesi ışık, X-ışınları

vé elektrik yüklü parçacık yayar. Bu yüksek radyasyon bir gezegenin atmosferindeki gazların kendilerini gezegene bağlayan kütle çekimini yenmelerine yetecek kadar enerji kazanmasını sağlayabilir. Örneğin birbirine benzeyen iki ayrı yıldızın etrafında benzer yörüngelerde dolanan iki ayrı gezegen olduğunu düşünelim. Birinci gezegenin kütlesi biraz daha düşük, ikinci gezegenin kütlesi biraz daha büyük olsun. Küçük kütleli gezegen, çekimi zayıf



olduğu için yıldızından yayılan yüksek radyasyon karşısında atmosferini korumayı başaramaz. Gezegeni çevreleyen atmosfer zamanla inceldikçe geriye küçük yarıçaplı kayaç bir gezegen kalır. Büyük kütleli gezegen ise çekimi güçlü olduğu için atmosferini korumayı başarır. Hafif, şişkin bir atmosferle çevrili görece büyük yarıçaplı bir gezegen olarak kalır.

Fotobuharlaşma mekanizmasının atmosfer kaybına getirdiği açıklama çeşitli gözlemsel verilerle de uyumlu. Örneğin fotobuharlaşma, yıldız yakın bölgelerde daha fazla, uzak bölgelerde ise daha az olmalıdır. Dolayısıyla yarıçap boşluğunun üst sınırının yıldızdan uzaklaştıkça daha düşük değerlere doğru kayması beklenir. Gözlemler de bu tahmini doğrular. Sıcak Neptün çölünün varlığının nedeni ise dolanma

periyodunun sadece birkaç gün olduğu yıldız yakın yörüngelerde fotobuharlaşmanın daha etkin olmasıdır. Bu sıcak yörüngelerde ancak kayaç çekirdeklere sahip gezegenler ya da Jüpiter gibi çok büyük kütleli gezegenler sağ kalabilir. Kütleli Neptün'ünki kadar olan ve uçucu gazlardan oluşan gezegenler ise bu sıcak yörüngelerde var olamaz.

Çekirdekten güç alan kütle kaybı mekanizmasındaki ana

etken ise gezegenin kendisinden yayılan ısıdır. Gezegen oluşumu sırasında kütleli içe doğru çökmesi ısı açığa çıkarır. Bu ısı, gezegeni çevreleyen gazların genişleyerek yükselmesini sağlar ve gezegenin çekiminden kurtulmalarını kolaylaştırır. Düşük kütleli gezegenler için bu mekanizma daha etkindir. Büyük kütleli gezegenler ise güçlü kütle çekimleri sayesinde bu mekanizma yoluyla kayda değer bir atmosfer kaybı yaşamaz.

Bu iki ana mekanizmadan hangisinin daha baskın olduğu konusunda gök bilimciler arasında bir uzlaşma yok. Muhtemelen gezegenden gezegene değişen koşullara bağlı olarak farklı mekanizmalardan biri ya da diğeri daha etkin oluyor.

Gezegenlerin nasıl atmosfer kaybettiğiyle ilgili, fotobuharlaşma ve çekirdekten güç alan kütle kaybı dışında da çeşitli mekanizmalar öne sürülüyor. Örneğin oluşum aşamasındaki genç gezegenler



arasında yaşanacak çarpışmalar, atmosfer kaybına yol açabilir. Hızlı buharlaşma teorisi olarak adlandırılan bir hipotez ise, bir gezegenin oluşumunun tamamlanmasından kısa süre sonra gezegenin içinde doğduğu, yıldızın etrafında dolanan madde birikintilerinin dağılmasıyla gezegenin etrafındaki basıncın hızla düştüğünü ve bu durumun atmosferdeki gazların uzaya kaçmasıyla sonuçlandığını öne sürüyor. Son olarak bir gezegenin atmosferinin az olmasının nedeni, oluştuğu ortamdaki gaz miktarının az olması da olabilir.

Gözlemler

Atmosfer kaybı, gezegenlerin oluşumlarının daha çok ilk aşamalarında meydana geldiği için ufak gezegenleri gözlemleyerek belirgin bir atmosfer kaybı tespit etmek kolay

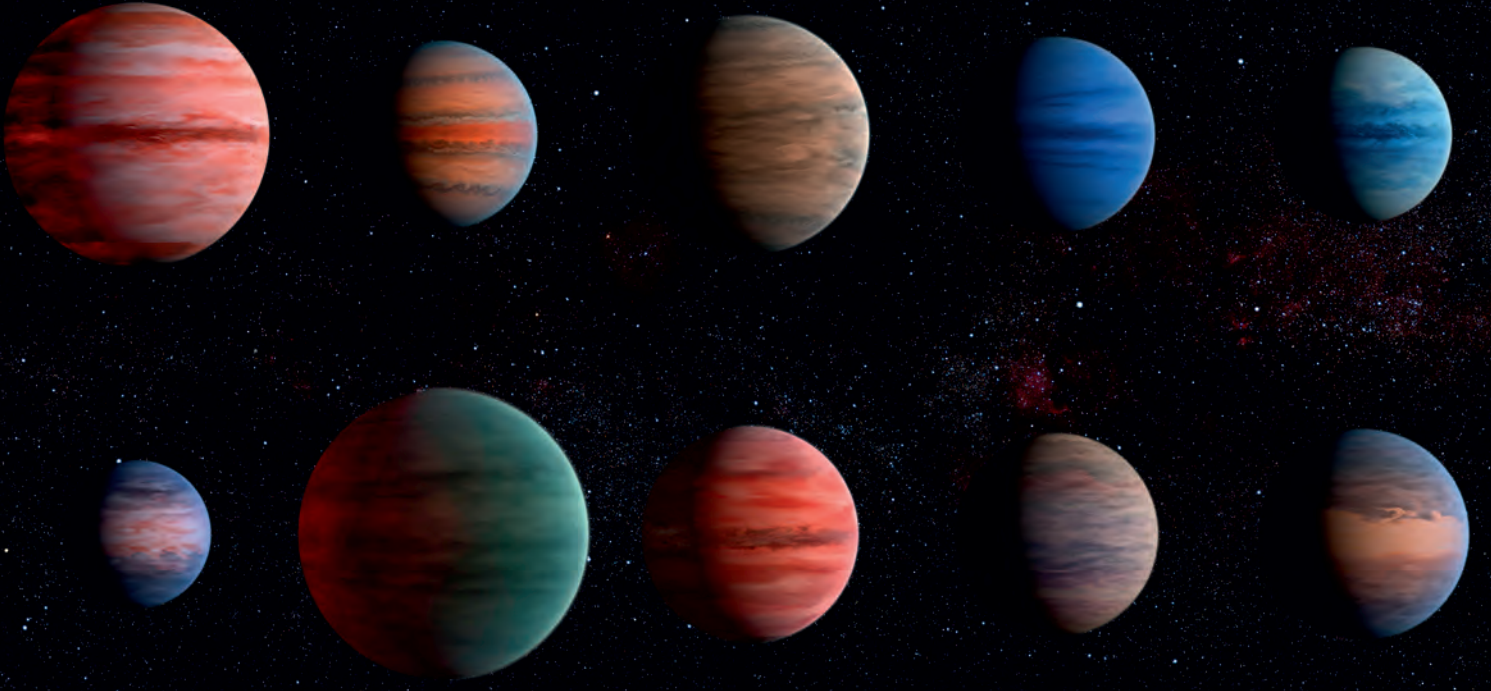
değil. Atmosfer kaybını gözlemek için en öne çıkan alternatif, sıcak Jüpiterler. Yıldızına çok yakın yörüngelerde dolanan bu gaz devlerinden uzaya yayılan gazları gerçek zamanlı olarak gözlemek görece daha kolay. Etrafında sıcak Jüpiter türü bir gezegen dolanan bir yıldızdan transit öncesinde, sırasında ve sonrasında Dünya'ya ulaşan ışıktaki hidrojen ve helyum spektrumunu analiz ederek süregiden atmosfer kaybı hakkında veri toplanabilir.

Geçtiğimiz yıllarda atmosfer kaybı yaşayan sıcak Jüpiterler gözlemlendi. Örneğin çeşitli araştırma grupları, WASP-69 b gezegeninin aktif olarak atmosfer kaybettiğini tespit etti. Yarıçapı Jüpiter'inki kadar; kütlesi Satürn'ünki kadar olan bu gezegen, yıldızının etrafında bir turunu yaklaşık 3,8 günde

tamamlıyor. Geçtiğimiz yıl yayımlanan bir araştırmaya göre WASP-96 b her saniye 200.000 ton kütle kaybediyor. Başka bir deyişle bu değer, WASP-96 b'nin kütlesinin bir milyar yıl içinde yaklaşık olarak Dünya'nınki kadar azalacağı anlamına geliyor. Gözlemler, gezegenden uzaya kaçan gazın şeklinde zamana bağlı değişimler de olduğunu gösteriyor. Bazen gezegenden yayılan gaz bulutun uzunluğu 500.000 kilometrenin üzerine çıkıyor ve kuyruklu yıldızların kuyruğuna benzer bir şekil alıyor. Bazen ise gaz akışı çok daha az belirgin oluyor. Araştırmacılar bu değişimleri, yıldızın etkinliğindeki değişimlere bağlıyor.

Gelecek yıllarda da gezegen demografisi üzerine araştırmaların hız kazanması bekleniyor. Özellikle gezegenlerin kütlelerinin, bileşimlerinin ve atmosferlerinin daha iyi belirlenmesini sağlayacak yeni nesil teleskopların çalışmaya başlamasıyla gezegen sistemlerinin oluşumunun ve gelişiminin daha iyi anlaşılacağı düşünülüyor. Örneğin bu araştırmalar sonucunda yıldızın türüne bağlı olarak etrafındaki gezegenlerin türünün, yapısının ve bileşiminin nasıl değiştiği hakkında önemli bilgiler edinilebilir. Bu çalışmalar, sadece gezegen demografisi ile sınırlı kalmayacak, uzayda yaşam konusunda da fikir verecektir.

Bir gezegenin atmosferinin içinden geçerek Dünya'ya ulaşan yıldız ışığı, gezegenin atmosferi hakkında bilgi verir.



Atmosfer kaybının gözlemlenmesine en uygun gezegen türleri sıcak Jüpiterler

Özet

Ötegezegenler keşfedilmeye başlanmadan önce eğer varsa başka yıldızların etrafındaki gezegen sistemlerinin içinde bulunduğumuz sisteme benzeyeceği düşünülürdü. Ancak bilimsel çalışmalar, Güneş sisteminin gezegen sistemleri açısından bir şablon olarak görülemeyeceğini gösteriyor. Geçtiğimiz yıllarda binlerce ötegezegen keşfedilmesinden sonra gezegen demografisi olarak adlandırılan yeni bir alan doğdu. Gök bilimciler, keşfedilen ötegezegenlerin ve bu gezegenlerin etrafında dolandığı yıldızların

türünü, yapısını ve bileşimini inceleyerek gezegen sistemlerinin yaşam döngüsünü daha iyi anlamaya çalışıyor.

Gezegenlerin demografisiyle ilgili dikkat çekici noktalar var. Yarıçapı Dünya'ninkinin 1,6 ila 1,9 katı olan gezegenlere pek rastlanmıyor. Ayrıca periyodu birkaç gün ölçeğinde olan yörüngelerde Neptün benzeri gezegenler yer almıyor. Bilimsel çalışmalar, bu yarıçap boşluğunun ve sıcak Neptün çölünün, gezegenlerin atmosfer kaybıyla ilişkili olduğuna işaret ediyor. Belirli bir yörünge yarıçapı için bir gezegenin atmosferini koruyabileceği bir

minimum kütle var. Yarıçap boşluğu, atmosferini koruyabilecek kadar büyük kütleli gezegenler ile atmosferini koruyamayacak kadar küçük kütleli gezegenleri birbirinden ayırıyor. Sıcak Neptün çölü ise bir gezegenin yıldızına çok yakın yörüngelerde atmosferini korumasının ne kadar zor olduğunu gösteriyor. Yıldızdan yayılan radyasyonun aşırı derecede yüksek olduğu, birkaç günlük periyoda sahip yörüngelerde ancak kütlesi Jüpiter'inki kadar büyük gezegenler atmosferini korumayı başarabiliyor. Neptün benzeri, daha düşük kütleli gaz devleri ise bu yörüngelerde var olamıyor. ■

Kaynak

Tyler, Dakotah, "Where are the Universe's Missing Planets?", *Scientific American*, <https://www.scientificamerican.com/article/exoplanet-census-identifies-missing-planets-gap/>, 2025.

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol [merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr

Yaşımız İlerledikçe Vücut Kokumuz Değişir mi?

Vücut kokumuz yaşamımız boyunca değişir. Bebeklik döneminde sahip olduğumuz çoğu insan tarafından sevilen vücut kokusu çocukluk, gençlik ve yetişkinlik dönemleri boyunca farklı karakteristikler gösterir. İleri yaşlarda ise hafif tatlı, çimen ya da yağlı gibi nitelendirilebilen bir vücut kokusu ortaya çıkar. Yapılan çalışmalar, deride üretilen bir kimyasal maddenin ileri yaşlarla ilişkilendirilen kokuya neden olduğunu gösteriyor.

Araştırmacılar, bu kokunun insan vücudunda doğal olarak bulunan nonenal adlı kimyasal maddenin, kimyasal formülü aynı ancak atomların bağlanma düzeni farklı olan 2-nonenal versiyonundan kaynaklandığını düşünüyor. 2-nonenal molekülü, 40 yaş civarında vücutta üretilmeye başlar ve yaşlandıkça miktarı artar. Bu durum, ciltteki kimyasal süreçlerin ilerleyen yaşla birlikte farklılaşmasından kaynaklanır.

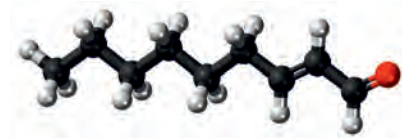
Cildimiz, dış dünyayla vücudumuz arasında oluşturduğu bariyeri güçlendirmek için çeşitli yağ molekülleri üretir. Cildin en dış katmanı olan *stratum corneum*'da bulunan bu moleküller, vücuda zarar verebilecek maddeleri dışarıda, suyu ise içeride tutmaya yardımcı olur. Yağ molekülleri havadaki oksijenle kimyasal etkileşime girerek oksitlendiğinde ortaya yeni maddeler çıkar. Diğer yandan vücudumuz, ihtiyaç duyduğu bu moleküllerin bozunmasını önlemek için antioksidanlar üretir.

İlerleyen yaşlarda insan vücudunun ürettiği antioksidan miktarı azalır. Bunun sonucunda oksitlenen yağ moleküllerinin sayısı artış gösterir. Öte yandan vücuttaki hormonal değişimler de zamanla ciltte üretilen yağ

molekülü türlerinin farklılaşmasına neden olur. Üretilen yeni moleküllerin oksitlenmesiyle de ortaya 2-nonenal maddesi çıkar. Yaş ilerledikçe antioksidan düzeyi daha da düştüğü için 2-nonenal'in miktarı artar. Böylece ileri yaşlarla ilişkilendirilen 2-nonenal'in kokusu belirginleşir.

2-nonenal molekülleri suda çözünmediği için vücudun suyla temasıyla miktarı pek değişmez. Sabun gibi temizleyiciler suda çözünmeyen bazı maddeleri ortadan kaldırılabile de ciltteki tüm yağ moleküllerini temizlemeleri pek tercih edilmez. Çünkü vücut yüzeyindeki tüm yağları ortadan kaldırmak, cildin çok kurumasına ve gerginlik, tahriş gibi rahatsız edici hislere yol açar. Bu durumda banyodan sonra bile ciltte önemli miktarda 2-nonenal kalacağı varsayılabilir. Bazı sabunlar rahatsız edici vücut kokularını önlemek için farklı maddeler içerebilir. Ancak çoğu sabunun içeriğinde 2-nonenal kokusunu önlemeye yönelik maddeler bulunmaz.

2-nonenal'in neden olduğu vücut kokusu, yetersiz hijyeni işaret etmediği gibi birçok insan bu kokudan rahatsız olmaz. Bir koku deneyinde katılımcılar 75 yaş üzerindeki kişilerin vücut kokularını ne hoş ne de rahatsız edici olarak tanımladı ve genç ya da orta yaşlı insanlarınkinden daha az rahatsız edici olarak değerlendirdi. ■



2-nonenal molekülü

Kaynaklar

livescience.com/43008-older-people-body-odor.html
scientificamerican.com/article/old-person-smell



Neden Kaşındıkça Daha Fazla Kaşınırız?

Dokunulmaması gereken bir bitki ya da davetsiz bir böceğin ısırtığı, bazen bizi içinden çıkmanın şaşırtıcı derecede güç olduğu bir döngüye sokabilir. Başlayan kaşıntı hissini dindirmek için etkilenen bölgeyi rahatlatıncaya dek kaşır ve bu histen kurtulduğumuzu düşünürüz. Ta ki aynı his, hiç kaşınılmamış gibi geri dönene kadar. Fareler üzerinde yapılan deneyler, bilim insanlarının "kaşıntı-kaşıma döngüsü" adını verdikleri bu durumu çözmeye yönelik ipuçları sunabilir.

Araştırmacılar, 2009 yılına kadar kaşıntı hissini tahriş olmuş deri hücrelerinin neden olduğu hafif bir ağrı türü olduğunu düşünüyordu. Sonrasında yürütülen çalışmalarla deride kaşıntıya özgü yani beyne sadece kaşıntıyla ilgili sinyallerin gönderilmesini sağlayan birkaç farklı reseptör olduğu anlaşıldı. Farelerde ve insanlarda bulunan GRPR de bu reseptörlerin başlıcalarından biri.

Ağrı ve kaşıntı iki ayrı his olsa da bu sinyalleri beyne ileten sinir hatları önemli ölçüde örtüşür. Kaşınan bölgeyi tırnaklarımızla kaşıdığımızda buradaki ağrı reseptörleri uyarılır. Bunun sonucunda beyne kaşıntı sinyallerini baskılayan ağrı sinyalleri iletilmiş olur. Dikkati kaşıntıdan ağrıya doğru çekilen beyin, ağrıyı dindirmek için serotonin salgılayarak yanıt verir.

Serotonin her ne kadar "mutluluk hormonu" olarak bilinen bir nörotransmitter (nöronlar yani sinir hücreleri arasında veya bir nöron ile başka tür bir hücre arasında iletişimi

sağlayan kimyasal madde) olsa da vücutta çok sayıda farklı görevi bulunur. Kaşıntı-kaşıma döngüsünü başlatmak, sürdürmek, hatta şiddetlendirmek de bu görevlerden birkaçıdır. Yapılan deneylerde serotoninin kaşıntıyla ilişkili GRPR nöronlarını fazlaca etkinleştirdiği görüldü. Böylece kaşıntı hissini daha yoğun bir şekilde tetikleyerek döngüyü sürdürmede etkin bir rol üstlendiği anlaşıldı.

Araştırmacılar, tekrarlayan kaşınma sürecinin insanlarda da benzer biçimde işlediğini düşünüyor. Bu sürece neden olan faktörün ise kaşınan bölgedeki GRPR ve serotonin reseptörlerinin birbirine oldukça yakın konumda bulunmaları olduğundan şüpheleniyorlar. Yani bu iki reseptör birbirinin sinyal iletimini etkiliyor olabilir. Serotoninin rolünün incelendiği ayrı bir deneyde, bu nörotransmitteri üreten hücrelerden yoksun bırakılan farelerin, kaşıntıya neden olan bir maddeye maruz kaldıklarında normal farelerden daha az kaşındıkları görüldü.

Bu konuda yapılan yeni çalışmalar, gelecekte kronik kaşıntı rahatsızlığı olan kişiler için yeni tedaviler geliştirilmesine öncülük edebilir. Ancak kaşıntı sürecine dâhil olan farklı reseptör ve proteinlerin de bulunması, bu konuda çalışan araştırmacıların beklenmedik değişkenleri de hesaba katmalarını gerektirebilir. ■

Kaynaklar

scientificamerican.com/article/why-does-scratching-an-itch-make-it-itchier
source.washu.edu/2014/10/why-scratching-makes-you-itch-more

OpenAI'nin Büyük Dil Modelleri ve Çip Talebi: Donanım Dünyası Nereye Gidiyor?

Murat Can Işık [Stanford Üniversitesi



Yapay zekâ dünyasında büyük dil modellerinin yükselişi, yalnızca algoritmik yeniliklerle değil, aynı zamanda donanım altyapısındaki hızlı gelişmelerle mümkün hâle geldi.



OpenAI şirketinin ChatGPT'nin temelini oluşturan GPT-4 gibi büyük dil modellerindeki başarısı, yüksek hesaplama gücüne ve bu gücün desteklenmesi için optimize edilmiş donanımlara doğrudan bağlıdır. Yapay zekâ alanında çalışan dev teknoloji şirketleri, yapay zekâ modellerinin performansını artırmak için donanım alanında büyük yatırımlara yöneliyor. OpenAI'nin 2019 yılında nöromorfik işlem birimleri geliştiren Rain AI şirketiyle yaptığı anlaşma, bu dönüşümün çarpıcı bir örneğiydi. Bu yatırım, nöromorfik çiplerin yapay zekâ modellerinde enerji verimliliği sağlama potansiyeline duyulan güveni ortaya koyuyor. 2024 yılında duyurulan yeni Google Willow çipi, nöromorfik çiplerin teorik problemlerin çözümündeki başarısını ortaya koydu. Örneğin Random Circuit Sampling gibi bir problemin 5 dakikada çözülmesi, bu işlemin süper bilgisayarlarda "septilyon" (10^{24}) yıl süreceği tahminleriyle kıyaslandığında önemli bir gelişme olarak öne çıkıyor. Ancak asıl soru, bu teknolojinin gerçek dünya uygulamalarında nasıl bir fark yaratacağıdır.

Büyük Dil Modellerinin Donanım Talebi

Büyük dil modelleri, token üretim hızları (büyük dil modelinin bir yanıt oluştururken kelimeleri ne kadar hızlı ürettiği), eş zamanlı kullanıcı talepleri ve enerji verimliliği açısından güçlü donanımlara ihtiyaç duyar. Örneğin bir modelin saniyede üretebileceği token sayısı, kullanıcı deneyimini belirleyen temel faktörlerden biridir. Özellikle gerçek zamanlı yanıtlar sunabilmek için yüksek performanslı grafik işlem birimleri (GPU) ve yazılım altyapısının hızlı, verimli ve sorunsuz çalışacak şekilde optimize edilmesi gereklidir. Büyük dil modellerinin eğitimi sırasında kullanılan enerji miktarı ise birçok şirketi sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda daha az enerji tüketen nöromorfik çiplere yönelmeye teşvik ediyor. Örneğin NVIDIA'nın Blackwell çipi gibi son teknoloji ürünlerle performans arttırılırken maliyetleri düşürmek hedefleniyor. Ancak bu tür teknolojilerin daha büyük ölçeklerde kullanıma uygun olup olmadığı hâlâ tartışma konusu.



Üreten yapay zekâ ve büyük dil modelleri için optimize edilen donanımlar

OpenAI'nin Yeni Çözümleri Neler?

OpenAI, yalnızca mevcut donanımları optimize etmekle kalmayıp büyük dil modellerinin çalıştırılması için daha verimli yöntemler geliştirmeye de odaklanıyor. Bu çözümlerden biri olan aynı anda birden fazla kullanıcının taleplerini işleyerek hesaplama verimliliğini artıran bir yöntem olan sürekli batch çıkarımı. Bu yaklaşımla modelin yanıt üretme süreçlerini daha ekonomik ve enerji verimli hâle getirmek amaçlanıyor. OpenAI'nin geliştirdiği o1 modeli, yalnızca büyük veri kümeleri ile eğitilmekle kalmıyor, aynı zamanda insan benzeri mantık yürütme ve çok adımlı düşünme yeteneği de sunuyor. Bu yenilik, modellerin daha az donanım gücüyle daha yüksek performans sergilemesini olanaklı kılıyor.

Donanım ve Yapay Zekâ: Birbirini Tamamlayan Güçler

Günümüzün büyük yapay zekâ modelleri, sadece matematiksel zorluklarla değil, aynı zamanda fiziksel donanım sınırlamalarıyla da mücadele etmek zorunda. Grafik işlem birimi (GPU) ve tensör işleme birimi (TPU) gibi geleneksel işlemciler, bu modellerin çalıştırılmasında yüksek enerji tüketimi ve maliyetler gibi önemli zorluklara yol açıyor. Bu durum donanım tasarımında yenilikçi yaklaşımların benimsenmesini zorunlu hâle getiriyor. İnsan beyninin bilgi işleme süreçlerinden esinlenerek tasarlanan ve geliştirilen nöromorfik çipler hem enerji tasarrufu sağlıyor hem de daha hızlı işlem yapma kapasitesi sunuyor.

Google Willow Çipi: Geleceğe Açılan Kapı

2024 yılında tanıtılan Google Willow çipi, yapay zekâ teknolojilerinde nöromorfik çiplerin potansiyelini gözler önüne seren bir dönüm noktasıdır. İnsan beyninden ilham alınarak geliştirilen bu çip, yapay zekâ sistemleri için geleneksel işlemcilerle kıyaslandığında çok daha yüksek performans ve enerji verimliliği sunuyor. Özellikle teorik problemlerde gösterdiği başarıyla dikkat çeken Willow çipi, kuantum bilgisayarların ne kadar güçlü olduğunu test etmek için kullanılan bir yöntem olan Random Circuit Sampling problemini yalnızca 5 dakikada çözerek bilim dünyasında ve endüstride geniş yankı uyandırdı.

Willow çipinin başarısı, yapay zekâ donanımlarında geleneksel hesaplama modellerinden uzaklaşarak nöromorfik prensiplere dayalı hesaplama yöntemlerine geçildiğine yani bir paradigma değişikliğine işaret ediyor. Çipin sağladığı enerji verimliliği ve yüksek hesaplama gücü, büyük dil modellerinin artan enerji maliyetlerini azaltmak için kritik önemde. Bu özellikler, yapay zekâ uygulamalarını gelecekte çok daha erişilebilir ve sürdürülebilir hâle getirebilir. Ancak Willow çipi, teorik problemlerdeki başarısıyla heyecan uyandırır da gerçek dünya problemlerine çözüm bulmak amacıyla kullanılması belirli zorlukları da beraberinde getirebilir. Çipin donanım mimarisinin, mevcut yazılım ekosistemleriyle tam uyum sağlaması gerekiyor. Ayrıca çipin ölçeklendirilmesi ve seri üretime geçilmesi, teknolojinin yaygınlaşması için çözülmesi gereken önemli sorunlar.

Çip Geliştirmenin Çevresel Boyutu: Sürdürülebilirlik

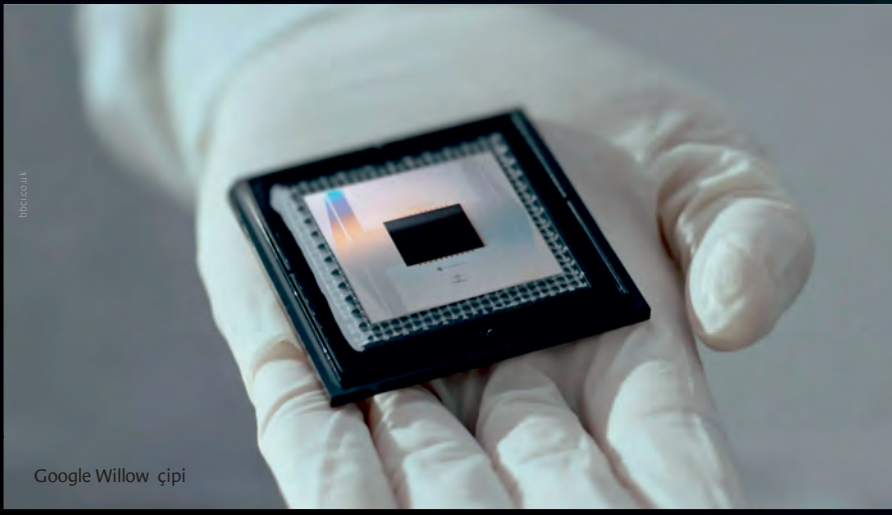
Yapay zekâ araştırmalarında donanımların enerji tüketimi, çevresel sürdürülebilirlik açısından giderek daha fazla tartışılan bir konu hâline geliyor. Büyük dil modelleri ve yapay zekâ uygulamalarının eğitimi ve çalıştırılması, veri merkezlerinin enerji talebini artırarak karbon emisyonlarının yükselmesine ve küresel iklim değişikliği sorununun daha da derinleşmesine neden olabilir.

Birleşmiş Milletler'in Rolü ve 2025 Vizyonu

Birleşmiş Milletler'in 2025 yılını "Uluslararası Kuantum Bilimi ve Teknolojileri Yılı" ilan etmesi, teknolojik gelişmelerin hızla yayıldığı bir dönemde bu tür yenilikler konusunda toplumsal farkındalığı artırmak için kritik bir adım oldu. Kuantum ve nöromorfik teknolojiler, insanlık için yeni bir dönemin kapısını aralıyor. Bu tür teknolojilerin küresel iş birliği ve etik çerçeve ile yönlendirilmesi hem toplumlar hem de gezegenimiz için daha sürdürülebilir bir gelecek oluşturma yolunda önemli bir adım olabilir. ■

Kaynaklar

<https://www.unite.ai/the-financial-challenges-of-leading-in-ai-a-look-at-openais-operating-costs/>
<https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/openai-rivals-look-new-path-smarter-ai-current-methods-hit-limitations-2024-11-11/>
<https://www.allaboutcircuits.com/news/trevor-cai-talks-ai-hardware-scaling-at-hot-chips-2024/>
<https://bionic-gpt.com/blog/llm-hardware/>
<https://www.theverge.com/2024/10/29/24282843/openai-custom-hardware-amd-nvidia-ai-chips>
<https://medium.com/riselab/ai-and-memory-wall-2cb4265cb0b8>



Yapay Zekâ Tıpta Neler Vadediyor?

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Yapay zekâ kanseri erken teşhis edebilir, hayat kurtaran ilaçlar tasarlayabilir, ameliyatlarda doktorlara yardımcı olabilir, hastalıkları tahmin edebilir ve önleyebilir hatta insanların daha uzun ve sağlıklı yaşamalarına katkıda bulunabilir. Sağlık hizmetleri için çok sayıda fırsat sunuyor olsa da hekimler, uzmanlar ve araştırmacılar, yapay zekânın potansiyelinden yararlanmak için bir dizi zorluğun üstesinden gelmeleri gerektiğinin farkında. Peki, yapay zekâ hem hekimlerin hem de hastaların deneyimlerini iyileştirerek tıbbı yeniden şekillendirmeye hazır mı? O zaman sağlık hizmetlerinde kullanılan yapay zekâ türlerini, bazı uygulamalarını, yapay zekânın bu alandaki faydalarını ve geleceğin neler getirebileceğine birlikte göz atalım...



Yapay zekâ teknolojileri geliştikçe bu teknolojinin pek çok sektörde kullanılması ve uygulanması da yaygınlaşıyor. Ama söz konusu sağlık sektörü olduğunda araştırmacılar, yapay zekânın henüz sağlık profesyonellerinin yerini almasını beklemiyor. Bunun yerine yakın gelecekte sağlık hizmeti sağlayıcılarının ve profesyonellerinin çalışmalarını destekleyeceğini ve geliştireceğini düşünüyorlar. Çünkü teşhiste, tedavide veya bir cerrahi müdahalede olası bir hatanın hayati sorunlara yol açabileceği gerçeğinin farkındalar. Bununla birlikte yapay zekânın büyük miktarda veriyi hızla analiz edebilmesi ve hayati tıbbi kararlar almak için gereken süreyi önemli ölçüde kısaltması, sağlık sektörüne sunduğu önemli yararlarından biri.

Makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme, robotik süreç otomasyonu sağlık hizmetlerinde kullanılan en yaygın yapay zekâ türlerindendir.

Dijital İkiziniz Olsun İster misiniz?

Dijital ikiz, gerçek bir nesnenin, sistemin veya olgunun sanal bir kopyası olarak adlandırılıyor. Sensörlerden gelen verilerle sürekli güncellenerek sistemin



anlık olarak takip ve optimize edilmesini sağlayan dijital ikiz teknolojisi endüstride yaygın olarak kullanılıyor. COVID-19 pandemisinden bu yana dijital ikizlerin eğitimde kullanımı da giderek arttı. Tıp alanında ise dijital teknolojiler ve yapay zekâ yaygın kullanılmasına rağmen dijital ikiz uygulaması henüz emekleme aşamasında. Bu durum, tam olarak taklit edilebilmesi için farklı ölçeklerde modellenmesi gereken biyolojik sistemlerin son derece karmaşık olmasıyla açıklanıyor.

Gelin, bir bebek doğduğunda dijital ikizinin nasıl oluşturulduğunu hayal etmeyi deneyelim. Doktorlar, öncelikle bebeğin tüm genetik

özelliklerinin detaylarını öğrenmekle işe başlayabilir. Bunun için göbek kordonundan alınan hematopoetik kök hücreler, yeniden programlanarak farklı kök hücre tiplerine dönüştürülür. Kök hücrelerden ise organoidler (üç boyutlu kültür ortamında büyütülen minyatür organlar) ve dokular elde edilir. Bu organoidler ve dokular binlerce ilaca ve kimyasal maddeye maruz bırakılır. Elde edilen tüm veriler bebeğin dijital ikizine aktarıldığında artık doktorlar, bebeğin yaşamının ilerleyen dönemlerinde ilaçlara veya kazara kimyasal maddelere maruz kaldığında nasıl tepki verebileceğini görmek için bilgisayar simülasyonları oluşturabilir. Periyodik olarak alınan dışkı örnekleriyle



da kullanılabilir. Sonuçlar, doktorların en uygun tedaviyi seçmelerine yardımcı olabilir. Dijital ikiz üzerinde yapılan sanal deneylerin önerdiği yaşlanma karşıtı müdahaleler sayesinde kişi, sağlıklı bir yaşlılık dönemi geçirir. Kişi hayatını kaybettiğinde ise dijital ikizi diğer insanların sağlığını iyileştirmeye yardımcı olan sürekli bir klinik deney katılımcısı olarak var olmaya devam edebilir.

Günümüzdeki teknolojiyle böylesine kusursuz dijital ikizler oluşturmak henüz mümkün değil. Bu tür dijital ikizler ya da bir hastanın kişiselleştirilmiş bir sanal kopyasını oluşturmak, farklı birçok veri türünü birleştirmeyi ve bu verileri analiz etmeyi gerektiriyor. Günümüzdeki hâlihazırda kullanılan dijital ikizler, bir bireyin tüm vücudunu modelleyemiyor. Bazıları kalp gibi tek bir organı temsil ediyor. Bu ikizler, özelleştirilmiş tıbbi cihazların tasarlanmasına, karmaşık kalp ameliyatlarının planlanmasına yardımcı olabilir.

MIT Lincoln Laboratuvarında elektrik mühendisi ve bilgisayar bilimcisi olan Roozbeh Jafari, bir insanı birebir kopyalamanın mümkün olamayacağını ancak dijital ikizlerin doktorların sağlık hizmetlerini daha verimli bir şekilde kişiselleştirmelerine yardımcı olabileceğini düşünüyor.

“Kimyager Yapay Zekâ”dan Yeni Antibiyotik Önerilerine Hazır mısınız?

Antimikrobiyal direnç, 21. yüzyılın önemli küresel sağlık sorunlarından biri. 2024 yılının eylül ayında *The Lancet* dergisinde yayımlanan bir çalışmaya göre önümüzdeki 25 yıl içinde, dünya genelinde 39 milyondan fazla insan, antibiyotiklere dirençli enfeksiyonlar nedeniyle hayatını kaybetme tehlikesi altında.

Bir süredir iyileşmeyen elinizdeki bir kesik eğer bir bakteri ile kontamine (bulaşma durumu) olursa ve doktorun verdiği antibiyotik de işe yaramazsa enfeksiyona neden olan bakteri kan dolaşımı ile tüm vücuda yayılabilir. Bu da ölümcül bir duruma yol açabilir. Eğer yapay zekâ, enfeksiyonu iyileştiren yeni bir antibiyotik tespit ederse o zaman şanslısınız!

Yapay zekâ, hastalıkları tedavi edebilecek ilaçları tespit etmek için hâlihazırda milyonlarca kimyasal bileşiği kapsayan veri tabanlarını taramaya devam ediyor. Yeni antibiyotiklerin geliştirilmesine yönelik projeleri destekleyen ve kâr amacı gütmeyen küresel bir kuruluş olan CARB-X'in Araştırma ve

ve deri sürüntüleriyle bebeğin vücudunda ve derisinde hangi bakterilerin, virüslerin, mantarların ve diğer mikroorganizmaların olduğu tespit edilir. Bu veriler, bebeğin dijital ikizinin dijital mikroorganizma koleksiyonunu oluşturarak bebeğin bağırsak gelişimi, olası cilt problemleri, gıda hassasiyetleri ve hatta beyin sağlığı hakkında tahminlerde bulunmaya yardımcı olur. Dijital ikiz üzerinde gerçekleştirilen simülasyonlar, bebeğin yetişkinlik döneminde yakalanacağı herhangi bir hastalığı öngörerek erken teşhis konmasını sağlayabilir. Dijital ikiz, farklı tedavi seçeneklerinin test edileceği klinik deney simülasyonlarında



pezhkov / iStock

Geliştirme Şefi Erin Duffy, bilgisayar algoritmalarının 1990'lardan beri kimyasal yapıları ve işlevlerini tahmin etmek için kullanıldığını söylüyor. Ancak yeni antiviraller, antifungal ilaçlar ve antibiyotikler keşfetmek için farklı araçlara ihtiyaç duyulduğunun da altını çiziyor. Antibiyotiklere dirençli bakterilerin sayısı giderek artıyor. Birçok ilaç şirketinin, ilaç geliştirme masraflarını ve düşük kârlılığı gerekçe göstererek antibiyotik geliştirme çalışmalarını bıraktığını belirten Duffy, yapay zekânın ilaç tasarım ve geliştirme alanındaki becerisi sayesinde bu ilaç şirketlerinin çalışmalarına geri dönebileceğini düşünüyor.

MIT'de biyomühendis olan Jim Collins, yapay sinir ağlarına dayanan derin öğrenmenin son on yılda ilaç geliştirme alanında

çalışan birçok araştırmacının tercih ettiği bir yapay zekâ yaklaşımı olduğunu söylüyor. Collins'in dâhil olduğu araştırma ekibi, belirli bakteri türlerine karşı etkili olan yeni antibiyotikler keşfetmek için geniş bir kimyasal bileşik koleksiyonunu test etti. Ardından bu verilerle, grafikler üzerinden verileri işleyebilen ve aralarındaki ilişkileri öğrenebilen bir derin öğrenme yöntemi olan grafik sinir ağlarını eğittiler. Grafikler şeklinde tanımlanan verileri işlemek için kullanılan bu yöntem, kimyasal bileşiklerdeki bağlantıları tanımada yani molekülün yapısından kimyasal özelliklerini tahmin etmede oldukça etkili. Araştırmacılar, yapay zekânın eğitildiği verilerde daha önce hiç yer almayan milyonlarca kimyasal bileşiği taramasını ve hangilerinin "iyi" yani etkili antibiyotik olabileceğini belirlemesini istedi. Farklı bakterilere karşı

kullanılabilecek antibiyotikler keşfetmek üzere eğitilen yapay zekâ modelleri, Halicin ve Abaucin isimli iki yeni bir antibiyotik sınıfı keşfetti. Halicin'in çok çeşitli bakterilere, Abaucin'in ise birçok ilaca direnç geliştiren bir patojen olan *Acinetobacter baumannii*'ye karşı etkili olduğunu gösterdiler. Bu konudaki sorunlardan biri, herhangi bir yapay zekâ modelinin bir molekülün iyi bir antibiyotik olup olmayacağına nasıl karar verdiğini kimsenin tam olarak bilememesi.

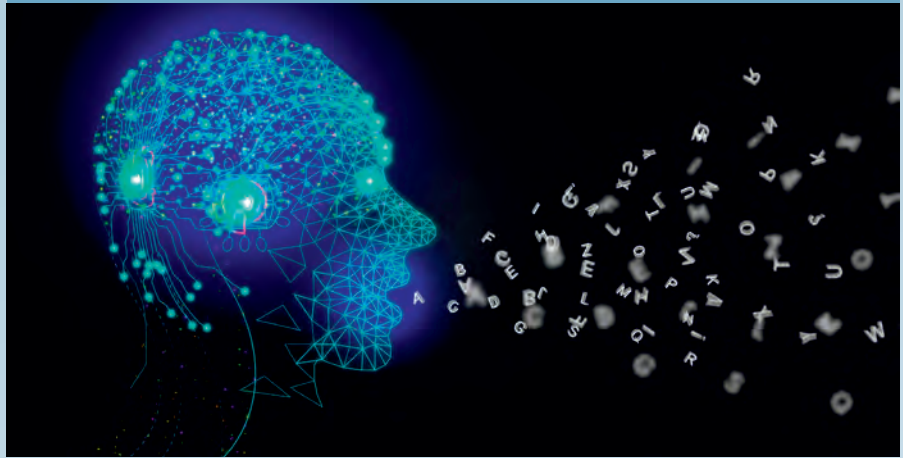
Tıptaki Kara Kutu: Yapay Zekâ

Johns Hopkins Üniversitesi, Veri Bilimi ve Yapay Zekâ Enstitüsünden bilgisayar ve biyoloji mühendisi Rama Chellappa, yapay zekâyı bir kara kutuya benzetiyor. Bu nedenle sürecin aydınlatılmasının, araştırmacıların yeni



MariamArsaliaa / iStock

antibiyotik sınıfları bulmasına ve geliştirmesine olanak sağlayabileceğini düşünüyor. Collins ve meslektaşları, kara kutunun sırlarını öğrenmek amacıyla geliştirdikleri yeni grafik yapay zekâ algoritmasına bakterileri etkisiz hâle getirebilen ve insan hücrelerine zarar vermeyeceği öngörülen kimyasal bileşiklerden oluşan bir kütüphane hakkında veriler yükledi. Kimyasal bileşiklerin içindeki atomların ve kimyasal bağların her birine sayısal değerler atayarak yapılarının haritasını çıkardı. Araştırmacılar, bir kimyasal bileşiğin antibiyotik özellik gösterebilmesi için yapısının nasıl olması gerektiğini öğrendikten sonra yapay zekânın daha önce eğitildiği veri setinde yer almayan 12 milyondan fazla bileşiği incelemesini sağladı. Böylece bakterilere etki ettiği zaten bilinen, molekül yapısında halkalı gruplar içeren bazı potansiyel antibiyotikler bulundu. Collins ve meslektaşlarının 2024 yılında *Nature* dergisinde yayımladıkları bu çalışmalarında bilim insanlarının daha önce antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu bilmedikleri kimyasal yapıları sahip başka bileşikler de yapay zekâ tarafından tespit edildi. Bunlar arasında, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis*'e karşı çok etkili olduğu bilinen Vankomisin adlı antibiyotik kadar etkili iki bileşik de bulunuyor.



Ruh Sağlığına Sohbet Robotlarının Katkısı

Ruh sağlığı desteği, genellikle karmaşık duyguları ve onlara neyin sebep olduğunu anlamayı içerir. Peki, yapay zekânın bu konuda başarılı olmasını hayal etmek zor mu? Gelecekte ruh sağlığı hizmetlerinde yapay zekâ, hastaların tıbbi kayıtları, arama geçmişleri, sosyal medya paylaşımları ve kullanım alışkanlıkları gibi günlük olarak etkileşime girdiği birçok veri kaynağını analiz ederek teşhis koyabilir mi? Bu henüz tartışmalı bir konu olarak görülüyor. 2023 yılında Ulusal Yeme Bozuklukları Derneği, bir kullanıcıya uygunsuz diyet tavsiyeleri vermesinin ardından Tessa adlı sohbet robotunu kullanıma kapattı. Avustralya'nın Brisbane kentindeki Queensland Üniversitesinde yeme bozuklukları araştırmacısı ve klinik

psikolog olan Gemma Sharp, sohbet robotlarının ruh sağlığı sorunları için kullanılması konusunda endişe duyuyor. Ve bir sohbet robotunun performansının, eğitildiği verilerin kalitesi kadar yüksek olabileceğini düşünüyor. Robotun belirli sorulara nasıl yanıt vereceğini hiç öğrenmemişse yanlış hatta tehlikeli yanıtlar verme ihtimalinin hayli korkutucu olduğunu da altını çiziyor. Sharp ve bu alandaki diğer uzmanlar, insanların mahremiyetinin nasıl korunacağı, bir sohbet robotunun yaklaşan bir ruhsal krizi fark edip uygun yardımı sağlayıp sağlayamayacağı ve insanların sorularına doğru, tutarlı ve bağlama uygun olmayan yanıtlar verme olasılığı da dâhil olmak üzere bazı konularda endişe duyuyor.

Mükemmel olmasalar da bu yardımcılara kolayca erişilebilmesi, 7/24 kullanılabilmeleri ve insanların kendileriyle ilgili özel bilgileri sohbet robotlarıyla paylaşırken rahat hissetmeleri gibi bazı yararları da var.

Kullanıcılar günümüzde Woebot, Mello ve Earkick gibi isimlerle anılan ruh sağlığı sohbet robotu uygulamalarından oluşan uzun bir listeden seçim yapabiliyor.

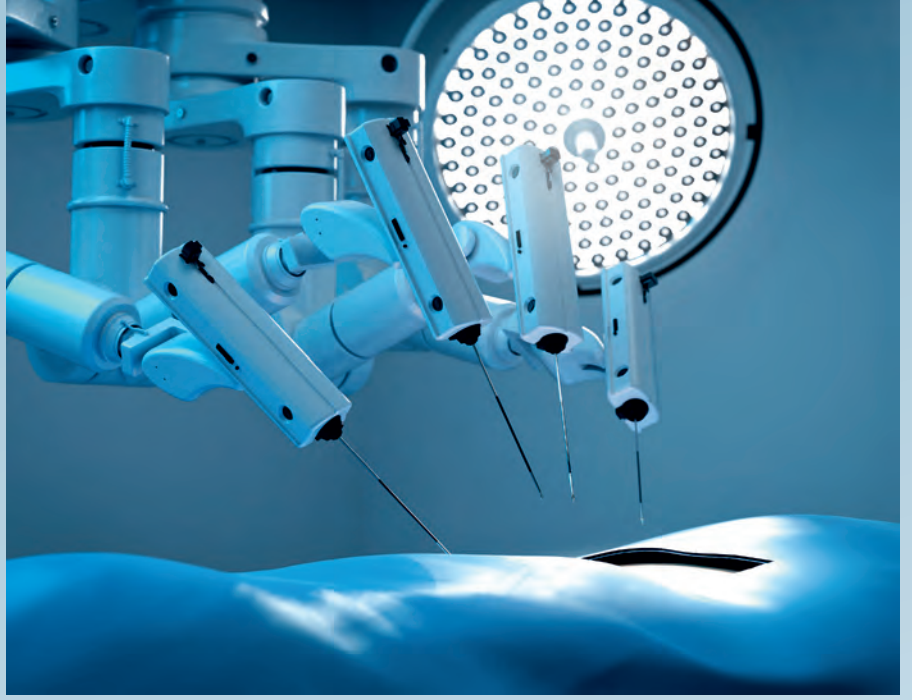
Yapay zekâ sohbet robotları, bilgisayarların insan dilini anlamasını ve işlemesini sağlayan doğal dil işleme (NLP) teknolojisini kullanıyor. Birçoğu, bilim insanlarının web siteleri, makaleler ve kitaplar gibi geniş veri kaynakları ile eğitilen ChatGPT benzeri büyük dil modellerini kullanıyor. Alternatif olarak Sharp gibi araştırmacılar, yapay zekâyı terapistler ve hastalar arasındaki gerçek konuşmalar ile de eğitebiliyor. Böylece robot, komut dosyası şeklindeki önceden tanımlanmış yanıtlardan daha doğal yanıtlar verebiliyor.

Sohbet robotları, diğer alanlarda da kullanılmaya başlandı. Kanada'daki New Brunswick Üniversitesinde dijital sağlık araştırmacısı olan Luke MacNeill, ruh sağlığı sohbet robotu Wysa'yı artrit ve diyabet hastaları üzerinde test etti. MacNeill ve meslektaşlarının 2024 yılında *JMIR Formative Research*'te yayınladıkları rapora göre 68 kişiyle yapılan bir denemede Wysa'yı dört hafta boyunca kullananlar, uygulamayı kullanmaya başlamadan önceye kıyasla daha az kaygılı ve depresif hissetti. Wysa kullanmayanlarda ise herhangi bir değişiklik

görülmedi. MacNeill, insanların sohbet robotunun rahatlığını ve sohbet robotuna temelde her şeyi söyleyebilecekleri ve yargılanma konusunda endişelenmek zorunda olmadıkları gerçeğini sevdiklerini söylüyor. Bu bulgular, bilgisayar bilimcisi Sabirat Rubya'nın 10 ruh sağlığı sohbet robotu uygulamasıyla ilgili 6.000'den fazla kullanıcının yorumunu analiz ederken keşfettiklerini destekliyor. Rubya'nın Marquette Üniversitesindeki ekibinin 2023'te bildirdiğine göre kullanıcılar genel olarak sohbet robotlarının insan gibi etkileşim kurma yöntemini beğeniyor. Ancak MacNeill, ruh sağlığı ile ilgili acil durumlarda bir sohbet robotunun gerektiği gibi destek sağlayacağına güvenmenin doğru olmadığı kanısında. Bunun yerine gerçek bir ruh sağlığı uzmanına başvurmayı öneriyor.

Ameliyatınızı Yapay Zekâ Destekli Robotlar Yaparsa

Hekim gözetimi olmadan ameliyat yapabilen yapay zekâ destekli bir robot kulağa bilim kurgu gibi gelebilir. Johns Hopkins Üniversitesinde tıbbi robotik uzmanı olan Axel Krieger cerrahi kesi yapabilen, dikiş atabilen ve kendi başına karar veren tamamen otonom bir robotun ameliyatlarda kullanılma potansiyelinin oldukça uzak bir ihtimal olduğunu söylüyor. Ancak bilim insanları ve hekimler böyle bir sistem için ön çalışmalar yapmaya devam ediyor. Krieger on yıldır yapay zekâ destekli bir cerrah olan Akıllı Doku



PhonlamaiPhoto / iStock

Otonom Robotu (STAR) üzerinde çalışıyor. Krieger ve meslektaşları, 2022 yılında bu robotun canlı hayvandaki bir yarayı dikebileceğini bildirdi. Krieger'in ekibi, cerrahi görevleri adımlara ayırdı ve ardından yapay zekâyı, her adımda robotu doğru şekilde manipüle edecek şekilde eğitti. ChatGPT'nin temelinde yatan sinir ağı mimarisini bir tür yapay zekâ eğitimiyle birleştirdiler. Buna taklit öğrenme deniyor ve yapay zekâ modellerinin doğrudan video verilerinden öğrenmesini sağlıyor. Krieger ve ekibi, robotik cerrahi sistemlerinin dünyadaki tek örneği olan Da Vinci robotunun bir doku parçasını çıkardığı veya bir dikiş düğümü attığı videoları modele aktardı ve model, bu görevleri kendi kendine nasıl yerine getireceğini öğrendi.

Dünyanın dört bir yanındaki başka araştırmacılar da yapay zekânın ameliyat sırasında cerrahlara yardımcı olmasını sağlayacak yöntemler üzerinde çalışıyor. Bu teknolojik desteklerin çoğu, laparoskopik bir ameliyatın video görüntüleri gibi görsel bilgileri yorumlayan bir yapay zekâ türü olan bilgisayarla görmeye dayanıyor. Bilim insanları kısa bir süre önce SurgFlow isimli bu tür bir sistemi, bir hastanın safra kesesini alma ameliyatı sırasında test etti. Fransa'daki IHU-Strasbourg'da cerrahi veri bilimcisi olan Pietro Mascagni'nin ve meslektaşlarının 2024 yılında *British Journal*

of Surgery'de yayınladıkları çalışmaya göre SurgFlow, operasyon prosedüründeki adımları tanıyabiliyor, cerrahi aletleri takip edebiliyor, anatomik yapıları tanımlayabiliyor ve cerrahın önemli bir adımı tamamlayıp tamamlamadığını değerlendirebiliyor. Mascagni, böyle bir sistemin bir gün cerrahın görsel algısını güçlendirmeye yardımcı olan bir göz seti olabileceğini söylüyor.

Hollanda'da Utrecht'teki Prenses Máxima Pediatrik Onkoloji Merkezinde beyin ameliyatları sırasında rutin olarak kullanılan Sturgeon, bir göz seti olmaktan ziyade cerrahlara bir tür "süper güç" veriyor: Bir tümörün DNA'sını hızla tarayabilme ve alt tipini tespit edebilme yeteneği. Bu bilgi, cerrahların ameliyat sırasında ne kadar dokunun alınması gerektiğini belirlemelerine yardımcı oluyor.

Patologlar tipik olarak mikroskop altında örnekleri inceleyerek tümörün alt tipini belirliyor ve bu yöntem bazen yetersiz olabiliyor. Sturgeon, DNA verilerini gerçek zamanlı olarak analiz edebiliyor ve daha doğru bir teşhis koyabiliyor. UMC Utrecht ve Oncode Enstitüsünde biyoinformatik uzmanı olan Jeroen de Ridder, tüm sürecin yaklaşık 90 dakika ya da daha kısa sürdüğünü ve bunun da cerrahların bir operasyon sırasında patoloji sonuçlarına göre hareket etmelerini sağlayacak kadar hızlı olduğunu söylüyor. De Ridder'in 2023'te *Nature* dergisinde yayınladığı makaleye göre 25 ameliyatın 18'inde Sturgeon doğru teşhisi koydu. Kalan yedi vakada yapay zekâ çekimser kaldı. De Ridder bunun oldukça önemli olduğunu çünkü yanlış teşhis koymanın hastanın yanlış tedavi almasına neden olarak hayati risklere yol açabileceğini söylüyor.





Yapay Zekâdan Hastalık Risk Tahmini

Sepsis, hastaneye yatış ve ölümlerin önde gelen nedenlerinden biri. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü, 2017 yılında sepsisi küresel bir sağlık önceliği olarak kabul etti. Sepsis, vücudun enfeksiyona karşı verdiği aşırı sistemik yanıt sonucunda ortaya çıkıyor ve doku hasarına, organ yetmezliğine ve sonuçta ölüme neden olabiliyor. Sepsisin teşhis edilmesi de hayli zor. Çünkü birçok kişi spesifik olmayan semptomlarla hastanelere başvuruyor, bu genel belirtiler grip gibi başka hastalıklarunkıyla kolayca karıştırılıyor. Tedavinin geciktiği her saat, hayati riskin artmasına neden olduğu için sepsisin zamanında ve doğru bir şekilde teşhis edilmesi çok büyük önem taşıyor. Yapay zekâ algoritmaları, sepsisi başlamadan saatler önce tahmin

etme potansiyeline sahip. Bu teknolojiden yararlanmak, hekimlerin sepsisi hızlı ve doğru bir şekilde teşhis etmelerine yardımcı oluyor. Böylece vakit kaybetmeden tedaviye başlanıyor ve kişinin iyileşme şansı artıyor.

Sepsis tahmininde elektronik sağlık kayıtlarından toplanan klinik veriler ile eğitilen makine öğrenimi modelleri kullanılıyor. Yapay zekâ tahmin algoritmaları kullanılarak klinik bir ortamda sepsis teşhisine yönelik tahmininin daha doğru ve yeni verilerle güncellenecek şekilde yapılması amaçlıyor. Şu anda bu amaçla geliştirilmekte olan çok sayıda yapay zekâ algoritması bulunuyor. Bu algoritmaların çalışma mekanizmaları modelden

modele değişmekle beraber çoğu, tipik olarak sepsis gelişiminde rol oynayabilecek temel değişkenleri inceliyor. Bu değişkenler arasında yaşamsal belirtiler, demografik bilgiler, laboratuvar testleri, ek hastalıkların varlığı ve yoğun bakımda kalma süresi gibi veriler yer alabiliyor. Sepsisin ortaya çıkma olasılığını belirlemek için geliştirilen yapay zekâ algoritmaları, bir hastanın elektronik sağlık verilerini sürekli izleyerek ve yukarıda belirtilen değişkenleri gerçek zamanlı değerlendirerek çalışıyor. Daha erken ve daha doğru sepsis teşhisi, antibiyotik uygulaması gibi klinik müdahalelerin zamanında yapılmasını sağlıyor.

Yapay zekâ, sağlık hizmetleri alanına, bu alanda çalışan profesyonellere ve her gün bu alanla etkileşim hâlinde olan hastalara bir dizi fayda sağlıyor. Bununla birlikte yapay zekânın potansiyel faydaları, bu teknolojiyle ilgili olası risk ve belirsizlikleri de beraberinde getiriyor. Veriler, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ kullanımının önümüzdeki on yıl içinde önemli ölçüde artacağını gösteriyor. ■

Kaynaklar

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpi.2023.100313>
- <https://www.sciencenews.org/article/ai-health-care-medicine-tech>
- <https://www.wired.com/story/health-care-ai-long-way-to-go/>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK596676/>
- <https://www.embs.org/pulse/articles/ensuring-ai-is-helpful-and-not-harmful-in-health-care/>
- [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(24\)01867-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(24)01867-1/fulltext)

Kulağınız Her Daim Bilimde Olsun!



Bilim ve Teknik Pod Cast

Y A Y I N D A



Alanında uzman bilim insanları ile yapılan söyleşileri
Spotify, YouTube Music, Apple Podcast ve
SoundCloud aracılığı ile dinleyebilirsiniz.

Uluslararası Uzay İstasyonu'nda Solunabilir Oksijen Nasıl Üretiliyor?

Hayriye Yetiş [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Bilim kurgu dünyasının en popüler kitaplarından biri olan Jules Verne'in "Denizler Altında Yirmi Bin Fersah" romanında Kaptan Nemo'nun komuta ettiği Nautilus isimli denizaltı, kitaptaki olayların geçtiği ana mekânlarından biridir. 1 fersahın 5 kilometreden fazla olduğu düşünüldüğünde kilometrelerce mesafenin katedildiği bu kurgu hikâyede günlerce denizaltıda yaşamak, akla bazı soruları da getiriyor. Denizaltı mürettebatının tüm bu süreçte oksijen ihtiyacını nasıl karşıladığı kuşkusuz bu sorulardan biri. Kitabın zamanının ötesinde bir teknolojiye yer vermesi bir yana günlerce su altında kalmaya imkân sağlayacak farklı oksijen üretim teknolojileri 1950'lerden beri geliştirilmeye devam ediyor. Bunlardan bir kısmı tarihsel süreçte uzay araçları için geliştirilen birtakım teknolojilere de ilham kaynağı oldu. Günümüzde çeşitli denizaltılarda ve Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (ISS) benzer oksijen üretim yöntemleri kullanılsa da ortam koşullarının farklı olması nedeniyle bu teknolojiler farklı yöntemlerle çalışıyor. Peki, Dünya'nın yüzeyinden ortalama 400 kilometre uzaklıkta hareket eden ISS'de nefes almayı mümkün kılan teknolojiler neler?



Dünya'nın atmosferi oksijen, azot, karbondioksit ve metan gibi çeşitli gazların farklı oranlarda bir araya gelmesiyle oluşur. Kütle çekim kuvvetinin etkisiyle Dünya'nın atmosferi ve manyetik alanı yerküredeki yaşamın devam etmesini sağlar. Yeryüzündeki canlıların solunum süreci ile besinlerden enerji üretmeleri için kritik öneme sahip olan oksijen atmosferin yaklaşık %21'ini oluşturur. Ayrıca hidrojen ve helyumdan sonra evrende en bol bulunan üçüncü elementtir. Ancak uzaydaki oksijenin yaklaşık %96'sı atomik yapıda bulunur. Atomik yapıdaki oksijen tepkimeye girmeye son derece istekli olmasından dolayı moleküler yani solunabilir oksijenden farklı olarak elementlerle ve bileşiklerle daha kolay tepkimeye girer.

Uzayda Neden Solunabilir Oksijen Miktarı Çok Az?

1970 yıllarında gök bilimciler, moleküler oksijenin (O_2), moleküler hidrojen (H_2) ve karbon monoksitten (CO) sonra yıldızlararası ortamdaki en yaygın üçüncü molekül olacağını öngörmüştü. Ancak süregelen çalışmalarla birlikte moleküler oksijen, yıldızlararası uzayda Orion Bulutsusu ve Rho Ophiuchi Moleküler Bulutu olmak üzere yalnızca iki yerde tespit edildi. Ancak bu iki yerde tespit edilen moleküler oksijen miktarı öngörülenden çok daha azdı. Örneğin Orion Bulutsusu'ndaki hidrojen molekülü miktarı, oksijen molekülü miktarından milyonlarca kat daha fazladır. Bu sonuçlar uzayda solunabilir oksijenin yok denilebilecek kadar az miktarda olduğunu gösterdi.

Gök bilimciler 2015 yılında uzayda bulunan moleküler oksijen miktarının çok az olmasının sebebini oksijen atomlarının yıldızlararası ortamdaki toz ve gaz bulutlarını oluşturan parçacıkların yüzeyine sıkıca tutunmasıyla açıklayan bir deney gerçekleştirdi. Daha önce atomik oksijenin bağlanma

enerjisini ölçen birtakım çalışmalar yapılmış olsa da deneysel bir ölçüm henüz gerçekleşmemişti. New York'taki Syracuse Üniversitesinde deneysel astrofizikçi olan Jiao He ve meslektaşları 2015 yılında atomik oksijenin bağlanma enerjisini ölçmeyi başardı. Araştırmacılar yıldızlararası ortamdaki toz ve gaz bulutlarını oluşturan maddelerden katı buz ve silikat parçacıklarını ısıtarak yüzeylerine tutunmuş olan oksijenin serbest kalmasını sağladı. Bu sayede oksijen atomunun bağlanma enerjisini hesaplandı. Sonuçlar oksijenin bağlanma enerjisinin daha önce hesaplanandan iki kat fazla olduğunu gösterdi. Sonuçları The Astrophysical Journal'da yayımlanan çalışma, oksijen atomlarının yıldızlararası toz parçacıklarının yüzeyine sıkıca tutunduğunu ve çok düşük sıcaklıklarda bile toz parçacıklarından ayrılmalarının mümkün olmadığını ortaya koydu.

Bağlanma enerjisi, bir sistem içindeki parçacıkları ayırmak veya sistemin tüm parçalarını dağıtmak için gereken enerji miktarını ifade eder ve ayırma enerjisi olarak da bilinir. Bir atom, sistem olarak düşünüldüğünde bir elektronu atomdan ayırmak veya atom çekirdeğindeki proton ve nötronları ayırmak için gereken enerji, bağlanma enerjisidir.

Uzay ortamında yeterli miktarda solunabilir oksijen olsa bile bu, tek başına nefes almayı sağlamaya yetmiyor. Neredeyse yok denilebilecek kadar az madde içeren basıncın çok düşük olduğu uzaydaki



WOH G64 süper dev yıldızının dört büyük çaplı teleskopla elde edilmiş görüntüsü

vakum ortamı, uç sıcaklıklar, yüksek enerjili radyasyon ve solunumu sağlayan azot gibi gazların yokluğu uzay ortamında nefes almayı dolaylı yollarla engelliyor. Uzay araçları, astronotların uzaydaki yaşamlarını sürdürebilmeleri için çeşitli yöntemlerle oksijen sağlamak ve solunum için uygun ortam koşullarını sağlamak zorunda.

Kapalı bir sistem olan Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) mürettebatı için gereken oksijen ihtiyacı çeşitli yöntemlerle sağlanabiliyor. Sıkıştırılmış gaz hâlindeki oksijen, basınçlı tanklar yardımıyla Dünya'dan ISS'ye taşınabiliyor. Ancak astronotların istasyondaki görev süreleri boyunca yetecek miktarda hava, uzay araçlarıyla taşınabilir olsa da istasyonda saklama alanının sınırlı olması, fırlatma maliyetleri, güvenlik riskleri gibi nedenlerle bu yöntem sürdürülebilir bir çözüm değil. Özellikle de uzun süreli araştırmaları yürütmek, uzay araçlarında oksijen üretmeyi zorunlu hâle getiriyor. Dünya'nın yörüngesinde hareket eden insan yapımı

en büyük nesne olma özelliğini taşıyan ve 2000 yılından beri çığır açıcı birçok bilimsel araştırmaya ve teknolojik gelişmeye ev sahipliği yapan ISS'de, farklı türde ve verimlilikte oksijen üretim yöntemleri mevcut. ISS'deki insanların uzun süre yaşamlarını devam ettirebilmelerini ve insanlı uzay görevlerinin sürdürülebilirliğini mümkün kılan oksijen üretim teknolojileri, astronotlar için gerekli hava, su, sıcaklık gibi koşulların oluşturulmasını sağlayan çevresel kontrol ve yaşam destek sisteminin temel bileşenlerinden biri.

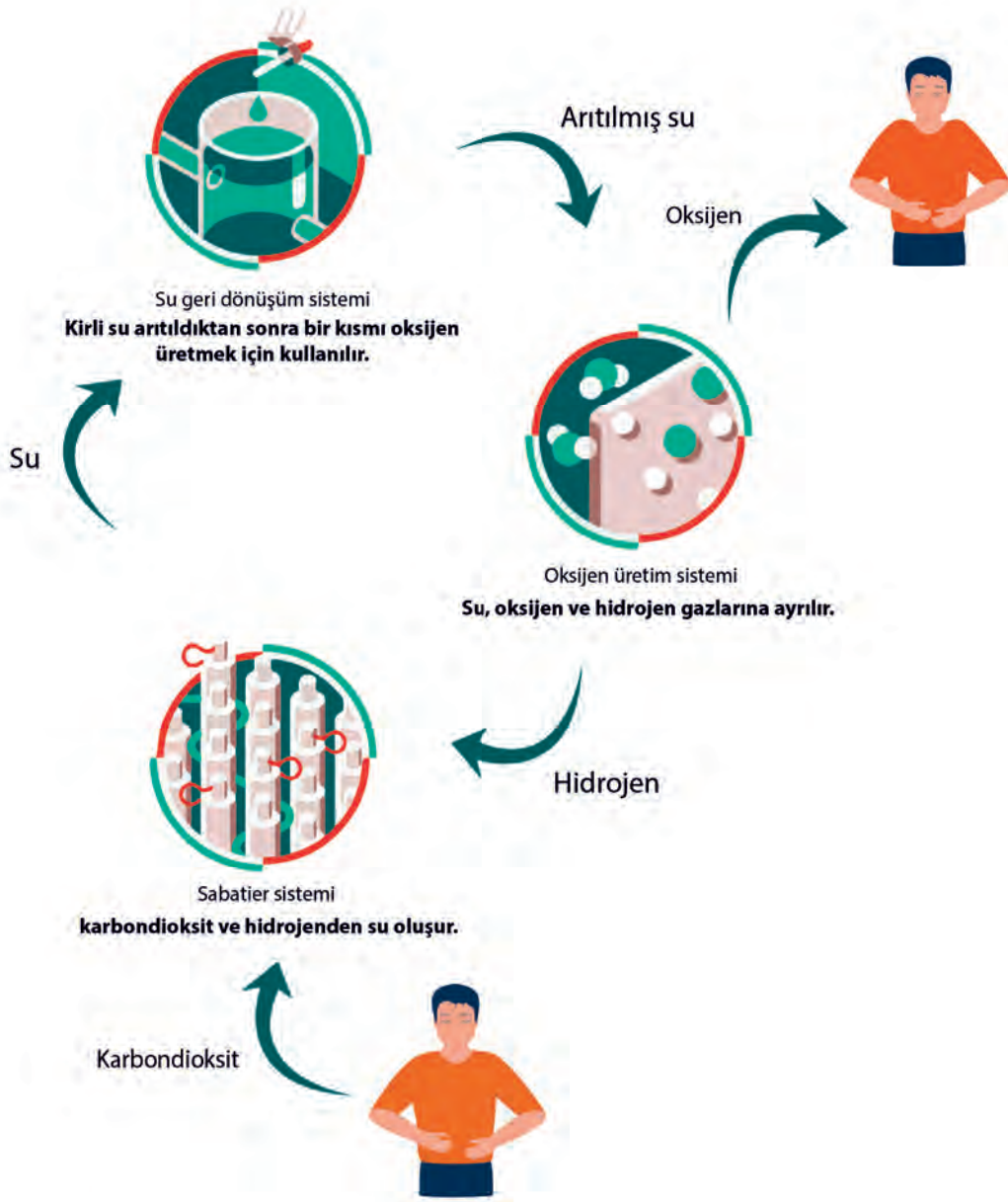
ISS uzaya fırlatılmadan önce, vakum ortamı yeryüzünde oluşturularak farklı oksijen üretme yöntemleri üzerinde uzun süredir devam eden çalışmalar mevcuttu. Deneme çalışmaları sonucu geliştirilen en verimli oksijen üreten teknolojilerden biri, istasyondaki geri dönüştürülen suyun elektroliz edilerek oksijenin üretildiği sistemdir. Su geri dönüşümü sistemi ile istasyonda açığa çıkan idrar ve ter gibi maddeler toplanıp arıtdıktan sonra arıtılan suyun bir kısmı oksijen üretmek için kullanılır.



ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından tasarlanan oksijen üretim sistemi, suyu temel bileşenleri olan oksijen ve hidrojen gazlarına ayıran Rusya'ya ait elektron sistemi ile birlikte çalışıyor. Elektroliz yöntemiyle gerçekleşen bu işlem için gerekli elektrik enerjisi, istasyonun güneş panellerinden sağlanır. Elde edilen oksijen istasyon içinde dağıtılırken yan ürün olarak açığa çıkan hidrojen ise sabatier sistemine aktarılır. Bu sistemde, suyun ayrıştırılması sonucu elde edilen hidrojen mürettebatın solunumu sonucu açığa

çıkan karbondioksitle tepkimeye girerek su ve metan gazına dönüşür. Oluşan su istasyonda yeniden kullanılabilirken elektroliz ve sabatier tepkimeleri sonucu açığa çıkan ısı ve metan gazı ise uzaya salınır.

ISS aynı zamanda oksijen üretmek için kullanılan mevcut sistemdeki herhangi bir arıza durumuna karşı yedek sistemlere de sahip. Bunlardan biri, görevi 2001 yılında sonlanan Rusya'ya ait Mir Uzay İstasyonu için geliştirilen katı yakıtlı oksijen jeneratörüdür. Kimyasal tepkimeler yoluyla oksijen



üreten bu sistemin içindeki sodyum klorat ve demir tozu karışımı, kontrollü bir şekilde belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Yaklaşık sıcaklığı 600 °C'ye ulaştığında yanmaya başlayan demir tozu, sodyum kloratın termal olarak ayrışması için gereken ısı enerjisini sağlar. Sodyum kloratın parçalanması sonucu açığa çıkan oksijen, filtreden geçirilerek ortama salınır. Ancak bu sistemin bazı güvenlik riskleri bulunduğu için sadece acil durumlarda devreye alınan yedek bir sistem olarak kullanılıyor.

ISS'de kullanılan mevcut teknoloji, ortama verilen karbondioksiti maksimum %50 verimle oksijene geri dönüştürebiliyor. Geçtiğimiz yıl Çin'deki Nanjing Üniversitesinden Zhaosheng Li ve meslektaşları, kobalt elementi içeren bir katalizör (kendisi tepkimede harcamadan kimyasal tepkimelerin hızını artıran madde) yardımıyla karbondioksiti suya ve karbon nanotüplere dönüştürebilen bir yöntem geliştirdi. Sonrasında ise mevcut sistem elde edilen suyu oksijen gazına dönüştürüyor. Karbon nanotüplerin ise ilerleyen yıllarda gerçekleşmesi planlanan uzay görevleri için geliştirilen yeni teknolojilerde kullanılabileceği düşünülüyor. Sonuçları Joule'da yayımlanan çalışmada yeni teknolojinin %68 oranında oksijen geri dönüşümü sağlayabildiği ifade ediliyor. Bu oranı %75'e çıkarmak için çalışmalarına devam eden araştırmacılar, yakın gelecekte oksijen geri dönüşümünde %100 verimliliğe ulaşmayı hedefliyor.

Diğer yandan NASA, insanlı uzay araçlarında bulunan mevcut oksijen üretim sistemlerindeki teknolojiler üzerinde çalışmaya devam ediyor. Bunlardan biri, geliştirilmekte olan Uzay Aracı Oksijen Geri Dönüşümü (SCOR) adlı proje. Bu teknoloji ile oksijen geri dönüşüm oranının %75'in üzerine çıkarılması hedefleniyor.

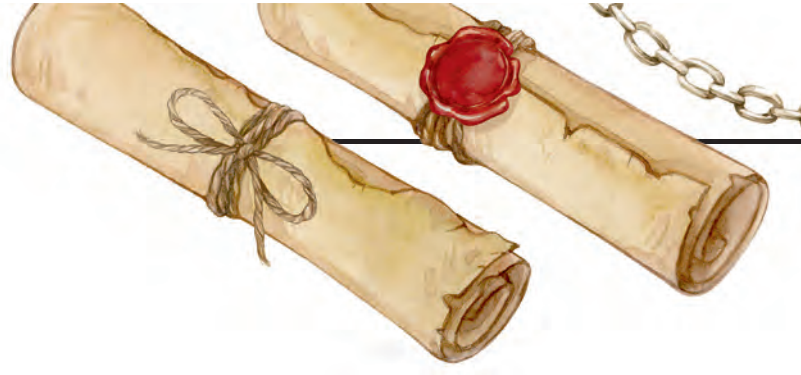
Kaynaklar

<https://www.nasa.gov/international-space-station/>
<https://www.britannica.com/science/binding-energy>
<https://www.science.org/content/article/why-there-so-little-breathable-oxygen-space>
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/801/2/120>
<https://www.nasa.gov/spacecraft-oxygen-recovery-scor/>
<https://doi.org/10.1016/j.joule.2024.08.007>
<https://interestingengineering.com/science/how-is-breathable-air-replenished-on-the-iss>

Uzay araştırmaları hız kesmeden devam ederken uzun süreli insanlı uzay görevleri için su ve hava gibi temel ihtiyaçların karşılanmasına yönelik daha verimli teknolojiler geliştirilmeye devam ediyor. Özel bitkiler yetiştirerek fotosentez yoluyla oksijen üretmekten yapay fotosentez sistemleri geliştirmeye kadar üzerinde çalışılan teknolojiler, sürdürülebilir oksijen üretimine yönelik çalışmaları hızlandıracığa benziyor. ■



BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR



Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

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

Dış Merkezli ve Çember Merkezli Modeller

Geometri ve Gök Bilimi

İnsanlar, gökyüzündeki nesnelerin hareketlerini açıklayabilmek için çok eski dönemlerden itibaren gök biliminde geometrik modeller kullanıyordu. Bu modeller aynı zamanda gök cisimlerinin hareketlerinin kesin bir şekilde öngörülmesi ihtiyacının bir sonucu olarak ortaya çıktı. Çünkü geometri, cebir ve aritmetikte bulunan kesinliğin gök biliminde de olması gerektiği düşünülüyordu. Geometri bilgisine sahip olmanın insanın kavrayış yetisini geliştirdiğine de inanılıyordu. Bu nedenle Platon'un (M.Ö. 427-347) Akademi ismini verdiği eğitim kurumunun kapısına "Geometri bilmeyen içeri giremez" sözünü yazdırdığı söylenir.

Özellikle gök biliminde geometrik modeller gök cisimlerinin hareketlerini kısmen açıklayabilirken gözlemlere dayanan bazı olguları açıklamakta yetersiz kalıyordu. Diğer yandan zaman içerisinde bu modeller arasında çeşitli tutarsızlıkların ortaya çıkmasına engel olunamadığı da bilinir. Mesela bütün evrenin dev bir küre şeklinde olduğu, gök cisimlerinin küresel yapıda bulunduğu ve çembersel yörüngelerde hareket ettiği kabulleri geometriden yararlanarak geliştirilen varsayımlardı. İlk ortaya atıldığında bu kabullerin doğruluğundan şüphe edilmiyordu. Fakat kesinlik arayışı öne çıktıkça bu kabullerin güvenilirliğinden, mesela hiçbir gözlemsel veriyle desteklenmeksizin evrenin küresel olduğu iddiasından şüphe duyulmaya başlandı. Modern dönem gök bilimcilerinden Mikolaj (Nikolas) Kopernik'in



(1473-1543) *Gökcisimlerinin Dönüşleri Üzerine* adlı kitabındaki “Evren küreseldir çünkü küre mükemmel şekildir, bu yüzden en fazla şeyi kapsar.” ifadesinin hiçbir kanıta dayanmaması şüpheyi artırdı. Gezegenlerin yörüngelerinde düzgün ve sabit hızlarla daireler çizerek şekilde hareket ettikleri kabulü de benzer bir bakış açısının ürünüydü. Bununla birlikte zaman içerisinde nokta, yüzey, hacim, daire, çember, kare, küp gibi geometrik nesnelerin tanımlarını dikkate alan araştırmacılar, gök bilimindeki kabullerin bu tanımlarla tam örtüşmediğini fark etti. Mesela dairenin “belirli bir noktaya eşit uzaklıktaki noktaların sınırlandığı düzlemsel bölge” biçimindeki tanımlara dikkate alındığında herhangi bir gezegenin diyelim ki Mars’ın, Yer’i merkez alan yörüngesi üzerinde katettiği her noktada, Yer’e eşit mesafede olacağı çok açık bir sonuçtu. Ancak gerçekte böyle olmadığı görülmüştü. Bu uyumsuzluğa daha fazla kayıtsız kalınamazdı. Kesinlik ilkesi gereği çözüm yine geometride aranacaktı.

Bir Geometri Başarısı: Koni Kesitleri

Antik Çağ gök bilimin temel araştırma alanları şunlardı:

- Gezegenlerin dolanım sürelerinin belirlenmesi,
- Yörüngelerinin büyüklüğünün hesaplanması,
- Bir bütün olarak gökyüzünün geometrik modelinin oluşturulması.

Bu yüzden düzenlilik temel ilke kabul ediliyordu. Dolayısıyla gök cisimlerinin hareket ettiği yörüngelerin kusursuz birer çember şeklinde olduğu ve çember boyunca sabit hızda dolandıkları mutlak bir hakikat olarak görülüyordu. Asıl zorluk ise bu kabullerin başka gözlemlerle çelişmesini engellemekti. Ancak gezegenlerin hareketlerinin geometrik modellerle bütünüyle uyumlu olmadığı gözlenmişti. Kabul edilebilir bir çözüm şarttı. Geometri ile ilgilenen Yunan matematikçi Pergeli Apollonios (M.Ö. 262-190) bu probleme çözüm olabilecek bir model geliştirmeyi başardı. Apollonios, Perge’de doğmuş, İskenderiye’de eğitim görmüş sonra Bergama’ya taşınmıştı.



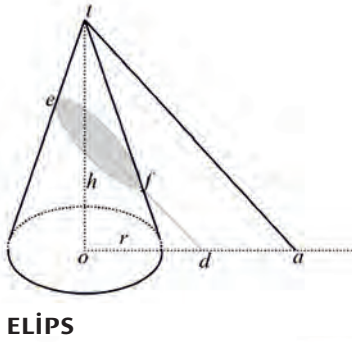
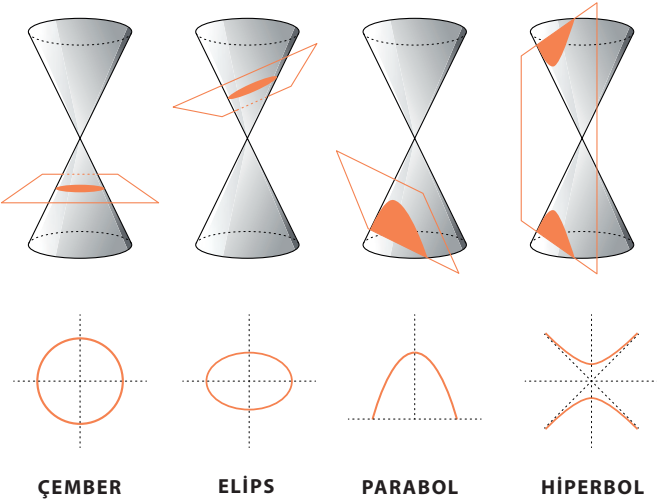
Nastasic / iStock

Pergeli Apollonios (M.Ö. 262-190)

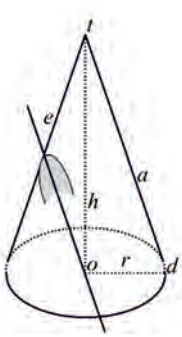
Bergama o sıralar önemli bir bilim ve kültür şehriydi. İskenderiye’dekilerle kıyaslanabilir düzeyde eğitim kurumları, kütüphanesi ve büyük bir tiyatrosu vardı. Apollonios’un gök bilimine yoğun bir ilgisi yoktu ama geometride olağanüstü yetkinlikteydi. Çağdaşları, sekiz ciltten oluşan ünlü *Koni Kesitleri* kitabını yazmış olması nedeniyle onu “Büyük Geometrici” olarak anıyordu. Bütün önermelerini ve ispatlarını düzyazı olarak ifade ettiği ve hiçbir cebirsel simge kullanmadığı *Koni Kesitleri* kitabında elips, parabol ve hiperbol diye adlandırılan konik kesitlerin aslında tek bir koninin farklı şekillerde kesilmesiyle elde edilebileceğini kanıtlamayı başarmıştı. Her bir konik kesiti, bir düzlemin koniyle kesişmesi sonucu oluşan eğriler olarak tanımlamıştı. Mesela bir koniyi, tepe noktası ile tabanının merkezini birleştiren eksenine dik olarak kesersek daire elde ederiz. Koniyi kesen düzlemi hafifçe eğerseniz bu kez bir elips oluşur. Koniyi kesen düzlem, koniyi oluşturan kenarlardan birine paralel olacak ancak tepe noktasından geçmeyecek kadar eğikse bu durumda parabol çizeriz. Koniyi, düzlemi daha da eğerek ama yine tepe noktasından geçmeyecek şekilde kesersek hiperbol oluştururuz. Apollonios’un düzlemin koniyi farklı açılarla kesmesi sonucu farklı konik kesitlerin oluştuğunu ortaya koyması geometrinin gelişim sürecinde önemli bir adımdı.



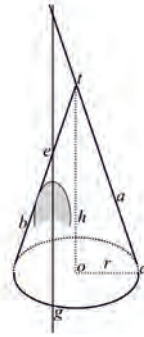
KONİK KESİTLER



ELİPS



PARABOL



HİPERBOL

Bu geometrik şekillerin, bir koninin düzlem tarafından kesildiğinde nasıl elde edileceğinin analitik tanımını yapan Apollonios'un elips için verdiği açıklamanın geometrik gösterimi şöyledir: Koninin tabanını oluşturan dairenin yarıçapını uzatalım ve uzantının üzerinde bir a noktası alalım.

Bu noktayı tepe

noktası (t) ile birleştirelim. d noktasından başlayarak koniyi kesecek şekilde, çizdiğimiz doğruya paralel bir doğru ($e-d$) çizelim. Bu doğrunun koniyi iki noktada ($f-e$) kestiği görülebilir. Koni, bu noktalardan geçen bir düzlem tarafından kesildiğinde oluşan şekil elipstir.

Koni, bir kenarına (a) paralel bir düzlemle kesilecek olursa düzlem ve koni tek bir noktada kesişir. Bu durumda

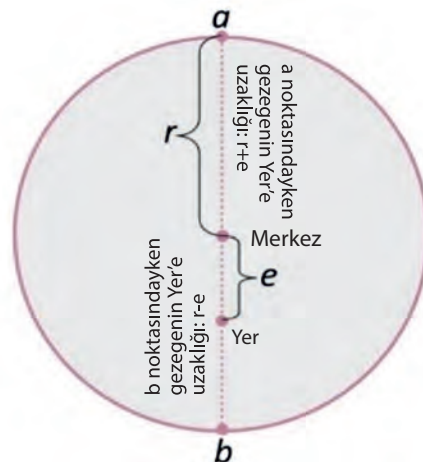
meydana gelen şekil paraboldür. Hiperbole gelince... Koninin eksenine (h) paralel bir doğru ($e-g$) çizelim. Bu doğru, koninin b kenarını e noktasında, a kenarını ise koninin dışında bir noktada kesecektir. Koni $e-g$ doğrusu boyunca yani eksene (h) paralel bir düzlemle kesilecek olursa meydana gelen şekil hiperbol olur.

Apollonios, geometri ile ilgilenen önceki matematikçilerin aksine tek bir koniyi çeşitli şekillerde keserek farklı konik kesitler elde edilebileceğini gösterdi. Bu yaklaşım, belirli bir koniden üç tip koni kesitinin de elde edilebileceğine dair büyük bir keşfi beraberinde getirmesi bakımından ön plana çıkıyordu. Apollonios'un konik kesitler üzerine yaptığı çalışmalar, yüzyıllar boyunca bu konuda yapılan tüm çalışmalara kaynaklık etti. Apollonios'un konik kesit analizlerinin bu kadar önemli olmasının bir başka nedeni de konik kesitlerin sonraki yüzyıllarda hem matematikte hem bilimin diğer dallarında hem de sanatta son derece önemli hâle gelmesiydi.

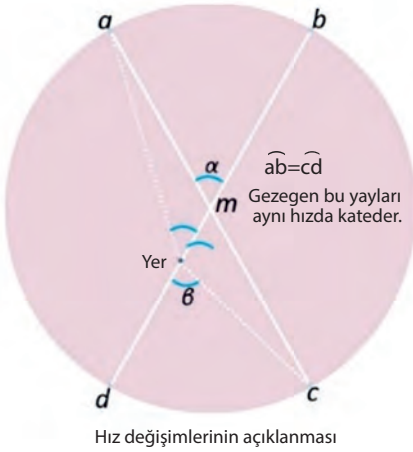
Dış Merkezli ve Çember Merkezli Modeller

Apollonios'un diğer bir başarısı da gezegenlerin hareketlerini açıklamak için dış merkezli ve çember merkezli geometrik modeller geliştirmesiydi. Ona göre bu modeller yardımıyla gezegenlerin çembersel hareketlerinde gözlemlenen düzensizlikler kolayca ortadan kaldırılabildi. Ancak kendisi bu modelleri gök cisimlerinin hareketlerini açıklamak amacıyla herhangi bir uygulamada kullanmamış sadece önermekle yetinmişti.

Dış Merkezli Model

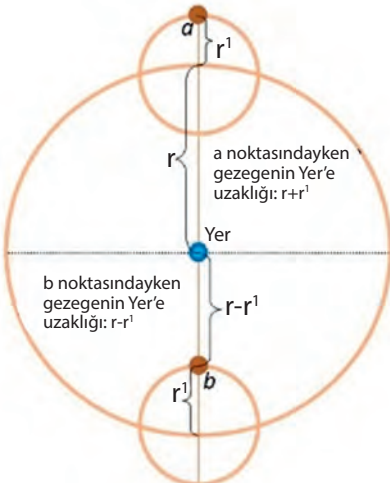


Kendisinden sonra gelen gök bilimciler ise Yer'den yapılan gözlemlerde gezegenlerin yörünge hareketleri sırasında merkeze yaklaşıp uzaklaştığı izlenimini açıklamak için bu modeli kullandı. Bu modelde Yer çemberin tam merkezine değil, şekilde görüldüğü gibi merkezden kaydırılan bir noktaya yerleştirildi. Bu durumda gezegen çember üzerinde sabit açısal hızda hareket etse de gezegen ile Yer arasındaki mesafe, Yer yörüngesinin merkezinde bulunmadığı için, gezegenin yörünge hareketi sırasında değişiyordu. Bu da Yer'den yapılan gözlemlerde gezegenin bazen yaklaşıyor bazen uzaklaşıyor gibi görünmesini açıklıyordu. Böylece model, gezegenlerin gözlemlenen hareketiyle uyumlu hâle getirilmiş oldu.

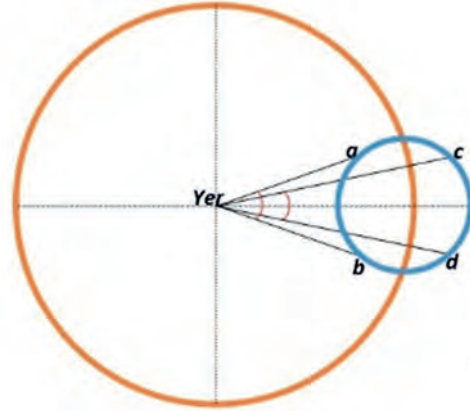


Hız değişimine gelince... Gezegenin çember şeklindeki yörüngesinin görüldüğü çizimde **ab** ve **cd** yaylarının uzunlukları eşittir ve gezegen bu yayları aynı hızla kateder. Ancak gözlemci, çemberin merkezinde bulunmadığı için gezegenin bu yayları katetme hızını farklı algılayacaktır.

Çember Merkezli Model



Büyük çember ve onu merkez alan küçük bir çemberden oluşan bu modelde, Yer büyük çemberin merkezine yerleştiriliyor. Gezegenlerin yörüngelerindeki hareketleri sırasında hem Yer ile aralarındaki mesafe hem de hız değişiminin kolayca açıklanabildiği bu modele göre gezegen **a** noktasındayken Yer'e uzaklığı **ay=r+r¹**, **b** noktasındayken ise **by=r-r¹**'dir.



Hız değişiminin açıklamasına gelince... Çember merkezli modelde Yer'in bulunduğu noktadan **ab** yayını gören açı daha büyük, **cd** yayını gören açı ise daha küçüktür. Bu nedenle Yer'deki bir gözlemci gezegeni **ab** yayında daha hızlı, **cd** yayında ise daha yavaş katediyormuş gibi görecektir.

Gök cisimlerinin yörüngelerinin çember değil de elips şeklinde olduğu keşfedilinceye kadar bu modellere dayanarak başarılı hesaplamalar yapılabildi. Bu başarıyı elde edenlerden biri de Hipparkhos'tur (M.Ö. 190-120).

Gelecek sayımızda Hipparkhos'un çalışmalarını ele alacağız. ■

Kaynaklar

- Tabak, J., *Geometry: The Language of Space and Form*, New York: Facts On File, Inc., 2004.
- Singer, C., *A Short History of Scientific Ideas to 1900*, Oxford: Oxford University Press, 1959.

Doğa FLORA

SU MERCİMEĞİ

Doç. Dr. Şeyda Fikirdişici Ergen [Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı]



Dünyanın en küçük çiçekli bitkilerinden olan su mercimeği (*Lemna minor*), bataklık ve gölet gibi yavaş hareket eden veya durgun suların yüzeyinde sıkça bulunan küçük bir su bitkisidir. Su mercimeği ismini mercimek bitkisinin tohumlarına benzeyen oval ve küçük yaprakçıklarından alır. Ördekler de dahil pek çok su kuşuna besin kaynağı olması sebebiyle ördek otu olarak da bilinir. Ekosistem dengesi ve suyun temizlenmesi açısından önemli bir rolü olan bu bitki türü, dünyanın hemen her yerindeki sulak alanlarda sıklıkla görülür.

Alismatales takımının Araceae familyasına ait olan su mercimeği; basit yapılı, çok yıllık, monokotil (tohumlarında bir çenek bulunan) ve monoik (bir evcikli) bir bitkidir yani erkek ve dişi çiçek aynı bitki üzerinde bulunur. Her yaprağın alt yüzeyinin merkezinden çıkan çok ince kökleri vardır. Genelde 2 ila 10 mm çapında olan yeşil ve oval küçük yaprakları ile kolayca tanınır. Yaprakları, tomurcuklanma yoluyla eşeysiz olarak hızlı bir şekilde çoğalır.

Sulak alanlardaki çeşitli organizmalara habitat sunan ve besin kaynağı olan su mercimeği ekolojik öneme sahip bir bitkidir. Hızla çoğalan ve düşük lif içeriğine sahip olan bu bitkiler, yetiştikleri ortamlarda bulunan kirleticileri ve azot, fosfor gibi maddeleri filtreleyerek atık suların arıtılmasında ve su kalitesinin artırılmasında rol oynar. Fotosentez sayesinde atmosferdeki karbonu tutarak iklim değişikliğinin yavaşlamasına katkı sağlar. Bu bitki, biyoyakıt üretiminde de kullanılabilir. İçeriğindeki yüksek protein ve bazı temel amino asitler sayesinde çiftlik hayvanları için yem kaynağıdır. Soya fasulyesi kadar protein içeren bu bitkiler Güneydoğu Asya ülkelerinde besin kaynağı olarak tüketilir.

Su mercimeğinin içeriğindeki fenolik bileşikler ve flavonoidler sayesinde antienflamatuvar ve antioksidan özellik gösterdiği de bilinir. ■



Kaynaklar

Al-Snai, A. E., *Lemna minor*: Traditional uses, chemical constituents and pharmacological effects-A review, *IOSR Journal of Pharmacy*, Cilt 9, Sayı 8, s. 6-11, 2019.

González-Rentería, M., del Carmen Monroy-Dosta, M., Guzmán-García, X., HernándezCalderas, I., Antibacterial activity of *Lemna minor* extracts against *Pseudomonas fluorescens* and safety evaluation in a zebrafish model, *Saudi Journal of Biological Sciences*, Cilt 27, Sayı 12, s. 3465-3473, 2020.

Gulcin, I., Kirecci, E., Akkemik, E., Topal, F., Hisar, O., Antioxidant, antibacterial, and anticandidal activities of an aquatic plant: duckweed (*Lemna minor* L. Lemnaceae), *Turkish Journal of Biology*, Cilt 34, Sayı 2, s. 175-188, 2010.

Popov, S. V., A. Günter, E., Markov, P. A., Smirnov, V. V., Khranova, D. S., Ovodov, Y. S., Adjuvant effect of lemnan, pectic polysaccharide of callus culture of *Lemna minor* L. at oral administration, *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, Cilt 28, Sayı 1, s. 141-152, 2006.

Gökyüzü

Dr. Tuba Sarıgül

[TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

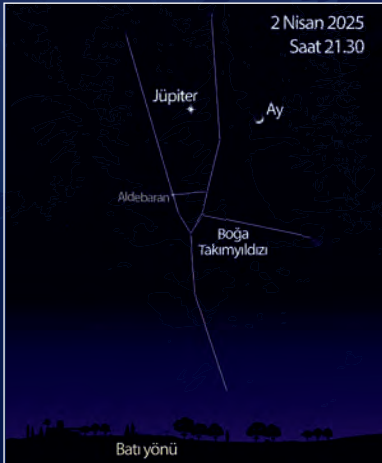
Nisan Ayında Gezegenler, Alacakaranlıkta ve Şafak Vakti Görülenler Şeklinde İkiye Ayrılıyor

Nisan ayında Mars ve Jüpiter gün batımında gökyüzünde görülebilirken Merkür, Venüs ve Satürn şafak vakti gökyüzünde tekrar belirlemeye başlıyor. Lyrid (Çalgı) Gök Taşı Yağmuru 21-22 Nisan gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor.

Jüpiter

Jüpiter nisan ayında Güneş'in batışından sonra gökyüzündeki en parlak gezegen. Ayın ilk günlerinde Güneş'in batışından sonra güneybatı-batı yönünde ufku yaklaşık 55 derece üzerinde beliren Jüpiter, gece yarısına yakın saatlerde batı-kuzeybatı yönünde ufuktan batıyor. Jüpiter ayın ilerleyen günlerinde daha erken saatlerde batmaya başlıyor.

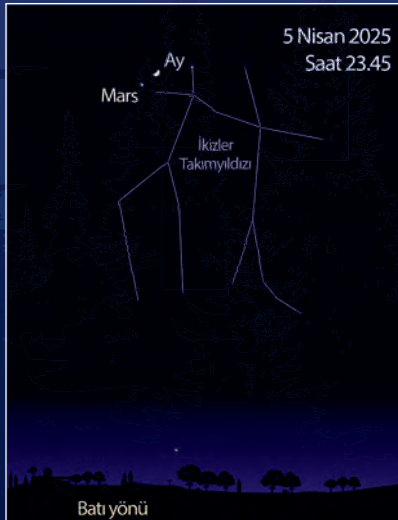
2 Nisan akşamı Jüpiter'i ve ilk dördün evresine yaklaşan Ay'ı batı yönünde ufku üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.



Mars

Nisan ayında akşamları gökyüzünde görebileceğiniz ikinci gezegen ise Mars. Mars'ı, Güneş'in batışından sonra ufku yaklaşık 70 derece üzerinde, İkizler Takımyıldızı'nda bulabilirsiniz. Ayın başında gece yarısından yaklaşık üç saat sonra batı-kuzeybatı yönünde ufuktan batan ve ayın ilerleyen günlerinde daha erken batmaya başlayan Mars'ın gökyüzünde görülebileceği süre kısalmıyor.

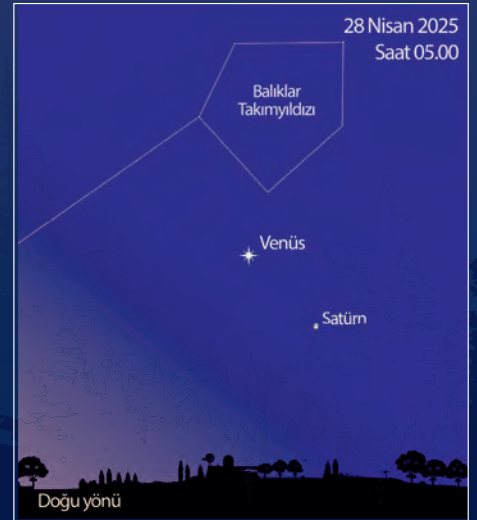
5 Nisan gecesi Mars'ı ve ilk dördün evresindeki Ay'ı İkizler Takımyıldızı'nda birbirine yakın görebilirsiniz.



Venüs

28 Nisan sabahı Venüs ve Satürn'ü Güneş'in doğuşundan önce doğu yönünde ufku üzerinde birbirine yakın görebilirsiniz.

Mart ayının sonunda Güneş ile Dünya arasından geçen Venüs, nisan ayında Güneş'in doğuşundan önce gökyüzünde görülebiliyor. Venüs, ayın başında şafak vakti ufka son derece yakın olsa da ilerleyen günlerde ufku üzerinden yüksekliği artıyor. Nisan ayının başında Güneş ile aralarındaki mesafe çok az olan Venüs'ün gezegen yuvarlağının yaklaşık %4'ü

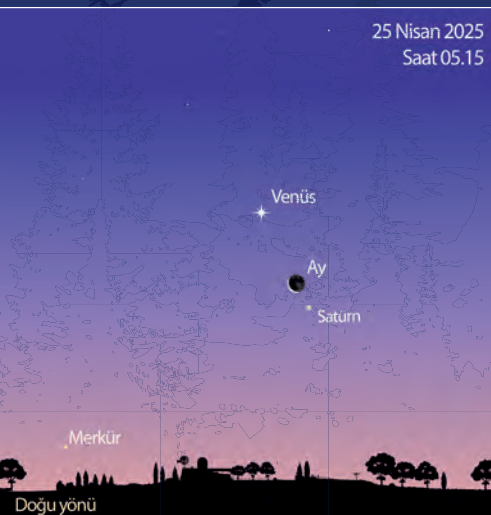


aydınlık görünürken ayın sonunda bu oran %28'e çıkıyor. Aynı zamanda parlaklığı da artıyor.

Satürn

Geçtiğimiz ay yörünge hareketi sırasında Dünya'ya göre Güneş'in arkasından geçen Satürn nisan ayında Güneş'in doğuşundan önce gökyüzünde tekrar ortaya çıkmaya başlıyor. Ancak Satürn'ün ufkun üzerinden yüksekliği çok düşük olduğundan görülmesi son derece zor.

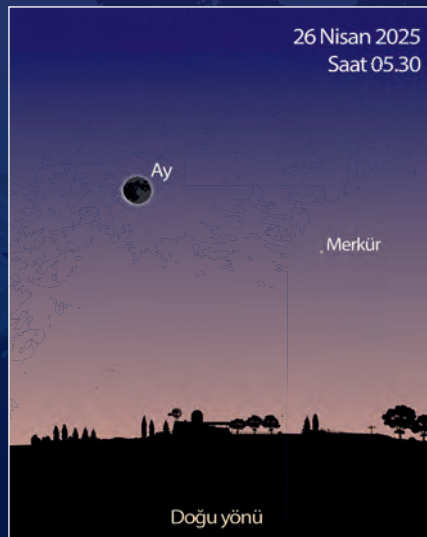
25 Nisan sabahı Satürn'ü ve hilal şeklindeki Ay'ı birbirine yakın görebilirsiniz. Bu tarihte açık bir ufukta Merkür ve Venüs'ü de bu iki gök cismiyle birlikte görmeyi deneyebilirsiniz.



Merkür

Merkür de Venüs gibi mart ayının sonunda Güneş ile Dünya'nın arasından geçmişti. Güneş sisteminin en küçük gezegeni nisan ayında şafak vakti gökyüzünde tekrar ortaya çıkıyor. 21 Nisan'da ise en büyük batı uzanımı konumuna geliyor. Güneş ile aralarındaki açıl mesafenin en yüksek olduğu bu konumdayken Merkür genellikle gözlem için son derece uygun olsa da nisan ayı boyunca ufkun üzerinde çok yükselmediğinden görülmesi için açık bir ufuktan ve yüksek bir konumdan gözlem yapılması gerekiyor.

26 Nisan sabahı Merkür ve hilal şeklindeki Ay'ı Güneş'in doğuşundan kısa bir süre önce doğu yönünde ufkun üzerinde görmeyi deneyebilirsiniz.



Lyrid (Çalgı) Gök Taşı Yağmuru

Lyrid (Çalgı) Gök Taşı Yağmuru, 21-22 Nisan gecesi en yüksek etkinliğe ulaşıyor.

En yüksek etkinliğe ulaştığı tarihte gök taşlarının gökyüzünde ortaya çıkıp etrafa dağılıyormuş gibi göründükleri nokta yani saçılma noktası, Güneş'in batışından yaklaşık bir saat sonra kuzeydoğu yönünde ufkun üzerinden doğuyor ve şafak vaktine yakın saatlerde ufkun üzerinde en yüksek noktaya ulaşıyor. Saçılma noktasını Çalgı Takımyıldızı'nın en parlak yıldızı Vega'nın yakınlarında bulabilirsiniz.

Her yıl nisan ayının ikinci yarısında aktif olan Lyrid Gök Taşı Yağmuru, bilinen en eski gök taşı yağmurlarından biri. Çinliler tarafından yapılan ilk gözlem kayıtları M.Ö. 687 yılına dayanıyor.

Kaynağı, C/1861 G1 (Thatcher) kuyruklu yıldızı olan Lyrid Gök Taşı Yağmuru sırasında gök taşları arkalarında uzun izler bırakmaz, daha çok parlak ışık patlamaları şeklinde görülürler.

Mikro Ay ve Süper Ay

İlk dördün

5 Nisan
Saat: 05.14



Dolunay

13 Nisan
Saat: 03.22



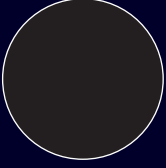
Son dördün

21 Nisan
Saat: 04.36



Yeni ay

27 Nisan
Saat: 22.31



Yeröte

14 Nisan Saat: 01.48
406.295 km

Yerberi

27 Nisan Saat: 19.17
357.119 km

Ay'ın Dünya etrafındaki yörüngesi mükemmel bir çember şeklinde değildir. Bu nedenle Ay'ın yörünge hareketi sırasında Dünya ile aralarındaki mesafe değişir. Ay'ın Dünya'ya en yakın olduğu konum yerberi, en uzak olduğu konum ise yeröte olarak isimlendirilir.

Ay'ın Dünya'ya en yakın konumdan geçtiği zaman dolunay evresinde olduğu zamanla yaklaşık olarak denk gelirse böyle zamanlarda gerçekleşen dolunay Süper Ay olarak isimlendirilir. Mikro Ay ise Ay'ın yeröte konumundan geçtiği zamana yakın zamanlarda gerçekleşen dolunaya verilen isimdir. Süper Ay sırasında Ay'ın görünür büyüklüğü Mikro Ay sırasında olduğundan %14 daha fazladır. Aynı zamanda %30 daha parlak görünür.

Nisan ayında ise Ay, 13 Nisan'da dolunay evresindeyken 14 Nisan'da yeröte konumuna geliyor yani Mikro Ay gerçekleşiyor. Büyüklük farkını çıplak gözle algılamak zor olsa da siz de 13 Nisan'da 2025'in en küçük dolunaylarından birini gözlemleyebilirsiniz.

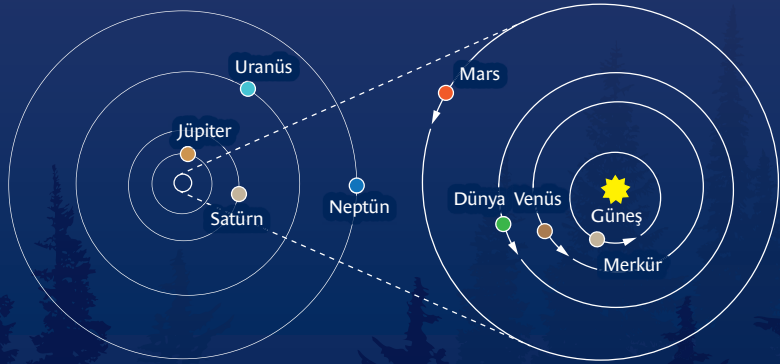


NASA/Coddard/Lunar Reconnaissance Orbiter

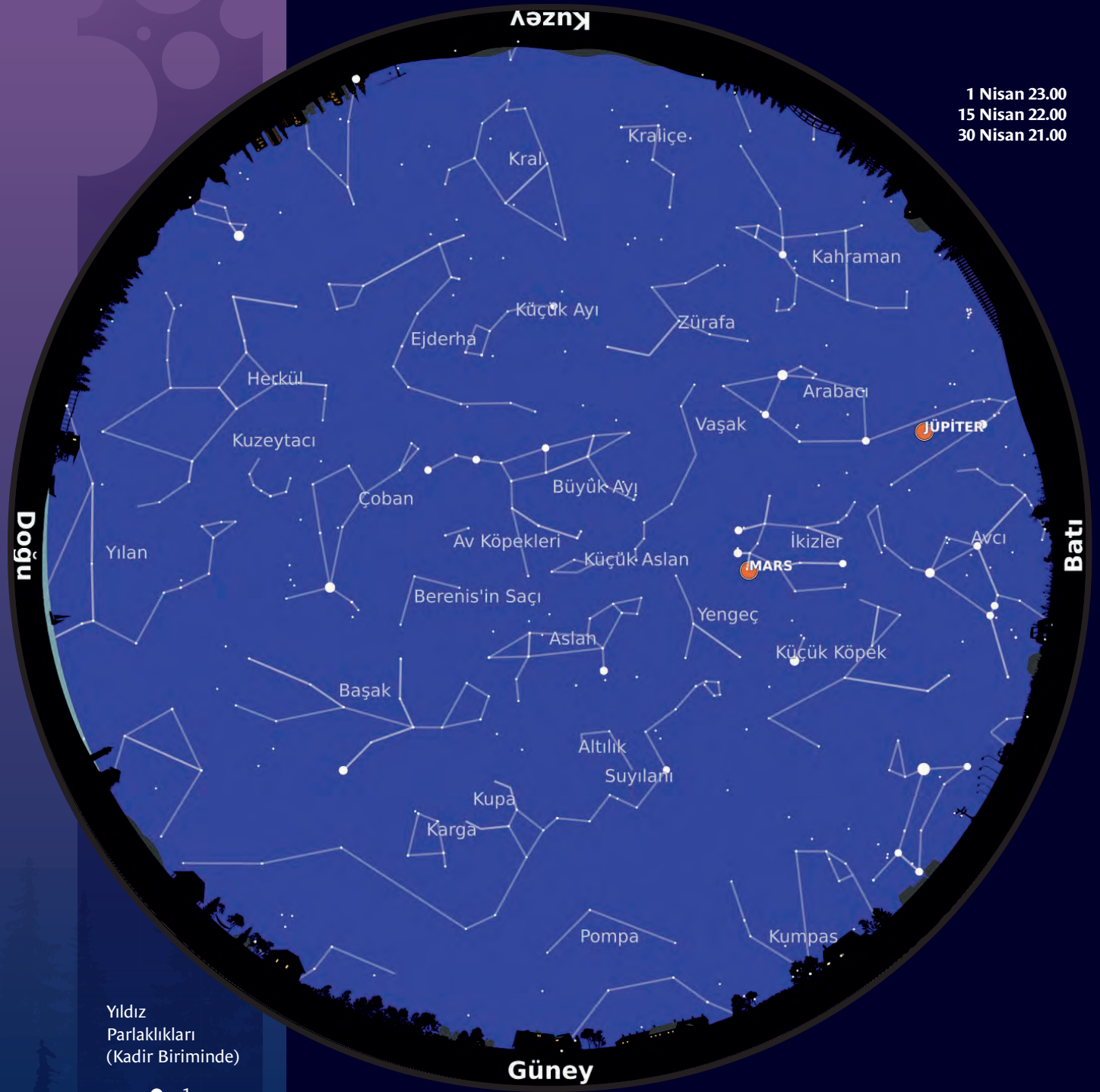
Ayın Önemli Gök Olayları

- 5 Nisan** Ay, ilk dördün evresinde
Ay ve Mars yakın görünümde
Ay ve Polluks yakın görünümde
- 8 Nisan** Ay ve Regulus yakın görünümde
- 10 Nisan** Ay ve Satürn yakın görünümde
- 13 Nisan** Ay, dolunay evresinde
Ay ve Spika yakın görünümde
- 14 Nisan** Ay, Dünya'ya en uzak konumda
- 17 Nisan** Ay ve Antares yakın görünümde
- 21 Nisan** Ay, son dördün evresinde
Merkür, en büyük batı uzanımı konumunda
- 21-22 Nisan** Lyrid (Çalgı) Gök Taşı Yağmuru en yüksek etkinliğinde
- 25 Nisan** Ay ve Venüs yakın görünümde
Ay ve Satürn yakın görünümde
- 26 Nisan** Ay ve Merkür yakın görünümde
- 27 Nisan** Ay, yeni ay evresinde
Ay, Dünya'ya en yakın konumda
- 28 Nisan** Venüs ve Satürn 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*, Sayı 686, 2025.
- "Observing October 2024", *Sky and Telescope*, Cilt 149, Sayı 4, 2025.
- Ratcliffe, M. ve Ling, A., "Sky This Month", *Astronomy*, Cilt 53, Sayı 4, s. 28-35, 2025.
- <https://in-the-sky.org/newscal.php>
- <https://www.amsmeteors.org/meteor-showers/meteor-shower-calendar/>
- <https://www.rmg.co.uk/stories/topics/what-supermoon>

Düşünme Kulesi

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

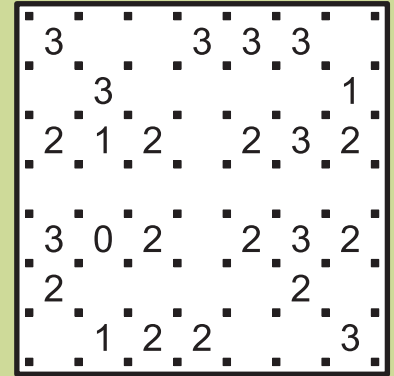
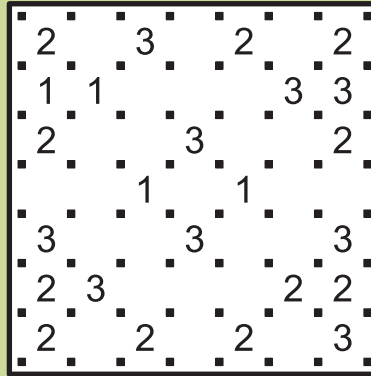
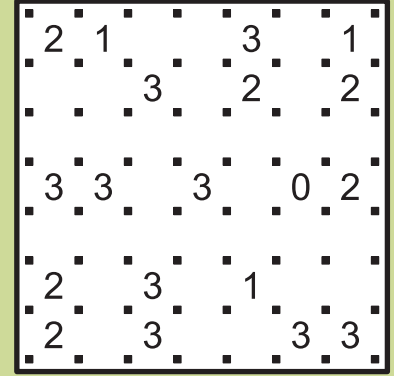
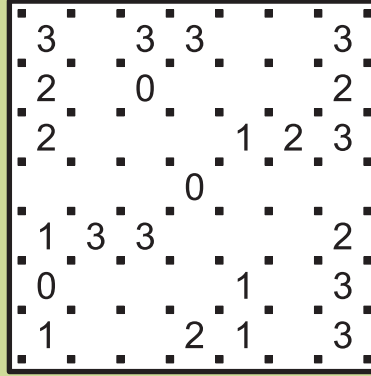
Ayın Oyunu: Çit

Çit Oyununun

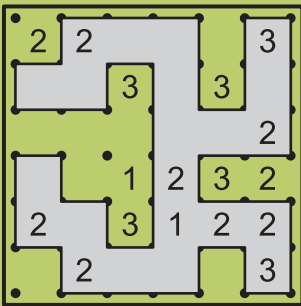
Kuralları

Noktaları yatay veya dikey çizgilerle birleştirerek kapalı tek bir çit oluşturun.

Rakamlar bulundukları hücrenin kaç kenarında çit parçası olduğunu göstermektedir.

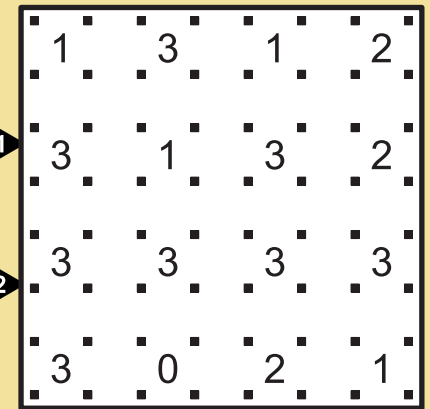


Çit - Örnek Çözüm



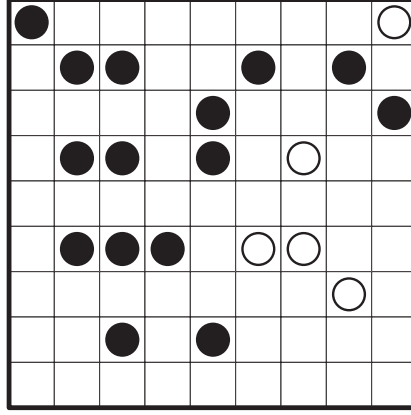
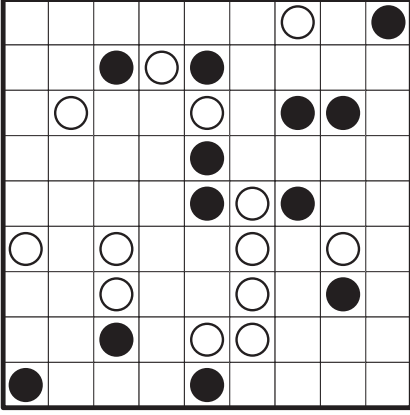
Ödüllü Soru

* Çit sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Yaşamın Sırrı DNA* başlıklı kitap hediye edilecektir. Çekiliş sonuçları, dergimizin internet sitesinden önümüzdeki ay içinde duyurulacaktır. Geçen ayın ödüllü ABC Kadar Kolay sorusunu doğru yanıtlayanlar arasından çekilişle belirlenerek kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi, internet sitemiz üzerinden duyuruldu.

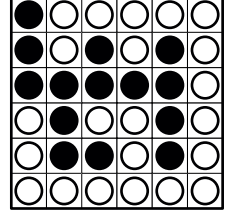


Ok doğrultusundaki içeriği yazın. Mesela soldaki örnek çözümün ilk satırı 011101 şeklinde yazılmalıdır.

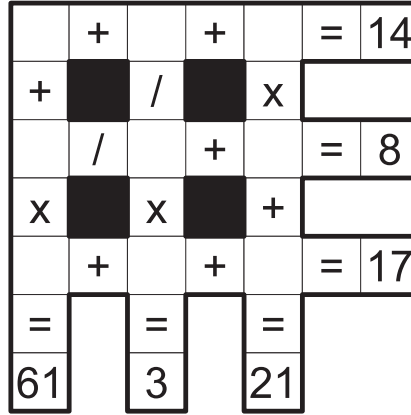
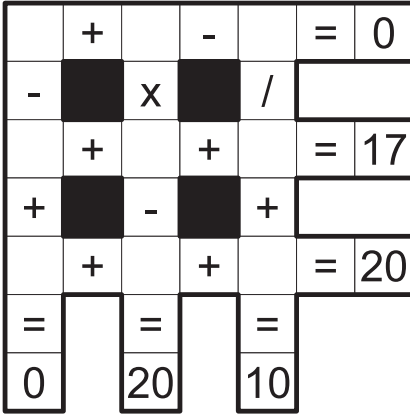
Ying Yang: Diyagramın tamamını siyah ya da beyaz dairelerle doldurun. Tüm kareler dolduğunda siyah ve beyaz daireler iki ayrı bölge oluşturmalıdır. Herhangi bir yerde aynı renkten oluşmuş 2x2'lik bir kare bulunamaz.



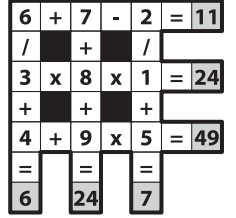
Ying Yang
Örnek Çözüm



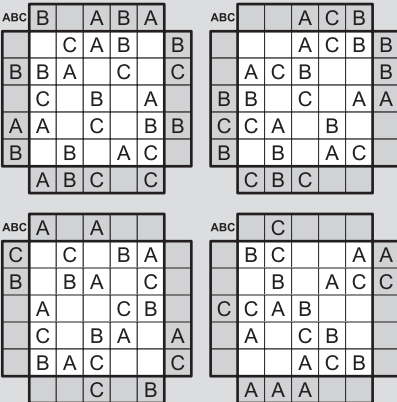
İşlem Karesi: 1'den 9'a kadar rakamları sadece birer kez kullanarak diyagram dışında verilmiş olan eşitlikleri sağlayın. Matematiksel işlem öncelikleri geçerlidir. Örneğin $3+1 \times 5=8$ olmalıdır.



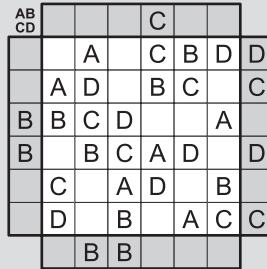
İşlem Karesi
Örnek Çözüm



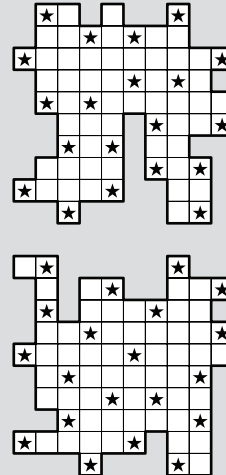
Geçen Sayının Çözümleri



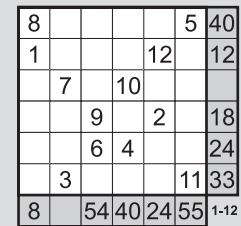
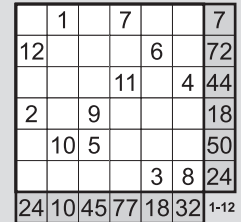
ABC Kadar Kolay



Ödüllü Soru:
ABC Kadar Kolay



Yıldız Savaşları



Çarpmaca

Satranç

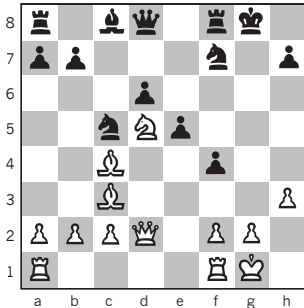
Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr

Beklenmedik Bir Taktik Vuruş: Ara Hamle

Ara hamle, satrançta en önemli taktik motiflerden birisidir. Satranç literatüründe sıklıkla Almanca kökenli *zwischenzug* sözcüğüyle de anılır. Şöyle tarif edilebilir: Doğal görünen bir hamleler dizisinde beklenmedik bir şekilde ortaya çıkan ve diziyi kesintiye uğratan hamleyle “ara hamle” denir. Tahmin edilebileceği gibi, hesapları altüst eden, oyunun seyrini (hatta sonucu) değiştiren ve rakip üzerinde psikolojik etkisi de olan güçlü bir hamledir. Şimdi bu ara hamleyi bazı örneklerle inceleyelim.

Diyagram 1

Pal Benko-Duncan Suttles
65. ABD Açık Turnuvası, Boston, 1964



Sıra beyazda.

Oyun şöyle devam etti:

17. Axf4

Böylece Benko bir piyon kazanmış oldu. Ancak rakibinin hala onun üzerine fırlatacak bir şeyleri vardı ve dikkatli olması gerekiyordu.

17...Ae4!?

Suttles oyunu karıştırıyor. Eğer 17... exf4 oynasaydı beyaz 18. Vd4 ile kazanırdı çünkü Vg7# tehdidi önlenemez.

18. Ve3 Axc3

Şimdi Suttles muhtemelen oyunu kazandığını düşünüyor çünkü “doğal” 19. bxc3 (ya da 19. Vxc3) hamlesinden sonra 19... exf4 gelir ve siyah bir alet kazanmış olur. Ama işte tam da burada bir “ara hamle” geliyor:

19. Vg3+! Şh8

19... Vg5 20. Fxf7+ Kxf7 21. Vxg5+-.

20. Vxc3

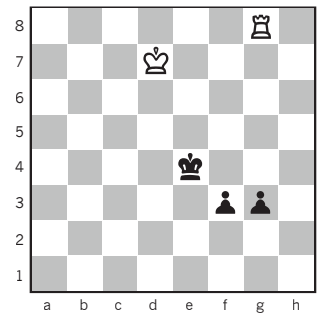
İşte Duncan'ın gözden kaçırdığı hamle! Şimdi 20... exf4 mümkün değil çünkü e5'teki piyon açmazda. Böylece

Benko kazandığı piyonu korumuş oldu. Gerçi oyunun bundan sonraki kısmında epey güç anlar yaşadı ama sonunda kazanmayı da başardı.

Bir diğer “ara hamle” örneğimiz 2005 Avrupa Şampiyonası'ndan.

Diyagram 2

Arkadij Naiditsch-Yuriy Kuzubov
Avrupa Şampiyonası, 2005



Siyah son hamlesinde

62...f3 oynamıştı. Şimdi beyaz nasıl oynamalı?

Kale/iki piyon finallerinde eğer piyonlar bitişik olarak altıncı (ya da burada olduğu gibi üçüncü)

yataya kadar gelebilirlerse genellikle piyonları olan taraf oyunu kazanır, çünkü piyonlardan birinin vezir çıkması önlenemez. Şimdi, örneğimizde eğer beyaz yanlış oynarsa ne olur, önce ona bakalım: 63. Kxg3? f2 64. Kg4+ Şe5 65. Kg5+Şf6 66. Kg8 Şf7 ve siyah kazanır.

Doğru hamle, doğal görünen 1. Kxg3 yerine bir ara hamle oynamak:

63. Kg4+! Şe3

İşte şimdi g3 piyonu alınabilir:

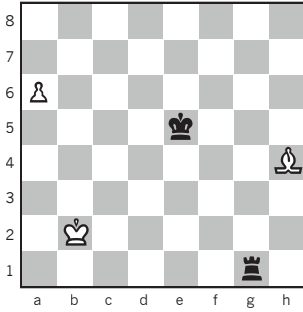
64. Kxg3 ve sonraki hamlede f3 piyonu da düşer çünkü açmazdadır. Eğer siyah 63. . .Şf5 oynarsa 64. Kxg3 f2 65. Kf3+ ve ikinci piyon da düşer. Akılda tutulması gereken son derece öğretici bir örnek.

Ara hamle, tahmin edilebileceği gibi etütçülerin de gözde taktik motiflerinden.

Diyagram 3

Henri Weenink

Tijdschrift v.d. KNSB, 1917



Beyaz oynar ve kazanır.

1. a7 Kg2+

1. . .Kg8 2. Fg3+ ve 3. Fb8.

2. Şa1/b1

2. Şb3? Kg8! 3. Fg3+ Kxg3+ ve beraberlik.

2...Kg1+

Siyah, beyaz şahın "a" sütununu

korumayı bırakamayacağını ve üçüncü yataya da çıkamayacağını düşünerek devamlı şahla beraberlik peşinde.

3. Fe1!!

Ara hamle!

3...Kxe1+ 4. Şb2/a2 Ke2+ 5. Şb3 Ke3+

6. Şb4 Ke4+ 7. Şb5 ve beyaz kazanır.

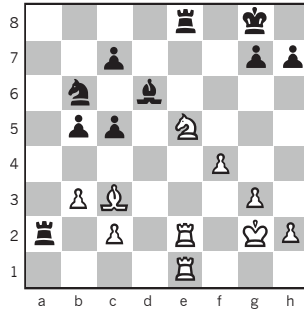
Kendi şahı tarafından engellenen kale daha fazla şah çekemez.

Ayın Soruları

Bu ayki sorularımız "ara hamle" ile ilgili.

Diyagram 4

Marc Santo-Roman – Boris Spassky
Fransa Kupası, 2002

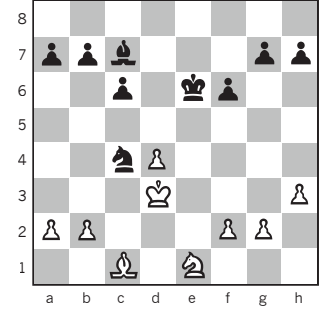


Santa-Roman burada 35. Ka1 oynayarak kale değişimi teklif etti. Geçtiğimiz günlerde yaşamını yitiren, 1969-1972 yılları arası eski dünya şampiyonu olan Spassky oyunu nasıl kazandı?

İkinci sorumuz bu kez iki dünya şampiyonu arasında oynanmış bir oyundan. Emanuel Lasker 1894-1921 yılları arasında, Max Euwe ise 1935-1937 yılları arasında şampiyonluğu elinde bulundurmuydu.

Diyagram 5

Emanuel Lasker – Max Euwe
Nottingham, 1936

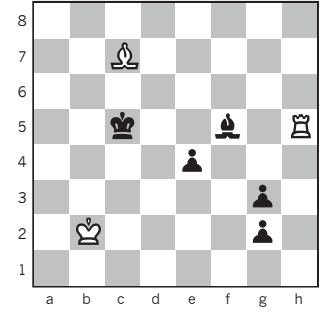


Euwe bu pozisyonda 23...Fa5?? hamlesini oynadı. Şampiyonluk yılları çok gerilerde kalsa da yılların eskitemediği tecrübeli oyuncu Lasker fırsatı kaçırmadı ve bir ara hamle ile oyunu kazanıverdi. Nasıl?

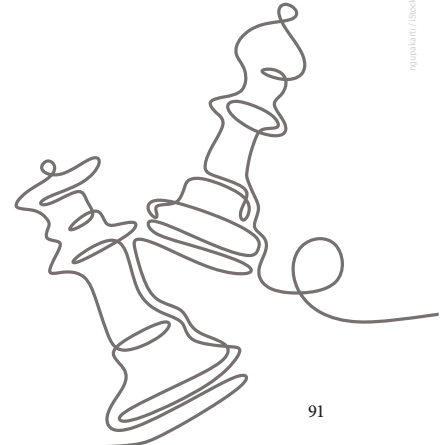
Sonraki sorumuz ise bir etüt.

Diyagram 6

A. Maksimovskikh
Shakhmaty v SSSR, 1970



Beyaz oynar ve kazanır.



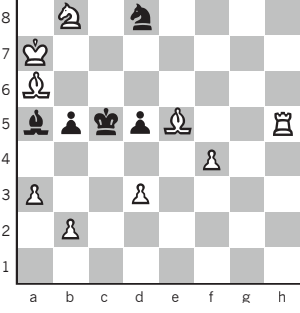
Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Diyagram 7

Zoltan Labai

Nedelna Pravda, 1989

Övgü



Bir hamlede yardımcı mat (üç çözüm).

Bu problemde siyahın ve beyazın hamlelerinin bir örüntü oluşturduğunu belirtmiş ve sizlerden çözüm ile birlikte bu örüntüyü de bulmanızı istemiştik. Çözüm şöyle:

I. 1. b4(A) d4#(B)

II. 1. d4(B) Fc7(C)

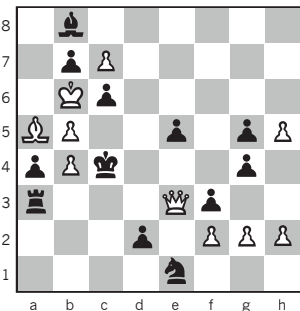
III. 1.Fc7(C) b4#(A)

Siyahın ve beyazın hamlelerinin A/B, B/C ve C/A şeklinde çevrimsel bir düzen oluşturduğu dikkatinizi çekmiştir.

Diyagram 8

Alberto Luis Garazo

Die Schwalbe, 1977



Bir hamlede yardımcı mat.

Bu problem için de şöyle bir uyarıda bulunmuştuk: "Dikkat, bu problemde karşınıza retrograd analiz çıkabilir!"

Önceki yazımızda ele aldığımız bir hamlede yardımcı mat probleminin çözümünü incelemiş olanlar eminiz bu problemde de çözümün 1. axb3 e.p. Ve4# olması gerektiğini hemen görmüşlerdir. Ama burada önemli olan beyazın son hamlesinde b2-b4 oynadığını kanıtlamak. Aksi takdirde 1. axb3 e.p. hamlesi kuraldışı olurdu. İşte gerçekten de retrograd analiz karşımıza çıktı! Ama bu da kolay:

Burada tek yapmamız gereken beyazın son hamlesini diyagramda b4'te duran piyondan başka bir taşla yapmış olamayacağını göstermek. Vezirden başlayalım. Diyagramda e3'te duran vezir, buraya gelmeden önce üzerinde

duruyor olabileceği karelerin hepsinde de (c5, b3, c3, d3, e4, vb. gibi) c4'teki siyah şah şah çekme durumundadır; bunun üzerine bir hamle yapmış olamaz. O halde veziri eledik. Son hamleyi diyagramda a5'te duran beyaz fil yapmış olamaz çünkü b6 ve b4'te taşlar var. Peki ya beyaz şah? Eğer c5'ten buraya gelseydi c4'teki siyah şahla yan yana durmuş olurdu ki kurallara göre imkânsızdır. Eğer a7'den geldiyse o zaman da b8'deki fil şah çekmiş olurdu, ama bu da mümkün değil (fil nereden b8'e gelip şah çekmiş olabilir? İmkansız!).

Son hamleyi h5'teki piyon yapmış olamaz. Eğer öyle olsaydı h4'ten buraya gelmesi gerekirdi, oysa ki f2-g2-h2'deki beyaz piyonlar dikkate alınırsa h4'te beyaz bir piyon duruyor olamaz.

Buraya kadar tamam ama hâlâ dışlamamız gereken bir ihtimal daha var: C7'deki beyaz piyonun

bir taş olarak d6'dan buraya gelmiş olabileceği. Diyagramdaki pozisyonda siyahın 12 taşı var, eksik olan dört taştan üçünü h5'te duran beyaz piyon e2'den gelirken almıştır, dördüncü de b4 veya b5'teki piyonlardan biri tarafından alınmıştır. Yani c7'deki piyonun bir beşinci taş daha olarak buraya gelmesi mümkün değil.

O hâlde son hamleyi b4'te duran piyon yapmıştır. Bu hamle c3xb4 olamaz (yukarıda nedenini açıkladık); b3-b4 de mümkün değil çünkü şah çekmiş durumdayken hamle yapmış olamaz.

Demek ki beyaz son hamlesinde, geriye kalan tek ihtimal olan, b2-b4 oynamıştır. İlk baştaki iddiamızı böylece kanıtlamış oluyoruz. Yani problemin çözümü **1. axb3 e.p. Ve4#** olmalıdır. ■

Ayın Sorusu

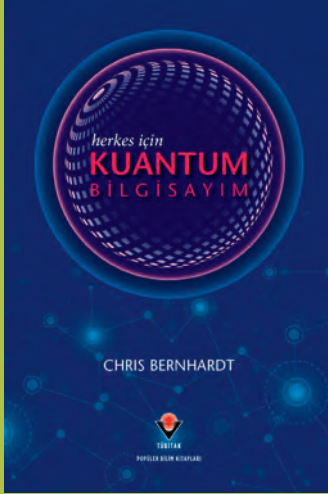
Prof. Dr. Azer Kerimov [bteknik@tubitak.gov.tr

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi
Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte bteknik@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek beş kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları'ndan bir kitap hediye edeceğiz:

Bu ay:

Herkes İçin Kuantum Bilgisayım



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirilmeye alınmayacaktır.

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



Keloğlan'ın Satranç Tahtası Üzerindeki Fındıkların Tamamını Toplama Yöntemi



Keloğlan 121 cücenin yaşadığı çiftliği ziyaret eder ve çiftlikteki 121 cücenin her birinden birer fındık ister. Keloğlan'ın çiftlikte mümkün olduğunca uzun süre konaklamasını isteyen cüceler, onun 121 fındığın tamamını alması için bir süreç planlarlar.

İlk önce cüceler, çiftliğin avlusuna 400 birim kareden oluşan 20×20 boyutlarında bir satranç tahtası çizer ve bundan sonra cücelerden her biri bu satranç tahtasının bir birim karesine birer fındık yerleştirir. Kurallara göre Keloğlan, çiftlikte konakladığı her gün istediği iki komşu birim kareyi seçerek bu birim karelerde bulunan fındık ya da fındıkların tamamını alabilir. Tanıma göre komşu birim kareler ortak kenar ya da ortak köşe paylaşan birim karelerdir. Yani her birim karenin ya üç ya beş ya da sekiz komşu birim karesi vardır.

Cüceler tüm fındıkları aynı birim kareye ya da iki komşu birim kareye yerleştirirse Keloğlan, çiftlikte sadece bir gün konaklayarak istediği fındıkları alabilir. Keloğlan'ın çiftlikte mümkün olduğunca uzun bir süre konaklamasını isteyen cüceler, sürecin uzun sürmesini planlayarak fındıkları satranç tahtasına yerleştirirler. Cücelerin aksine Keloğlan ise her gün birim kare ikililerinin seçimlerini 121 fındığı mümkün olabilecek en kısa sürede toplamak amacıyla yapar.

Cüceler fındıkları satranç tahtasının birim karelerine nasıl yerleştirirse yerleştirsin Keloğlan en fazla N gün sonucunda 121 fındığın tamamını almayı garantileyebiliyorsa N sayısının alabileceği en küçük sayı kaçtır? Bulduğunuz N sayısı için her durumda Keloğlan'ın fındıkların tamamını satranç tahtasından hangi yöntemle alabileceğini açıklayın ve bu N sayısının neden daha az olamayacağını kanıtlayın. ■

Zekâ Oyunları

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

EMOJİLİ SÖZCÜK



Dokuz emoji den sekizini öyle seçiniz ki, seçtiğiniz emoji lerin temsil ettiğ i sözcüklerden birer harf kullanıldığında sekiz farklı harften oluşan bir sözcük elde edilebilsin.

-Harfler soldan sağ a doğru, sıraları bozulmadan kullanılacak.

Çocuk yarışmacı, Çanakkaleli yarışmacıdan 1 puan fazla almıştır.

Genç yarışmacı, Gaziantep li yarışmacıdan 1 puan fazla almıştır. Yetişkin yarışmacı, Yozgatlı yarışmacıdan 1 puan fazla almıştır.

Emektar yarışmacı 80 puan aldığı na göre Eskişehirli yarışmacı kaç puan almıştır?

“Sağ ımda oturan ki ş i Y grubundadır” derken diğ er 6 ki ş i ise “Solumda oturan ki ş i Y grubundadır” demektir.

Bu masadaki doğ ru söyleyenler grubuna dâhil ki ş iler in say ısı en fazla kaç olabilir?

TEK RAKAMLAR

1, 3, 5, 7, 9, 111, 113, 115, ...

Tek say ıda basamaktan oluşan ve basamaklarındaki tüm rakamlar ın tek say ı olduğ u bu dizinin 1000. sırasına denk gelen say ıyı bulunuz.

BEŞ YARIŞMACI

Zekâ oyunları yarışmasında “Minikler, Çocuklar, Gençler, Yetişkinler ve Emektarlar” kategorilerinde yarışan 5 yarışmacı Muğ lalı, Çanakkaleli, Gaziantep li, Yozgatlı ve Eskişehirli dir.

Minik yarışmacı, Muğ lalı yarışmacıdan 1 puan fazla almıştır.

HARF SAYILARI

BU CÜMLEDEKİ SESLİ HARFLERİN SAYISININ İKİ KATI SESSİZ HARFLERİN SAYISINDAN _____ ADET FAZLADIR.

Boşluğ u uygun say ıyla (yazıyla yazarak) öyle doldurunuz ki, doğ ru bir cümle elde edilsin.

DOĞRU-YANLIŞ

Doğ ru söyleyenler (D) ve yanlış söyleyenler (Y) grubuna ait 12 ki ş i yuvarlak bir masa etrafında oturmaktadır. D grubunun söylediklerinin tümü doğ ru, Y grubunun söylediklerinin tümü yanlıştır. Masada oturanlardan 6 ki ş i

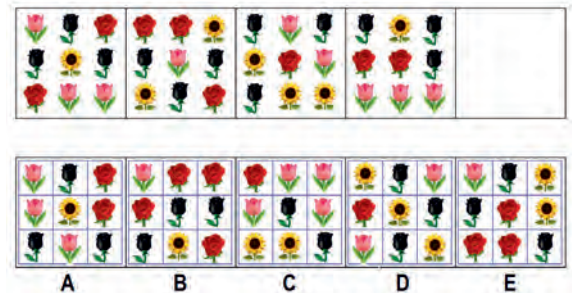
ÇUBUKLU EV



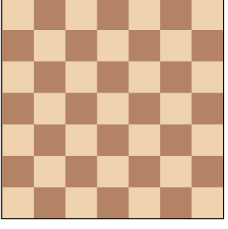
Beş adet mavi, bir adet de kırmızı çubuk kullanılarak oluşturulan ev figüründe iki çubuğ un yeri değ iştirildiğ inde evin yönü de değ işmektedir. Mavi çubukların uzunluğ u x birim ise kırmızı çubuğ un uzunluğ unu bulunuz. (Çubukların birbirlerine dokunduğ unu varsayınız.)

ÇİÇEKLER

Boş kutuya aşığ ıdakilerden hangisi gelecek?



PİYONLAR



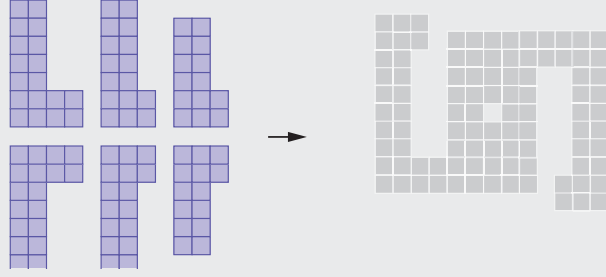
7x7'lik bir satranç tahtasına piyonları öyle yerleştiriniz ki, 2x2'lik hiçbir karede 2'den daha

fazla sayıda piyon bulunmasın.

Bu işlem en fazla kaç piyonla gerçekleştirilebilir?

ALTI "L"

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



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

FUTBOL LİĞİ

17 takım vardır.
Ligdeki takım sayısına n dersek.
Son üç takımın yediği gol sayıları (n-1), (n-2) ve (n-3) olur.
 $n-1+n-2+n-3=45$
 $n=17$ bulunur.

SAYI GRUBU

En az 6 sayı olabilir.
(3, 4, 5, 6, 7, 8)

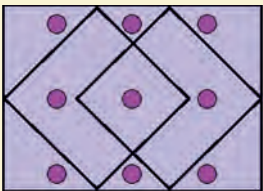
KUŞ VE KAFES



EŞİTLİK

$x=2, y=5$.

DOKUZ DAİRE

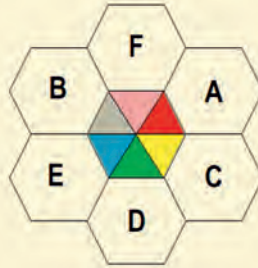


SORU İŞARETİ

15 gelecek.
 $C=A \times B / 4$

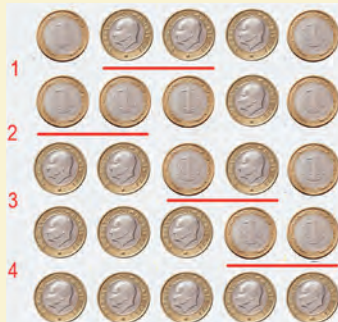


RENKLİ ALTİGEN



MADENİ PARALARI ÇEVİR

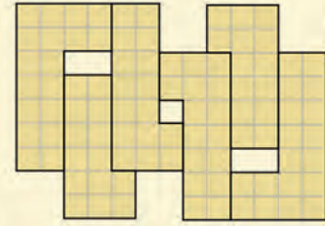
4 adımda gerçekleştirilebilir.
Örnek bir çözüm:



ONBİR KATI

198
 $11 \times (1+9+8)=198$

ALTI "L"



Yayın Dünyası

Dr. Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Anadolu Doğasından Yansımalar

Bülent Gözcelioğlu

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2024 (4. Basım)



Mosasaur ve mastodonların, zürafa ve gergedanların bir zamanlar Anadolu topraklarında da yaşadığını; ülkemizdeki bitki türlerinden üç bin kadarının dünyada sadece Türkiye’de bulunduğunu; tarantula, çöl kobra, balina gibi hayvanların bu coğrafyada da yaşadığını; yüzen ada, buzul ve krater gölü gibi jeolojik yapıların ülkemizde de var olduğunu biliyor muydunuz? *Anadolu Doğasından Yansımalar*, geçmişten günümüze Anadolu coğrafyasında yaşayan memelilerden sürüngenlere, deniz omurgasızlarından böceklerle, bitkilerden mantarlara birçok canlı türü hakkında detaylı bilgilere yer veriyor. Bu kitapla, Toroslar gibi yüksek dağ ekosistemlerinden Ege Denizi’nin derin sularına, İç Anadolu bozkırlarından Karadeniz ormanlarına, deniz altı kanyonlarından mağaralara pek çok farklı ekosisteme fotoğraflar eşliğinde yolculuk yapacak ve Anadolu doğasının zengin biyoçeşitliliğine tanıklık edeceksiniz.

Meslekleri Tanıyorum - Uzayı Seviyorum

Steve Martin

Çeviri: Azime Pekşen Yakar

Çizer: Tom Woolley

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
7 yaş +, 2024 (1. Basım)



Uzayı seviyor ve büyüyünce uzay ile ilgili işlerde çalışmayı hayal ediyormusunuz? Cevabınız “evet” ise bu kitap tam size göre! Meslekleri uzayla ilgili olan yirmi beş kişinin günlük yaşamlarını takip etmek için sayfaları çevirin. Bu kitapta bir astronotun gün içinde neler yaptığını, astronom olmak için neler gerektiğini, nasıl uzay avukatı olunacağını ve çok daha fazlasını keşfedeceksiniz. Bu kitap, uzay giysileri tasarlamaktan uzay aracı için ekipman üretmeye kadar size bilgi dolu bir dünya sunuyor.

Meslekleri Tanıyorum - Açık Havaı Seviyorum

Carron Brown

Çeviri: Azime Pekşen Yakar

Çizer: Roberto Blefari

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
7 yaş +, 2024 (1. Basım)



Doğayı seviyor ve büyüdüğünüzde açık havada çalışmayı mı hayal ediyorsunuz? Cevabınız “evet” ise bu kitap tam size göre! Açık havada yapılan meslekleri öğrenmek ve bu işleri yapan 25 kişinin günlük yaşamlarını takip etmek için hemen okumaya başlayın. Bir bitki bilimcinin gün boyu neler yaptığını, nasıl kayak eğitmeni olunacağını, vahşi doğada itfaiyeci olmanın neler gerektirdiğini ve çok daha fazlasını keşfedeceksiniz. Fosilleri kazıp çıkarmaktan kaya tırmanışına, insanlara sörf yapmayı öğretmekten vahşi yaşamı korumaya kadar bu kitap size bilgi dolu bir dünya sunuyor.