

Hayvanlarda Yön Bulma

Orta Meksika'daki bir volkanik platoda, köknar ağaçlarının dalları arasında geçen kışın ardından Monarch Kelebekleri, çiftleşmek ve yumurta bırakmak için ipekotlarını aramaya, kuzeye yönelirler. Yaz sonunda, göç etmiş olan bütün olgun kelebekler ölmüştür; yeni yumurtadan çıkmış olanlar, daha önce hiçbirinin görmediği, atalarından kalma bu kışlama mekanını kendi başlarına bulacaklardır.

WASHINGTON Eyaleti'ndeki Quinault Irmağı'nda üzerine işaret konan bir çelikbaş, Japonya yolunun yarı uzaklığında, yurdu olan akarsudan 5 150 km ötede bulunur. 7 yıl

önce de onbinlerce çelikbaş alabalık yavrusu (Salmo irideus) Salmon Irmağı'nın doğduğu yerde sakin sulara salıverilmişti. Uzamaya başlayan günlerle gelen bahar, tuzlu su yaşamına uyum sağlamaları için gerekli fizyolojik değişimleri de beraberinde getirdiğinde, çelikbaşlar artık 1500 km sürecek yolculuklarına hazır. Artık yeni yuvaları olacak Pasifik Okyanusu'nda 3 yıl boyunca beslenecek, büyüyecek ve serbestçe dolaşacaklardı.

Göç etme güdüsü yeniden baş gösterdiğinde, çiftleşmek için eve yolculuk zamanı gelmiştir. Okyanusun dört bir yanından yola çıkan alabalıklar, Amerika'nın doğu sahillerine akın eder. Ancak dönüş yolu zorlu geçecektir. Denizdeki balıkçı ağlarını, katil balinaları, deniz aslanlarını, fokları atlatmayı ba-

şarıp Columbia Irmağı'nın ağzına ulaşanlar, kendileri için hazırlanmış "balık basamakları"ni kullanarak sekiz hidroelektrik barajı aşmak zorundadır. Irmağı besleyen birçok akarsu ağzını umursamadan geçip Salmon'un döktüğü Snake'e girerler; sola dönüp önlerinde bekleyen son girdapları aştıklarında, toyluk dönemlerinde oynadıkları durgun sulara varmışlardır artık.

Çelikbaş, yön bulma yetisiyle hayret uyandıran birçok canlıdan yalnızca biri. Yüzyıllardır balıkların, kuşların, böceklerin ve diğer hayvanların, önceden belirledikleri bir yere, inanılmaz uzaklıklar aşarak ulaşabiliyor olmaları insanoğlunu şaşırtagelmıştır.

Norveçli bir din adamı, 1599'da, alabalığın doğduğu akarsuyu tanıyabiliyor olmasına ilişkin şu gözlemi yapmış: "Egersund'daki dar, küçük bir fiyorddan iki ırmak geçer. İki ırmak ağzı arası bir ok atımı bile değildir, yine de her birinin alabalığı kendine özgüdür; öyle ki insan birindeki alabalığı diğerinden rahatça ayırt edebilir."

Günümüz bilim adamları, karabaş küçükötleğenlerin (Sylvia melanocephala) Nova Scotia'dan Güney Amerika'ya süren sonbahar göçleri sırasında -3 800 km'lik bu yolculuk sırasında kuşlar vücut ağırlıklarının yansını yitirirler- yakıt verimini litre başına 290 000 km olarak hesaplıyorlar.

1957'de bilim adamları, Midway Atolu'nde yakalanan 18 Laysan albatrosunu (Diomedea exulans) Japonya, Filipinler, Mariana, Marshall, Hawaii Adaları ve Washington Eyaleti'ne gidecek olan bir Amerikan Deniz Kuvvetleri uçağına koydu. Buralarda salıverilen kuşlardan toplam 14'ü Midway'e geri döndü. Washington'dan yola çıkanlar 5 150 km'lik yolu, günlük ortalama 500'er km'lik düz çizgi halinde güzergahlar izleyerek aştılar. Daha da çarpıcı olanı, bazı kuşların, ters yönden esen güçlü rüz-



garlardan geçit bulabilmek için dairesel rotalar izledikleri biçimindeki saptamaydı. Bu gözlemler, var olan kuramların, kuşların göç yolculuğuna ilişkin ipuçlarını çözmekte yetersiz kaldığı anlamına geliyor.

Algının Sınırları

Gerçekten de bilim, hayvanlardaki yön bulma yetisinin ardında yatan gizleri ortaya çıkarmakta geç kalmıştır. 1900'lerin başında, göç yolları büyük ölçüde belgelendiğinde bile bazı gözlemciler hayvanların yönlerini "altıncı duyu" adı verilen bir takım gizemli güçler yardımıyla buldukları tezini savunmayı hâlâ sürdürüyordu.

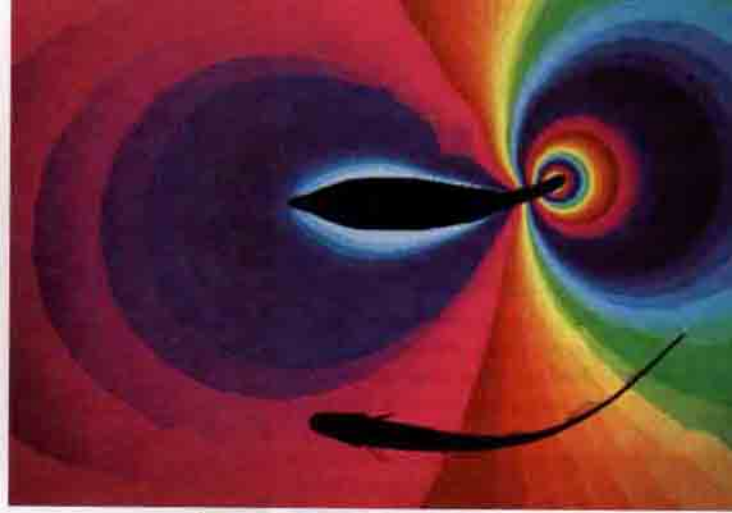
Daha sonra, yüzyılın ortalarına doğru Alman bilim adamı Gustav Kramer, kuşların güneşi bir pusula gibi kullandıklarını gösterdi. Nobel ödül sahibi Avusturyalı Karl von Frisch, balınlarının gökyüzündeki polarize ışık örüntülerine göre yönlerini bulduklarını saptadı. Amerikalı Donald Griffin, yarasaların avlarını yakalamakta yansıyan sesteyarlandıklarını kanıtladı. Bütün bu araştırmaların ortak yönü hayvanların algı mekanizmalarının insana göre daha çeşitli ve duyarlı olduğunu sonucuna varmalarıydı.

Yenilerde yapılan araştırmalar, nörobilimlerin, mikrobiyolojinin, biyoakustikğin tekniklerinden ve fiziğin elektrik, manyetizma gibi temel kavramlarından yararlanarak karada, suda ve havada yaşayan birçok hayvanın inanılmaz derecede hassas duyu-lara sahip olduğunu gösterdi:

- Göç eden bir güvercin, yükseklikte meydana gelebilecek milimetrik değişimleri hissedebilir. Güvercinler aynı zamanda morötesi ışınları görebilir ve binlerce kilometre uzaklıktan, rüzgârın deniz yüzeyinde ya da dağ yamaçlarında gezinirken çıkardığı çok alçak frekanstaki sesleri duyabilir.

- Bir balarısı, dünyanın manyetik alanında meydana gelen ve ancak en duyarlı manyetometrelerin ölçebildiği infinitesimal (sonsuz derecede küçük) değişimleri fark edebilir.

Karanlık sularda yaşayan bir tür balık, çevresini algılamak için elektrik akımındaki dalgalanmaları kullanıyor. Bilgisayarda elde edilen görüntüdeki renk şeritleri aynı voltaja sahip bölgeleri tanımlıyor. Balık, elektrik akımı üreterek öne ve arkaya doğru yayımlar. Elektrik alanına giren bir davetsiz misafir akımda değişiklikle yol açar ve balık, derisinde bulunan gözenekler yardımıyla bunu algılar.



- Bir köpekbalığı 5 nanovolt/santimetrelilik bir elektrik alanını algılar.

Öte yandan bilim adamları, algıdaki bu duyarlıkların mutlaka yön bulmada kullanılıyor olması gerektiğini belirtiyor.

Pittsburg Üniversitesi'nden Melvin Kreithen'e göre, duyarlıkların saptanması sadece ilk adımı oluşturuyor. Posta güvercininin davranışını gözlemleyen bilim adamı, elde ettiği verilerden, kuşların yeryüzünün manyetik alanını kullandığı sonucuna varır. Ancak Kreithen, bu aşamada sorulması gereken yeni soruların ortaya çıktığını belirtiyor: "Hayvan bu bilgiyi hangi organıyla algılıyor? Gerçekten de yön bulmada kullanıyor mu?" Kreithen'e göre, "Araziye çıkmalı ve son aşamada bu duyarlığın yön bulmada nasıl kullanıldığını göstermeliyiz."

Her izci bilir, yön bulmak için bir pusulaya bir de haritaya gereksinim vardır. Harita insana nerede olduğunu, pusula ise gideceği doğrultuyu gösterir. Konumu ve doğrultuyu belirleyen bu dizge hayvanlarda nasıl çalışıyor? Bu sorunun yanıtı kuşkusuz tek değil; yapılan araştırmalar farklı hayvan türlerinin, benzer verileri kullansalar bile, yön bulmada kendilerine özgü yöntemler geliştirmiş olabileceklerini gösteriyor.

Tunus'un Akdeniz kıyısındaki Maharés yakınlarında yaşayan siyah bir çöl karıncası (Cataglyphis bicolor), sabah güneşinin yükselmesiyle 70 °C'ye kadar yükselen çöl kumunun sıcaklığında, ısıya kendileri kadar dayanıklı olmayan başka böceklerin ölümlerini aramak için yuvalarından çıkarlar. Bu uzun bacaklı çöl yaratığı istediğinde saniyede 1 metre yol katedebilir.

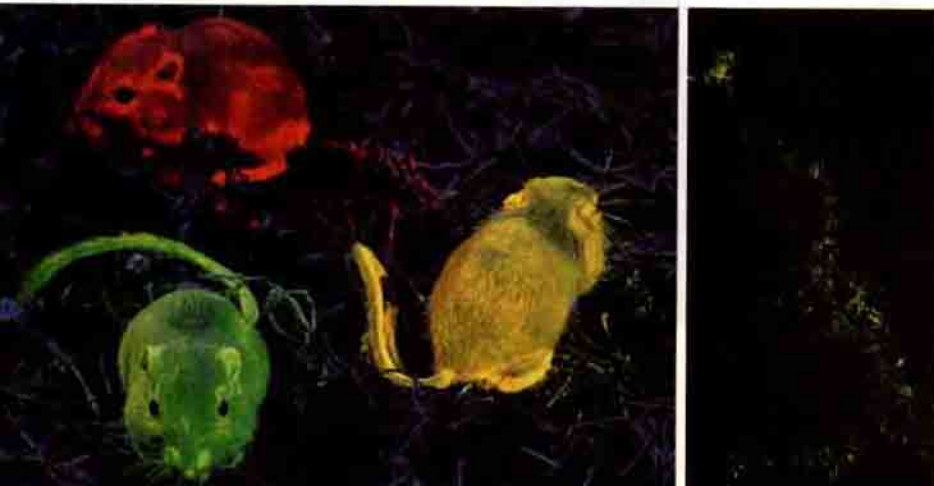


"Karınca, yuvasından başlayarak 200 metre çapa kadar varabilen bir alanda sık sık durarak ve olduğu yerde dönerek dolambaçlı bir yol izler" diyor bir araştırmacı. "Bu zikzakların bütün karmaşıklığına karşın, aradığını bulduğunda hemen yuvasına doğru düz bir çizgi boyunca yola koyulur."

Arazide yön belirlemeye yarayan işaretlerin azlığı düşünüldüğünde, karıncanın bashedığı ışın oldukça büyük bir gizemi olduğu daha iyi anlaşılır. Araştırmalar, karıncaların gökyüzünü bir pusula gibi kullandığını ve görsel düzeneklerinin özellikle polarize ışık örüntülerine duyarlı olduğunu gösterdi.

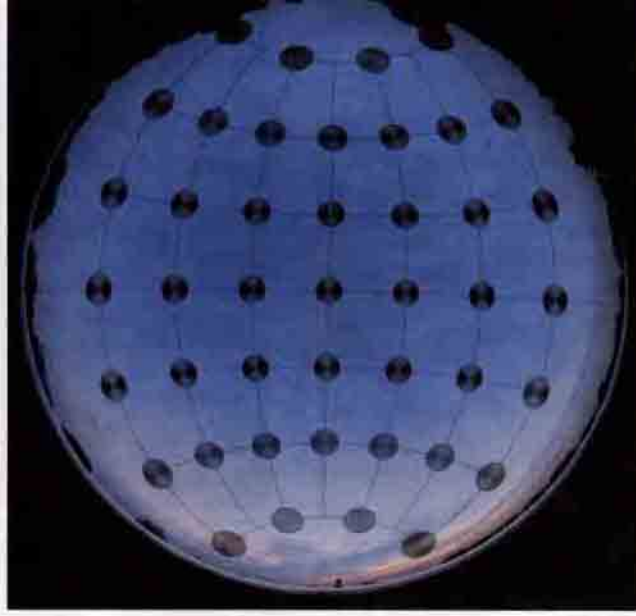
Bu örüntüler, güneş ışığının dünya atmosferine girerken hava molekülleri ve diğer parçacıklara çarparak her yöne dağılmasıyla oluşur. Bu dağılıma daha çok mavi ve morötesi dalga boylarında görüldüğü içindir ki, gökyüzünü mavi olarak algılarız. Dağılıma, polarizasyona yol açar - birçok düzlemde titreşen ışık sadece bir düzlemde titreşmeye başlar. Sonuçta en güçlüsü güneşe her zaman 90 derece açı yapan belirgin polarizasyon örüntüleri oluşur.

İnsan gözünde bir, çöl karıncalarında ise bin merceğe ögesi vardır. Zürih Üniversitesi biyologlarından Rüdiger Wehner ve çalışma arkadaşları, Viyana'daki laboratuvarlarında





Polarize ışık örüntüleri birçok böceğe yön konusunda ipucu verir. Örüntüleri insanın görebileceği bir biçime getirmek için tasarlanan, pleksiglas maddesine gömülü "görünmez açılan pencereler" de beliren pervane biçimleri, güneşin battığı yere göre yön değiştirirler. Balarları ve çöl karıncaları, gözlerinde bulunan özel hücreler yardımıyla örüntüleri algılayarak, güneşi göremeseler de yerini saptayabilirler.



bilmek için bir portakalın ortasına geçirilmiş bir mıknatıs varsayalım" diyor. Portakal dünyadır, mıknatıs ise dünyanın çekirdeğinde hareketli halde bulunan ergimiş demir. Manyetik alan, dünyanın içinden, okyanuslarından ve atmosferinden geçerek bir kutuptan diğerine ulaşan oval biçimde akış çizgileri olarak tanımlanabilir.

Akış çizgileri jeomanyetik ekvatorda yatay durumdayken, kuzeye ve güneye doğru ilerlendiğinde yerkabuğuyla gittikçe daha dik

açılarla -eğim açıları- kesişir hale gelir. Açının 90 dereceye ulaştığı yerler, pusulanın ibresinin gösterdiği ve aslında coğrafi kutuplardan yüzlerce kilometre uzakta bulunan kuzey ve güney manyetik kutuplardır. Manyetik alanın şiddeti buralarda Ekvator'a oranla çok daha büyüktür.

Kuramsal olarak, alanın şiddetini ve eğim açısını saptayabilen bir organizma için bu bilgiler yön bulmakta kullanılabilir; ne var ki, manyetik alanın şiddeti dünyanın yüzeyinde çok düşüktür -çocukların oyuncak mıknatıslarının kutbunda bulunanın binde biri oranında. Hangi canlı bunu algılayabilir? 1975'te bir Ağustos günü, Massachusetts Üniversitesi'nde mikrobiyoloji alanında yüksek lisans öğrencisi olan Richard Blakemore mikroskoba baktığında böylesi canlılardan milyonlarcasını gördü. Woods Hole'daki bir birikintiden alınan çamur örneğindeki bakterileri inceleyen Blakemore, bir kısım örneği mikroskop lamına yerleştirdiğinde şaşırtıcı bir görüntü ile karşılaştı: Bakteriler topluca lamın kuzey ucuna doğru yüzüyordu. Blakemore çalışma arkadaşlarına "kuzey-arayan bakterisi buldum" diyerek şaka yapıyordu.

Olan biteni anlamaya çalışan genç bilim adamı, ışığın etkisini ortadan kaldırmak için önce mikroskobu örttü, olduğu yerde yönünü değiştirdi ve sonra da başka bir odaya taşıyarak bakterileri şaşırtmaya çalıştı. Bütün çabasına karşın küçük grup -bir su damlasında 15 milyon bakteri bulunabilir- aynı doğrultuda topluşuyordu.

Lama bir mıknatıs yaklaştırıp hareket ettirdiğinde inanılmaz bir olaya tanık oldu: Bütün bakteriler hep birden oradan oraya yer değiştiriyor, mıknatısın bir ucuna yanaşıp diğerinden kaçıyorlardı. Blakemore daha önce kimsenin kayda geçirmedeği bir durumu karşı karşıya olduğunun farkına vardı.

Harvard'dan Nobel ödüllü Edward M. Purcell, bir deney önerdi: Bakterileri kısa bir manyetik akımla yeniden yükleyip yön değiştirip değiştirmediklerini gözlemlemeyi

ya çalıştığımız, belki de attığı adımların hesabını tutan karıncanın uzaklıkları nasıl ölçtüğünü bulmaktı. Karınca, pusula yönü ve aşılacak uzaklığı bulurken aslında insanlar tarafından yüzyıllardır yararlanılan kolay bir hesaplama yöntemini kullanıyor. Öte yandan karınca için yanlış hesap, çöl güneşi altında bir saatten kısa sürede ölüm anlamına gelir."

Pusulasız Yön Bulmak!

İlk kez Rus doğabilimci Aleksandr Middendorf tarafından 1950'lerde ortaya atılan, hayvanların yön bulmakta dünyanın manyetik alanını kullandıkları fikri, yön bulma kuramları tarihinde en kalıcı ve en tartışmalı olanlardan biridir.

Cornell Üniversitesi'nden Charles Walcott "manyetik alan hakkında bir fikir edine-

karıncanın her bir gözünde, gökyüzünün farklı noktalarından gelen morötesi spekttrumdaki polarize ışığı algılayan 80 merceğin bulunduğunu saptadılar. "Bir mercecek 180 dereceye, diğeri 270 dereceye duyarlı ve böylece sürüp gidiyor" diyen Wehner'e göre karıncanın gözündeki bu düzenek, polarizasyon örüntüsünden yararlanarak bir çeşit gök haritası çıkarıyor, "Karınca durduğunda, örüntüye kilitlenebilmek için başını olduğu yerde hareket ettirir. Bu sayede hayvan yuvaya dönüş yolu için gerekli yön hesabını yapar. Ve bunu sürekli olarak tekrarlar. Eğer karınca yuvasını bulamazsa, birtakım dairesel hareketlerden oluşan bir arama yöntemi-ne başvurur ve genelde amacına ulaşır."

Wehner, bu yöntemi Maharés'de denemek için çim biçme makinesine benzer hareketli cam plakalar için kazağı olan bir araç yaptı. Araç, altında bulunan karıncaya ulaşan polarize ışığın yönünün ve miktarının kontrol edilebilmesini sağlıyordu. "Yapma-

Çöl karıncalarını konu alan bir araştırmada kullanılan aygıtın altındaki karıncanın hareketleri, yere çizili ızgara referans alınarak izleniyor. Güneşi doğrudan görmesini engelleyen gölgeliğe karşın, karınca yönünü saptayabilir. Yapılan araştırmalar, karıncaların ikincil bir yön bulma yöntemi olarak, insanların görmediği morötesi spektrum da içinde olmak üzere renk örüntülerini kullandığını belirledi. Karıncalar uzaklığı nasıl saptar? Yuvasından çıkan karınca kendini



besegen bir kutunun içinde bulur. 10 metrelik kanalda ilerleyen hayvana bir parça yiyecek verilir ve ardından diğer kanala yerleştirilir. Yuvasına geri dönmek üzere yola çıkan karıncaların birçoğu 10'uncu metrede durup yuvasını aramaya başlar.



önerdi. Scripps Okyanus Bilimleri Enstitüsü'nde biyoelektrik ve manyetizma alanında çalışan Adrianus Kalmijn, deneyin yapılmasına yardımcı oldu. Sonuçta bakteriler yönlerini tam tersine çevirmiş, manyetik kutup çevrildiğinde de U dönüşü yapmışlardı. Ölü olanları bile yönlerini değiştirmeye devam etmişti.

Bir elektron mikrofrafisi bakterinin içinde küçük bir yoğun madde zincirini ortaya çıkardığında, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Richard Frankel bunun bir zamanlar pusula iğnelerinde kullanılan manyetik ya da başka bir deyişle mıknatıs taşı olduğunu belirledi.

Organizmalara Aquaspirillum magnetotacticum adını veren Blakemore, "bunlar birer yüzen mıknatıs" diyor. "Manyetit, bakterilere manyetik alana göre yön verir." Akış çizgilerinin eğimi kutuplara yaklaştıkça arttığına göre "bakteriler gitmek istedikleri yere doğru, çamurun aşağılarına yönelir." Hareket etmek için flagellumlarını -her uçta dakikada 300 kez dönen küçük kamçılar- kullanır.

Aquaspirillum nispeten edilgin bir yön bulucudur. Hareket halinde olan canlıların manyetik alanı kullanmada daha etkin yolları olmalıdır. Bu konuda, köpekbalıkları ve vatozlar gibi keski-solungaçlılar üzerinde uzun süredir çalışmalar yapılıyor.

17. yüzyıl İtalyan anatomi uzmanlarından Stefano Lorenzini, köpekbalığını incelediğinde, hayvanın baş kısmındaki deliklere jöle benzeri bir maddeyle dolu kanallarla bağlanan küresel yapıların işlevi konusunda kararsız kaldı. Lorenzini ilk anda bunların salgı bezleri olduklarını düşündü, ancak kanal duvarlarının kalınlığını, "bizi başka, daha gizli bir işleve yönelik oldukları konusunda şüpheye düşürdü, çünkü doğa hiçbir zaman rastlantısal olarak hareket etmez" şeklinde yorumladı.

Şekilleri yüzünden, yapılar Lorenzini ampulleri olarak biline geldi. Ancak işlevleri

1958 yılında Kalmijn, daha sonra da Utrecht Üniversitesi'nde bir yüksek lisans öğrencisinin yaptığı tez çalışmalarına dek tam olarak anlaşılammıştı.

Kalmijn'in deney tanklarında bir tür küçük köpekbalığı (Scylliorhinidae) kumun altına saklanmış bir dil balığından yayılan elektrik alanını farkettiğinde, aniden saldırıp kumun içinde avını yakalamıştı. Dil balığının yerine kuma elektrodlar gömüldüğünde köpekbalığı elektrodların yerini şaşırtıcı bir hassasiyette buluyordu. Bu deney, köpekbalığının ve diğer keski-solungaçlıların, Lorenzini ampullerini (hayvanlar dünyasında bilinen en duyarlı elektrik ölçme aygıtı) kullanarak 5 nanovolt/santimetrelilik elektrik alanlarını algılayabildiğini kanıtladı. Köpekbalığının bu yetisini göstermek için Kalmijn, şu örneği veriyor: "Okyanus tabanına birbirinden 3 000 kilometre uzakta iki elektrod yerleştirip 1,5 voltluk adı bir pille besleyelim. Bu çok düşük bir elektrik alanına karşılık gelir. Ancak elektrodların arasına giren her köpekbalığı niyetinizi anlar."

Kalmijn daha sonra köpekbalıklarını bir denizsuyu tankına koyar ve tankın doğu bölgesinde yiyeceklerini bulma konusunda eğitir. Tankın çevresini, Helmholtz Bobini adıyla bilinen bir tel aygıtla sarar. Tellere verilen elektrik, dünyanın manyetik alanını etkisiz hale getirmeyi ve yerine başka bir alan koyabilmeyi olanaklı kılar. Doğuyla batının yerini değiştirdiğinde hayvanlar, tankın içindeki konumları ne olursa olsun hep manyetik doğu tarafına yönelirler.

Keski-solungaçlıların, örneğin bir leopar köpekbalığının dünyanın manyetik alanına göre yönünü bulmakta elektrik duyarlılığından yararlanıp yararlanmadığı ise başka bir araştırmanın konusu.

California'daki Bodega Deniz Laboratuvarı'ndan A. Peter Klimley bir başka varsayım üzerinde duruyor: California Körfezi'ndeki bir deniz tepeciğinin yakınlarında

yaşayan çekiç balıklarının (Sphyrna ziganena), yer kabuğundaki demir miktarına göre değişen çok küçük jeomanyetik eğimler doğrultusunda -manyetik otoyollar- hareket ettiklerini farkettiler. Bu yerel manyetik alanlar, dünyanın asıl manyetik alanından ayırt edilebiliyordu.

Klimley 30 metreye, bir çekiç köpekbalığı sürüsünün içine serbest dalgıç yaparak ve içlerinden birinin sırtına, bir zıpkın yardımıyla verici yerleştirdi. Yüzeyde bir tekne sürekli olarak günbatımında avlanmak için aynılıp sabah geri dönen balığı izliyordu.

"Hayvan 19 kilometre uzaklaştığı ve tekrar geri dönüp geldiği ilk yolu gördüğünde, kendi kendime evreka dedim. Köpekbalığının izlediği yollar her zaman düz değil, ancak doğrusaldır. Hayvanlar giderken ve gelirken hep aynı yolları kullanıyor gibiler. Bu da yönlerini basit, temel bir takım öğelere, kanımca deniz tabanındaki manyetik eğime göre bulduklarını gösteriyor."

Klimley köpekbalıklarının bu küçük eğim farklarını ölçebilme yetilerini "olağanüstü, belki de bildiğimiz hiçbir aygıt tarafından ölçülemeyecek derecede duyarlı" olarak nitelendiriyor.

İleri sürdüğü varsayımı kanıtlamak amacıyla Klimley, çalışmalarını genişleterek deniz tabanının jeomanyetik özelliklerini anlamak ve yakalanan köpekbalıklarını yeni yerlerde salıverip güçlü manyetik eğim alanları -"otoyollar"- arayışında olup olmadıklarını gözlemlemek istiyor.

Işık, Gölge, Koku

Sahildeki yuvasında yeni yumurtadan çıkmış kaplumbağa yaşamsal bir soruyla karşı karşıyadır: Su nerede? Florida'da Atlantic Üniversitesi'nden biyolog Michael Salmon, "geçerliğini koruyan varsayım yavru kaplumbağanın, gördü-



Gece yol alan bir kuş manyetik verileri olmaksızın yolunu bulabilir mi? Araştırmacı Kenneth P. Able yıldızları görebilecekleri bir şekilde kanık kapılara yerleştirdiği Savannah serçelerinin yerel manyetik alanı algılamalarına engel olmak için bir elektrik bobini kullanıyor. Kuşlar, manyetik alanın yokluğunda bile yönlerini bulabiliyor. Kabin ortasına yerleştirilmiş mürekkepli bölgeden sıçrayan kuş normal göç yolu doğrultusunda izler bırakıyor.



Şekerli su ve bal içeren kaba yönelen arılar, uçarken kolay farkedilebilmeleri için pembe boya ile işaretleniyorlar. Bilim adamları, yiyecek bulan arının yuvaya dönerken, yol üzerinde belirleyici birtakım işaretleri kullandıklarını saptadılar. Kovana yeni giren arı (50 numara) vücut hareketlerini kullanarak, ilgiyle izleyen diğerlerine bulunduğu yiyeceğin yeri ve uzaklığı konusunda bilgi veriyor. Arının yaptığı dansın güneşe göre doğrultusu yiyeceğin rotasını, süresi ise uzaklığı betimler.

ğü dünyanın daha aydınlık olan tarafına, deniz ufkuna doğru yöneldiği yolundadır.”

Konuyu araştıran Salmon, laboratuvarında kumsalın aydınlık ve karanlık alanlarına karşılık gelen yapay bir ortam oluşturarak Karet (Caretta caretta) ve deniz kaplumbağalarının (Chelonia mydas) yumurtadan çıktıktan hemen sonra ışığa ve kumsal eğimine nasıl tepki verdiklerini incelemiştir.

Salmon, “En önemli etmen bitki örtüsünün ve kum tepçiklerinin koyu silüeti” diyor. “Yavrular bu nesnelere uzaklaşmaya çalışırken denize yönelmiş oluyor.” Aynı zamanda sahilin eğimi deniz kaplumbağaları için ikincil bir ipucu iken kareleri etkilemediği saptanmış. Işık durumu ise yalnızca eğimin az, silüetlerin zayıf olduğu durumlarda devreye giriyor.

Kaplumbağaların suyun içinde yön bulma yetisine ilişkin hiçbir açıklama bulunmuyor. Örneğin deniz kaplumbağaları Ascension Adası ile Brezilya arasında 4 500 kilometre gibi inanılmaz bir uzaklığı aşıp geri dönüyorlar. Salmon’un kuramı, hayvanların yön bulmada alizelerin bu kuşağında hemen hemen sabit bir yöne sahip dalga hareketini ve buna bağlı olarak da dünyanın manyetik alanını kullanıyor olabilecekleri savını ileri sürüyor. Bir başka iddia hayvanların koku alma duyusunu kullanıyor olabilecekleri yolunda; bu da sözü tekrar alabalıklara getiriyor.

Amerikalı bilim adamı Arthur Hasler, Karl von Frisch’in Schreckstoff adını verdiği korku anında salgılanan bir maddenin golyan balığı (Phoxinus phoxinus) tarafından koku yoluyla kullanılıyor olmasına ilişkin buluşunu ilgiyle karşılamıştı. Von Frisch’e göre, yırtıcı bir canlı tarafından saldırıya uğrayan ve derisi yara alan bir balık bu kimyasal maddeyi salgılar; kokuyu alan sürüdeki diğer balıklar hemen dağılır.

Konuyu araştırmaya başlayan Hasler, 1954’te çalışma arkadaşı Warren Wisby ile birlikte Washington Eyaleti’ndeki Issaquah Deresi’nde yaptığı gözlemlerde burunları

pamukla tıkanmış “coho” alabalıklarının akıntıdaki son derece önemli bir sapağı atladığını belirledi. Oysa diğer balıklar bu hatayı yapmamıştı. Hasler şu sonuca vardı: Koku, alabalıkların yuvalarını bulmalarında önemli rol oynar ve her ırmağın kendi toprağına ve florasına özgü bir kokusu vardır.

Bazı bilim adamları, burunları tıkanan coho alabalıklarının bundan etkilenmiş olabileceği eleştirisine yanıt olarak Hasler, göçe hazırlık aşamasında fizyolojik değişimler geçiren genç balıkların kimyasal bir maddeyle karşı karşıya kaldıklarında, geri dönüş yolunda içinde aynı madde bulunan dereyi seçip seçmeyeceklerini sinamaya karar verdi.

Deney için zehirli ya da kirlenmiş olmayan, kolay bulunan, kararlı bir maddeye ihtiyaç vardı. Aynı zamanda, alabalıkların kokusunu alabilecekleri kimyasal özellikte olmalıydı. Sonuç olarak morfolinde karar kılındı.

Hasler, Wisconsin üretme çiftliklerindeki genç alabalıkları morfoline maruz bıraktıktan sonra, hayvanları Michigan Gölü’ne

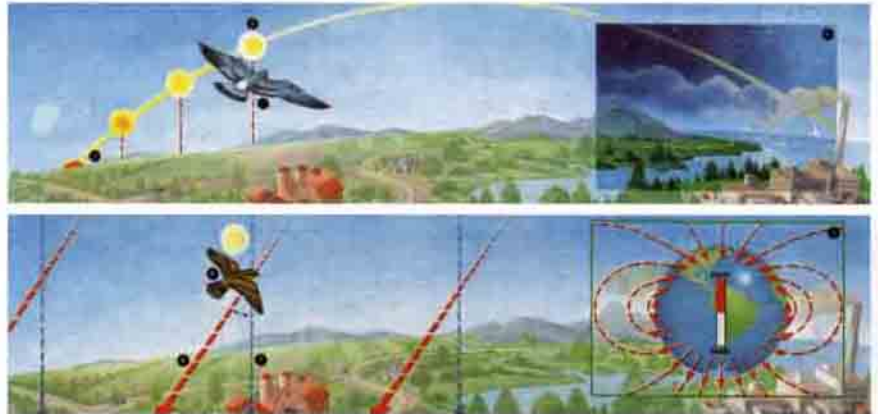
taşıdı. “Kendi ırmaklarına dönemezlerdi” diyen Hasler göle dökülen birkaç akarsuya morfolin katar. “Yüzgeçleri işaretli binlerce coho bu akarsulara akin etti.”

Kalıtım mı, Çevre mi?

Norveçli biyolog Hans Nordeng, Salangen Irmağı’ndaki çeşitli alabalık türleri üzerinde yaptığı gözlemlerde, yön bulmanın genetik kökenlerine ilişkin ipuçları elde etmişti. Balıklara işaret koyarken Nordeng, genç balıkların ırmaktan aşağı yüzmelerinin hemen ardından, göç eden ergin balıkların yukarı doğru geldiklerini belirlemişti. Genç balıklar, yuvalarına dönmeye çalışanları uyaran birşey yapıyor olmalıydılar. Belki de alabalıklar genetik özellikleriyle bağlantılı özgün bir koku yayıyorlardı.

Bu varsayımı doğrulamak için Nordeng alabalıkları Salangen Irmağı’ndan alıp 850 km uzaklıktaki bir üreme çiftliğine taşıdı. Burada yeni bir nesil üretildi ve 4 yıl sonra, artık büyümüş olan yavrular Salangen Fiyordü’ne salıverildi. Nordeng’in kuramı, balıkların daha önce hiç bulunmadıkları, ancak atalarının yaşamış olduğu akıntıyı özgün kokusundan bulabileceklerini öne sürüyordu.

Alabalık üretiminde Avrupa ve Kuzey Amerika’da yaşanan hızlı artış, hayvanların yön bulma yetisine yapabileceği olumsuz etkiler nedeniyle birçok araştırmacı gibi Nordeng’i de endişelendiriyor. “Norveç kıyılarında her yıl, en az 2 milyon melez alabalık üreme kafeslerinden kaçıyor. Bu balıklar



Bazı hayvanların her kış ortadan kaybolması insanları garip düşüncelere yöneltmiştir. M.Ö. 4. yüzyılda Aristoteles, bazı kuşların kış uykusuna yatmaları savını ortaya attı. 1950’lerdeki bilimsel buluşlar, kuşların güneşi pusula gibi kullandığını ve içsel bir saat yardımıyla gökyüzündeki değişen konumuna göre ayarlamalar yapabildiğini gösterdi. Yukarıdaki gösterimde, güneşin doğduğu yeri (2) belleğin güvercini (1), yönünü saptarken daha sonraki konum değişikliklerinden (3) etkilenmez. Geceleri ise (4) yıldızların konumu, çam ağaçlarının ya da başka çevre öğelerinin kokusu, rüzgârların çıkardığı, inanılmaz uzaklıklar aşabilen alçak frekanslı sesler göç yollarına rehberlik eder. Kuşlar rüzgârın yönünü saptamak için dumana gereksinmezler; orta kulaklarında bulunan bir basınç duyaracağı, beraberindeki rüzgârlarla yaklaşan hava cephesini algılayabilir. Merkezindeki ergimsi demirin neden olduğu dünyanın manyetik alanı (5) bir çubuk miktatista gösterilmiştir. Eğim açısı olarak adlandırılan alan çizgilerinin yaptığı açı, kutuplara yakın enlemlere göre gittikçe dikleşir. Sonbaharda Güney Amerika’ya doğru göç yolculuğuna çıkan piriç kusu (6), kuramsal olarak bulunduğu enlemi, yerçekimi doğrultusunda (7) yerel manyetik alan eğim çizgisini (8) arasından değişen açıyı algılayarak bulur. Ne var ki bu kuram, hayvanın boyutunu nasıl algıladığı konusunda bir açıklama getirmez.

vahşi olanlarla çiftleşip, akarsulara göç ediyor. Hayvanların genetik yapılarıyla dolayısıyla da yön bulma yetileriyle oynuyoruz. Sonuç, vahşi alabalıklar için bir felaket olur, çünkü günün birinde yavruları kendi akarsularına dönemeyebilir.”

Max Planck Enstitüsü'nden biyolog Peter Berthold da yetiştirdiği genç kuşların yön, zamanlama ve uzaklığa ilişkin genetik programlara sahip olduğunu gösterdi. Bu sayede genç kuşlar ergenlerin yardımı olmaksızın hedeflenen yere ulaşabilecekti.

Avrupa'da bulunan birkaç karabaş küçük-kötleşen popülasyonundan alınmış örnekler birbirleriyle melezleniyor. Bir popülasyona ait kuşlar hiç göç etmezken, başka birinin üyeleri Orta Afrika'ya uçuyor; son grup ise kışı arada bir yerde geçiriyor.

Çalışma sırasında güneydoğuya göç eden bir gruptakilerle, güneybatıya seçen diğerindekiler melezlendi. Ortaya çıkan yeni nesil güneye uçtu. Yerleşik yaşam süren karabaşların yavruları göç etmeye başlamıştı.

1957'de tamamlanan 10 yıllık bir çalışmada da benzer bir sonuç elde edilmişti. Kuzeydoğu Avrupa'dan İngiltere ve Fransa'ya göç etmekte olan 11 000 sığırcık (*Sturnus vulgaris*) Hollanda'dan geçerken araştırmacılar tarafından yakalandı. Kuşlar yüzlerce kilometre uzağa, İsviçre'ye taşındı. Burada serbest bırakılan kuşlar arasında genç olanlar, yakalanmadan önceki doğrultuda yollarına devam ederek Güney Fransa ve İspanya'ya ulaştılar. Öte yandan, daha deneyimli ergen sığırcıklar yer değişiminin etkisini telafi etmeyi başarıp, geleneksel kışlama alanlarına ulaştı. Kuşların daha önce hiç

Görmesini engellemek amacıyla gözlerinin önüne yerleştirilmiş opak merceklerle karşı, güvercin sürünün yakınlarına dönmeyi başarıyor.



bulunmadıkları bir yerden yola çıkarak gitmek istedikleri yere ulaşmış olmaları, hayvanların nerede olduklarına ilişkin bilgi veren bir haritaya ve yönlerini saptamakta kullandıkları bir pusulaya sahip olduklarının somut bir kanıtı.

Araştırmacılar güvercinlerin doğrultu saptama yetileri konusunda kısmen ortak bir görüşü paylaşıyorlarsa da, haritada konum belirlemeye karşılık gelen, böylesine kusursuz bir algı düzeneğini nasıl geliştirmiş olabilecekleri hakkında tatmin edici bir yaklaşımın varlığından söz edemiyorlar. Başlıca iki varsayım, hayvanların dünya üzerindeki yerlerini kokuya ve manyetik verilere göre olduklarını savlayan yaklaşımlar.

Güvercinin koku alma duyusu diğer kuşlara oranla ortalama sayılırsa da, rüzgârla taşınan kokuları tanımasını sağlayan harika bir hafızası bulunduğu sanılıyor. Güvercin farklı kokuların geldiği yönleri bakarak, edindiği bilgileri kendisine bir koku haritası çıkarmakta kullanır. Yeni bir ortama salverildiğinde de yönünü saptamak için güneşi, yerini belirlemek için de rüzgârın taşıdığı kokuları kullanır. Ancak bu kokuları ayırt etmede kullandığı ipuçları tam olarak tanımlanmamış olduğundan bu yaklaşım, bir varsayım olmaktan öteye gidemiyor.

Manyetik verilerin yer bulmada kullanılması, yerin manyetik alanının şiddetinin ve eğim açılarının hayvan tarafından algılanıp, yorumlanmasına dayanıyor. Ancak buradaki sorun, bu verilerin yalnızca enlemlere ilişkin bilgi vermesi; dolayısıyla boyları bilemeyen

hayvanın dünya üzerinde nerede bulunduğunu saptayamayacak olması.

Bu alandaki çalışmalardan bazıları, Blakemore'un keşfettiği manyetik bakterilerde bulunan manyetitın başka canlılarca da kullanılıp kullanılmadığını saptamak üzerinde yoğunlaşıyor. New York Eyalet Üniversitesi'nden Robert C. Beason ve Alman ortağı Peter Semm, her yıl 2500 km yol kateden pirinçkuşunun dünyanı manyetik alanında meydana gelen binde 5 oranındaki değişimi algılayabildiklerini savlıyor. Manyetik bir haritaya dönüştürmekte yararlandıkları bu algı düzeneğinin temelinde manyetik alandaki değişimlere duyarlı görsel sinir hücreleri bulunuyor. Blakemore ve Kalmijn'in Aquaspirillum'a uyguladıklarını bobolinklere yapmayı tasarlayan Beason ve Semm'e göre "Manyetik olarak yeniden yüklenmiş hayvanlar normal olanlardan farklı davranışlar gösteriyorsa bu, kuşun yön bulmada, manyetik verileri sinir uyarılana, manyetit ya da benzeri bir madde kullanılarak çevirdiğini gösterir". 1977'de, Oxford Üniversitesi fizikçilerinden Michael J.M. Leask manyetik algılamının temelinde, hayvanların gözünde bulunan bir foto-alıcının etkin rol oynadığına ilişkin karmaşık bir kuram ortaya attı. Başka bir deyişle, canlıların manyetik alanı "görebileceği" anlamına gelen bu sav, hâlâ tam olarak açıklığa kavuşmuş değil.

Beason, Semm ve Leask'ın ortaya attığı iddiaların ortak yönü, hayvanların algı dünyaları hakkında bize yeni perspektifler sunuyor olmaları. Melvin Kreithen'e göre elimizde bulunan alışlageldik duyu kanalları, hayvanların yön bulma yetilerini tümüyle açıklamaya yetmiyor.

Yüzyılın başında hayvanları renk körü kabul ettik; onların renkleri ayırt ettiğinin anlaşılması bazılarımız için tam bir sürpriz olmuştu. Daha sonraları balıkların duyabildiğini, güvercinlerin morötesi ışığı görebildiğini ve yılanların kızılötesini algılayan duyuları olduğunu keşfettik. Hayvanlar bizi hep şaşırttı. Belki henüz bilmediğimiz, sonraya sakladıkları başka sürprizleri de vardır...

Michael E. Long
National Geographic, 1991
Çeviri: Kuyuş Örs



10 derecelik dilimlere ayrılmış dairesel bir ızgaranın arkasından silvetti görünen sele-mender, kendine bir yol seçiyor. Farklı renkler ya da dalga boyları manyetik yönelimi etkiliyor mu? Hayvanlar, gözlerindeki foto-alıcılar yardımıyla manyetik alanları algılayabilir; bir anlamda manyetik alanı "görebilirler". Bu varsayımı test etmek için, yerel manyetik alanda meydana gelen bir değişimin foto-alıcılardaki elektriksel etkinlikte değişime yol açıp açmadığını gözlemek üzere sineğin gözündeki foto-alıcıya bir elektrod yerleştirmiş. İkinci elektrod referans işlevi görüyor.

