

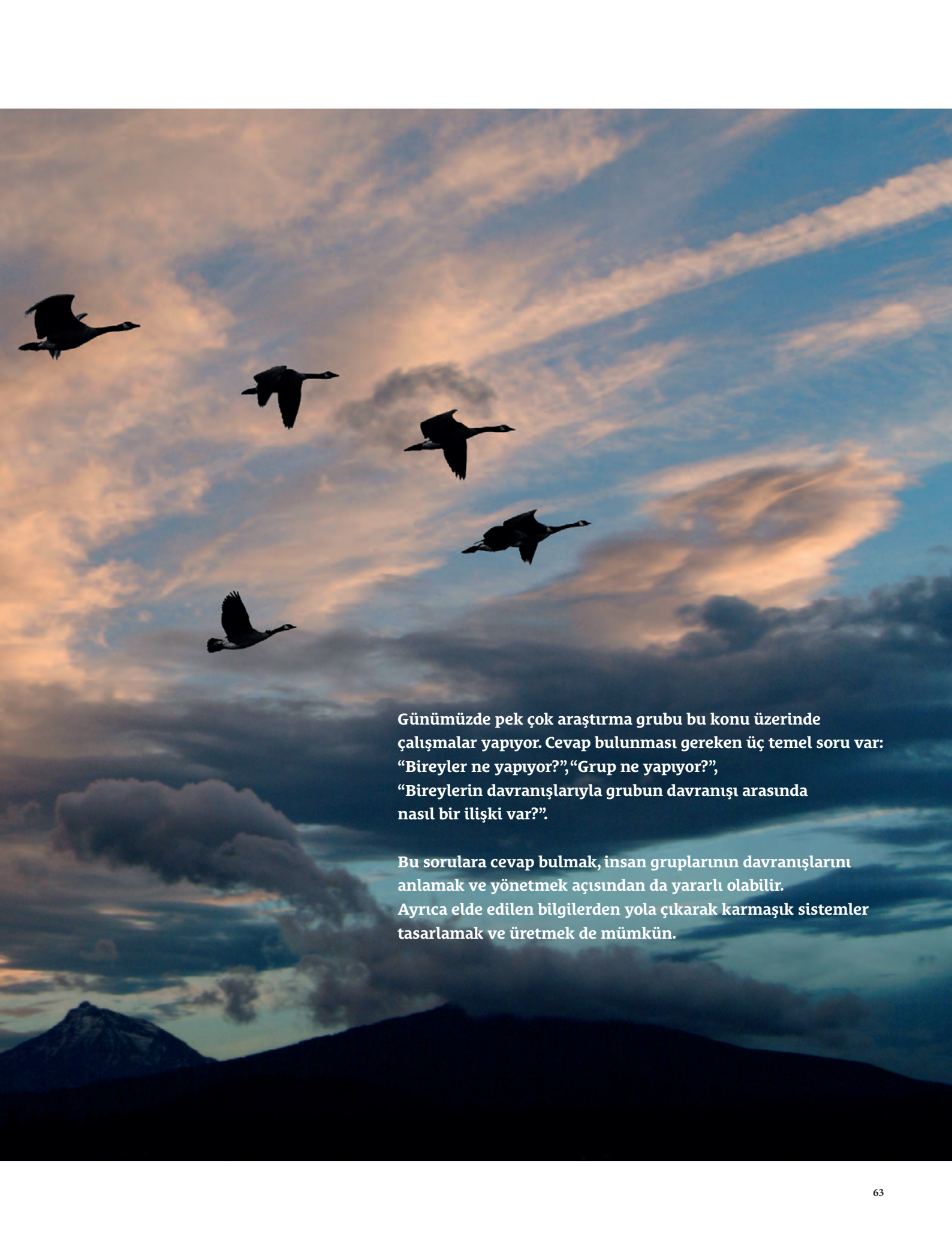


# Hayvan Sürülerinin ve Kümelerinin Kolektif Davranışları

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

**Pek çok hayvan türü doğada sürüler ve kümeler oluşturuyor ve kolektif davranışlar sergiliyorlar. Farklı türlerin oluşturduğu grupların yapılarının ve davranışlarının birbirine benzediği söylenemez.**

**Örneğin arı kümelerinin ve göç eden kuş sürülerinin yapıları ve davranışları birbirinden hayli farklıdır. Ancak hayvanların sürüler ve kümeler oluşturarak kolektif davranışlar göstermesini sağlayan, türden bağımsız genel geçer yasalar olabilir mi?**



Günümüzde pek çok araştırma grubu bu konu üzerinde çalışmalar yapıyor. Cevap bulunması gereken üç temel soru var: “Bireyler ne yapıyor?”, “Grup ne yapıyor?”, “Bireylerin davranışlarıyla grubun davranışı arasında nasıl bir ilişki var?”.

Bu sorulara cevap bulmak, insan gruplarının davranışlarını anlamak ve yönetmek açısından da yararlı olabilir. Ayrıca elde edilen bilgilerden yola çıkarak karmaşık sistemler tasarlamak ve üretmek de mümkün.

## Kümeler, Sürüler ve Kolektif Davranışlar

Hayvan sürüleri ve hayvan kümeleri ifadeleri günlük hayatta eş anlamlıymış gibi birbirinin yerine kullanılabilir. Ancak söz konusu bilimsel araştırmalar olduğunda iki terim arasında belirgin bir ayırım yapmak gerekiyor. Hayvan kümeleri, gruptaki bireylerin toplu halde düzenli hareket etmediği hayvan topluluklarıdır. Örneğin arı kümeleri ya da tatarcık kümeleri gibi. Hayvan sürüleri ise gruptaki bireylerin toplu halde düzenli hareket ettiği hayvan topluluklarıdır. Örneğin göç eden kuş sürüleri gibi.

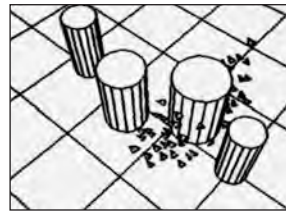
Hayvan kümelerindeki kolektif davranışlarla ilgili bir sebep-sonuç ilişkisini tatarcıklar örneği üzerinden inceleyelim. Tatarcık kümeleri sadece erkek bireylerden oluşur. Uzun antenleri olan bu böceklerin erkeklerinin kanat çırpma hızı dişilerinkinin iki katıdır. Kümeden yayılan yüksek frekanslı sesler, dişileri kümeye çeker.



Tatarcık kümeleri üzerine araştırma yapan bilim insanlarından biri de Stanford Üniversitesi'nde çalışan Prof. Dr. Nicholas Ouellette. Finlandiyalı çevrebilimci 1960'lı yıllarda bir ormanda yerel şarkılar söyleyerek dolaşırken tatarcıkların sürekli yoluna çıktıklarını fark etmiş ve bu durumu sesinin böcekleri kendisine doğru çekmesine yorumuş. Düşüncesinin doğru olup olmadığından emin olmak isteyen Ouellette, konu hakkında deneyler yapmaya karar vermiş. O sralar Ouellette'nin yanında çalışan Dr. Rui Ni, tatarcık kümelerini bir mikrofonla takip ederek kanat çırpma sırasında çıkan sesleri kaydetmiş. Bu sesler bir hoparlörle böceklere dinletildiğinde davranışlarında sıradışı şeyler gözlemlenmiş. Ses artırılıp azaltıldığında kümedeki tatarcık yoğunluğunun en yüksek olduğu bölgenin değiştiği, hoparlörden dışı tatarcık sesi verildiğindeyse kümenin tamamının uçup hoparlörün üzerine konduğu görülmüş.



Prof. Dr. Nicholas Ouellette

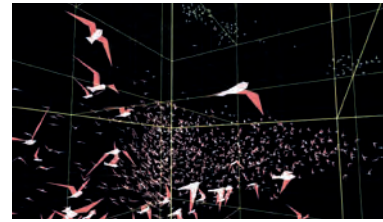




## Kuramsal Modeller

Craig Reynolds isimli bir bilgisayar mühendisi, 1980'lerde "Boids" olarak adlandırılan kolektif davranışla ilgili bir program geliştirdi. Adını İngilizcede kuş benzeri anlamına gelen bird-oid ifadesinden alan programın temel çalışma ilkesi gayet basit. Kümedeki her bir birey bir nokta ya da bir parçacık olarak ele alınıyor. Bireyler birbirlerine çok yaklaştıklarında çarpışmamak için birbirlerinden uzaklaşıyorlar, birbirlerinden çok uzaklaştıklarındaysa kümenin içinde kalmak için birbirlerine yaklaşıyorlar. Ayrıca karşı cinsten bireylerden oluşan gruba doğru hareket edebiliyorlar. Parametrelerde ufak değişiklikler yaparak tatarcık, karınca ya da çekirge gruplarındaki davranışların benzetimi yapılabilir.

Boids programı çeşitli sinema filmlerinde hayvan davranışlarını canlandırmak için de kullanıldı. Örneğin *Batman Geri Dönüyor* filminde yarası sürülerinin hareketleri, *Yüzüklerin Efendisi* üçlemesinde de savaşçıların hareketleri Boids programı kullanılarak canlandırıldı. Ouellette'ye göre Boids programındaki benzer modeller hayvan gruplarının davranışlarını açıklamak için çok basit kalıyor. Çünkü bu modellerin varsaydığı aksine hayvan davranışlarını birkaç parametreye bağlı olarak doğrusal biçimde değişen olgular olarak ele almak doğru değil. Ouellette'ye göre yapılması gereken, önce bir model oluşturup sonra bu modelin ne ölçüde fiziksel dünyayı doğru bir biçimde resmettiğine bakmak değil, tam aksine eldeki verileri analiz ederek bu verileri açıklayabilecek en iyi modelleri oluşturmak olmalı.

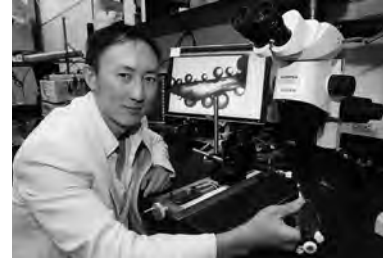


## Güncel Araştırmalar

Günümüzde hayvanlardaki kolektif davranışlar üzerine çalışmalar yapan araştırmacılar, konuya bir fizikçi gibi yaklaşarak termodinamikten, malzeme biliminden, parçacık modellemekten ve istatistiksel mekanikten yararlanarak bir çözüm bulmaya çalışıyor. Örneğin Prof. Dr. Nicholas Ouellette'nin laboratuvarında yapılan deneylerde ortam koşullarındaki değişikliklere tatarcık kümelerinin verdikleri tepkiler gözlemleniyor. Saniyede yüzlerce fotoğraf çekebilen kameralar yardımıyla kümelerdeki her bir böceğin hareketleri takip ediliyor. Tatarcık kümelerinin oluşumunu tetikleyen şey ışık olduğu için, laboratuvarında otomatik olarak günde iki kez bir saat süreyle yanan bir lamba düzeneği kurulmuş. Tatarcıkların üzerinde kümelenmediği doğal şeyler -örneğin ağaç kökleri ya da su birikintileri- yerine siyah renkli kumaş parçaları kullanılıyor. Lamba her yandığında onlarca tatarcık kumaş parçalarının üzerinde kümeleniyor. Deneylerden birinde yan yana konulan iki kumaş parçası yavaş yavaş ayrıldığında üzerindeki kümenin de ikiye ayrıldığı görülmüş. Bu durum kümenin malzemelerin esnekliğine benzer bir özelliğe sahip olduğu şeklinde yorumlanıyor. Yakın zamanlarda yapılan bir başka deneyse tatarcık kümelerinin sıvı-gaz faz dengesine benzer bir özelliğe sahip olduğunu gösteriyor. Kümenin merkezi kararlı bir yoğun faz gibi, dış kısımlarıysa gaz fazı gibi davranıyor. Tatarcıklar, tıpkı sıvı-gaz dengesindeki moleküller gibi, bu iki faz arasında gidip gelebiliyor.

Georgia Teknoloji Enstitüsü'ndeki laboratuvarında ateş karıncası kümeleri üzerinde çalışmalar yapan Prof. Dr. David Hu, Ouellette ile aynı yaklaşımı takip eden araştırmacılarından biri. Hu ve öğrencileri, yüzden fazla ateş karıncası içeren kümelerin hem katılara hem de sıvılara benzeyen çeşitli özelliklerini keşfetmişler.

YouTube'da ateş karıncalarının katılara ve sıvılara benzeyen özellikleriyle ilgili Hu'nun laboratuvarında çekilmiş çeşitli videolar var. Ateş karıncaları vücutlarını bir araya getirerek yüzen sallar ya da kuleler gibi katılara benzer yapılar oluşturabiliyorlar. Aynı zamanda sıvılar gibi de akabiliyorlar. Örneğin bir videoda ateş karıncaları çaydanlıktan çay bardağına dökülürken görülüyor.



Prof. Dr. David Hu

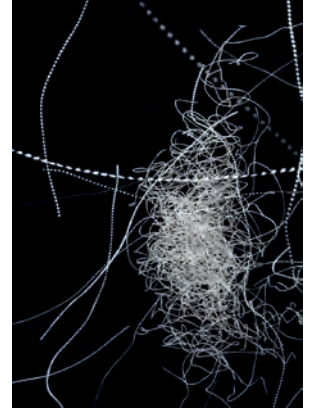
Hu ile birlikte araştırmalar yapan Dr. Craig Tovey ateş karıncaları, bal arıları ve başka canlıların kümeleri ile ilgili modeller kurmaya çalışırken çeşitli sistemlerde ortak olan bazı ilkeler gözlemlemiştir. Birincisi, modeller gelecek ile ilgili tahmin yaparken geçmişte olanlara değil sadece o anki koşullara bakıyor. Bu durum analizleri kolaylaştırıyor. Daha da önemlisi karıncalar, arılar, tatarcıklar, balıklar ve kümeler oluşturan diğer canlılar uzun süreli hafızaya sahip olmadıkları için aynı zamanda mantıklı da. Bu canlıların oluşturduğu kümeler bir sonraki hareketlerini belirlerken yakın çevrelerindeki uyarılara tepki veriyorlar. İkincisi, Tovey rastlantısallığın önemli olduğunu fark etmiş.



Dr. Craig Tovey



Andrea Cavagna, Irene Giardina



Örneğin ateş karıncası kümelerindeki böcekler daire biçiminde, yüzen bir sal yaparken rastgele yönlerde hareket ediyorlar. Bu dairesel yapılarda herhangi bir yönde hareket eden karınca sayısı hemen hemen aynı. Tovey, her bir karınca oluşturulan yapının tamamı hakkında fikir sahibi olmamasına rağmen ateş karıncası kümelerinin karmaşık yapılar inşa edebilmesini rastlantısallıkla açıklıyor.

“Ölçeklendirme yasaları”nın olup olmadığı hayvan kümelerinin davranışlarını belirleyen genel geçer yasaların varlığıyla ilgili bir fikir verebilir. Roma’daki Karmaşık Sistemler Enstitüsü’nde çalışan Andrea Cavagna ve Irene Giardina hayvan kümelerinde ölçeklendirme yasalarının olduğuna dair bulgular elde ettiklerini söylüyorlar. Araştırmacılar tatarcıkları doğal ortamlarında yüksek hızlı kameralarla gözlemlemişler. Sonuçlar, tatarcıklar bir araya gelmeye başladıktan sonra, grup giderek daha büyük ve daha yoğun hale gelirken, tatarcıklar arasındaki etkileşimin hızla arttığını ve yeterli sayıda tatarcık bir yerde toplandığında kümeleşerek

kolektif davranışlarda bulunmaya başladıklarını gösteriyor. Bu durum kümeleşmenin bir “beliren özellik” (gerekli koşullar sağlandığında ortaya çıkan bir özellik) olduğu ve dolayısıyla ölçeklendirme yasalarıyla tanımlanabileceği şeklinde yorumlanıyor. Örneğin bir küme büyürken kümedeki bireylerin sayısının yoğunluğu sabit kalıyorsa kümedeki birey sayısı ile kümenin hacmi arasında bir ölçek yasası vardır. Bu durum kümedeki birey sayısı ya da hacmin biri bilindiğinde diğerinin tahmin edilmesine imkân verir.



<https://animals.howstuffworks.com/insects/fire-ant-colony-flooding.htm>



Bu tarz ölçeklendirme yasalarının keşfedilmesi, verilerin analiz edilmesi ve tahmin yapılması için çok yararlı olacaktır. Örneğin bir küme hakkındaki bilgileri kullanarak farklı büyüklükteki başka bir kümenin davranışları hakkında tahminler yapmak mümkün hale gelecektir.

Eğer hayvan kümelerindeki her bir bireyin davranışlarını ve bireylerin birbirleriyle etkileşimlerini yönlendiren genel geçer yasalar varsa da şu an için bilinmiyor. Ancak yapılan araştırmalardan insan toplulukları için de dersler çıkarmak mümkün. Örneğin konser salonlarındaki, üst geçitlerdeki ya da insanların bir araya geldiği diğer ortamlardaki kalabalıkları yönetmek için hayvan sürüleri ve kümeleri hakkındaki bilgilerden yararlanılabilir. Ayrıca karmaşık ağlar tasarlamaya çalışan mühendisler de bu bilgileri kullanabilir. Özellikle kontrollü, dağıtık sistemler tasarlama konusunda insanların pek başarılı olduğu söylenemez.

Örneğin kışın soğuk havalarda bir havaalanının kapanması çoğu zaman bir ülkedeki tüm hava taşımacılığını aksatmak ya da bir elektrik direğinde arıza çıkması çok büyük bir alanda elektriklerin kesilmesi için yeterlidir. Hayvan sürüleri ve kümelerindeyse böyle büyük yıkımlara rastlanmaz. Örneğin göç eden bir kuş sürüsünden bir kuşun eksilmesi göçte hiçbir aksamaya neden olmaz. Hareketin yönetildiği bir merkez yoktur ancak yine de düzenli bir biçimde hareket etmeyi başarırlar. Kontrol yukarıdan aşağıya doğru değil, aşağıdan yukarıya doğrudur. İnsan kalabalıklarını yönetmek ya da karmaşık sistemler tasarlamak ve üretmek için hayvan sürüleri ve kümeleri hakkındaki bilgilerden yararlanmak mümkün. ■

#### Kaynak

Ouellette, Jennifer, "Sounding out swarms", *Physics World*, s. 34, Şubat 2018



Yüzen sal yapan ateş karıncaları