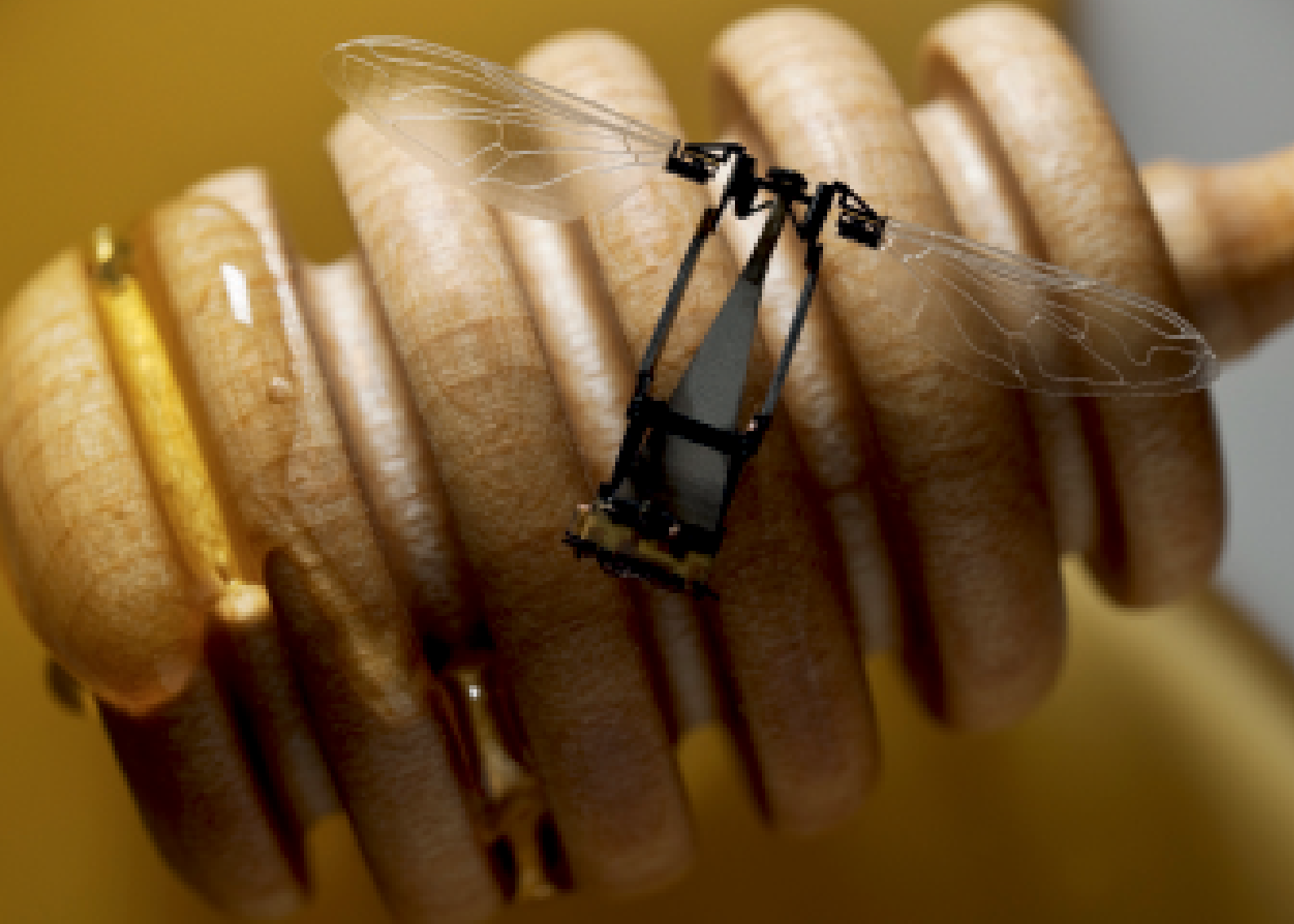


Özlem Kılıç Ekici

Dr., Bilişsel Programlar Başuzmanı,  
TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

# Robot Arılar



Dünyanın en minik uçan robotlarını  
boylarından çok büyük görevler bekliyor!



Birçok bitkinin tarımsal üretimi için gerekli olan doğal tozlaştırıcıların hayatı ve geleceği büyük tehlike altında.

Her geçen gün sayıları hızla azalan balaralarına bu önemli görevde yardımcı olabilmesi amacıyla geliştirilen teknoloji ürünü mekanik arılar arazideki ilk uçuşlarına hazırlanıyor.

Peki bu robot arılar balaralarının yüzyıllardır gerçekleştirdiği, çiçekten çiçeğe konup güneşin altında dans ederek polen taşıma ve bitki dölleme görevini başarabilecek mi?

Birçok bitkinin geleceği robot arılar sayesinde mi garanti altına alınacak?

**A**rıların olmadığı bir dünyada yaşamak zorunda kaldığımızı düşünelim. Muhtemelen açlıktan ölmezdik, ama çok sevdiğimiz bazı meyvelerden ve hem insanlar hem de hayvanlar için besin kaynağı olan bazı bitki türlerinden mahrum kalırdık ya da o bitkileri bulmakta çok zorlanırdık. Çünkü farklı yüz otuz bitki türü özellikle arıların neden olduğu tozlaşma neticesinde dölleniyor, neslini devam ettiriyor ve meyve veriyor. Bu da üreticiler için yılda yaklaşık 15 milyar dolar değerinde ürün verimine denk geliyor.

En başta bal olmak üzere elma, badem, pancar, soğan, kaba yonca, yaban mersini, üzümü meyveler, fındık, kabak, salatalık, havuç, karpuz, kavun, avokado, kivi, soya fasulyesi, ayçiçeği, kayısı, pamuk, brokoli, karnabahar, marul, kahve, şeftali, misket limonu ve portakalın tadına bakma ya da bu bitkileri kullanma şansımız belki de hiç olmazdı. Sadece gıda sektörü değil, hayvancılık işletmeleri ve tekstil sanayisi de yem bitkileri ve pamuğun üretim miktarının ihtiyacı karşılayamayacak kadar azalmasından dolayı büyük zarar görürdü.



## Arılara Neler Oluyor?

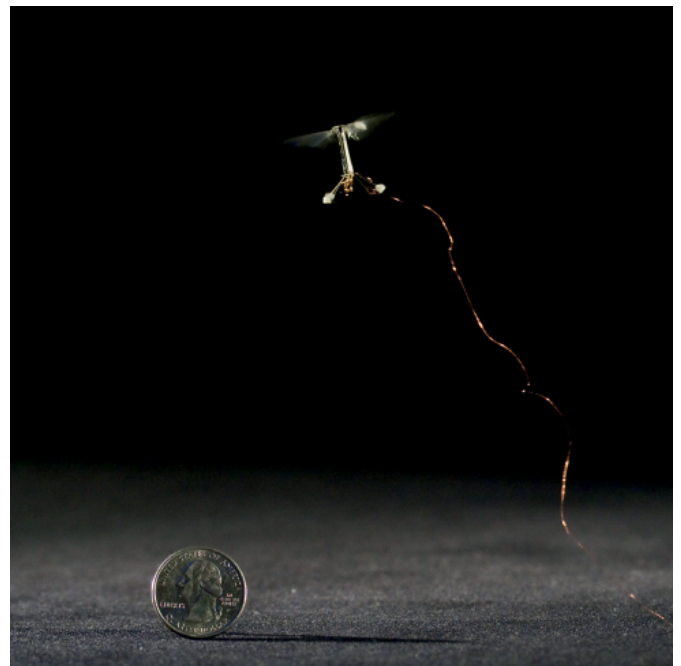
Geçtiğimiz son birkaç yıldır medyada sıkça karşımıza çıkan Koloni Çöküş Bozukluğu/Sendromu'nu (CCD) çoğunuz duymuşsunuzdur. Özellikle 2006 yılından beri kendini hissettiren bu sendrom, kolonilerdeki işçi arıların, kraliçe arıyı ve bal peteği gözlerinde büyümeyi bekleyen larvaları arkalarında bırakarak, pollen toplamak üzere kovandan ayrılıp bir daha geri dönmemeleleri şeklinde tanımlanıyor. Tuhaf bir şekilde kaybolan işçi arıların ne ölüsü ne de dirisine kovanın bulunduğu bölge civarında rastlanmıyor. Terk edilen kovana bakıldığında ise birçok petek gözünün normalde olması gerektiği gibi larvalar ve balla dolu olduğu görülüyor. Yani görünürde kovanda ters giden bir durum yok. İşçi arıların arazide esrarengiz bir şekilde kaybolması ve kovanlarına geri dönmemesi neticesinde kovanda kalan kraliçe arı ve larvalar zamanla öldüğü için koloninin tamamı yok oluyor. Bu durum nedeniyle balarılarının sayısı dünya genelinde gittikçe azalıyor. Yıl içinde normalde en fazla %15-20 olan koloni kış kayıplarının, başta ABD olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde, CCD nedeniyle %60-80'lere ulaştığı belirtiliyor. Özellikle tarımsal üretimin yoğun olduğu ülkelerde bu durum çok büyük sıkıntılar doğuruyor. Araştırmacılar arıların yok olmasına yol açan bu durumun nedenini kesin olarak bilmiyor. Ancak küresel ısınma, olumsuz hava koşulları, doğal yaşam alanlarının azalması, özellikle arıların sinir sistemi üzerinde etkili olan neonicotinoids türü tarımsal ilaçlar, endüstriyel tarım ve yıllardır uygulanan monokültür tarım, hastalık etmeni mikroorganizmalar, zararlı böcekler, parazitler, hava kirliliği, Güneş fırtınaları sonucunda Dünya'nın manyetik alanının bozulması, gezginci arıcılık ve yetersiz beslenme neticesinde arıların yaşadığı stres gibi birçok olumsuz etkenin beraberce bu duruma yol açtığı konusunda hemfikirler.

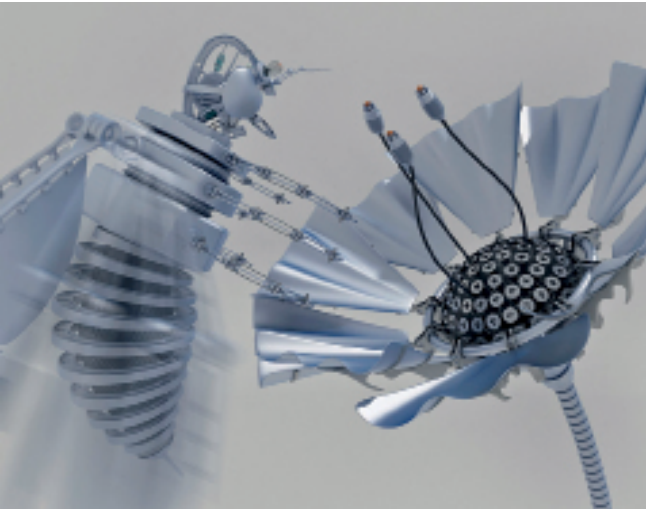


## Uçan Mini Robot Teknolojisi

Hiç şüphe yok ki arılar ve diğer böcekler doğadaki en iyi tozlaştırıcılar ve bugüne kadar bu doğal tozlaştırıcılar kadar etkili olabilecek alternatifler ortaya çıkmadı. En kötü duruma karşı hazırlıklı olmak isteyen ve arıların toplu ölümleri üzerine harekete geçen bazı ülkeler alternatif arayışına girdi ve bu amaçla bilim insanlarını yüksek bütçeli projelerle teşvik etmeye başladılar.

Bir böcek kadar küçük olan ve uçabilen robot teknolojisinin hızla geliştiği son birkaç yılda çabalar ilk meyvelerini vermeye başladı. ABD'nin Harvard ve Northeastern üniversitelerinden araştırmacılar Robert Wood, Radhika Nagpal ve Gu-Yeon Wei, şimdilik 15 dakika süreyle rahatça uçabilen, kanat genişliği 3 cm, ağırlığı ise 80 mg olan, saniyede 120 defa kanat çırpabilen ve uzaktan kontrol edilebilen dünyanın en küçük uçan robotlarını geliştirdi. Bu mekanik arıların kanatları seramikten, gövdeleri üst üste tutturulan katlanabilir levhalardan oluşan karbon fiber ve titanyumdan yapılmış, yapay kanat kasları piezoelektrik aktüatör motoru ile hareket edebiliyor. Yapay kanat kaslarını hareket ettiren aktüatör motorun piezoelektrik özelliği sayesinde, ince seramik şeritler elektrik akımıyla sıkışarak robotların kanatlarını saniyede 120 defa çırpmasını sağlıyor. Güç kaynağı olarak şimdilik gövdelerine bağlanan çok ince elektrik kabloları kullanılıyor. Bu güç kaynağı ile robot arılar sadece 15 dakika havada uçabiliyorlar. İtme ve hareket ettirme gücü daha fazla olan bir güç kaynağı ya da pil kullanmak ağırlığı artırdığı için robot arıların hareketlerinde kısıtlamalara neden oluyor. Teknik ekibin bu sorunu çözmek için yoğun bir şekilde çalıştığı belirtiliyor. Uzmanların hedefi, robot arıların sadece balarılarının bireysel davranışlarını değil binlerce arının aralarındaki etkileşimler sonucunda oluşan ve arı kolonisine has davranışları taklit edebilmesini sağlamak.





Balarısı beyninin gerçeğe yakın bilgisayar modellerini geliştiren uzmanlar, robot arıların da çok yakın bir gelecekte görme ve koku alma yeteneğine sahip olacağını belirtiyor. Yapay beyne ve zekâya sahip binlerce robot arının, gerçek arı kovanındaki arılar gibi işbirliği içinde araziye çıkıp göz ve anten yerine geçen yapay algılayıcılar yardımıyla hedef bitkileri bulup çiçekler arasında polen taşıyarak tozlaşma olayını gerçekleştirebilmesi için yapılan çalışmalar hızla devam ediyor. Yapay beyin oluşturacak şekilde geliştirilen donanım ve yazılım sayesinde, robot arıların uçuş kontrol yeteneğine, diğer robot arıları ve başka cisimleri hissetme ve tanıma, ayrıca otomatik karar alma mekanizmalarına sahip olacağı belirtiliyor.

## Robot Arıların Geleceği

Robot arıların en önemli görevi, tarımsal alanlarda çiçekler arasında polen taşıyarak bitkileri tozlaştırmak. Fakat bu uçan minik robotlar için başka görevler de düşünülüyor. Sürüler halinde uçan robotlar arama ve kurtarma çalışmalarında, askeri gözetlemede, çevre kirliliğini ve hava olaylarını izlemede, özellikle zehirli ve tehlikeli kimyasal sızıntıları belirlemede, yerüstü haritalama, trafik izleme ve her türlü görüntüleme projesinde kullanılabilirler.

Robot arıların pratikte kanat çırpıp saatlerce uçabildiğini ve tozlaştırmaları gereken bitkilerin çiçeklerini de arazide kolayca, vakit kaybetmeden bulabilecek şekilde programlandıklarını düşünelim. Yapay kovandan havalandılar, yapay zekâları, yön bulma teknolojisi ve optik algılayıcıları yardımıyla hedef çiçeğe yönlendirildiler. Poleni çiçekten topladılar ve arazide aynı çeşitteki bir başka çiçeğe konarak topladıkları poleni o çiçeğin üzerine bıraktılar.

Görevleri sona erdiğinde de tekrar kovanlarına geri döndüler. Bu arada, bu mekanik arıların ufak bir çiçeğin taç yapraklarının içine rahatlıkla girebilecek kadar küçük olması gerekiyor ki polenleri hedef organa bırakabilsinler. Tüm bu işleri yapabilmek için robot arıların kendi kendilerine “düşünmesi” ve “karar vermesi” gerekiyor. Çünkü gerçek bir balarısı kolonisinin doğası gereği, her bir arı kendilerine ne yapmaları gerektiğini söyleyen bir lidere ya da merkezi kontrol sistemine gerek olmadan, içgüdüsel ve genetik bir şekilde kovandaki ya da kovan dışındaki görevlerini aksatmadan, seri bir şekilde yerine getirir. Eğer kovanda fazladan polene ve bala ihtiyaç varsa işçi arılar hasat için havalanır, kovanın bakımını ve temizliğinin yapılması gerekiyorsa arılar evde kalır. Daha acil durumlarda mesela kraliçe arı beklenmedik bir zamanda ölürse, arılar hemen değişen duruma ayak uydurarak yeni bir kraliçe arının yetiştirmesine ortam hazırlar. Yüzlerce hatta binlerce arıdan oluşan koloni tüm bu görev dağılımını hiç vakit kaybetmeden ve hiçbir iletişim bozukluğu yaşamadan yerine getirir. Tüm bunları göz önüne alırsak, robot arı uzmanlarını gerçekten uzun ve zor bir süreç bekliyor. Araştırmacılar önümüzdeki birkaç yıl içinde robot arıların kontrollü laboratuvar koşullarında rahatça uçabileceğini, yaklaşık 10 yıl içinde de tarım arazilerinde yaygın bir şekilde kullanılabileceğini öngörüyor. Eğer proje amacına ulaşır, hele bir de robot arılara bir çeşit arı kostümü giydirilebilirse, bal yapamamaları dışında, pratikte gerçek balarılardan farkları olmayacak gibi görünüyor!

### Kaynaklar

- <http://robobees.seas.harvard.edu/>
- <http://phys.org/news/2013-05-robobees-robotic-insects-flight-video.html>
- <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=robobee-project-building-flying-robots-insect-size>
- [http://www.youtube.com/watch?v=XXF5\\_gybhMM](http://www.youtube.com/watch?v=XXF5_gybhMM)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/RoboBee>
- <http://www.activistpost.com/2013/04/robobee-robotic-pollinators-to-replace.html>

