

Bugünün Dünyasında Evrimden Faydalanmak

Evrimi anlamak sağlık hizmetleri, hukuki uygulamalar, ekoloji ve her türlü iyileştirme ve tasarım sorunlarının çözümüne yönelik güçlü teknolojilerin önünü açıyor.



Anahtar Kavramlar

Doğanın organizmalarda elverişli tür değişimlerini seçtiği düşüncesi Charles Darwinin evrim kuramının merkezinde yer alıyordu ancak türe ait bu değişimlerin nasıl ortaya çıktığı konusu o dönemlerde bir sırdı.

DNA daki rastgele değişimler sürekli bir değişim kaynağı olarak organizmanın kişilik özelliklerinde farklılaşmalara yol açabilir.

Bazı DNA değişimleri yeni türlerin hatta yeni bir insan türünün evrimine yol açabilecek nitelikte temel unsurlar geliştirerek biçim ve işlevde köklü farklılaşmalar yaratabilir.

San Francisco'da Kimball Doğa Tarihi Müzesi'ne ev sahipliği yapan ve Harry W. ve Diana V. Hind adına kurulan Kaliforniya Bilimler Akademisi'nin Bilim Dekanıdır. Mindell, Temmuz 2008'de bu göreve gelmeden önce Ann Arbor'daki Michigan Üniversitesi'nde ekoloji ve evrimsel biyoloji profesörü ve aynı üniversitenin zooloji müzesindeki kuş koleksiyonunun küratörüydü. Şu anki araştırmaları kuş moleküler sistematigi ve av kuşlarını koruma biyolojisi üzerine yoğunlaşmaktadır.

Charles Darwin, kuşlar ve böcekler üzerinde yaptığı çalışmaların getireceği çığır açan teknolojik gelişmeleri şüphesiz öngörmemişti. Evrimin tarihini ve mekanizmalarını kavrayışımızdaki ilerlemeler, bugün pek çok farklı alanı şekillendiren etkili uygulamaların yolunu açtı.



Örneğin, televizyonlardaki polisiye dizilerde görüldüğü gibi, emniyet güçleri artık araştırmalarında evrimsel analizleri rutin olarak kullanıyorlar. Genlerin nasıl evrimleştiğinin öğrenilmesi, DNA verilerinden kriminal vakalara ışık tutacak bilgiye ulaşmayı mümkün kılıyor.

Sağlık hizmetleri alanında da kuş gribi ya da Batı Nil virüsü gibi bir patojenin filogenetik analiziyle (DNA dizisi analizlerinden evrimsel bağın ya da genetik kökenin incelenmesi), aşı geliştirme ve hastalığın insanlara bulaşma ve yayılma ora-

nının en aza indirgenmesini sağlayacak kuralların belirlenmesi mümkün oluyor. Yönlendirilmiş evrim adı verilen, proteinleri hızla evrimleştiren laboratuvar süreci sayesinde, aşular ve diğer faydalı proteinler hızla geliştirilebiliyor.

Diğer örnekler arasında bilgisayar bilimcilerin, evrim kavramını ve mekanizmalarını uyarladıkları, karmaşık iyileştirme ve tasarım sorunlarını çözebilen ve genetik programlama olarak bilinen çalışmalarını bulunuyor. Yeni geliştirilen metagenomik yaklaşımıysa mikroskobun geliştirilmesinden beri mikrobik çeşitlilik konusundaki anlayışımıza en çarpıcı değişimi getirmiş, bilim insanlarının belirli bir bölgede yaşayan mikropları tarayabilme yetisinde devrim yaratmıştır.

Yaklaşık 400 yıl önce İngiliz filozof ve devlet adamı Francis Bacon bilginin güç anlamına geldiğini söylemişti. Evrimi anlayışımızdaki ilerlemelerle ortaya çıkan son derece faydalı teknikler onun ne kadar haklı olduğunu görkemli biçimde gösteriyor.

Şüphesiz Götürmez Biçimde Kanıtlandı ki...

Evrimsel analiz ile kriminal araştırmaların ortak amacı geçmiş olayları aydınlatmaktır. İkisinin birlikteliğinin yararlı sonuçlar vermesi için, DNA sekans teknolojisinin olgunlaşmış büyük veri setleriyle güçlü niceleyici yöntem-

ler sunması ve bilimin hukuk alanına girmesi gerekiyordu.

Diğer evrimsel uygulamalarda da görüldüğü gibi moleküler saat kavramının çok önemli bir rolü vardır. DNA dizisinde zaman içinde oluşan değişiklikler, genel olarak tahmin edilebilir hızda seyreder, bu da moleküler saatin temelini oluşturur. DNA'nın iki

ayrı bölgesinin moleküler saatleri birbirlerinden oldukça farklı hızlarda ilerleyebilir. 1980'lerin başlarında genetikçiler insan DNA'sının çok hızlı evrimleşen bölgelerini keşfettiler.

Çok daha ince detaylar içeren bir parmak izi işlevi gördükleri için insan DNA'sının bu hızlı gelişen bölgeleri genetik işaretleyiciler olarak adli vakaların araştırılmasında ve babalık testlerinde kullanılmaya başlandı.

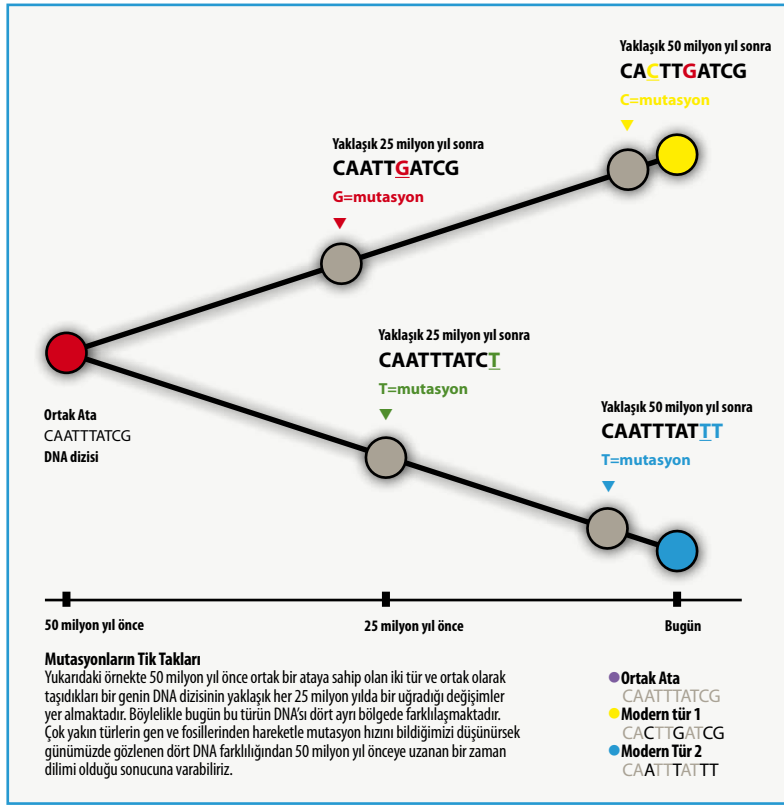
Adli tıp araştırmacıları olay yerinden alınan insan saç, bira kutusundaki dudak derisi hücreleri, sigara izmaritleri, zarflardaki tükürük izleri, meni, kan ve dışkı gibi örneklerden elde edilen verilerle şüphelilerden elde edilenler arasındaki bağlantıyı bu genetik işaretleyicilere bakarak değerlendiriyorlar. En basit kullanımı, şüpheliden alınan verilerin olay yerinden alınan örneklerle karşılaştırıldığında eşleşmediğini göstererek, bir şüphelinin suçsuzluğunu kanıtlamaktır. Genetik işaretleyicileri kullanarak yanlış yargulamaları önlemeye çalışan ve kamu yararı gözetilen politikaları geliştirmeyi amaçlayan Masumiyet Projesi adındaki oluşumun bildirdiğine göre, 1989'den beri, çoğu tecavüzle suçlanmış ve bir kısmı da idam mahkûmu olmuş 220 kişi genetik işaretleyicilerin kullanılması sayesinde beraat edebilmiştir.

1925'te lise öğretmeni John T. Scopes aleyhine Tennessee'de açılan davada evrimin

sinsi bir musibet gibi gösterilmesinden bu yana ABD adli sisteminin evrimsel bilime bakışı tamamen değişmiş bulunuyor. 1988'de Louisiana Eyaleti'nin Ric-

hard J Schmidt aleyhine açtığı davada hâkim, sonuçları deneysel olarak belirlenerek bilimsel hakemli dergilerde yayımlandığından, filogenetik analizin (adını emsal gösterilen bir davanın davacısından alan) Daubert Bilimsel İspat Standardı'nın adli ölçütlerine uygun olduğu yönünde karar verdi.

hard J Schmidt aleyhine açtığı davada hâkim, sonuçları deneysel olarak belirlenerek bilimsel hakemli dergilerde yayımlandığından, filogenetik analizin (adını emsal gösterilen bir davanın davacısından alan) Daubert Bilimsel İspat Standardı'nın adli ölçütlerine uygun olduğu yönünde karar verdi.



Moleküler Saatler

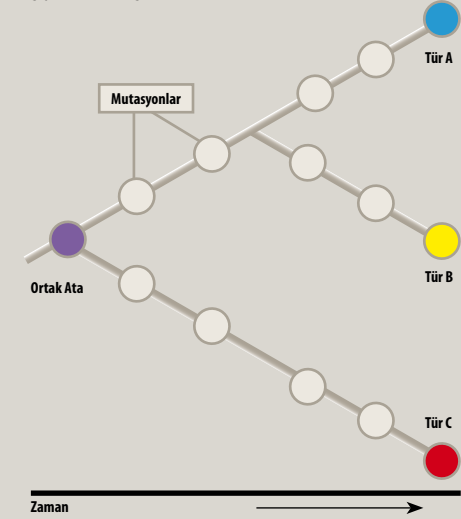
Uygulamada en faydalı evrimsel kavramlardan birisi moleküler saat kavramıdır. Bir DNA dizisi üzerinde yeterince düzenli bir hızda gerçekleşen mutasyonlar birikerek iki türün ortak bir atadan ne kadar zaman önce farklılaştığını göstermektedir.

Baylor Tıp Fakülte-si'nden Michael L. Metzker ve Austin'deki Texas Üniversitesi'nden David M. Hillis tarafından uzman bilirkişi olarak davet edildiğim için, Louisiana Eyaleti'nin Richard J Schmidt aleyhine açtığı davaya katılma şansım oldu. Moleküler analizler üzerinde üçümüz birlikte uğraştık. İspat edilmemiş verilere göre, bir gastroenterolog eskiden muayenehanesinde hemşire olarak çalışan metresinin evine girerek ona bir şey enjekte etmiştir. Doktor bunun B vitamini olduğunu, kadınsa HIV olduğunu iddia etmektedir. Olaydan birkaç ay sonra kadın kendini iyi hissetmemeye başlar. Kan testleri HIV bulaştığını gösterir ve bu noktada kadın dava açar. Savcılık makamı hızla arama emri çıkartarak doktorun muayenehanesini arar; kayıt defterleri ve buzdolabında da bir tüp kan örneği ele geçirilir. Doktor, bunun HIV pozitif olan hastalarından birine ait olduğunu, şahsi araştırmaları için tuttuğunu belirtir.

Araştırmada atılacak bir sonraki mantıklı adım, olası kaynaktan ve hemşireden alınan HIV örneklerinin filogenetik analizini yapmaktır. Diğer araştırmacılarla birlikte, dizi analizi yapılacak iki HIV genini belirledik. Bunlardan biri, viral zarfı kodlayan ve hızlı evrimleşen, diğeri de elzem bir enzim olan ters transkriptazı (RT) kodlayan ve yavaş evrimleşen genlerdi. Kontrol grubu olarak referans oluşturması amacıyla, 30 hastalıklı kişiden kan örnekleri topladık.

Evrimsel Ağaçlar

Bilim insanları birbirine yakın türlerin oluşturduğu bir grubun filogeni adı verilen evrimsel ağacını çıkarmak için moleküler saat tekniğinden yararlanabilmektedirler. Örneğin burada A ve B türlerinin taşıdığı DNA iki tür arasında 4 ayrı yerde birbirinden farklılık göstermekteyken, C türüyle 8 ayrı yerde farklılaşmaktadır. Buradan, C türünün soyunun A ve B türünün ortak atasından ayrışması için geçen sürenin A ve B türlerinin kendi soylarının birbirinden ayrışması için geçen süreden iki kat daha uzun olduğu anlaşılmaktadır. A, B ve C aynı zamanda bir virüsün birkaç yıl olabilen bir sürede mutasyon sonucu geçirdiği değişim olarak da görülebilir.



Zarf geni analizi, epidemiyolojik örneklerle kıyaslandığında, kurbandan ve doktordaki örnekten alınan HIV dizilerinin aynı kökenden geldiğini gösterdi. Hastalıklı popülasyondaki rastgele iki kişiden alınan örneklerde bulunan virüslerin bu kadar benzerlik gösterebilme olasılığı çok düşüktür. Sonuç, doktorun hastalarından birinden aldığı örneği hemşireyi enfekte etmek için kullandığını doğruluyor görünse de, hastanın hemşireden bulaşan HIV ile hastalanmış olma olasılığı da vardı. Daha ağır evrimleşen RT enzimi dizilerinin filogenetik analizi, kurbandan alınan virüsün iddia edilen kaynaktan alınan virüsten daha genç olduğunu gösterdi. Bu sonuç, iddia edilen kaynaktan alınan virüsün hemşireyi enfekte ettiğini açıkça ispatladı.

Jüri, doktoru, adam öldürmeye teşebbüsten suçlu bularak, 50 yıl hapse mahkûm etti. Elbette jürinin kararında evrimsel verilerin mi, doktorun defterleri ve davranışlarının mı daha etkili olduğunu bilmiyoruz. Bildiğimiz şu ki Richard J. Schmidt davasındaki kararın 2002 yılında Yargıtay'ca emsal gösterilmesiyle, filogenetik analizin ABD mahkemelerince kullanılmaya devam edeceği kesinleşti.

Biyolojik Silahlanma Yarışı

Suçlar gibi bulaşıcı hastalıklar da her zaman yaşamın gerçekleri olmaya devam edecektir. Parazi-

tik virüsler, bakteriler, fungi ve hayvanlar, Homo sapiens'in tarihi boyunca insanlarla birlikte evrimleşmişler; bağışıklık sistemimizin, kendisini olağüstü bir biçimde uyarlayarak evrimleşmesine neden olmuşlardır. Her ne kadar bazılarını uzaklaştırıp, bazılarının yok olmasına neden olsak da, insan toplulukları mikrobik patojenler için üreme ortamı sağladıklarından, hayatta kalanlar bizleri başarıyla ele geçirip yayılmaktalar. Uzun soluklu bir silahlanma yarışının içindeyiz.

Patojenlerin evrimsel geçmişini anlamak, bilinmeyen patojenleri ve onların genlerini tanımlamak için bildiğimiz en iyi yöntem, filogenetik analizle genetik kökenlerini belirlemektir. Yakın akrabalar uzak akrabalara göre benzer kalıtsal yaşam özelliklerine sahip olacaklarından, bir patojenin genetik kökenini bilmemiz, üreme ve bulaşma kanalları ve tercih ettiği yaşam ortamı hakkında hipotez üretmemizi sağlar. Böylelikle, bu kilit bilgiyi patojenin bulaşma olasılığının nasıl azaltılacağı ve mümkünse bağışıklığın nasıl artırılacağı konusunda tavsiyelerde bulunmak için kullanabiliriz.

Evrimin mekanizmalarını anlamak, mutasyonun nedenlerini, doğal seçim ve rastlantısal olayların belirli kalıtsal değişimlerin kaynağı ve kalıcılığı üzerindeki rollerini belirlemeyi gerektirir. Kalıtsal değişimleri genotipik ve morfolojik açıdan olduğu gibi, patojenlik (sayrılanlık), bulaşıcılık, konak spesifikliğı ve üreme hızı gibi yaşamsal özellikler açısından da izleyebiliriz. Örneğin, uzakta akraba bakterilerin yatay transfer denilen bir süreçle ilaca dirençlilik genlerini değiştirmeleriyle ilgili edinilen bilgiler, biyologların bu hareketli genetik unsurların kendilerini kopyalayarak çoğaltma ve transfer etme yetilerini engelleyecek yeni antibiyotikler geliştirmelerini sağlamıştır.

İnsanlık tarihindeki ölümcül grip salgını deneyimleri ve grip virüsünün evrimi hakkında artan bilgimiz konuyla ilgili bazı noktaları aydınlatmaktadır. Konak türlerden elde edilen grip virüsü genlerinin filogenetik analizi, yabani kuşların ana kaynak olduğunu ve her zaman olmasa da çoğu zaman evcil domuzların kuşlarla insanlar arasında taşıyıcı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, sağlık yetkilileri artık bazı bölgelerde kümes hayvanları ve domuzları vahşi kuşlardan uzak tutabilmek için kapalı barınaklarda yetiştiricilik yapılmasını önermektedirler. Sadece kümes hayvanlarında değil, tatlısu kuşları ve deniz kuşları gibi yabani türlerde de, yüksek patojenitesi olan influenza A virüsünün H5N1 ırkı ve filogenetik olarak belirlenmiş

diğer ırklarının taramasının yapılmasını tavsiye etmektedirler.

Filogenetik analiz, influenza A genomunda diğer konak türlerden gelen virüs ırklarıyla karıştırılarak eşleştirilebilen sekiz benzersiz kesimin bulunduğunu göstermektedir. Kayma olarak da bilinen bu tür yeniden birleşmeler, DNA dizilerindeki mutasyonla beraber, neredeyse kaleidoskopik varyasyon oluştururlar ve yeniden yapılandırılmış virüslerin bağışıklık sisteminin ürettiği antikorları atlatmasını sağlarlar. Bu da sürekli yeni aşı geliştirmemizi zorunlu kılar. Coğrafi örneklemenin, patojenik olduğu bilinen belirli mutasyonlarla ve belirli kesimlerin filogenetik geçmişiyle birleştirilmesi, hastalığın yayılmasıyla ilgili tahmin yapılmasını ve aşı geliştirmede kullanılacak adayların belirlenmesini kolaylaştırır.

Bilim insanları 1997'de, yerel virüs kaynağı olan tüm evcil kümes hayvanlarının itlafı konusunda yetkilileri ikna ederek, Hong Kong'da felaketle sonuçlanacak bir H5N1 pandemisinin önüne geçtiler. Grip virüsünün evrimsel kökeni, genomlar arasında melezleştirme ve konak kaydırma yetisi hakkında bilgimiz, bir grip salgını olduğunda (olursa değil) riskleri en aza indirmemize yardımcı olacaktır.



Marty Katz, Time Life Pictures/Getty Images

Maxim Marmur AFP/Getty Images

Evrimeleşen Yüksek Hız

Bir robotu dengesini koruyarak olabildiğince hızlı biçimde yürütmek üzere eğitmek her yeni zeminde çok ince ve zorlu ayarlarla yürüyüşünü düzenlemeyi gerektirmektedir. Carnegie Mellon Üniversitesi'ndeki araştırmacılar dört bacaklı Sony-Aibos robotunu bu şekilde yürütmek için evrimsel bir algoritma kullandılar. Bu robotlardan dördü çeşitli yürüyüş tarzlarını deneyerek, ortaya çıkan başarımların sonuçlarını birbirleriyle paylaştılar. Daha sonra en iyi yürüyüş tarzlarını seçerek bir sonraki aşama için mutasyona uğramış yeni nesil yürüyüş tarzları geliştirdiler. Bu evrimsel sürecin yaklaşık 100 defa tekrarı sonucunda dört ayaklı bu makineler bilim insanlarının algoritma kullanmadan yaptıklarına oranla %20 daha hızlı yürümeyi başarıyorlar.

Adli Tıp Bilimi, genetik işaretleyiciler dedğimiz, şüphelilerle olay yeri kanıtları arasında olası bağlantıları ortaya çıkaran güçlü araçlardan dolayı, evrimleşen DNA dizilerini anlayan biyologlara şükran duymaktadırlar. 1998'deki emsal bir vakada, HIV örneklerinin filogenetik incelemesi bir doktorun bir hastadan aldığı kanı kurbanına enjekte ettiğine dair suçlamayı kanıtladı.

Interferon adı verilen bağışıklık sistemi proteinlerinin yönlendirilmiş evrimi, virüsün çoğalmasını yavaşlatıcı etkisi 250.000 bin kez daha fazla olan türlerin ortaya çıkmasını sağladı.



Photos.com

Visual Photos

Mike Clarke - AFP/Getty Images

Evrimsel Tıp

Evrimin sağlığımız üzerindeki bir başka etkisi de evrimsel geçmişimizden miras kalan, bedenlerimizin “zeki olmayan tasarım özellikleri” denilebilecek yönleridir. Örneğin, insan dişisinin leğen kemiği daha büyük yenidoğan kafasına yönelik bir seçilime uyum sağlamadığından, diğer primatlarla karşılaştırıldığında, insanlar doğum sırasında daha fazla zorlanmaktadırlar. Zeki tasarımın ürünü olmadığı düşünülen bazı özellikler aslında faydalı olabilmektedir. Örneğin, ateş, ishal ve kusma, mikrobik enfeksiyonların tasfiye edilmesine yardımcı olur.

Evrimsel bir bakış açısıyla duyarlıklarımızı anlama ve sağlığımızı geliştirme çabası, evrimsel tıp ya da Darwin tıbbi olarak bilinmektedir. Bu yeni girişimin önemli bir adımı, temel evrim biliminin tıp ve halk sağlığı öğrencilerinin ders programlarına girmesidir.

İnsan genotiplerinin belirli hastalıklarla eşleştirilmesi, kişiselleştirilmiş tıbbın yolunu açarak, doktorların tedaviyi genetik özelliklere göre belirlemesine ve ilaç dozajlarını ayarlamasına olanak vermiş-

ti. Gelişmekte olan bu yaklaşıma bir örnek, meme kanseri vakalarını % 25 oranında azaltmakla birlikte kardiyovasküler sorunlara yol açabilen Herceptin (trastuzumab) adlı ilaçtır. Doktorlar, genotip bilgisini kullanarak, kişinin Herceptine olumlu yanıt verme olasılığına ve düşük de olsa kalp sorunu riskinin olup olmadığına bakabilmekteler.

Ancak pek çok kişi, işveren ya da sigorta şirketleri tarafından haksız muameleye yol açacağına düşünerek, genetik profilinin çıkarılmasına izin vermek istememektedir. Buna karşın Amerikan Kongresi, genetik ayrımcılığı yasaklayan Genetik Ayrımcılığa Karşı Yasa'yı Mayıs ayında geçirdi. Diğer bir kaygı da ırksal aidiyetin, belirli hastalıklara genetik yatkınlık işareti olarak görülebileceği yönündedir. Ancak bu tür yaklaşımlar insandaki genetik varyasyonun doğasının yanlış anlaşılmasından kaynaklanır; birbirlerine yakın akraba kişiler bile aynı ilaca farklı tepkiler verebilmektedir.

In Vitro ve In Silico

Milyarlarca yıl işledikten sonra evrim, bazı yönleriyle anlaşılmaz ve tuhaf olsa da çok yönlü bir tasarımcı olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, artık evrimin çizim tahtasından ödünç aldıkları yönlendirilmiş evrimi kullanarak, proteinlerin faydalı işlevlerini iyileştirmektedirler. Moleküler biyologlar bilinçli olarak genleri mutasyona uğratmakta, bu genlerin kodladığı proteinleri üretmekte, proteinlerin işlevsel performanslarını ölçmekte ve en iyi performans gösterenleri sonraki mutasyonlarda ve testlerde kullanmak üzere seçmektedirler. Bu dönünün milyonlarca kez tekrarı çoğu zaman etkileyici sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Evrimin tarihini ve mekanizmalarını anlamak, yönlendirilmiş evrim yöntemlerini birkaç yönden geliştirmeyi mümkün kılar. İlk olarak, genlerin filogenetik ilişkilerini keşfetmek, onların işlevlerini belirlemede ve böylelikle yönlendirilmiş evrim için hedef genleri seçmede önemli bir adımdır. Deney öncesinde bir genin işlevini tahmin etmek için elimizdeki en önemli veri, genlerin bağlantılı olmasıdır. Örneğin, farede bir genin işlevini deneysel olarak belirlemişsek, insandaki en yakın genin benzer işleve sahip olacağını varsaymak akla uygundur.

İkinci olarak, genlerin nasıl evrimleştiğini, yani mutasyon mekanizmalarını ve doğal seçilimin bunlar üzerinde nasıl işlediğini bilmek, yönlendirilmiş evrimde etkinleştirilecek mutasyonlar konusunda seçenek sağlar. Bir protein, dizilişi proteinin nihai işlevini belirleyen bir amino asit zinciridir. Yön-

EVRİM: Gelecek 200 Yıl

Elaine Morgan
Darwin, bütün türlerin, atalarının yaşam ortamları ve yaşam tarzıyla şekillendiği sonucuna varmıştı. O günden beri evrimciler, Homo sapiens'in herhangi bir ayırt edici fizyolojik niteliğine getirilen açıklamalar üzerinde fikir birliğine varamamıştır. Alister Hardy'nin kökenlerimizin suda olduğuna ilişkin kuramını daha hoşgörülü bir biçimde yeniden değerlendirmek işe yarayabilir.

Elaine Morgan, evrim hakkında pek çok kitabın yazarı, son kitabı The Naked Darwinist (Eldon Press, 2008)

lendirilmiş evrimi uygulayan araştırmacılar, tek bir amino asit dizisi içinde rastlantısal konumlarda ya da yalnızca belirli bölgelerde ve hatta işlevsel önemi olduğu belirlenen belirli dizi bölgelerinde değiştirmek isteyebilirler. Protein kodlayan genler, karıştırılarak yeni ve özgün özelliklere sahip değişik düzenlemeler ortaya çıkartacak şekilde, kesimler halinde yapılmıştır. Filogenetik tanımı yapılmış bir gen ailesinden ya da kardeş türlerden gelen bağlantılı genlerin yapısal kesimleri karıştırılarak, kimerik proteinler olarak adlandırılan yapılar oluşturulabilir. Gen kesimlerini yeniden birleştirip karıştırarak (shuffling) proteinlerin hızlı evrimini sağlayan yöntem biyobenzetim yoluyla laboratuvarında uygulandığında başarılı sonuçlar vermiştir. Araştırmacılar, bazı mikrop popülasyonlarının genomlarının tümünü karıştırarak, evrimsel değişimi daha da hızlandırmıştır.

Yönlendirilmiş evrimin başarıları arasında insan papilloma virüsü aşısının geliştirilmesi ve Hepatit C aşısının iyileştirilmesi bulunmaktadır. Bağışıklık sistemi proteinleri ailesi olan interferonun 20 farklı insandan alınan kesimlerinin karıştırılmasıyla geliştirilen kimerik protein, virüslerin üremesini yavaşlatmada 250.000 kez daha etkilidir. Bir tümör baskılayıcı olan insan p53 proteininin iyileştirilmiş biçimi de laboratuvar deneylerinde tümörün büyümesini engellemede daha etkili olmuştur. Araştırmacılar şimdi bu başarıyı p53 protein yetersizliği olan bireylere aktarmaya çalışıyorlar.

Bilim insanları ve mühendislerin evrimden diğer bir esinleri, evrimsel ya da genetik algoritmalar olarak adlandırılan bilgisayar programlarıdır. İnsanlar bu tekniği kullanarak, hava trafik kontrolü, hava durumu tahmini, borsa portföyünün dengelenmesi, ilaç bileşimlerinin iyileştirilmesi ve hatta köprü, elektronik devre, robot-kontrol sistemlerinin tasarımı gibi oldukça karmaşık problemlere en uygun çözümü aramaktadırlar.

Evrimsel algoritmaların yapısı beş basamaktır:

1. Olası çözüm popülasyonu oluşturulması.
2. Her bir olası çözümün uygunluğunun ya da uyumluluğunun değerlendirilmesi.
3. Olası çözüm hedeflenen kritere uygunsu, sürecin durdurulması.
4. Uygun değilse, popülasyondaki göreceli olarak uyumlu bireylerin ebeveyn olarak seçilmesi.
5. Ebeveynde mutasyon değişiklikleri yaratılarak, özelliklerinin "eşeyssel" olarak yeniden birleşmeleriyle yeni bir olası çözüm popülasyonu oluşturulması ve yeniden ikinci adımdan başlanması.

Genetik programlamayla, bazen insan ürünü tasarımlara hiç benzemeyen çözümlere ulaşılabiliyor. Örneğin, yerde konuşlanmış alıcılar kullanarak sinyal kaybını azaltan iletişim uydularına bir takım halinde yöre bulmak üzere kullanılan evrimsel bir bilgi işlem programı, uydu yörüngeleri arasında değişken aralıklar bırakarak, alışılmadık asimetrik yörünge konfigürasyonları oluşturdu. Bu sonuçlar, tasarımcıların düşünebildikleri alışlagelmiş simetrik düzenlemelerden daha iyi performans gösterdiler.

Kritik Hizmetler

Dünya nüfusu artarak çevreyi hızla değiştirmeye devam ettikçe, biyolojik çeşitliliğin korunması ve insanın geleceğiyle ilgili kaygılar da giderek artıyor. Organizmalar ve yaşadıkları ortamlardan oluşan sağlıklı ekosistemlerin, bize kullanılabilir su kaynağı, ekilebilir toprak ve temiz hava temin etmesini bekliyoruz. Ekosistemin sunduğu bu kritik unsurların gerekliliğini bilsek de, bunların kontrolü ve ekosistemdeki değişikliklerin sonuçları konusunda çok az bilgimiz var. Belirli türlerin ve komünitelerin ekosistemdeki rolleri nedir? Bu doğal sistemler türlerin ve yaşam alanlarının kaybına ne kadar duyarlıdır? Ekosistemlerdeki değişiklikler yerel iklimleri, bitkilerde tozlaşma ve tohumların dağılımını, atıkların çözünmesini, hastalıkların ortaya çıkışını ve yayılmasını nasıl etkilemektedir? Bunlar evrimsel yöntem ve bilginin yanıtlamamıza yardımcı olduğu zor sorulardır.

Envanter çıkarma, kaynakların anlaşılması ve idaresi için elzemdir. Bununla birlikte, birçok yaşam türü, özellikle virüsler, bakteriler ve protistler gibi en küçük boyutta olanlar keşfedilmeyi ve tanımlanmayı bekliyor. Tüm yaşam formları arasındaki genetik bağlantıları belirleme çabası, hem türler içinde hem de türler arasındaki biyolojik çeşitliliğin kapsamlı genetik örneklemesini içermektedir. Bu örneklerin filogenetik analizlerinden elde edilen bilgiyle biyologların, organizma gruplarının göreceli farklılaşmalarını değerlendirerek, korunması gereken (türler ya da tür grupları gibi) belirli evrimsel birimleri ayırtabilmeleri mümkündür.

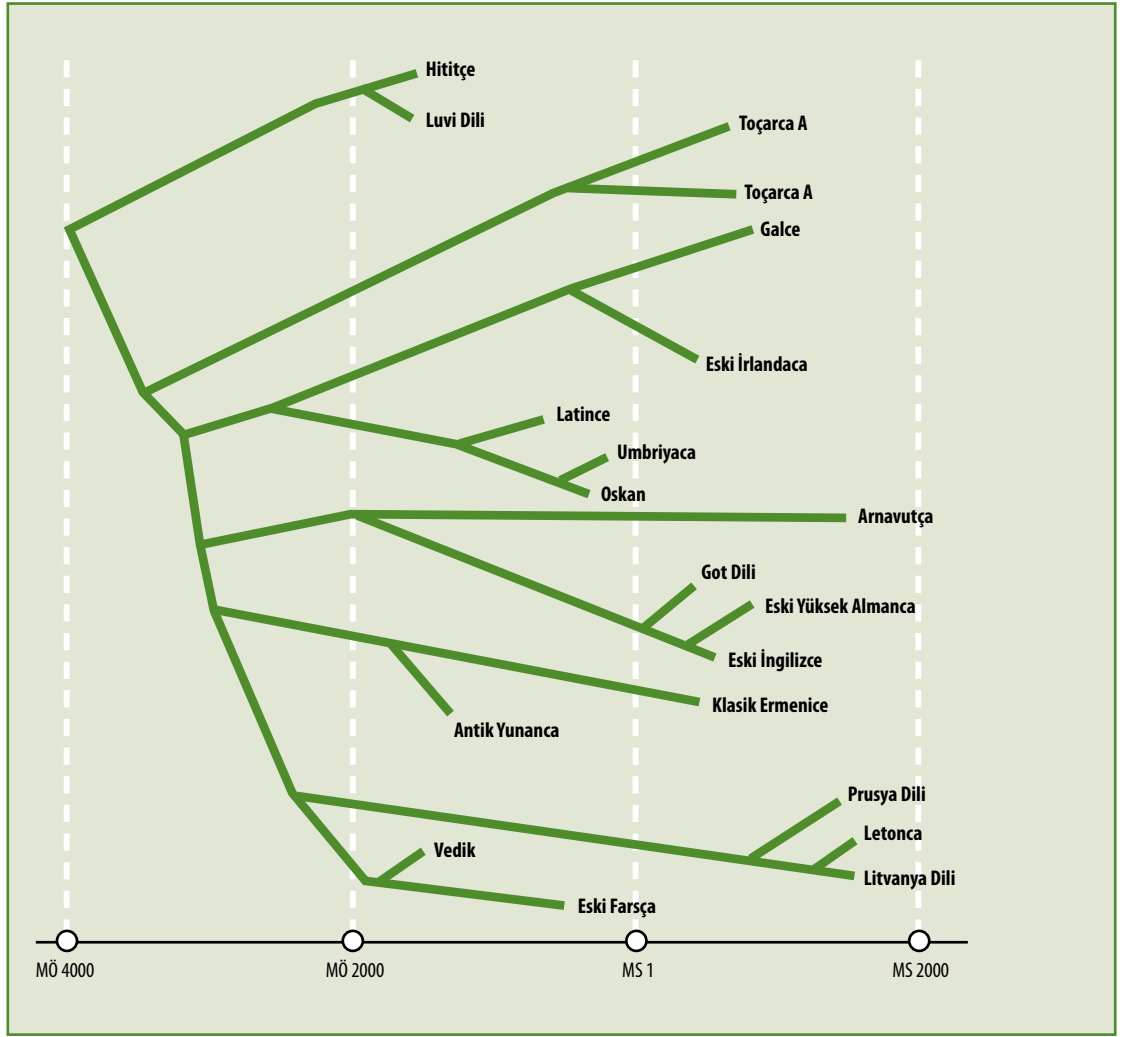
Filogenetik analizler pek çok kez, daha önce tanımlanmamış türleri ortaya koymuştur. Afrika fillerinden alınan DNA örnekleri, Afrika'da uzun süredir düşünüldüğü gibi bir değil, iki farklı tür olduğunu ispatlamıştır. Loxodonta africana daha çok savanada, yeni adlandırılan L. cyclotis ise ormanda yaşamaktadır. DNA analizleriyle ayrıca yeni Asya yumuşak-kabuklu kaplumbağa türleri, gerçek-

EVRİM: Gelecek 200 Yıl

Simon Conway Morris
"Evrimin en büyük gediği mi? Çok basit, dostum." Profesör Mortimer arkasına yaslanıp güldü. "Evrim, değişimle eşdeğer mi? Tabii, fakat bu sadece bir ilk adım. Peki ya yaşam nedir? Berrak bir hareketsizlik bölgesi ile neredeyse kaotik bir sürekli değişkenlik bölgesi arasına gerilmiş, incecek bir ip üzerinde olağanüstü bir yürüyüş. Bu metafor hoşunuza gitmediyse, kilometrelerce yükseklikte bir iskambil kâğıdı destesi düşünmeye çalışın, bu destenin tepesinde de gayet dengeli bir şekilde duran bir fil olsun. İşte, karşınızda tekinsiz bir kendini-örgütlenme. Hücrelerden bilince. Etkileyici, değil mi? Darwin meseleyi anlamıştı, Newton da öyle. Fakat sonra fizikte Einstein çıktı. Belki de şimdi biyolojinin sırasındır."

Simon Conway Morris, Profesör, Yerbilim Bölümü, Cambridge Üniversitesi

Bilim insanları biyologların filogenetik yöntemlerini ilişkili sözcük kümeleri ve diğer ortak özelliklere uyguladıklarında Hint Avrupa Dilleri evrimsel bir ağaç oluşturuyor (sağda). Dillerin geçmişini alternatifler arasından hangi olası ağacın daha iyi temsil ettiği henüz tam açıklık kazanmış değil.



Dillerin Ağacı

Charles Darwin insanın soyağacı ile dillerdeki farklılaşma arasındaki ilişkiye de işaret ediyordu: "İnsanın mükemmel bir soyağacına sahip olsaydık, insan ırklarına ait bir soyağacının düzenlenmesi bugün dünyada konuşulan çeşitli dilleri en iyi şekilde sınıflandırmayı bize sağlayabilirdi; ve tüm ara ve yavaşça değişim gösteren diyalektler dahil edildiğinde bu tür bir düzenleme tek olası seçenek olurdu."

Diller biyolojik anlamda katı bir biçimde evrimleşmezler. Ancak zaman içinde biyolojik evriminkine benzer biçimde değişmektedirler. Bunda insanın yenilikçi doğası ve diğer dillerden yapılan katkılar önemli rol oynamaktadır. Dillerin evrimine ilişkin çalışmalar dil çiftleri arasında ortak kökten türemiş sözcükler derlenerek 1950'lerde başladı. Yakın zamanlarda dilbilimciler ve evrimsel bilimciler istatistiğe dayalı yöntemler olan maksimum olabilirlik ve Bayes analizini (biyologlar bu yöntemleri evrimin filogenetik analizinde kullanırlar) dilin evrimiyle ilgili çalışmalara uyguladılar. Bu teknikleri aynı kökten sözcüklerden oluşan veri kümelerine ve kullanılan gramer ve ses gibi dil yapılarına uyguladılar. Dil yapısının en yavaş değişen özelliklerine odaklanan evrimsel modellerle yapılan incelemeler bazı tarihsel ilişkilerin 20.000 yıl veya daha geriye uzandığına işaret etmektedir.

balinagil türleri, Eski Dünya akbabalaları ve benzeri birçok tür bulunmuştur. Omurgalılar için benzersiz genetik işaretleyicilerin geliştirilmesi, koruma altındaki hayvanları, bu hayvanların ülkeye yasa dışı sokulan veya satılan parçalarını teşhis etmeyi ve yabancı hayatı koruyan yasaları daha iyi uygulamayı kolaylaştırmaktadır. Bu yaklaşım, yasa dışı balina avcılığı, kaplan ürünlerinin Asya tıbbında kullanımı ve koruma altındaki mersin balığı türlerinden havyar elde edilmesi gibi pek çok örnekte ceza takibatı mümkün kılmıştır.

Metagenomik

Bir organizmadan elde edilen DNA'nın tamamı bir genomu oluşturur. Bir bölgede yaşayan farklı türden mikroplardan tüm bir komünitenin DNA'sını toplarsanız, bir metagenom elde edersiniz. Biyologlar, artık böyle bir komüniteden DNA bölümlerini izole edebilmekte, bu bölümlerin dizilerini belirleyebilmekte ve onları bitişik diziler ha-

linde yeniden bir araya getirebilmektedirler; hem de zor ve emek yoğun bir süreçle mikropları laboratuvar ortamında büyütme için gerekli adımlar atılmadan.

İnsan bağırsağındaki mikropların metagenomik analizi bağırsakta, yaklaşık 25.000 protein kodlayan genin bulunduğu genomumuzdakinden 100 kat fazla değişik gen bulunduğunu ve daha önce bilinmeyen ve kültürü alınmamış yaklaşık 300 mikrobik yaşam cinsi olduğunu göstermiştir. Bilinen mikroplar ve genleri, bağışıklık sistemimizin gelişmesinde, sağlıklı bağırsak hücresi üretimini sağlayan yağ asidi üretiminde ve hem kanserli hücre gelişimine neden olan hem de ilaçları metabolize etme yetimizi etkileyen zararlı maddelerin etkisini gidermede önemli rol oynamaktadır. Metagenomik analiz sonuçları, bilinen ve bilinmeyen mikropların ortaya çıkışı, üremesi ve ilişkilerindeki değişimin iltihaplı bağırsak hastalığı ya da obezite gibi olguların çıkışında rol oynadığını düşündürmektedir.

Kadın üreme sistemi üzerinde yapılan benzer metagenomik analizler, erken doğum, leğen kemiği enfeksiyonları ve HIV gibi cinsel yolla bulaşan patojenlerin edinimiyle bağlantılı bir hastalık olan bakteriyel vajinitin, vajinal bakteri komünitelerinin tür bileşimindeki çarpıcı değişikliklerle birlikte geliştiğini göstermiştir. Araştırmacılar, sağlıklı vajinal ekosistemlerde de sağlıklı olanlarda da birçok yeni bakteri grubu tespit ettiler. Bakteriyel vajinitin daha etkin tedavisi, vajinal ekosistemlerde bu değişimlerin nasıl oluştuğunun ve ekosistemin işlevini ve hastalığın seyrini nasıl etkilediğinin daha iyi anlaşılmasıyla sağlanabilir.

Dış ekosistemler ve sürdürülebilirlik açısından bakıldığında, Pasifik Okyanusu'ndan ve Kuzey Atlantik'teki Sargasso Denizi'nden alınan su örneklerinin metagenomik analizleri sonucunda, okyanuslarda da virüs çeşitleri dâhil halen keşfedilip incelenmesi gereken büyük bir biyolojik çeşitlilik olduğu görülmektedir. Bilim insanları, çeşitli mikrobik ırkların metabolik faaliyetleri ve ekolojik işlevleri hakkında hâlâ görece az şey biliyorlar ve bu konuda çok sayıda proje devam ediyor. Mikroplar yeryüzündeki yaşamı büyük ölçüde destekledikleri için onlar hakkında daha fazla bilgi edinmemiz gerekiyor. Mikroplar, dünyadaki fotosentezin büyük bir bölümünü, diğer yaşam formları ve insanlar için gerekli olan karbon, azot, oksijen ve kükürt gibi elementleri yapıyorlar.

Metagenomik evrim analizini kullanarak çeşitli şartlar içindeki komünitelerin yapısını anlamak, komünite üyelerinin ne yaptıkları, nasıl etkileştik-

leri, zaman içinde nasıl değiştikleri ve yaşamlarını nasıl sürdürdüklerini öğrenmenin ilk adımınıdır. Çeşitlilik gösteren mikrobik komüniteler, daha az çeşitlilik gösterenlere göre çevresel değişiklikler karşısında daha mı dirençlidirler? Bir ekosistemin sürdürülebilirliğinde belirli türlerin çok büyük önemi bulunmakta mıdır? Mikrobik komünitelerin yapısının oluşumunu ve dönüşümünü tetikleyen ve sürdüren nedir? Bir sonraki kavrayış düzeyi için gerekli kavram ve yöntemler büyük ölçüde, türler, popülasyonlar ve bunların çevreleri içinde ve arasındaki tüm etkileşimleri içeren evrimsel ekolojinin sınırları içinde bulunmaktadır.

Mikrobiyal metagenomik ve evrimsel ekolojinin tüm uygulamaları henüz ortaya çıkmasa da çok fazla olasılık bulunmaktadır. Mikroplar karbondioksit, metan ve diğer sera gazlarını üretip aynı zamanda tükettiklerinden, küresel ısınmayı azaltmaya yönelik çalışmaların başarısını belirlemede önemli rol oynayabilirler. Metagenomik tabanlı sistemler, çevre sağlığını kontrol etmenin yanı sıra, patojenlerin doğal mı terörist kaynaklı mı olduklarını saptamada kullanılabilirler. Metagenomik, faydalı mikropların sisteme verildiği probiyotik terapilerle tedavi edilebilecek, insanda ve evcil hayvanlarda görülen çok sayıda hastalığın tanısını koyabilir. Yeni keşfedilen mikroplar, yeni antibiyotiklerin geliştirilmesinde, selülozda bulunan glikozdan fermentasyonla (yakıt amaçlı kullanım için) etanol elde edilmesinde gerekli enzimlerin keşfinde ve toprak ve sudaki kirliliğin biyolojik olarak giderilmesinde kullanılabilir.

Bilimsel kavrayışımız neredeyse tümüyle, her hangi bir düzeyde doğayı gözlememize ve sorgulamamıza dayanır. Doğa bir öğretmen gibi ders vermez ya da çalışma yöntemleri önermez. Doğal sistemler daha çok, garip ve muhteşem güzellikleriyle içten gelen merakımızı cezbederek, bizi elimizden gelen en iyi şekilde öğrenmeye sevk eder. Evrim, yeryüzündeki yaşamın anlaşılmasındaki tek birleştirici ilkedir. Evrimin, değişimin tarihi ve mekanizmaları hakkında verdiği dersleri uygulamaya geçirilmek insanoğlunun esenliğini artırabilir. Bir zamanlar bir merak olan, şimdi güçlü bir araçtır.

Metagenomik incelemeler insan sindirim sisteminde yaşayan ve daha önce bilinmeyen yaklaşık 300 mikrobun varlığını ortaya çıkardı.

