**EVRİMSEL AĞAÇLAR**

Bir evrimsel ağaç;diziler ya da organizmalar grubunun gerçek evrimsel tarihinin, model olarak kullanılan matematiksel yapısıdır. **Filogenik ağaçlar** (ya da evrimsel ağaçlar), evrimsel bir model sunma yanında bazı durumlarda evrimsel zamanı da tanımlar. Bir ağaç **kollarla** (bölüm, kenar) bağlantılı **düğümler** (nod) içerir. Terminal (uç) düğümler (yapraklar) OTU’ler (Operasyonel Sınıflandırma Üniteleri ya da terminal sınıflar) nesli tükenmiş veya var olan, verilerine sahip olduğumuz organizmaları ya da DNA dizilerini ifade eder. İnternal (iç) düğümler varsayımsal soyları gösterir. Ağacı kapsayan bütün serilerin soyları ağacın **kökü**nü oluşturur (Şekil 6). Sözlük anlamına bakıldığında evrimsel ağaç (filogenik ağaç); bir tür ya da populasyon grubu arasındaki atasallık ilişkisini gösteren, tahmini bir diyagramdır. Paleontolojik çalışmalarda atalar, fosillerden hareketle tahmin edilebilir. Halen yaşamakta alan türler ile ilgili çalışmalarda atasal türler varsayımsal olarak oluşturulabilir.

Ağaçların yapımında ve moleküler evrimde kullanılan mantık; genelde birbirine yakın akraba olan türlerin, birbirine uzak olan akraba türlere oranla daha fazla ortak özellik içermesi gerekliliğini esas almaktadır. Bir filogenik ağacın üzerinde dal-ucu, dal veya düğümler; türden, “aleme” kadar herhangi bir taksonomik düzeydeki canlı populasyonlarını ifade edebilir. Ağaçlar, kökleri tabanda uçları tepede “vertikal” olarak ya da kökleri solda, uçları sağda “horizontal” olarak oluşturulabilir. Eğer dal uzunlukları taksonların ayrılmasından sonraki genetik değişim miktarı ile orantılıysa, bir ölçek ya da işaretli eksen verilir. Diğer türlü dal uzunluğu keyfi olup, okumayı kolaylaştırmak için çizilir.

Bir ağacın düğümleri ve kolları, onlarla ilişkili bilgi içeren pek çok cinse sahip olabilir. Filogenetik kriterler, evrim değerlerini ağaçlarda bulunan düğümler arasındaki yerlerine göre yorumlar. Bu yerler **kol uzunlukları** tarafından belirlenebilir. Kol uzunlukları tamamlanmış ağaçlar bazen **ölçülmüş ağaçlar** olarak da adlandırılmaktadır. Ağaçları çizmenin değişik yolları vardır. Örneğin; bir ağaçtaki düzen bir kağıda (ya da bilgisayar ekranına) ağacın anlamını değiştirmeyecek biçimde, ama farklı şekillerde çizilebilir. Bunun nedeni bir ağacın kollarının, dış düğümler arasındaki ilişkileri değiştirmeden, rahatlıkla döndürülebilmesidir.

**Ağaçlarda Politomi**

Bir iç düğümle birleştirilen komşu dalların sayısı, o düğümün derecesini ifade eder. Eğer bir düğüm üçten daha büyük bir dereceye sahipse, bu düğüm politomi olarak tanımlanır. Politomiye sahip olmayan bir ağaç tam kararlı ağaç ya da tamamen çözülmüş ağaç olarak tanımlanır.

Politomiler iki farklı durumu gösterebilme karakteristiği taşırlar (Şekil 9). Bunlardan ilki, eş zamalı olan farklılıkları içerebilmeleridir. Bu durumda verilen döllerin tümü aynı zamanda evrimleşmiştir (**güçlü politomi**). İkincisi ise, politomilerin filogenetik ilişkilerle ilgili belirsizliklere işaret edebilmesidir. Bütün döller farklılaşmalarını tek bir aşamada yaşamazlar. Çoğu zaman söz konusu farklılaşmanın, evrimsel süreçteki gerçek sırasından emin olunamaz ve bu durum belirsizlik yaratır (**yumuşak politomi**). Özetle politomiler; eş zamanlı farklılık ve belirsizlik içeren, ılımlı geçişler olarak tanımlanabilirler. Pek çok neslin tamamen aynı anda farklılaştığını düşünmek olası değildir. Ancak, eğer nesiller karakter evriminin hızına bağlı olarak zaman içinde hızla farklılaşıyorlarsa, o zaman ayrılmadaki sıranın kesin olarak yeniden yapılandırılması için gerekli kanıt, politominin etkileyici bir biçimde sert olmasından dolayı, yetersizleşebilir.

**Ağaçların Stenografik Gösterimi**

Ağaçlar, kümelenmiş parantezler kullanılarak, stenografik (simgelerle gösterim yöntemi) bir şekilde ifade edilebilirler. Her bir iç düğüm, bu düğümün bütün döllerini kapsayan bir çift parantez tarafından ifade edilir. Bu format, basitleştirici olması yanıda, pek çok bilgisayar programında ağaçların gösterimlerinin veri dosyalarında depolanmasında da kullanılır. Şekil 10, bu stenografinin bir örneğini içermektedir.

**Ağaç Tipleri**

Farklı ağaç tipleri, evrimsel tarihin farklı özelliklerini göstermek için kullanılabilir. En temel ağaç, ortak atadan türeyen yeni dölleri basit bir şekilde gösteren **kladogramlar’**dır. Şekil 11’de A,B ve C olarak ifade edilen üç DNA dizisine ait kladogramda; A ve B dizileri, C’ye göre daha yakın bir ortak atayı paylaşmaktadır. Biyomatematiksel literatürde kladogramlar genellikle**“n-ağaçları”** olarak adlandırılır. **İlaveli** **(Additive)** **ağaçlar**, dal uzunlukları da denilebilecek ilave bilgiyi içeren ağaçlardır. Her dalla ilgili olan bu sayılar, evrimsel değişimin miktarı gibi, DNA dizilerinin bazı özelliklerine bağlıdır. İlaveli ağaçlar için, **“Metrik ağaç”** ya da **“filogram”** deyimleri de kullanılmaktadır. **Ultrametrik ağaçlar** (**dendrogramlar**), ilaveli ağaçların özel bir türüdür. Bu ağaçların tüm uçları, ağacın kökünden eşit uzaklıkta yer alır. Ağacın bu türü evrimsel zamanı anlatmak için kullanılabilir. Zaman doğrudan yıllar olarak ifade edilebileceği gibi, moleküler bir saat kullanılarak DNA dizisi farklılaşmasının miktarı biçiminde de ifade edilebilir.

İlaveli ve ultrametrik ağaçların ikisi de, bir kladogramda bulunan bütün bilgiyi içerir. Kladogram, evrimsel ilişkilerle ilgili yapabileceğimiz en basit tanımdır. Bazı soruların yanıtlanması için ortak ataya ait soy bilgisi yeterlidir. Ancak evrimin bağıntılı hızlarının belirlenmesi gibi başka evrimsel analizler için, ilaveli ve ultrametrik ağaçlarda bulunan ek bilgilere ihtiyaç vardır.

Bir ağacın “yatay ve dikey akslarının neyi ifade ettiği” sorusu ele alınırken, grafik perspektif önem kazanır. Kladogramlar, hiçbir dal uzunluğu bilgisi veya özel anlam taşıyan akslar içermez. Ağaçlar dümdüz olana kadar ezilse ya da çekilerek uzatılsa bile onların dışsal düğümleri arasındaki ilişkiler değişmez. Bu nedenle aşağıdaki iki kladogram aynıdır. İlaveli ağaçlar için akslardan biri anlam ifade etmektedir. Bu anlamlı aks evrimsel değişimin miktarını gösterir. Alttaki diyagramda ağaç yatay aks boyunca çekilip uzatılsa (örneğin; soldan sağa) ağacın anlamı (içindeki karakteristik yapıyı) değişmez. Ancak dikey akstaki değişimler (aşağı ve yukarı) dallar boyunca evrimsel değişimin miktarını değiştirir. Bu durumda oluşan ağaçlar, farklı ilaveli ağaçlardır. Buna benzer olarak, bir ultrametrik ağaç için bir aks tipik olarak zamanı ifade ederken, diğer aksın hiçbir anlamı yoktur. Aşağıda gösterilen iki ultrametrik ağaç farklıdır, çünkü bu iki ağaç ayrı farklılaşma zamanları göstemektedir.

**Köklü ve Köksüz Ağaçlar**

Kladogramlar ve ilaveli ağaçlar, köklü veya köksüz olabilirler. Köklü bir ağaç, kök olarak adlandırılan bir düğüme sahiptir ve kök, onunla ilgili diğer bütün düğümlerin başlangıç noktasında yer alır. Bu nedenle köklü bir ağaç, yöne sahiptir. Bu yön evrimsel zamana uyar. Bir düğüm ağacın köküne ne kadar yakınsa, o kadar yaşlıdır. Köklü ağaçlar, düğümler arasındaki ata-döl ilişkilerinin tanımlanmasını sağlar. Bir dalla bağlanan bir çift düğümde, köke en yakın olan düğüm atayı ve kökten daha uzak olan da dölü ifade eder.

Köksüz ağaçlar ise, atalar ve döller hakkında yorum yapılmasına olanak tanımaz. Dahası, köksüz bir ağaçta birbirine yakın olan DNA dizileri, evrimsel olarak yakından ilişkili olamayabilir. Örneğin; Şekil 13’de verilen köksüz ağaçta, jibon (B) (Güneydoğu Asya’da yaşayan bir maymun türü) ve orangutan (O) DNA dizileri ağacın üzerinde komşudur. Ancak günümüzde orangutanın, insan da dahil diğer maymunlara jibondan daha yakın akraba olduğu bilinmektedir. Bu durum jibon koluna bir kök konularak türetilecek köklü bir ağaçta ancak ifade bulur. Kökü başka yerlere koymak suretiyle söz konusu evrimsel ilişkileri değiştirebiliriz. Filogenileri yeniden yapılandırmak için kullanılan pek çok metot köksüz ağaçları esas alır. Bu nedenle köklü ve köksüz ağaçlar arasındaki ilişki önemlidir. Şekil 13’de verilen maymunlara ait köksüz ağaçta, ağacın yedi dalından herhangi birine kök yerleştirilebilir.

Bir ağaçtaki bilgi içinde en çok ilgilenilen, DNA dizileri ve dallar arasındaki ilişkilerdir. Bununla birlikte, ağacın diğer özellikleri de evrimsel fenomeni yansıtmaktadır. Şekil 14, 5 dizi için köklü bir ağacın üç olası şeklini (veya tipolojisini) göstermektedir. 5 dizi için olası 105 ağaçın görünümü bu üç şekilden birine sahip olacaktır.