

Eratosthenes ve Helenistik Çağ'da Coğrafya



Coğrafyanın babası,
Eratosthenes

Eratosthenes, Helenistik Çağ'da yetişmiş önemli ve öncü bilginlerden birisidir. Çok yönlü bilgisiyile ve değişik konularda yazdığı kitaplarla daha gençken ün kazanmıştır. Çok yönlü bilgi ve becerisinden dolayı çağdaşlarında Pentathalos olarak adlandırılmıştır. Dünya'nın Güneş'ten uzaklığını 92 milyon mil olarak, Dünya'nın çevresini de 46.225 km olarak bugünkü değerlere yakın hesaplamayı başarmıştır. Deniz ve kara ulaşımının son derece sınırlı olduğu bir dönemde Dünya'nın büyüklüğünü belirlemek kolay bir iş değildi. Daha önceden de bu yönde uğraşan pek çok bilgin olmuştu, ama hiç biri Eratosthenes'in ulaştığı sonuç kadar gerçeğe yakın bir sonuç elde etmeyi başaramamıştı. Asıl amacı Güneş'in ve Ay'ın büyüklüklerini belirlemek, Dünya'dan uzaklıklarını saptamaktı. Ama bunun için öncelikle Dünya'nın büyüklüğünün hesaplanması gerekiyordu. Eratosthenes elinde gelişmiş hiçbir gözlem aracı olmadan bunu başardı. Bu aklın, sağduyunun ve matematiğin bir zaferiydi.

Eratosthenes Eleği

Eratosthenes'i bilim tarihinin seçkin temsilcilerinden birisi yapan, Dünya'nın çevresini ölçmek için geliştirdiği yöntemdir. Yöntem aslında geometrinin olanakları üzerine kurulmuştur ve Eratosthenes'in bir coğrafyacı olduğu kadar matematikçi olduğunun da en önemli göstergesidir. Matematiğe olan ilgisi daha çok sayılar teorisi üzerinde yoğunlaşıyordu. Bu ilgisi sonucunda Eratosthenes bütün bölünebilir sayıları eleterek sadece asal sayıları bir araya getirecek bir yöntem geliştirdi. *Eratosthenes Eleği* diye adlandırılan bu yöntem, sıra sayılarının bir listesini oluşturmaktan ve 2'den sonra her ikinci sayıyı, 3'ten sonra her üçüncü sayıyı, 4'ten sonra her dördüncü sayıyı vb. çıkarmaktan oluşuyordu.

Asal sayılar kendisinden ve 1'den başka bölüneni olmayan sayılara denir: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17 vb. Asal sayıları bulan yöntemlerden veya algoritmalarından en hızlısı Eratosthenes Eleğidir. Matematikte, Eratosthenes Eleği belirli bir tamsayıya kadar asal sayıların bulunması için kullanılan bir yöntemdir. Bugün de değiştirilmiş olarak kullanılan bu yöntem matematik tarihindeki önemli başarılarından biridir.

Yer'in Çevresini Ölçme Deneyi

Eratosthenes'in asıl başarısı coğrafya alanındadır. Bu konuda kaleme aldığı *Coğrafya* adlı kitap üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde coğrafyanın tarihsel gelişiminden söz edilmektedir. Eratosthenes kendisinden önce

bu alanda çalışmış ve daha çok tasviri çalışmalar yapmış olan coğrafyacıların görüşlerini özetlemiştir. İkinci bölüm matematiksel coğrafya konusundadır; bu alanın kurucusu da Eratosthenes'tir ve kendisine ün sağlayan da kitabının bu kısmında yer alan özgün bilgilerdir. Yer'in çevresini ölçme girişimi de bu bölümde yer almaktadır. Üçüncü bölüm ise haritacılık üzerinedir.

Eratosthenes, Yer'in çevresini ölçme girişiminde bulunan birkaç bilginde birisi olarak bilim tarihinde dikkat çekmiştir. Ona ününü sağlayan ise ulaştığı sonuçtan çok geliştirdiği yaratıcı ve yalın yöntemidir. İdealleştirmenin, soyutlamanın ve geometrinin olanaklarını başarıyla kurgulayan Eratosthenes, Mısır'ın İskenderiye şehrinin güneydoğusunda bulunan Syene'de (şimdiki Asuan), Yaz Dönencesindeyken, tam öğle vakti Güneş ışınlarının derin bir kuyunun dibine vurduğu duyumundan hareketle, bu coğrafi durumdan Yer'in çevresinin tam olarak belirlenmesinde yararlanabileceğine karar vermiştir. Yer'in, gerçekte yuvarlak olduğu bilgisini de dikkate alan Eratosthenes'in, çevre uzunluğunu hesaplamak için iki şeye gereksinimi vardır: 1) Syene ve İskenderiye arasındaki mesafenin miktarı, 2) İskenderiye'de belirli bir yapının, örneğin taş bir anıtın gölge açısı.

Syene ve İskenderiye arasındaki mesafeyi, ticaret kervanları tarafından deve yürüyüşüyle ölçülen değer olan yaklaşık 5000 stadyum olarak kabul eden Eratosthenes, İskenderiye'deki anıtın gölge açısını da (7°2') olarak ölçtü. Ölçtüğü gölge açısını bir daire yayı olan 360 dereceye böldü. Daha sonra, bölüm sonucunu İskenderiye ile Syene arasındaki uzaklıkla çarparak Yer'in çevresini belirledi. Hesaplamasına esas olan denklem şöyleydi:

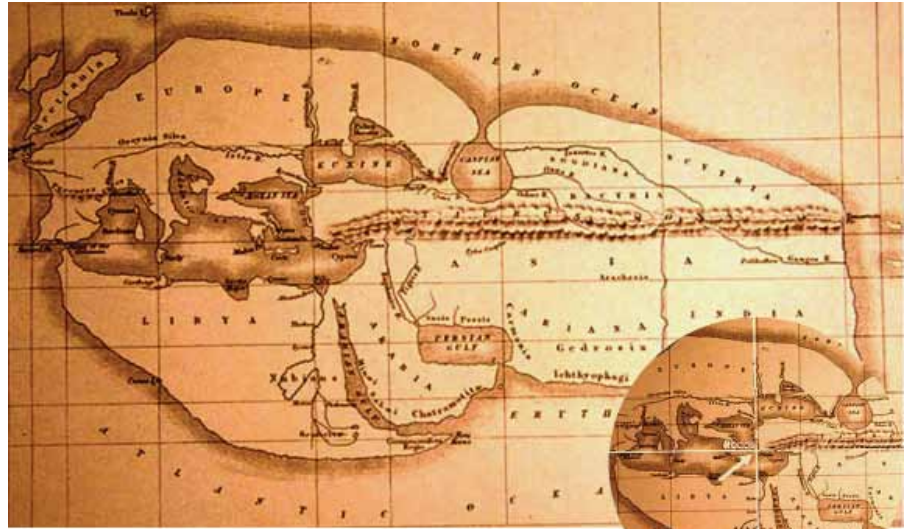
$$\begin{array}{r} 7,2 \\ 360 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 5000 \\ X \\ \hline \end{array}$$

$$X = 360 \times 5000 / 7,2 = 1800000 / 7,2 = 250.000 \text{ stadyum}$$

Eratosthenes gücünü uyguladığı yöntemden alıyordu. Basit bir orantıya dayanan yöntem varsayım, gözlemsel bilgi ve geometrik kurallara dayandırılmıştı. Eratosthenes iki kentin aynı boylam üzerinde olduğunu varsayıyordu. Bunun dışında Yer'in küresel olduğu bilgisine sahipti, daire çemberinin 360 derece olduğunu ve Güneş ışınlarının yeryüzüne paralel düştüğünü biliyordu. Güneş'in tepe noktasındayken, Syene'de derin bir kuyunun dibini aydınlattığı anda, Güneş ışınları İskenderiye'ye bir dairenin 1/50'sine karşılık gelen bir açıyla (7°2') ulaşmaktaydı. İki şehrin arasındaki uzaklık 5000 stadyumdu. Böylece Yer'in çevresini he-

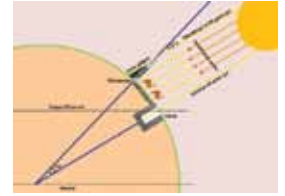
Yaşam Öyküsü

Bilim tarihine adı "Coğrafyanın Babası" olarak geçmiş olan Eratosthenes, şimdiki Libya'nın sınırları içerisinde bulunan ve o zamanki Yunan kolonilerinden biri olan Cyrene'de MÖ 276 yılında doğdu. Eğitimini Atina'da yaptı ve 240 yılında II. Ptolemy'nin oğluna özel öğretmenlik yapmak üzere İskenderiye'ye gitti. Tarih, şiir, matematik ve astronomi konularında sahip olduğu bilgiyle öne çıkan Eratosthenes, İskenderiye Kütüphanesi'nin müdürlüğüne getirildi. Hatta bilgeliğinden dolayı kendisine ikinci Platon denildiğinden söz edilmektedir. Burada çalışmalarını derinleştiren Eratosthenes, Dünya hakkında kapsamlı bir araştırma olan ünlü *Coğrafya* adlı kitabını yazdı. Grekçede "Dünya hakkında yazmak" anlamına gelen coğrafya sözcüğü de böylece ilk kez kullanılmış oluyordu. *Coğrafya* aynı zamanda ılıman, sıcak ve soğuk iklim kuşaklarının söz konusu edildiği bir çalışma olması bakımından da ilktir. Eratosthenes MÖ 194 yılında öldü.



Eratosthenes'in Dünya haritası

Eratosthenes, matematiksel ve astronomik coğrafyanın kurucusudur. Kendinden önce gelen ve iki kutbu ve bir ekvatoru olan, küresel bir Dünya anlayışını benimseyen bilgilerin çalışmalarını toplamış ve o gün bilinen Dünya'nın bir haritasını yapmıştır. Bu haritada, enlem ve boylam çizgilerini çizerek, Dünya'yı kutuplar, ılıman, tropik, ekvator vb. iklim bölgelerine böldü. Gündönümlerinin meydana geldiği tropikal bölgenin, yükseltisi daha fazla olan ve daha çok yağış alan ekvatorun çok daha sıcak olduğunu düşünüyordu. Temel boylam meridyeni olarak, İskenderiye ve Syene'den geçen meridyeni almıştır. Temel enlem paraleli olarak da Cebelitarık Boğazı'ndan ve Rodos açıklarından geçen, 36° çizgisini almıştır. Eratosthenes bu paralel boyunca, Atlantik'ten Pasifiğe kadar, karaların 78.000 stadyum kadar uzandığını ve kalan kısmın da deniz olduğunu düşünüyordu. Coğrafyacı Strabon'a (MÖ 63-MS 24) göre, Eratosthenes okyanusun büyüklüğü olmasa, gemiyle İspanya'dan Hindistan'a kadar, aynı paralel boyunca gitmenin mümkün olduğunu, Atlantik ve Hint okyanuslarındaki gelgit olaylarının benzer olmasının bunların birbirine bağlı olduğunu gösterdiğini düşünüyordu.



saplamak için bir dairenin 1/50'sine karşılık gelen bu 5000 stadyumu dairenin çevresi olan 50 ile çarpmak yeterli olacaktı. Sonuçta Yer'in çevresinin 250.000 stadyum (46.225 km) olduğunu belirleyen Eratosthenes'in ulaştığı sonucun doğru bir değerlendirmesini yapmak için bir stadyumun tam miktarının ne olduğunu bilmek gerekse de, bugün için bir stadyumun 50 mil olduğu kabul edilirse, sonucun mükemmel olduğu söylenebilir. Teknolojinin henüz bazı basit el araçlarından oluştuğu bir dönemde bu türden sonuçlara ulaşmak gerçekten olağanüstü bir zekâ ve imgelem gücü demektir.

Eratosthenes aynı zamanda ekliptiğin eğimini, yani Yer'in ekseninin eğimini de 23°51'20" olarak hesaplamıştır.

Dünya Haritası

Eratosthenes'in bir diğer başarısı da meridyenlere ve paralellere dayanan ilk Dünya haritasını yapmasıdır. Bütün coğrafik ölçümlerin soyut başlangıç noktası olarak meridyen fikrini geliştiren de kendisidir. Harita çalışması aslında matematiksel coğrafyanın konusudur, ama Eratosthenes ayrıca ele almayı uygun görmüştür. Bir kentin yerinin belirlenmesi, o yerin enleminin ve boylamının belirtilmesi demektir. Eratosthenes'ten önce yer tespiti sadece "Asya'da" veya "Afrika'da" diyerek yapılırken, ilk

kez Eratosthenes enlem ve boylam kullanmıştır. Nil'den geçen boylamı ve Toroslar'dan (Cebelitarık) geçen enlemi esas alarak Dünya'yı dörde bölen Eratosthenes, bu iki çizginin Rodos'ta birleştiğini belirtmektedir.

Harita İngiliz adaları dahil Avrupa, Afrika ve Asya anakaralarını kapsıyordu. Küresel bir yüzeyi, tıpkı bir portakal kabuğunu masa üzerine dümdüz yaymak gibi, kâğıt üstünde göstermek kolay bir iş değildir. Eratosthenes enlemleri ve boylamları kullanarak güçlüğün üstesinden gelmişti. Güneşin öğle vaktindeki yüksekliğine bakarak herhangi bir yerin enlemini hesaplayabilme bilgisinin işini hayli kolaylaştırdığı açıktır. Yaptığı harita yüzyıllarca denizcilikte ve başka alanlarda kullanılmıştır.

İlginç bir savı da fiziksel coğrafya ile ilgilidir. Hint ve Atlas okyanuslarındaki gel-git devinimleri arasındaki yakın benzerliği göz önüne alarak, iki okyanusun aslında birleşik olduğunu, üç anakaranın da (Avrupa, Asya ve Afrika) bir ada oluşturduğunu ileri sürer. Dahası, kimi kaynaklara göre, Eratosthenes daha ileri giderek Atlantik ötesi yeni bir anakaranın varlığından bile söz etmiştir. Ona göre, büyük bir olasılıkla okyanusun öte yakasında, bilinen dünyayı dengeleyen bir başka dünya vardı.

Eratosthenes, Strabon, Hipparkhos (MÖ 190-120) ve Ptolemaios (90-160) gibi birçok bil-

Eratosthenes'in Yer'in çevresini ölçme yöntemi Eratosthenes şu kabullerle hareket etmiştir:

- Yer küreseldir.
- İskenderiye ve Syene aynı meridyen üzerindedir.
- İskenderiye ve Syene arası 5000 stadyumdur.
- Yer üzerinde farklı yerlere ulaşan Güneş ışınları birbirine paraleldir, dolayısıyla Güneş ışınları İskenderiye ve Syene'ye paralel düşer.
- Syene Yengeç Dönencesi üzerindedir.
- Paralel çizgilerle keşinen doğrusal çizgiler eşit ters açı oluşturur. Burada geliştirdiği yöntem, aynı zamanda matematiksel kanıtlamanın coğrafyada kullanılmasının güzel bir örneği olması bakımından da dikkate değerdir.

gini etkiledi. Dünya'ya ilişkin verdiği değerlerin isabetli olması her dönemde takdirle karşılanmıştır. Antik Çağ'ın ünlü coğrafyacılarından Strabon da bu nedenle Eratosthenes'i coğrafyacıların en gerçekçisi olarak övmektedir. Ayrıca Roma Döneminin ünlü bilgini Heron'un (10-70) matematik, fizik ve teknolojiye başarılarını, kendisinden 300 yıl önce yaşamış Eratosthenes'e borçlu olduğunu söylemiş olması büyük bilginin bilim dünyasındaki kalıcı etkisini yansıtmaktadır.

Kaynaklar

- Cushing, J. T., *Fizikte Felsefi Kavramlar 1*, Çev. B. Özgür Sarıoğlu, Sabancı Üniversitesi, 2003.
 Donald J. Z., "From Prime Numbers to Place Names: A New Use for Eratosthenes' Sieve", *The California Geographer*, Cilt 43, 2003.
 Fowler, D. H., "Eratosthenes' Ratio for the Obliquity of the Ecliptic", *Isis*, Cilt 74, Sayı 4, 1983.
 Heath, T. L., *A History of Greek Mathematics*, (2 cilt) Oxford University Press, 1921.
 Mason, S. F., *Bilimler Tarihi*, Çev. Umur Daybelge, Kültür Bakanlığı, 2001.
 Topdemir, H. G. ve Unat, Y., *Bilim Tarihi*, Pegem, 2008.
 Yıldırım, C., *Bilimin Öncüleri*, Tübitak, 1995.