

Bir Mühendislik Dili: Matematik

Prof. Dr. Beno KURYEL



Mühendisliğin Dili Olarak Matematik

Beno Kuryel

İzmir Ekonomi Üniversitesi
kuryel.beno1972@gmail.com

ÖZ

Bu ilk sözler, son sözlere giden yolun başlangıcı değildir. Çünkü, hesaplama tarihinde ilk sözler olmadığı gibi son sözler de yoktur. *İlk* ile ifade ettiğimiz şey geriye gidebildiğimiz yeri ifade etmektedir. Hesaplama tarihinin ne başı ne de sonu vardır. Yaşamımızın her anında, rüyalarımızda *hesaplama* yapmadan geçen durak var mıdır? Bu yazının başlığındaki “*hesaplama*” sözcüğü yerine “*matematik*” sözcüğünü de yazabilirdik. O zaman, dönemeçleri okyanuslarda aramak gerekirdi. Bu da, bir makalede çerçeve içine alınamazdı elbette. Peki, hesaplama tarihi de okyanuslarda yüzmüyor mu? Tabii ki, öyle. Ancak, dar da olsa bu makalede bir çerçevesini çizmek mümkün. Hesap, bir büyüklüğün tanımlanmasıdır bir bakıma. Büyüklüğe, çokluğa, genişliğe bir anlam kazandırmaktır. Şöyle bir tarihe baktığımız zaman, neredeyse inanılması zor bir eser görürüz. Günlük yaşamın girdabında farkına varamadığımız bir süreç bu. Bundan önceki yüzyıllarda ve binyıllarda bugüne benzer “bugünlerde” de didiştığımız günün içinden farkındalık çıkması zor zanaat olagelmıştır. Bugünün, ya da gündelik olanın cenderesinden başımızı kaldırıp baktığımızda vardığımız noktanın evrilerek süregiden bir yol olduğunu görebiliriz. İlk sözlerin amacı bu “ilksizliği” ve doğal olarak “sonu olmazlığı” dile getirmek içindir. Marx, enfes ifadesinde, “maymunu anlamak için insanı bilmek gerekir” derken bugünü tarihten çıkarabileceğimizi paradoksal bir biçimde ortaya koyuyordu. Bu bilgikuramsal önermeyle hesaplama tarihini irdelerken hem kavramsal dönüşümleri hem de hesaplamanın emek ve üretim süreçleriyle nasıl örgüldüğünü görebiliriz. Böyle bir görme biçimi, hesaplama tarihini, merak uyandıran olgular düzeyine indirgemeyi önlediği gibi, bilim tarihini de toplumsal devinim içinden algılayabilmemizi sağlar. Bu makale sadece bir deneme. Belki de bir önerme. Bundan önce dergimizde yazdığım yazılarla örmeye çalıştığım bilgikuramına bir tuğla daha eklemekle özdeş gibi. Bilginin tarihsel evrimini, bilgikuramsal çözümlenmelerden ve bilginin örgütlendiği yaşam dinamiklerinden yalıtmadan somut örneklemeler çerçevesinde inceleme ve anlama çabasından başka birşey değil bu yaklaşım.

Hesaplama Tarihinde Kavramsal Dönüşümler

Kavram ve Dönüşüm

Tartışmaya şöyle bir soru ile başlayabiliriz: Sözcükler, kavramları nasıl taşır? Soruya alelacele bir yanıt vermekten kaçınarak şöyle bir açıklama yapalım: *Gündelik yaşamda kullanılan birçok sözcük, taşıdığı kavramların farkındalıksızlığı içinde sarfedilir.* Bilimsel ve teknik araştırma ve uygulamalarda bile buna çoğukez rastlamak olasıdır. Peki, bu durum anlam kayıplarına yol açmakta mıdır? Elbette, evet. Ancak, hüküm süren paradigmada işlevsellik ve pragmatik ölçütler belirleyici olduğu için göze batmaz ve sonuç olarak

kavramsal kayıplar belirgin olmaz. Ancak, bu durumu dert edinmek zorunda hissediyorum kendimi. Çünkü, yukarıda da ifade etmeye çalıştığım gibi, *bilginin tarihsel evrimini, bilgikuramsal çözümlenmelerden ve bilginin örgütlendiği yaşam dinamiklerinden yalıtılmadan somut örneklemeler çerçevesinde inceleme ve anlama çabasını* hedefliyorum. Bilim tarihi ile bilim felsefesinin ayrılmaz bütünlüğü içinde kalan bir yaklaşımı benimsiyorum. O halde, soruya yeniden dönersek: Sözcükler, kavramları nasıl taşır? Çok genel olarak ve psikolojik düzeyde diyebiliriz ki, kavramlar, sözcüklere karşılık gelen zihinsel temsillerdir. Örneğin “kedi” kavramı, “kedi” sözcüğüne karşılık gelen zihinsel bir yapıdır ve dünyadaki tüm kedilere göndermede bulunur. Kavramlar, zihinsel süreçlerce üretilir ve bu süreçler içinde değişebilir. Kavramın, bu zihinsel “psikolojik/fizyolojik mekanizmanın” dışında kültürel değeri de vardır. Paradigma bağlamında, sözcüklerle kavramlar uzlaşır. Bu uzlaşma yanılısamlarla doludur. Aralarındaki köprü egemen paradigma tarafından inşa edilir. Bu inşa sürecinin farkındalığı ise tartışmalıdır ve yanılısamlara yol açan da odur. Şimdi bir örnekle aydınlatmaya çalışalım:

“Sıcaklık”, “ısı” ve “sıcaklık farkı” kavramlarını ele alalım. Canalcı soru şudur: Acaba bu kavramlardan hangisi veya hangileri nitel ya da niceldir? Rahatlıkla diyebiliriz ki, bu soruyu sormadan ilgili kavramları termodinamik bağıntılar içinde kullanarak, enerji denklemlerini geliştirmek, buhar kazanı tasarımı yapmak ve uygulamalı matematik problemlerini çözmek fevkalade mümkündür. Mühendislik tarihini, sadece yapılanlarla yazmak da olasıdır. Ancak, böylesine yazılan şey tarihsel bir araştırma ve inceleme olamaz, daha çok pozitivist paradigmanda yazılan bir tarih olur. Canalcı soruya dönersek, sıcaklık nitel bir kavramdır. Çünkü, yalnızca yapılan bir ölçüme verilen bir isimdir. Geleneksel bir kabul çerçevesinde tanımlanmış bir anlamdır. Ancak, sıcaklık farkı niceldir. Nedeni ise nicel bir kavram olan ısı ile ilişkilendirilebilmesidir. Isı, bir nicelik olarak sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. Çünkü, enerji yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akar. Böylece, kavramlar yalnızca zihinsel süreçler olarak psikolojik değil, bilginin evriminde paradigmatik bileşenler içinde kültürel de. Mühendis, klimayı tasarlarlarken kavramı işlevsellik üzerinden bildiği için yanılmamaktadır. Yanılısama, edindiği bilginin işlevi dışında düşünme ihtiyacı hissetmemesinde yatmaktadır. Hüküm süren paradigmada böyle bir gereksinme olmadığı için bilgi *şeyleşmiş* olarak sadece işleviyle değer kazanmaktadır. Fakat, bilim tarihini incelerken bilginin bu ideolojik bileşenlerini de göz önünde tutmak durumundayız.

Şimdi, makale kapsamında gereksinme duyacağımız başka bir örnekle destek verirsek: “Hesap” sözcüğü günlük yaşamımızda ve teknik işlerde saymak, toplamak, çıkarmak, çarpmak ve bölmek anlamına gelmektedir. Bir bakıma, sayısal bir sonuçtur. *Hesap* sözcüğünün kökeni, Arapça *hisab* kelimesidir. Anlamı, *arimetik, işlem yapmak, saymak* fiillerini gösterir. Bu noktada, tarihsel süreçte *hesaplamanın* başına gelenlere bir göz atabiliriz: Anlama biraz vurgu yapmak için İngilizceden iki sözcük ödünç alalım. Bunlar, “*calculation*” ve “*computation*” sözcükleridir. Kelimelerin etimolojisiyle biraz uğraşmakta yarar var. Hesaplamanın İngilizcesi olan “*calculation*” sözcüğüne bakalım. İçinden önce “*calcis*” çıkmakta. Yani “kireçtaşı.” Hesaplamakla kireç taşının ne ilgisi var? İlk tepkimiz anlaşılır görünmekte. Ancak, bir adım daha atalım: Çakıltaşının Latince karşılığı “*calculus*” kelimesidir. “*Calc*” taş anlamında. “*Calculus*” ise küçük taş demek. Hesaplama yapmak için kullanılan küçük çakıltaşları. Bilinen ilk hesap araçlarından biri. Böylece, hesaplamanın toplumsal bir değer kazandığını görüyoruz. Öğretmek için örgütlenmek ya da okullaşma sürecidir bu.

İlginçtir, Arapça *ih̄sa* sözcüğü, *saymak veya sıralamak* anlamına geliyor. İlginçlik devam ediyor, çünkü, Arapça *haswa* sözcüğünden, yani *çakıltaşı* anlamına gelen kelimedenden türeyor. Latince *calculus*, Arapçada *haswa* sözcükleri eski anlamlarını korumakta ve her ikisi de “böbrek taşı” kelimesini karşılamaktadır. Aynı zamanda, hesaplamak anlamını da sürdürmektedir. Matematiksel düşüncenin evrimiyle, insanın çevre ile kurduğu tüm ilişkilerden ortaya çıkan toplumsal yaşam örgüsünün evriminde bir koşutluk gözlenmektedir. Burada, çakıltaşları ya da başka sayısal araçlar, tahta veya kemiklere atılan çentikler gibi aynı ilksel düzeye sahiptir. Bu bir muhasebe yöntemidir ve kelimelere ya da belleğe ihtiyacı yoktur. Sadece, bire-bir mütakabiliyet söz konusudur. Düzenli sayma kavramına bir yakınlığı yoktur. Çakıltaşlarını kullanan çoban, hayvanlarının muhasebesini yaparken, soyut sayı kavramına gereksinme duymadan bire-bir mütakabiliyeti kullanabilir. Bununla birlikte, bu muhasebe yönteminde belirli bir soyutlama da vardır. Çünkü, örneğin yirmi çakıltaşı, yirmi koyuna, yirmi insana veya yirmi buğday ölçğine denk gelebilir. Böylece, insan zihni ardıllık hünerini kavrama becerisini gösterince çakıltaşlarını, “soyut sayma” bakış açısından görebilmiştir. “Çakıltaşı ilkesi” aracılığıyla bakar duruma gelebilmiştir ve böylelikle eksik şeyleri de sayabilmiştir. Mesela Etiyopya’da sefere çıkan her bir asker yola koyulurken yığına bir taş bırakmış, seferden dönenler de yığından bir taş almış. Kalan taşları sayarak seferdeki kayıpların sayısı elde edilmiş. Görüldüğü gibi, matematiksel düşünce ile yaşamsal devinim bütünsel evrimin içinde yuvarlanıyor. Birbirine koşut ve birbiriyle etkileşim içinde. Birini diğerinden ayırmak veya öncellemek olanaksız. Tartışmanın bu noktasında, çakıltaşlarından soyut sayma kavramını içeren bir örneğe geçelim: Abaküs. Bir hesap tahtası. Soyut sayma kavramına geçiş, hesaplama tarihinde kavramsal bir dönüşüme işaret edebilir. Sistematik bir muhasebe düzeyine geçiş söz konusudur. Bu soyutlama düzeyi yaşamı yeniden örgütleme yeteneğini kazandırmıştır. Böylece, hayat görüşlerinde bir değişime neden olmuştur. Roma hesap tahtasının özelliği, her kolonda 10 sayısının ardışık üstlerini içermesidir. Abaküsün her kolonuna tekabül eden 10 sayısının üstünden kaç adet bulunduğunu gösteren sayaçlar vardır. Bu sayaçlar, denk gelen 10 sayısının üstü ile çarpılıp elde edilen sonuçların toplanmasıyla istenen sayıya ulaşmak mümkündür.

Burada değinmekte yarar gördüğüm şey, bir masaya monte edilen abaküsün cepte taşınabilen ölçülerdeki örneğidir. Böylece daha çok sayıda insana ulaşan bu alet, hesaplama olgusunun kültürel evrimine de işaret etmektedir.

Yine kısaca geri dönüp etimolojik çözümlemeyi tamamlayalım. Bu yazıda, İngilizceden ödünç aldığımız diğer kelime *computation*. Bu da *hesaplama* anlamını taşıyor. Latince, bir araya getirmek, bir aradalığı betimlemek ya da saymak demek. *Hesaplama* sözcüğüne iki tane karşılık bulduk: *calculation ve computation*. Birbirleriyle ilintili olmakla beraber, kavramsal dönüşüme getirdikleri bileşenlerde farklılıklar vardır. Nedir bu farklar? Çakıltaşlarından bugünün bilgisayarlarına bir sıçrama yaparsak şu soruyu sorabiliriz: Bilgisayar nasıl bir araçtır? Buradan da başka sorulara geçebiliriz: Bilgisayar, sadece hesaplamaları ya da işlemleri büyük bir hızla gerçekleştiren bir alet midir? Hesaplamayı, varmış olduğu sayısal sonuçlardan başka bilgilerle buluşturuyor mu? Abaküse bakacak olursak, insanlar elbette yaptıkları hesaplamaları yalnızca meraklarını gidermek için gerçekleştirmemişlerdir. Hafiften karikatürece ederek de olasa dile getirdiğimiz “çakıltaşı ilkesi” bilginin örgütlenişini betimlemektedir. *İlke*, bir toplumsal anlaşmayı göstermektedir. Bir kültür olarak hesaplama, gündelik işleyişin uzlaşmış ayrıntılarında anlam kazanmaktadır. Hesaplama kavramı salt teknik bir mesele değil, aynı zamanda yaşam biçimine katılmış maddi bir bileşendir. Ticaretin devinimine katılarak onun bir parçası haline gelmiştir.

Bu noktada, sıçrama olgusuna geri dönmek gerek. Çakıltaşından abküse, abaküsten bilgisayara bir sıçrama. Kesinlikle aradaki evrim sürecini ihmal etmeden tabii ki. Hesaplamanın *calculation* iskelesinden *computation* iskelesine yelken açıyoruz. Basit bir hesap makinasından bilgisayara. Kavramsal dönüşümün belirleyici ayrıntılarına göz atmak gerek. Bugün *computation* kelimesini kullandığımız zaman nelere işaret etmekteyiz? Birçok şeye. Nasıl ve ne şekilde? Fakat bu arada bir konunun altını çizmekte yarar vardır. Burada, İngilizce üzerinden bir irdelenin yapıyor olması şaşırtıcı gelmemelidir. Çünkü, insan türünün düşünsel evrimine eğilmiş durumdayız, bugün *hesaplama* şemsiyesi altında ortaya çıkan literatürün ezici çoğunluğu İngilizcedir, farklı kültürler bir küresellik içinde paylaşımlarını İngilizce yapmaktadır, Türkçe'ye de böylesine ayırteci sözcüklerle katkıda bulunak için zihnimizi ve araştırmalarımızı zorlamalıyız. Yanıtı dönebiliriz şimdi: Bir lokantada alt alta yazılmış rakamları toplamak bir *hesap (calculation)* yapmaktır. Benzer şekilde, bir fizik problemini çözerken, aylık digerleri değerlendirirken, ders programlarını yaparken, bir binanın bir alana yerleşimini düşünürken hep *hesap (calculation)* yaparız. Ancak, bir fizik probleminin matematik modelinde parametrik çözümler yaparken, bir mimari projede grafik destekli seçenekleri üretirken, bir ekonomik soruna stokastik bir model uygularken yine *hesap* ama bu kez *computation* yaparız. Yapılan eylemi sonuç odaklı düşünürsek her iki alan örneğinde *hesaplamanın* gerçekleşmesi olağandır. Ancak, kavram odaklı yaklaşırsak, ilkindeki *hesaplama*yla ikincisindeki *hesaplama* arasında farklar vardır. Şöyle ki:

Hesaplama tarihindeki en belirgin özellik insan türünün çoklukla, büyüklükle başedebilmiş olmasıdır. Bu özelliklere anlam vererek, verdiği anlamı pratiğe geçirip kullanarak, elde ettiği sonuçları manipüle ederek, yöntemleri yazıya çevirip literatür yaratarak, bu bilgileri kuşaktan kuşağa geçirecek okullaşma süreçlerini inşa ederek, bilginin araştırıldığı kurumlar kurarak, buna uygun diller geliştirerek matematiksel düşüncenin bir kültür olduğunu ve hesaplamanın basitçe dört işlemden ibaret olmadığını göstererek, gerek hesaplama bilgisinde gerekse yaşamla olan ilişkilerinde kavramsal dönüşümlere yol açarak evrim sürecinin yaratıcı sahnelerini gözler önüne sermiştir. Farkları bu süreçte yakalamak mümkündür.

Yakalayalım... *Hesaplama* kavramı sadece bir sayısal sonuca (*calculation*) ulaşmayı ifade etmez. Aynı zamanda, sayısal sonucun elde edildiği ortamın özelliklerine ve vardığı sonucun bilgisel niteliklerini de kapsar. Bir bilgisayar ekranında görülen grafik, bizim gözle görmediğimiz sayısız hesaplamanın sonunda ortaya çıkan bir görüntüdür. Belirili bir matematiksel analize bağlı olarak bilginin, sayılar aracılığıyla proses edilmesinden başka birşey değildir. İşte bu sonuç, bir *hesaplama* sürecidir, ancak, *calculation* değil, aksine *computation* eylemidir.

Sonuç odaklı düşünürsek, “ne farkeder” diyebiliriz. Evet, yalnızca işimizi görmek istiyorsak hiçbir şey farketmez. Ancak, hesaplama tarihinde kavramsal dönüşümleri araştırmak istiyorsak, en azından bana göre, çok şey farkeder. Bunları da yazı boyunca açıklamaya çalışıyorum zaten.

Bilgisayarların işimizi oldukça kolaylaştırmaları yanında, bilgini örgütlenme biçimine de etkileri olmuştur. Bir araştıma alanı olarak bilgisayar bilimleri, araştırma ve uygulama alanı olarak elektronik, bilgisayar ve yazılım mühendislikleri *hesaplama* kavramındaki dönüşümlere işaret eden birkaç örnektir.

Hesaplamadan (calculation) hesaplamaya (computation) giden bir yoldur bu kavramsal dönüşüm. Sayısal bilginin örgütlenişinde, kullanılışında, uygulanışında, yaşamın ticari, ekonomik, ulaşımsal, iletişimsel örgüsünde belirgin farklılaşmalar yaşanmaktadır.

Peki, yakın bir örnekle devam edersek *hesap (calculator)* makinasına nasıl bakmalı? Hesap makinaları bugün, günlük yaşamın birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. *Hesap* ve *makinanın* kültürel örgüde kavramsal bir irdeleme yapmaya kalkıştırsak akla hemen şu soru gelebilir: Bu makinanın, okul süreçlerindeki kullanımı ne durumdadır? *İrdelemeyi sürdürelim:*

İlk ve orta öğretimde kullanımı ne şekilde uygun ve etkindir? Matematik ve fen derslerinde kullanımı pedagojik açılarından nasıl irdelenebilir? Bu ve buna benzer sorular planlı ve yeterli bir biçimde ele alınmakta mıdır? Öyle olduğu pek söylenemez. Az da olsa derinleştirmeye çalışalım: Hepimiz ister zor ister basit olsun hesaplamalarda, hesap makinasına bel bağlarız. Fakat, derslerde hesap makinasını ne zaman teşvik etmeliyiz ve ne zaman uygun olmayacağına karar vermeliyiz? Acaba, hesap makinasına ağırlıkla yer verirse hesap yapma yetenek ve becerilerimizi köreltir miyiz? Özellikle ilköğretimde hesap makinalarına ağırlık vermek uygun değildir. Çünkü, çok basamaklı toplama ve çarpma işlemlerinin elle yapılması 10 tabanlı sayı dizgesinin nasıl çalıştığının anlaşılmasına yardım eder. Sayı kavramı, bir dizge olarak tasarlanması ve uygulamalarda kullanılması süreci, “kağıt-kalem” ortamından bağımsız olamaz. Kağıt-kalem ortamı, beyin-el uyumunun ve yaratıcılığının harika bir tablosudur. Bunun gibi, hesap makinaları da beyin-el uyumunun ve yaratıcılığının mükemmel bir tablosudur. Yeter ki, kullanımını yerinde ve zamanında yapalım. Ayrıca, vurgulanması gereken bir nokta da, kağıt-kalem ve hesap makinasının birbirinin seçeneği olmadığıdır. Kağıt-kalem ve hesap makinası birbirlerinin yerine geçmez. Sınıfta hesap makinasının kullanılması, özellikle ilköğretimde, farklı düşünce ve yaklaşımlara neden olmuştur. Kimileri, öğrencilerin daha ilköğretimden hesap makinasına aşina olmaları gerektiğini savunurken, diğerleri buna karşı çıkmakta ve öğrencilerin zihinsel yeteneklerini çaldığını öne sürmektedir. İkinci yaklaşım önemli bir düşünce öne sürmesine rağmen, iki karşıt yaklaşım olayı, ya o ya da o bağlamında ele almaktadır. Hesap makinası, hesaplama yapmanın yollarından birisidir. Öğrencilerin yaşamları boyunca karşılaşacakları teknolojiyle tanışmaları elbette zorunludur. Ancak, öğrencinin zihinsel yapısını tanıması herşeyden önce gelen bir etmendir. İlk üç yılda kendisinin ve zihinsel işleyişinin farkına varan çocuğun değişik teknolojilerle tanışması, tarihçesini öğrenmesi, hangi dönemde ne tür bir toplumsal devrim içinde ortaya çıktığı nerelerde kullanılageldiğini öğrenmesi oldukça önemlidir.

Hesap makinalarının bazı yararları şöyle özetlenebilir: Matematiksel olarak karmaşık problem veya modelleri öğrenme fırsatı bulur. Çünkü, problemi veya modeli oluşturmanın yanında çözüm bulmak ve değerlendirmek öğrenme sürecini tamamlar. Çocuklar hesap makinasının hesaplama özelliğinin yanında makinanın hesapları yaparken ne tür matematiksel bilgileri kullandığını bilirse, makinaya karşı yabancılaşması ve zihinsel üretiminin teknolojiye indirgenmesi önlenmiş olur. Makina, araştırma ve tasarımılanın çözümle birlikte bir bütünü oluşturduğu dizgede bileşenlerden birisidir. Bu nedenle zihinsel yetileri baltalamaz. Özellikle lise yıllarında sınavlarda hesap makinası kullanmak probleme yoğunlaşmayı teşvik eder. Gereksiz hesaplamalarla hem zaman kaybetmez hem de hesap hatalarıyla bunalmaz.

Bunun yanında hesap makinasını yalnızca sayısal işlem yapan bir araç olmadığını belirtmeliyiz. Aynı zamanda grafik altyapısı olan makinalar da vardır. Grafik özellikler

öğrenme sürecine tarifsiz katkılar yapar. Fonksiyon bir değişimdir. Fiziksel bir olayı temsil eden fonksiyonun nasıl değiştiğini görmek, o fiziksel olayın zihnimize daha açık canlanmasını sağlar. Ayrıca, farklı fonksiyonları bir arada çizersek karşılaştırma olanağı ve akıl yürütme devreye girer. Ancak, programlanabilir hesap makineleri de vardır ki, örneğin, bir mühendislik dersinde ve sınavında kullanmak yararlı değildir. Çünkü, hesap makinesi o anda bir kara kutu gibidir. Öğrenci süreci değil yalnızca sonucu görür. Böylece hem öğrenme kısıtlanır hem de öğrenip öğrenmediği ölçülemez. Bunun yanında, bir proje çalışmasında böyle bir kullanım yararlı olabilir.

Böylece tartışma sürüp gider. Bir olayı tartışmaya açmak ne kadar açıklayıcı oluyor, değil mi? Hesaplamanın kavramsal dönüşüm süreçlerine bakalım derken başımıza ne kadar çok işler açtığımızı rahatlıkla görebiliyoruz. Sözcükler ve taşıdıkları anlamlar, işaret ettikleri kavramlar, matematiksel düşüncenin kültürel evriminde dönüşümler yaşamaktadır. Hesap makinesiyle açtığımız konuda tasarlamaya çalıştığımız tartışma, hesaplama tarihinde kavramsal dönüşümlerin yaşamımızı nasıl belirlediğini göstermektedir. Teknik ve matematiksel anlamdaki kavramsal değişimler, toplumsal yaşam örgüsünün birçok alanında da kavramsal dönüşümlere neden olmaktadır. En azından yukarıda betimlemeye gayret ettiğimiz gibi okullaşma süreçlerinde.

Hesaplama Sahnelerinden Kısa Örnekler

Matematik, bir bakıma *hesaplamanın (computation)* dili olarak görülebilir. Böylece, toplumun bugün enformasyon kavramı ile nasıl buluştuğunu görebiliriz. Matematik aynı zamanda, sanayi ile olan ilişkileri üzerinden bilimin de dilidir. Bu dil, Newton ve Leibniz'in "calculus"u yarattıkları 17. yüzyıldan başlar. "Calculus"u kullanarak veya daha metaforik bir ifadeyle "calculus"ça konuşarak mekanik ve fiziğin temel yasaları –örneğin momentumun korunumu– diferansiyel denklemler biçimindeki modellerle betimlenebilmişlerdir. Bu süreçlerde de *hesap* vardır. Buradaki *hesapsallık* sayısal sonuçlara ulaşmakla birlikte fiziksel olanın matematik dilinde yazılmasıyla elde edilen matematiksel yapının, teorisi ve çözüm yöntemiyle, yöntemin yaşama aktarıldığı ve sonuca ulaştırıldığı ortamıyla (genellikle bilgisayar), sonuçların irdelenmesi ve bunun için grafik desteğinin verilmesiyle bir bütün olarak *hesapsallık (computational)* paradigması içinde gerçekleşmektedir. Böylece, matematik-hesap-fizik yeni bir kavramsal çatının altında toplanmış olmaktadır. Modeller kullanılarak gerçek görüngüler, benzetimle incelenerek sanayi uygulamalarında üretim ve kontrol süreçleri tasarlanmaktadır. Tüm bunlar, yeni öğretim anlayış ve programlarına, farklılaşan mesleklere yol açmış ve açmaya devam etmektedir. Çokluk somutu ile başlayan sayı kavramı ile soyutlaşıp genelleşen, sayısallığın otomasyona ulaşmasıyla şimdiki doruğuna çıkan süreçlerde kavramsal dönüşümler yaşamın örgüsünde devinen yerlerini almayı sürdürüyor. Abaküs, kumpas ve sürgülü hesap cetveli oldukça ilginç bir sürecin sanatçıları gibi duruyor. 1960'lara ve 1970'lere damgasını vuran sürgülü hesap cetveli benim de İTÜ'de öğrenimim sırasında çok kullandığım ve mühendislik bilimini içselleştirdiğim sürecin en iyi arkadaşıydı. *Hesaplamadan (calculation)* *hesaplama (computation)* giden yolun tam orta yerinde bulunuyordu.

Sanal gerçeklik dünyası da hesapsal/sayısal matematikle (*computational mathematics*) yaratılmıştır. Bilgisayar oyunları, medikal görüntüleme, cerrahi, organ geliştirme gibi alanlara uygulamaları olan bu *hesap* işi, çakıltaşlarından bilgisayar destekli görüntü işleme

düzeylerine evrilmiş bulunmaktadır. Sanal gerçekliğin sınırsız ufkunda bilgiyi üretmekten bilgiyi örgütleyip kullanmaya kadar kavramlarımızda belirgin dönüşümler olmaktadır.

Birçoğumuz sayısal (digital) kameralar kullanmaktadır. Elde edilen resimler iki boyutludur ve dikdörtgen biçiminde bir piksel matrisinde görüntü kazanmaktadır. Her piksel, belirli bir renge boyanmış küçük bir karedir. Örneğin, 2000x1000 ölçeğinde bir resimde iki milyon piksel bulunur (2 megapiksel resim) ve kameranın kartında kabaca 1 Mb bellek kapsar. Aynı zamanda biliyoruz ki, bu resmin daha az yer kaplaması için bellekte sıkıştırma yapabiliyoruz. Böylece, elde ettiğimiz resmin, *hesaplarla (computational mathematics)* farklı biçimlerini elde edebiliyoruz. Sayma ve sayısallığın matematiksel analizle bulunduğu bu noktada kavramın dönüştüğünü en az resim kadar berrak bir şekilde tanımlayabiliyoruz. Kavramın dönüştüğü yer ya da süreç, sayısallığın görüntüyle buluşmasıdır.

Kısaca...

Örnekleri çoğaltmak mümkün, ayrıca sonu da gelmez. Bu yazıda belirtmeye çalıştığım şey, bilim tarihinde hesaplama süreçlerini özetle ele almaktır. Çoklukla ve büyüklükle ilgili olarak insanın bilebildiğimiz eskilerden bugünlere gelirken neler yaptığını, nasıl ve ne şekilde ele alabileceğimizi düşünmekti. Sunmaya çalıştığım çözümlemeyi maddeler şeklinde şöyle toparlayabilirim:

Bilim/matematik tarihini, bilgikuramsal çerçevede çözümleyerek yazabiliriz. İnsanlığın matematik serüveninde sayılarla başlayan ve hesaplama tasarımlarıyla süregelen evrim, sadece teknik bulguların tarihi olamaz. Bu yazının özelinde olan matematiksel bilginin tarihi teknik açıdan özgül örneklerle doludur. Matematik tarihi, bu özgülüğün/özgüllüklerin, felsefi-bilgikuramsal boyutlarla özgülüğüne kavuşturulmasıyla açıklayıcı olabilir.

Kavramsal dönüşümler hem teknik anlamda hem de toplumsal örgünün bütünlüğünde gerçekleşir. Kavramları taşıyan sözcüklerin, gündelik ve pragmatik anlamlarıyla açıklayıcı olması neredeyse olanaksızdır. Fakat, gündelik ve pragmatik anlamların değeri, bilginin içinde örgütlendiği düzenin anlaşılmasında ortaya çıkabilir. Bunun yanında, etimolojik araştırmanın getireceği katkılarla, kavramların evrimini daha izah edici yapmak mümkündür.

Hesaplamanın basit sayısal sonuçlara ulaşma becerisinden, sayısallıkla ifade ettiğimiz farklı boyutları yaşamımıza katmasına kadar geçen tarihsel süreç ciddi kavramsal dönüşümlere işaret etmektedir. Abaküsten bilgisayara ve görüntü işleme çözümlerine kadar süregelen değişimlerin, yaşamın örgütlendiği kurumsal yapılarda da belirgin kavram dönüşümlerine neden olmuştur. Öğretim, sanat, teknoloji gibi.

Bu makale kapsamında elbette, kavramsal dönüşümlerin içinde yeşerdiği kültürel/ideolojik ve teknik süreçlere ayrıntılı yer vermek olanaksızdır. Resmin bütününe daha kapsamlı görmek ancak bunlarla mümkün olabilecektir.

Doğa Bilimlerinin Tarihsel Basamaklarından: *Calculus*

Neden?

Toplumsal Tarih Dergisinde yer alan önceki yazılarımda da belirttiğim gibi bu yazıların temellendiği araştırmalarımın hedef ve kapsamı, bilimin evrimini tarihin toplumsal örgüsünde anlamaya ve anlamlandırmaya çalışmaktır. Amaç, bilim ve matematik tarihini yalnızca “*genel kültür*” olarak gören, bu tarihi sadece teknik bağlamdaki gelişmelere indirgeyen, bu gelişmeleri toplumsal süreçlerin evriminden bağımsız düşünen, tarih içinden evrilen değişimlerin felsefi boyutlarını reddeden anlayışa/anlayışlara meydan okumaktır. Bunun yanında, doğa bilimleri ve matematiğin tarihsel evriminde bilgiyi kuşaklar boyunca aktaran ve yeniden üretilmesini sağlayan öğretim/okul süreçlerinin ayrılmaz birlikteliğini vurgulamaktır. Bu süreçlerde, bilginin üretim alanları için nasıl örgütlediğini ve tasarlandığını, kültürel ve ideolojik boyutlarla bir *yaşam tarzına* ya da bir *paradigmaya* nasıl evrildiğini ortaya koymaktır. Bu evrilişin, kavramsal dönüşümlerle olan örgüsel ilişkilerini, buna bağlı olarak öğretim/öğrenim kurumlarında bireyin bu bilgilerle donatılmasının altında yatan felsefeleri incelemek ve “*eğitim ideolojilerinin*” yapısının anlayabilme çabasında olmaktadır.

Bu inelemede, doğa bilimlerinde matematiğin ya da daha uygun bir deyişle *calculus* olgusunun yerini kısaca ele almaya çalışacağım. *Calculus* sözcüğünün çıkış öyküsüne daha önce değinmişim (Toplumsal Tarih, 209 (Mayıs 2011), 80). Kısaca özetleyelim:

“*Hesap*” sözcüğü günlük yaşamımızda ve teknik işlerde saymak, toplamak, çıkarmak, çarpmak ve bölmek anlamına gelmektedir. Bir bakıma, sayısal bir sonuçtur. *Hesap* sözcüğünün kökeni, Arapça *hisab* kelimesidir. Anlamı, *arimetik, işlem yapmak, saymak* fiillerini gösterir. Şimdi, hesaplamanın İngilizcesi olan “*calculation*” sözcüğüne bakalım. İçinden önce “*calcis*” çıkmakta. Yani “kireçtaşı.” Hesaplamakla kireç taşının ne ilgisi var? İlk tepkimiz anlaşılır görünmekte. Ancak, bir adım daha atalım: Çakıltaşının Latince karşılığı “*calculus*” kelimesidir. “*Calc*” taş anlamında. “*Calculus*” ise küçük taş demek. Hesaplama yapmak için kullanılan küçük çakıltaşları. İlginçtir, Arapça *ihsa* sözcüğü, *saymak veya sıralamak* anlamına geliyor. İlginçlik devam ediyor, *ihsa*, Arapça *haswa* sözcüğünden, yani *çakıltaşı* anlamına gelen kelimedenden türüyor. Latince *calculus*, Arapçada *haswa* sözcükleri eski anlamlarını korumakta ve her ikisi de “böbrek taşı”nı karşılamaktadır. Aynı zamanda, hesaplamak anlamını da sürdürmektedir. *Matematiğin evrimiyle, insanın çevre ile kurduğu tüm ilişkilerden ortaya çıkan toplumsal yaşam örgüsünün evriminde bir koşutluk gözlenmektedir.*

Bir de şu konu var: *Calculus* sözcüğünü Türkçe ifade etmek olası mıdır? Salt matematik demekle yetinebilir miyiz? Latince kökenden gelen bu sözcüğün Türkçe’nin dışında çeşitli dillerde karşılıkları var mıdır? Türkçe çevirilerde, “*kalkülüs*” biçiminde de kullanılmaktadır. Başka dillerde de doğrudan bir sözcük bulunmamaktadır. Ancak, “diferansiyel ve integral hesap” kapsamında bir ifade ile betimlenmektedir. Üniversitelerde geleneksel olarak, “*Matematik-I*” ve “*Matematik-II*” gibi adlarla da kaşılınmaya çalışılmıştır. Sözcük, tarihsel değeriyle ve bugünkü bağlamda yaklaşık üç asırdır süren etkisiyle *calculus* ya da *kalkülüs* biçiminde yaşamını sürdürmektedir.

Tarihsel Basamaklar

Sözcüğün bu etimolojik yapısının yanında, bağlam içinde kazanageldiği anlamıyla ele almaya çalışalım: Nedir bu *calculus*? Tanım vermektten çok betimlemelerle ilk adımı teknik

içeriğine dayanarak atalım. *Calculus* bir bakıma, fonksiyonlar, fonksiyonların türev ve integralleri arasındaki ilişkileri araştıran bir matematik dalıdır. Uygulama alanları için, teğetler, alanlar, hacimler, yay uzunlukları, hızlar ve uzaklıklar örnek olarak verilebilir. *Calculus*, geniş bir şekilde geometri ve fiziksel sistemlere uygulanabilen ve etkinlikle öğretilen/öğrenilebilen verimli problem çözme teknikleri olarak da görülebilir. Temel kavramlarının genellenmesiyle ve simgesel yapısının hüristik nitelikleriyle *calculus*, doğa bilimlerinin her veçhesine ait problemlerin ifade edilmesinde ve çözümünde matematiğin gücünü gösterir. *Calculus* aynı zamanda, başka birşeydir de: Limitler, süreklilik, seriler, türevler ve integraller ile ilgili, hassas tanımlar temelinde, bir teoremler kümesidir. İlk betimlemede, daha çok uygulamanın belirleyici olduğu, ikincisinde de kuramsal yapısıyla bir “doğrulama” çabası bulunduğu görülmektedir. Bir örnekle sürdürelim: “Bir arabanın hızı saatte 70 kilometredir” ifadesi ne anlama gelir? İlkinde, yolun hıza göre değişimini ifade ederken yol fonksiyonunun zamana göre türevine, ya da *değişim hızına*, işaret etmektedir. Kuramsal bir doğrulama amacı güden ikinci yaklaşım, bu ifadenin anlamıyla ilgili ne der? Şimdi, teknik affınıza sığınarak biraz zihnimizi zorlama önerisinde bulunacağım:

“Sonlu küçük iki pozitif sayı alalım. Bunlar, a ve b olsun. Araba seyrederken geçen iki zaman arasındaki farkın b değerinden küçük olduğu durumu göz önüne alalım. Yani, araba seyrederken geçen çok çok kısa bir zaman aralığı b değerinden küçük olsun. Buna bağlı olarak bu küçük zaman aralığında alınan küçük yolun, b değerine bölünmesiyle elde edilen sayıya c diyelim. Eğer, c değeri ile 70 sayısı arasındaki farkın mutlak değeri, a sayısından küçük ise, seyreden arabanın hızı saate 70 kilometredir.”

Birincisinde, arabanın hızı, yolun zamana göre türevidir derken, “değişim hızı kavramı” kurulmasına rağmen genel anlamda bir metodolojiye de yer vermektedir. İkinci, betimlemede ise, belirli bir özenli-sağlam (*rigorous*) yaklaşım görülmektedir. Çünkü hızın, yol eğrisine teğet olan düz doğrunun eğimine eşit olduğunu, limit kavramının şemsiyesi altında vermektedir. Delta-epsilon yaklaşımı olarak estetize edilebilecek bu yaklaşım ve benzeri yaklaşımlar genelde matematiğe özeldir *calculus*’a somut-soyut-somut sürecinin zenginliğini vermektedir. Bugün tartıştığımız olay da zaten matematiğin metodolojiye indirgenmesinden doğan “ezbercilik” yakınmalarından başka birşey değildir. Somut-soyut-somut süreci, matematiksel düşüncenin evrimini gösteren hem bir metafor hem de zihinsel üretimin mükemmel bir sahnesidir.

Günümüz bireyinde birlikte var olan bu farklı yaklaşımlar aslında iki farklı tarihsel dönemin mirasıdır: onsekizinci ve ondokuzuncu yüzyıllar. Onsekizinci yüzyılda matematikçiler, eğriler, sonsuz süreçler ve fiziksel sistemlerle ilgili heyecan verici ve verimli buluşlarla meşgullerdi. Önemli sonuçlardan bazılarının altında Bernoulli, L’Hopital, Taylor, Euler ve Lagrange, Laplace gibi bilim insanlarının imzaları vardır. Bu araştırmacılar matematiksel özene-sağlamlığa, *calculus*’un temellerine, kayıtsız olmamalarına rağmen çabalarının çoğunu güçlü yöntemler geliştirmek ve uygulamak için harcamışlardır. O dönemde, bilginin yalnızca araştırma düzeyinde kalmayıp yaşamın gereksinimleri çerçevesinde uygulanması filizlenmeye başlamıştı. Doğa bilimlerinde elde edilen yeni sonuçların, yaşamın yeniden örgütlenmesine, kentleşmeye ve buna koşut olarak yeni sanayi yapılanmalarına yol açtığını görmekteyiz.

Ondokuzuncu yüzyılda, aksine, *calculus* ile ilgili kavramların sağlam kanıtlara dayandırıldığına tanık oluyoruz. Cauchy, Abel, Bolzano ve Weierstrass gibi matematikçiler,

bugün kullanılan *calculus*'un temellerini atmış oldular. Ondokuzuncu yüzyılın simgelerini temsil eden ve yukarıdaki arabanın seyir hızı olgusunda dile gelen *epsilon-delta* simgeleri ilk olarak 1823 yılında Cauchy'nin verdiği dersler sırasında ortaya çıkmıştı. Elbette, ondokuzuncu yüzyıldaki matematiksel araştırmalar, onsekizinci yüzyıl çalışmalarına çok şey borçludur. Ancak, ondokuzuncu yüzyıl çalışmaları geçmişin çizgisel bir uzantısı değildir. Tarihin birçok aşamasında matematiksel bilgi yeni yöntemlerin eklenmesiyle bir gelişim göstermiştir. Örneğin, sayılarda olduğu gibi. Burada kavramsal bir dönüşüm yoktur. Kavramların sınanması ve uygulama etkinliğinin gelişimi söz konusudur. *Calculus* sürecinde ise ondokuzuncu yüzyıl bir kavram dönüşüme tekabül etmekteydi. Genel bağlamda *analiz* bir kavramsal dönüşüm geçirmektedir.

Biraz da *calculus*'un bu bağlamdaki anlamıyla ortaya çıktığı dönemlere bakalım. Archimedes (yaklaşık İ.Ö: 287-212), bugün integrasyonun (*tümlev*) ilk filizleri olarak kabul gören teknikler kullanarak alan, hacim ve yüzey hesaplamaları yapmıştır. Çok daha sonra Pierre de Fermat (1601-1665) daha çağdaş kabul edilen tekniklerle teğetlerin eğimlerini ve eğriler altında kalan alanları belirlemiştir. Bugünkü anlayışta ve kitaplarda yer alan *calculus*'un doğduğu ve şekillendiği ilk adımlar onyedinci yüzyıl bilim insanlarından Isaac Newton (1642-1727) ve Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) tarafından atılmıştır. Yeni *calculus*'un icadı, onyedinci yüzyılın en büyük entellektüel başarılarından bir tanesidir. Matematik tarihinde ilginç bir raslantıyla bu icadı gerçekleştiren iki insan olmuştur: Newton ve Leibniz. Bu icat ikisi tarafından neredeyse aynı anda gerçekleştirilmiştir. İngiltere'de Newton'un geliştirdiği *calculus* yöntemleriyle kıta Avrupasında Leibniz'in geliştirdikleri arasında hayret verici yakınlıklar vardır. Bu nedenle uzun yıllar acı bir karşıtlık yaşanmış ve iki bilim insanı arasındaki çekişmeler hiçbir zaman bir uzlaşmaya gitmemiştir. Bu durum, yöntemler arasındaki benzerlikler yüzünden hiçbir zaman açıklığa kavuşmamış bir iddiayı da tarihe taşımıştır: *Acaba Leibniz, temel kavramları Newton'dan mı ödünç almıştır yoksa bağımsız olarak kendisi mi geliştirmiştir?*

İki üstün yetenekli insanın bu çekişmesinde kullandıkları taktikler, *calculus*'un başlıca öncülerine hiç yakışmıyordu. Ama, ne de olsa onlar da insandı. Aralarındaki karşılıklı suçlamalar çok yaralayıcıydı. Bu çetin çekişmeden her ikisi de şöhretlerinin lekelenmesinden kaçamamıştır. Bilgi aşırma (*plagiarism*) iddiaları yargıya taşınacak düzeye geldiğinde, Royal Society (Bilim Kurulu) içinden bir komite hakemlik yapmak üzere görevlendirilmiştir. Sonuç, hiç de şaşırtıcı değildi: Komite, Royal Society'nin başkanı olan Newton'u, kurulun en eski yabancı üyesi olan Leibniz'a karşı haklı bulmuştu. Gerek bu çatışma öyküsü, gerekse her iki dahinin yaşamları okumaya ve bilmeye değer tarihsel süreçlerdir. Bilim tarihinde gerçekten yaptıkları buluşlar ve icat ettikleriyle, genel olarak hayranlık verici üretimleriyle gözümüzde büyüttüğümüz kişiler de insandır. Bilim, kültürel bir örgü olan toplumsallığın içinde evrildiğine ve insanlar da tüm toplumsal ve psişik nitelikleriyle bilimsel üretime katıldıklarına göre davranışları hayret verici olmayabilir. Bu önyargılar, bilim tarihini bir kahramanlık öyküsüne indirgeme sıkıntısını da beraberinde getirir. Şimdi, *calculus*'un teknik becerilerinde üretici rolde yaşamış ve gerçekten yoğun bir emekle katkı yapan insanlardan birine, Newton'a farklı bir açıdan bakalım.

Newton da Sevinir, Nefret Eder ve Kiskanırdı...

Yaşamımızda bilim insanlarına bakış farklı nitelikler taşır. Bunun nedeni, bilim insanlarının olağan insandan farklı olarak algılanmasıdır. Bilim, erişilmesi güç bir düzey biçiminde

betimlenince bilim insanı da farklı bir konuma yerleştirilir. Bu farklılık, olağanın dışına taşır bilim insanını. Olağanüstüdür. Çok kısaca değinirsek, bu bakış açısının temellendiği ideoloji, bilimin kültür dışı ve tarih dışı bir süreç olarak kabul görmesidir. Teknolojinin, yaşanan kısa güne olan etkisi de eklenince, bilim ve teknoloji aynı potada ergimiş olur. Bilim insanı bu durumda yalıtılmış kişiliğiyle zihnimizde sabit ve yüceleştirilmiş bir imge oluşturur.

Çocukların araştırmaya ve bilmeye olan ilgi ve merakları böyle bir dünya görüşü içinde kısır ve kısıtlı kalmaktadır. İlk ve orta öğretimde yapılan araştırma ve proje çalışmalarını ele alalım. Harika bir süreç. Ama yalnızca bu kadar mı? Bu çalışmaların sonucunda yer alan yarışma ve sergilere katılan çocuklarımıza, “çocuk mucitler,” “genç bilim adamları (*kadından bilim insanı olmamış gibi...*),” ve benzeri nitelemeler yapılır. Bu çocuklar kendilerini aynı okul ve dersleri paylaştıkları arkadaşlarından oldukça tepelerde hissetmeleri şaşılacak bir durum değildir. Hatta teşvik de görmekte ve aileler bunu “gurur vesilesi” yapmaktadır. Bu ruhsal durum ve destekleyici toplumsal değerler yukarıda ifade edilen paradigmanın anlaşılır yaşam tarzlarıdır.

Newton’ın için yazılmış birçok yaşamöyküsünden bir tanesi olan ilginç bir kitaba başvurmak isterim bu noktada: “Newton’ın Karanlığı (*Newton’s Darkness*, Djerassi ve Pinner).” İki oyundan oluşuyor. Yazarlardan biri kimya dalında profesör. Diğer, ise drama doçenti. Farklı alanlardan iki insan ve ortak bir üretim. Bilimi dallara ve dalcıklara ayıran, yalıtın ve birbirlerinden koparan pozitivist paradigmanın kulakları çınlasın.

Kitabın başlığındaki “karanlık” sözcüğü, Newton’ın karanlık yüzüne işaret etmektedir. Hem bilinmeyen yönlerini hem de mizacındaki kapalılığı ifade etmektedir. Özellikle kişiliğine ilişkin bir betimlemedir. Çok derinden karmaşık bir adam olan Newton ahlaksal olarak da kusurluydu. Kişiliğini ifade etmek üzere kullanılan sıfatlar arasında, uzak, yalnız, kapalı kutu, içe dönük, melankolik, huysuz, püriten, zalim, kinci ve belki hepsinden kötüsü affetmeyendi. Giriş bölümünde, başlık olarak “Kusurlu Dahi” betimlemesi kullanılmıştır. “Simyaya” olan takıntısıyla yakından ilişkilendirilen Newton’ın “karanlığı” 1642 yılının başındaki erken doğumuna kadar gidebilir. Simyaya olan takıntısını yaşamı boyunca gizledi. Kendisine büyücü denmesinden korktu. Babası, oğlunun doğumundan iki ay önce otuzaltı yaşında öldü. Henüz birkaç aylıkken annesi bir papazla evlenerek onu terk etti. Newton’ı anneannesi ve dedesi büyüttüler. Annesi, evine ancak Newton onbir yaşında iken geri döner. Yaşamı boyunca annesinden ve evlendiği kişiden nefret etmiştir Newton. Hiçbir kadını sevmedi ve hiçbirisiyle bir yakınlık kurmadı. Kişiliğindeki özelliklerin bu dönemde geliştiği açıkça söylenebilir.

İlk oyunun başlığı, İngilizce bir dil oyununa dayanmakta. “*Newton’s Hooke*.” “Hooke” sözcüğünün Türkçe karşılığı “kanca”dır. “Hooke” ise Robert Hooke’un soyadıdır. Bu dil oyununun derin bir anlamı vardır. Çünkü, Robert Hooke, Newton’dan önce bugünkü ifadesiyle bilimler akademisinin (Royal Society) başkanıydı. Fizikçi, ressam, mimar ve biyolog olan Robert Hooke, 1703’teki ölümüne kadar Newton’ın keskin bir düşmanıydı. Newton’ın ünlü eseri *Principia*’nın basılabilmesi için otuz yıl beklenmiştir. Çünkü, bilimler akademisinin başkanı olan Hooke bu yayımı engellemiştir. Dolayısıyla, “*Newton’s Hooke*” başlığını, “*Newton’ın Kancası*” biçiminde okumak gerekmektedir. Bu güzel metonimi ile Hooke’un, Newton’a “kancayı taktığı” söylenmeye çalışılmaktadır. Uzun yıllar bu iki bilim insanı arasındaki gergin ve düşmanca ilişkiyi dramatize eden oyun 1665-1703 yılları arasında geçmektedir. Mekan genellikle Newton ve Hooke’un çalışma odalarıdır. Kendisi çok parlak ve üretken bir araştırmacı olan Hooke, Newton’u çok kıskanmıştır. “Londra’nın

Leonardosu” olarak anılan Hooke, Newton’un mekanik yasalarını reddetmiş ve bağınazca eleştirmiştir. Bir bilim insanı olmasına rağmen, mizacındaki hırs ve kıskançlık örgüsü içinde hem kuramsal hem deneysel hem de matematiksel olarak kanıtlanmış Newton’ın mekanik yasalarını çarpık gerekçelerle elinin tersiyle itmiştir. Kendisi hızlı bir çapkın olan yakışıklı Hooke, Newton’ın kadınlardan olan uzaklığını da aşmış ve bu zaafını kullanmıştır. Newton, yaşamı boyunca bir kadınla birlikte olmamıştır. Bastırılmış bir eşcinselliğinin olduğu ve bunu asla ifade etmediği ancak bazı kişilere karşı ilgisini bir şefkat hezeyanı olarak yaşadığı oyunda sahnelenmektedir.

İkinci oyunda dönem, 1712-1731 arasındır. Mekan, ya bir salon ya da bir odadır. Bu bölümde, bilimler akademisinin o dönem üyeleri de yer almaktadır. Bunların arasında ünlü Fransız matematikçi Abraham de Moivre de yer almaktadır. Calculus, uygulamalı matematiğin temelidir. Fizik araştırmaları sırasında Newton’ın gereksinme duyarak icat ettiği bir matematik dalıdır. Bu icat eşzamanlı sayılabilecek bir dönemde Leibniz tarafından da yapılmıştır. Her ikisi de, hiçbir ilişkileri olmadan hemen hemen aynı yolu izleyip aynı buluşlara imza atmışlardır. Leibniz’in bir hukukçu ve felsefeci olduğu düşünülürse, matematiğe olan bu merak ve eğilimi şaşırtıcıdır. Yaşamları boyunca karşılaşmamışlardır. Ancak aralıklarla mektuplaşmışlardır. Bu mektuplar, bilimsel bir nitelik taşımaktan çok birbirlerine duydukları kıskançlık ve nefret duygularının teatisini içermiştir. Her ikisi de Calculus’un icadında öncelik için savaşmıştır. Bugünkü tarihsel verilere göre öncelik Newton’dadır. Ancak, kitap olarak basılma önceliği Almanya’da yaşamış olan Leibniz’dir. Newton, bilimler akademisinin (Royal Society) başkanlığını yürütürken diğer üyeler tam bir emir kulu olarak görev yapmışlardır. Bu arada Kraliçe’nin Darphane Müdürlüğünü de yürütmüştür. Oyunda, bilimler akademisi çevresinde bilim insanlarının “insansal” ve “kültürel” değerler temelinde “*oyun içinde oyunlarla*” nasıl iştigal ettikleri çok net bir şekilde gösterilmektedir.

Bilgi ve bilginin sistemli bir örgütlenmesi olan bilim önemlidir. Ama yalnızca önemli değil, güzeldir, ilginçtir, insansaldır, toplumsaldır ve kültürelidir. Kısacası hepimizdir, bizim bir parçamızdır. Bilimle uğraşanlar da hepimiz gibi “*insan*”dır... Benzer olaylar da bugün yaşanmamakta mıdır?

Calculus ve Paradigma Dönüşümleri

Tartışmamızın nesefesini, bilim tarihinden gelen ilginç olaylarla biraz açtıktan sonra şimdi de *calculus* olgusunu bilim-okul bütünlüğünde değerlendirerek son noktayı koyalım: Bu basamaklardan çıkarak bugüne geldiğimizde doğa bilimlerinin, doğayı anlamak için kullanageldiği iki dilden birisi olan matematik/*calculus* tarihini tüm yönleriyle araştırmak ve incelemenin daha önce belirtildiği gibi yararları çoktur. Diğer dil, “deney ve gözlem” dilidir. Mevcut deney ve gözlem alet ve yöntemleriyle, bilgi altyapısını oluşturan kuramlar ve deneyimlerle doğayı anlamlandırmaya çalıştığımız bir yol. Tümevarımın belirleyici olduğu bir bilgi edinme ve doğrulama yöntemi. Doğa bilimlerinin ve de mühendisliğin araştırma dillerinden biri de bilgisayar ortamlarıdır. Bu dillerin evrimini teknolojiyle bütünleştirerek tarihsel bir incelemesini bir başka makaleye bırakarak bu dillerin içinde örgütlendiği paradigma kavramına bir göz atalım: Tartışmaya bir alıntıyla başlayabiliriz:

...(Bilimsel) devrimlerin kararlılığı, bilim topluluğu içindeki çelişki(ler) aracılığıyla geleceğin bilimini yapmak üzere en uygun yolun seçilmesidir. Normal araştırma dönemleri

arasında kalan böylesi devrimsel seçimler dizisinin açık sonucu, harika bir şekilde uyarlanmış ve modern bilimsel bilgi dediğimiz araçlar kümesidir...

Thomas Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*

Matematikte en az tartışılan konu, matematik tarihinde bilimsel devrimlerin ya da kavramsal dönüşümlerin olup olmadığıdır. Kuhn, özellikle doğa bilimleri içinde yaptığı araştırmalarla bilim sosyolojisine yeni boyutlar kazandırmıştır. Ona göre, bir bilim topluluğu, bir dizi *kabul görmüş kanaatler* olmadan işini yapamayacağını ifade etmiştir. Bu kanaatler, öğrenciyi meslek pratiğin hazırlayacak ve kendisine ehliyet kazandıracak öğretimsel sürecin temelini oluşturur. Hazırlama aşamalarının “sağlam ve bükülmez” doğası, kabul görmüş kanaatlerin öğrencinin zihninde derinlemesine bir kalıcılık sağlayabilmesinin güvencesini verir. Kuhn’a göre *normal bilim*, bilim topluluğunun dünyanın ne olduğunu bildiği kabulüne dayanır. Bilim insanları bu kabulü savunmak için oldukça fazla gayret gösterirler. Buna göre *normal bilim*, çoğu kez temel yenilikleri bastırırlar, çünkü bu yenilikler, normal bilimin temel taahhütlerine karşı bir tehdit oluşturur. Araştırma çalışmaları normal bilimin kabul görmüş kanaatleri içinde tasarlanarak yapılır. Kuhn bu konuya şöyle yaklaşır: *Araştırma*, doğanın profesyonel öğretim tarafından sağlanan kavramsal kutuların içine zorla sığması için gayret gösterilen çetin ve özverili bir girişimdir. Ancak, araştırmalar mevcut paradigmada yol alırken ve kendi kabul görmüş kanaatler çerçevesinde kayda değer gelişmeler sağlarken bir yandan bilimsel düşüncenin evriminde bu çerçeveyi zorlamaya başlar.

Bilimsel pratiğin hüküm süren geleneğini sarsan bir *anomali* gerçekleşince, paylaşılan kabullerin profesyonel taahhütlerinde bir *değişim/dönüşüm* meydana gelir. Bu durum Kuhn’un, *bilimsel devrimler* dediği noktadır: Normal bilimin geleneklere bağlı etkinliklerin dünyasında gelenekleri parçalayan tümleyenlerin devreye girmesi. Elbette, gelenekleri parçalayan koşullar ve tümleyenler yeni bir geleneğin ya da normal bilimin habercileridir. Yeni kabuller (*paradigmalar/teoriler*), önceki kabullerin yeniden yapılandırılmasını ve önceki olguların yeniden değerlendirilmesini gerektirir. Bu zor bir süreçtir ve zaman alıcıdır. Aynı zamanda, müesses bilim topluluğunun sağlam direnciyle karşılaşır. Dönüşüm vuku bulunca, bir bilim insanının dünyası nitel olarak dönüşür ve temel yeniliklerin hem olguları hem de kuramları tarafından nicel olarak zenginleştirilir.

Yukarıda açıklamaya çalıştığım gibi tartışmayı taşımak istediğim odak şöyle ifade edilebilir:

Bilimin evrim süreci, bir metafor olarak tarihsel basamakları, paradigmlar içinde yol alır. Bilginin üretilmesi, uygulanmasını ve gelecek kuşaklara iletilmesi çizgisel olmayan bir örgüde gerçekleşir.

Normal bilimin kabul görmüş kanaatleri, okullar aracılığı ile kuşaktan kuşağa iletildiğine göre müesses kurumlar kendilerini yeniden üretmek ister.

Böylece, tüm gelişmeler ve kayda değer aşamalara rağmen kurumsal bir *status quo* oluşur.

Bunların eşliğinde bilginin okullarda aktarılmasında, farkında olunsa da olunmasa da, belirli bir konsensus içinde kalmasa da belirli bir yaşam tarzına, bir felsefi altyapıya dayanır.

Matematik, *status quo* inşasının en sağlam binalarından bir tanesidir. Matematik öğretiminin temel felsefelere dayanma organizasyonu, doğa bilimlerinin hemen tüm alanlarındaki felsefi alttyplara göre çok daha muhafazakardır. Böylece, belirli bir ideolojiler kümesinin yapılandığı bir kültüre tekabül eder.

Buna göre *calculus*, tarihsel basamaklar içinde ele alınırken zengin bir literatürden yararlanarak çok sayıda tarihsel olguyu yazmak ve anlatmak yerine, sözünü ettiğim kültür içinde paradigma şemsiyesinin altında değerlendirilmiştir.

Şimdi, bazı belirleyici sorulara geçebiliriz: Matematiğin bugünkü duruşunda (*status quo*), paradigma tartışmalarını önermek bile güç bir iştir. Örnek olarak aşağıdaki önermeleri kısaca değerlendirebiliriz.

Bugün egemen olan paradigmanın önermeleri:

Bugün, matematik öğretiminde bir kriz yoktur.
Bilgisayar nedeniyle, matematik öğretiminde süren bir paradigma değişimi yoktur.

Olası yeni bir paradigmanın önermeleri:

Bugün, matematik öğretiminde bir kriz vardır.
Bilgisayar nedeniyle, matematik öğretiminde süren bir paradigma değişimi vardır.

Günümüzde çok açık olmasa da, akademya düzeyinde çokça göze çarpmasa da yukarıda belirtilen önermeler kapsamında genel bir tartışma ve çekişme vardır. Matematikle ilgili bu münakaşalar yalnızca matematik öğretimi üzerinden değil aynı zamanda, teorik konularda da sürmektedir. Matematiksel kanıtın tartışıldığı farklı yaklaşımların önerildiği birçok toplantı yapılmış ve yapılmaktadır. Akademik kamuoyunun genelde pek farkında olmadığı bir durumdur bu. Özellikle matematik öğretiminde bir kriz olduğu ön plana çıkmaya başlamıştır. Genel olarak kabul edilen görüş, üniversitelere gelen öğrencilerin ortaöğretimden yetersiz gelmeleridir. Ancak, geçerli nedenleri olmakla birlikte konuyu bir nedene indirgemek gibi bir tehlikesi vardır ve kaçınılmaz bir düşünsel konformizme de yol açabilir.

Fakat, birçokları tarafından canlı tanıklık edilen daha derin bir nedeni yok mudur? Esas problem, öğrenciden ziyade öğretmen olamaz mı? Neredeyse bir inanç sistemi gibi addedilen matematik ve buna katılanlardan gelen bazı nedenler aranamaz mı? Bence, evet. Bu tür şeyler bilimde vuku bulabilir ve matematik de bir bilimdir. Paradigma dönüşümlerinde, yeni düşünceler eskilerinin yerini alır ve kavramsal dönüşümler sürüp gider.

Paradigma dönüşümleri bugün matematikte de sürmektedir. Dönüşümlerin dayandığı koşullar, bilgisayarın matematiksel hesaplamalara sunduğu yeni imkanlardır. Bilgisayarları hiç öne sürmeden matematikten söz etmek olasıdır. Geleneksel yol, analitik yaklaşımlarla buna imkan verir. Fakat, hesaplama dayalı yeni yaklaşımlarla yeni kavramsal yapılar oluşturulmaktadır. Matematik sadece bir yöntem değildir. Ya da yalnızca formel kuram ve kanıtlardan oluşmaz. Matematiğin bir kültürü ve ideolojisi, okullaşma süreçleri, pedagojik yaklaşımları, teknolojiyle bağlantıları, doğa bilimleri ve mühendislikle ortaklıkları vardır.

Analitik ve bilgisayar destekli yaklaşımları ayıran kesin çizgiler yoktur ve olmaz. Matematiksel bilginin yaşam arayüzünde söylenecek çok şey var.

Eğer tartışmaktan kaçınırsak bu krizden nasıl çıkabiliriz? Eğer matematik dünyasının bütünlüğünde paradigma ve kavramsal dönüşüm olgularını ve sorunlarını incelemek istiyorsak, panellerle, çalıştaylarla, sompozyum ve kongrelerle bir araya gelebilmeliyiz. *Calculus*'un tenini ve tinini birleştirerek, analitik yapısı ile hesaplamaya/uygulamaya yönelik yapısını bütünleştirerek akademyada yeni bir paradigmayı yapılandırmaya adım atabiliriz. Akademyada başlayacak verimli bir tartışma ortamı, tüm öğretim sisteminde genel bir matematik/matematik-öğretimi incelemesini/araştırmasını ve yeni boyutların etkinliğinde toplumla buluşmasını sağlayacaktır. Düşünce ve önerilerim bunlar... Daha nice farklı ve değerli yaklaşımlarla ve önerilerle yeni tasarımlara doğru yol alabiliriz.

Kaynaklar

Bardi, S., J. (2006) "The Calculus Wars-Newton and Leibniz-The Greatest Mathematical clash of All Time," Thunder's Mouth Press.

Burton, D., M. (2003) "*The History of Mathematics – An Introduction*," 5. Edition, McGraw Hill.

Chihara, C. S. (2007) "A Structural Account of Mathematics," Oxford University Press.

D'Angelo J. P., D. B. West (1997) "Mathematical Thinking – Problem Solving and Proofs," Prentice Hall.

Dejaressi, C., D. Pinner (2003) "Newton's Darkness-Two Dramatic Views", Imperial College Press.

Edwards, C. H. Jr. (1979) "The Historical Development of the Calculus," Springer-Verlag.

Hoffman, J., C. Johnson, A. Logg (2004) "Dreams of Calculus," Springer.

Kuhn, T. (1962) "Structure of Scientific Revolutions," University of Chicago Press.

Lakoff, G., ve Nunez, R., E. (2000) "*Where Mathematics Comes From*," Basic Books.

Thagard, P. (1992) "Conceptual Revolutions," Princeton University Press.