
Bilim ve Teknolojide Değişim Değişen Mühendislik Profili Geleceğin Mühendisi

Aykut Göker

Seminer Notları^(*)

BİLKENT Üniversitesi; “Science, Technology, and Society Course”

8 Kasım 2000

Giriş...

Bu sunuşta, bilim ve teknolojideki değişime bağlı olarak, mühendislik profilinde meydana gelen değişim ele alınacak; bu bağlamda, günümüz ve yakın geleceğin mühendisinden hangi yeteneklerle donanmış olması bekleniyor, sorusunun yanıtı verilmeye çalışılacaktır. ‘Mühendisin temel işlevi’nden hareketle çizilmeye çalışılacak bu profilden kalkarak, her mühendislik dalı için, değişen beklentilere uygun yeni bir misyon tanımına gidilebilir. Bu tür tanımlar için gerekli ipuçlarının aşağıda bulunabileceğini düşünüyorum.

Mühendisin Temel İşlevi

Mühendisin temel işlevi, **tasarım** (*design*) ve ‘**konstrüksiyon**’dur.

‘**Tasarım**’, bir ürün, üretim yöntemi ya da sistem ortaya koymaya yönelik zihinsel süreci; daha açık bir deyişle, bir şeyin biçimini zihinde oluşturma, bir

^(*) BİLKENT Üniversitesi’ndeki seminere (8 Kasım 2000) ait notlar, daha sonra, **TMMOB MMO Kocaeli Şubesi**’nce düzenlenen “**Endüstri-İşletme Mühendisliğinin Dünü, Bugünü, Yarını**” konulu **3. Ulusal Endüstri-İşletme Mühendisleri Kurultayı**’nda (19-20 Ekim 2001) yapılan sunuş dolayısıyla yeniden gözden geçirilmiştir.

Burada, gözden geçirilmiş biçimiyle yer verilen bu seminer notları, “**UNESCO World Congress of Engineering Educators and Industry Leaders**, Paris, July 2-5, 1996” ve “**US-TURKEY Engineering Symposium**, İstanbul, May 29 - June 1, 2000”deki sunuşlardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

Bu iki uluslararası toplantıdan ilkinde, ABD Ticaret Bakanlığı’nın Teknolojiden Sorumlu Müsteşarı Dr. Mary Lowe Good ve “General Electric Fund” Başkanı Clifford V. Smith, Jr., ikincisinde, ABD Ulusal Mühendislik Akademisi [US National Academy of Engineering] Başkanı William A. Wulf, Carnegie Mellon Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. Adnan Akay, “Ford Motor Company” Program ve İleri Mühendislik Direktörü Christopher L. Magee, “Boeing Commercial Airplanes Group” Uluslararası Mühendislik Programları Direktörü Ronald L. Bengelink, Ulusal Bilim Vakfı [National Science Foundation] Eski Başkanı ve Arizona Üniversitesi Öğretim Üyelerinden Ernest T. Smerdon (Ph. D., P.E., İnşaat Mühendisliği ve Mühendislik Mekanik Profesörü), Carnegie Mellon Üniversitesi “Data Storage Systems Center” Direktörü Robert M. White dikkate değer bildiriler sunmuşlardır. Burada, bu bildirilerden çıkarılabilecek sonuçların aktarılmasına çalışılmıştır. Ancak, yeri geldikçe bazı ekleme ve açıklamalarda bulunulmuş; bu arada yazarın kendi deneyimleri de aktarılmıştır.

şey için zihinde bir biçim yaratma ve sonra da bunu plâna, çizime, hesaba dökme eylemini ifade eder.

‘**Konstrüksiyon**’ ise (bu sözcüğü, içerdiği anlam derinliğiyle Türkçe’de anlatan tek bir karşılık bulamadığım için olduğu gibi kullanıyorum), bir şeyi yapma / inşa etme prosesi, sanatı / hüneri ya da tarzı [*the process, art, or manner of constructing something*]; bir şeyin anlamını açıklama, yorumlama ya da izah etme / açıklığa kavuşturma eylemi ya da bu eylemin sonucu olan yorum ya da açıklama [*the act or result of construing, interpreting, or explaining*] anlamına gelir.

‘Mühendislik’, ‘tasarım’ ve ‘konstrüksiyon’u konu alan bir uygulama bilimi (*science of application*) ve matematiğidir.

Ülkemizdeki mühendislerin önemlice bir bölümünden beklenen temel işlevin ne ölçüde ‘tasarım’ ve ‘konstrüksiyon’ işleviyle örtüştüğünün tartışılabilir bir konu olduğu ya da bizim gerçeğimizin, biraz sonra sözünü edeceğim kavramlardan en azından bazılarıyla pek de fazla örtüşmediği söylenebilir. Ama, yine de, mühendislik disiplininin doğup geliştiği ekonomilerde ya da genel olarak, günümüzün, enformasyon toplumuna evrilme iddiasındaki sanayi toplumlarında, bu disiplinin hangi yönde değiştiğini bilmemizde yarar var diye düşünüyorum. Bilim, teknoloji ve dolayısıyla da mühendislik süreçlerindeki değişimlerde rol oynamamakla birlikte, eninde sonunda, şu ya da bu yönde, ama mutlaka bu değişimlerden etkilenen bir ülke olarak, hiç olmazsa, **değişimin farkında olmamız** gerektiğine inanıyorum. Belki de böylece, İngiliz Sanayi Devrimi’nin bir hayli uzağına düşen ve bu büyük değişimi pek de iyi algılayamamış olan Osmanlı İmparatorluğu ile aynı kaderi paylaşmamış oluruz.

Burada ele alınacak konunun muhatabı, tek başına, bu ülkenin mühendisleri elbette değil. Konu, Türk Üniversitesi’ni ve mühendis çalıştıran bütün üretici sektörleri yakından ilgilendiriyor.

Mühendislik Profiline Değişimde Rol Oynayan Faktörler

Mühendislik ve mühendis profili, 20-30 yıl, hatta 10 yıl öncesine göre çok değişmiştir ve değişmeye devam etmektedir. Değişimde rol oynayan başlıca faktörler,

- § Bilim ve Teknolojideki Değişim,
- § Mühendisin İş Gördüğü Fizikî ve Beşerî Ortamdaki Değişim, ve
- § Üretim Sürecinde Bilginin Artan Rolü

başlıkları altında ortaya konmaya çalışılacaktır.

I. Bilim ve Teknolojideki Değişim

Bilim ve teknolojideki değişim, özellikle de, Enformasyon ve Telekomünikasyon Teknolojileri [*IT Technologies*], Malzeme Bilim ve Teknolojileri, Moleküler Biyoloji, Biyoteknoloji ve Gen Mühendisliği'ndeki gelişmeler, 'mühendislik' mesleğinde dramatik değişikliklere yol açmıştır; öyle gözüküyor ki, daha da yol açacaktır.

Örneğin, bugün, hemen hemen her üründe gömülü olan enformasyon teknolojisi, mühendislik tasarımı ve konstrüksiyonunda büyük değişikliklere yol açmaktadır. Malzeme teknolojilerindeki ya da biyoteknolojideki ilerlemeler de pek çok mühendislik kavramını kökten değiştirmektedir. Biyomedikal malzemeler ya da "akıllı (*smart*)" malzemelerin yarattığı ya da yaratabileceği değişimi tasavvur etmek mümkündür.

Bir yıl kadar önce İstanbul'da yapılmış olan ABD-Türkiye Mühendislik Sempozyumu'nda¹ sözü edilmedi ama, giderek önem kazanan 'Doku Mühendisliği' ile 'Nanoteknoloji'nin de, mühendisliğin geleceği açısından, altını önemle çizmek istiyorum.

Henüz adı pek fazla duyulmamış olan 'Doku Mühendisliği', canlı hücreler ve sentetik polimerlerden/liflerden, yarı sentetik, canlı doku ve organların (insan yedek parçalarının) tasarım ve konstrüksiyonunu konu alan bir mühendislik dalıdır ve ilk ticari ürünleri 1998 yılında piyasaya çıkmıştır. Bütünüyle sentetik doku ve organ tasarım ve konstrüksiyonu da bu mühendislik dalının konusudur.

Ülkemizde yine pek fazla işitilmemiş olan 'Nanoteknoloji' de, maddenin nanometre ölçeğinde (yan yana dizilmiş 10 hidrojen atomu bir nanometre uzunluğunda yer kaplar), yani atomal, moleküler ve supramoleküler yapılar düzeyinde denetlenmesi yoluyla yeni malzeme, cihaz ve sistemlerin tasarlanmasını ve üretilmesini konu alan bir teknoloji dalıdır. Bu teknoloji ile, örneğin, kanserli hücreler tek tek tespit edilip zararsız hâle getirilebilecektir.²

Dikkat edilirse, gerek Gen Mühendisliği ve Doku Mühendisliği, gerekse Nanoteknoloji, temelde, **malzemeye**, ama moleküler, hatta atomal düzeyde malzemeye uğraşmaktadır ve bu uğraş, özellikleri, istenen işlevleri yerine getirebilecek biçimde, insan eliyle tasarlanabilen ve moleküler/atomal düzeyde denetlenebilen, şimdiye kadar hiç bilmediğimiz yepyeni malzemeler,

¹ Bu sempozyum için bkz. (*) ile işaretli ilk dipnot.

² Bu teknolojiye geline aşama için bkz. **Scientific American**, September 2001.

organizmalar, sistemler, cihazlar yaratmak demektir. Örneğin, bugün pek çok araştırmacının ‘moleküler bilgisayarlar’ üzerinde çalıştıkları bilinmektedir.³

Disiplinler arası yakınsama...

Kısacası, mühendislik konusu malzeme, ürün, sistem ve süreçlerin doğası değişmektedir. Dahası, düne kadar farklı mühendislik disiplinlerinin konusu sayılan pek çok proses neredeyse bütün mühendislik dallarının konusu hâline gelmiş; teknolojiler arası füzyon farklı mühendislik disiplinlerini birbirine yaklaştırmıştır. Örneğin, bugün bir makina mühendisi, elektroniği mekanik kadar iyi bilmek -mekatronik bilmek- zorundadır. Yakın bir gelecekte makina mühendislerinden biyolojik prosesleri ve bu arada yeni biyoteknolojiyi ve gen mühendisliğini de iyi öğrenmeleri istenecektir.

Mühendislik uzayında değişim...

Bütün bu gelişmeler, mühendislik açısından, tasarım ve konstrüksiyonun boyut değiştirmesi; **mühendislik uzayının**, mühendislik işlevlerinin yerine getirildiği ortam ve bu işlevler yerine getirilirken yararlanılan araçların değişmesi demektir.

Gerçekten de, ‘T’ cetveli ve ‘kaymalı hesap cetveli’ ile karakterize edilebilecek olan, 40 yıl öncenin tasarım ortamıyla günümüzün bilgisayar destekli tasarım ortamı (CAD) arasındaki fark dramatik boyutlardadır. Enformatik alanındaki yeni arayışlar, özellikle de bilgisayar ve ağ teknolojilerindeki yeni araştırmalar sonucu ortaya çıkması beklenen teknik imkânlar, yarının tasarım ortamını, çok daha farklı bir boyuta taşımayı mümkün kılacaktır. Farklı coğrafyalardaki mühendislerin elektronik ortamda, eşzamanlı olarak birlikte ürün geliştirmeleri [*e-product development*], bu farklı boyutun, bugün tanık olduğumuz ilk adımlarından biridir.

Kaldı ki, tek değişen tasarım ortamı değildir; konstrüksiyon ve üretim ortamları da değişmekte; kısacası, bütün bir mühendislik ortamı değişime uğramaktadır. Bugün, bazı fabrikalarda, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), Bilgisayar Destekli İmalat (CAM) ve Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE) süreçleri ve bu süreçlerde kullanılan yazılım araçlarıyla, global ölçekte yürütülen Ürün

³ “**Kuantum Mekaniği Etkileşim Prensiplerine Göre Çalışan Moleküler Bilgisayarlar...** Bazı sıradan sıvıların moleküllerine, nükleer manyetik rezonansın yararlanılarak, olağanüstü kabiliyetlere sahip bir bilgisayar işlevi gördürülebilecek...” [*Scientific American*, June 1998]

“**DNA ile Bilgi-işlem...** DNA parçacıkları bilgisayar işlevi görebiliyor. Böylece muazzam bir enformasyon kabiliyeti yaratmak mümkün. Örneğin, yaklaşık bir santimetre küplük yer tutan bir gram kuru DNA, yaklaşık bir trilyon CD’lik enformasyon depolama kapasitesine sahip...” [*Scientific American*, August 1998.]

“**Moleküllerle Bilgi-işlem...** Laboratuvar araştırmaları sonucu, anahtar, iletken ve hatta bellek işlevini gören moleküller elde edildi. Bu araştırmalar, nanoölçek elektroniğinde, diğer bir deyişle moleküler elektronikte yeni bir çağın başlangıcını simgeliyor.” [*Scientific American*, June 2000.]

Enformasyon Yönetimi arasında (PIM; *Product Information Management*) bağlantı kuran ve birbirlerini tamamlar hâle getiren bir stratejinin (**C3P**) uygulanmasına başlanmıştır. **C3P** yakın geleceğin mühendislik ortamını karakterize eden bir simge olma yolundadır.

Artan kısıtlar...

Teknolojideki gelişmelerin yol açtığı değişimi, mühendislik becerisinin ortaya konmasında, imkânların artması olarak değerlendirmek mümkündür. Ama, bunun yanında kısıtlar da artıyor. Örneğin, toplum yaşamında, insanın yaşam tarzında, düşünce tarzı ya da değer yargılarında büyük değişiklikler olmaktadır ve bu değişiklikler mühendisin karşısına, tasarım ya da konstrüksiyon sırasında mutlaka dikkate alması gereken kısıtlar olarak çıkmaktadır.

- § Ekolojik etkiler,
- § Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir çevre,
- § Yenilenebilirlik,
- § Yeniden Üretilebilirlik ve
- § Ergonomi

mühendisin önündeki yeni kısıtlardır. Bu kısıtların getirdiği sorunları çözebilmek için mühendis, **sistemik bakış açısına** sahip olmak; katıldığı üretim ya da inovasyon sürecinin [yenilik üretme sürecinin] yaratacağı ekonomik etkiler kadar toplumsal ve çevresel etkilerini de hesaba katmak zorundadır.

Bu kavramlar çerçevesinde, mühendis, yapacağı tasarımlarda, “**yılda %1**” kuralını aklından hiç çıkarmamak durumundadır. Bu kurala göre, bir birim üretim için gerekli olan hammadde, işçilik ve enerji miktarı, her yıl, %1 oranında azaltılabilir.

Teknolojinin üretim sürecinde artan rolü ve değişen rekabet şartları...

Teknolojinin üretim sürecinde kazandığı önem uluslararası ve firmalar arası rekabetin şartlarını da değiştirmekte; değişen rekabet şartları, mühendislerin önüne yeni misyonlar, yeni iddia alanları çıkarmaktadır.

Ucuz emek, rekabet üstünlüğü yarışında belirleyici olma rolünü kaybetmiştir. Onun yerine, teknoloji, rekabet üstünlüğü yarışının kesici ucu hâline gelmiştir. Bilimsel ve teknolojik bulguları, pazarlanabilir bir ürün ya da hizmete, yeni ya da geliştirilmiş bir imalât ya da dağıtım yöntemine, ya da yeni bir toplumsal hizmet yöntemine dönüştürmede, yani **teknolojik inovasyonda** yetkin olanlar, bugün, dünya pazarlarının egemenleridirler. Dünya pazarlarına egemen olmak, dünya nimetlerinin paylaşımında aslan payını almak demektir. Kısacası, **teknolojik inovasyon, ekonomik büyümenin motoru olarak görülmektedir.**

Hâl böyle olunca, teknolojik inovasyon ve bunun dayandığı araştırma-geliştirme (AR-GE) faaliyetleri, üretim sürecinde [‘üretim süreci’ ‘net katma değer yaratma’ süreci olarak da okunabilir] olağanüstü bir önem ve ağırlık kazanmıştır. Bu bağlamda, çağımız mühendisinden, imalât sürecinde olduğu kadar, AR-GE ve inovasyon süreçlerinde de yer alması istenmektedir. Üretim hatlarında otomasyon arttıkça mühendisten beklenen rol, daha çok, bu süreçlere kayacaktır.

AR-GE faaliyetlerinde ve teknolojik inovasyonda gösterilecek beceri; teknoloji yönetiminde, AR-GE ve inovasyon yönetiminde yetkinlik, çağımız mühendisi için yeni iddia alanlarıdır.

Unutmamak gerekir ki, teknolojik inovasyonda üstün gelme yarışı, zamana karşı da verilen bir yarışır. Yeni ürünü pazara kim önce sürerse o kazanacaktır. Ve inovasyonda üstün gelme yarışı, aynı zamanda, kalitede de üstün gelme yarışıdır. Demek ki, **zaman yönetimi ve kalite yönetimi de çağımız mühendisinin iddialı olması gereken alanlar arasındadır.**

Teknolojik inovasyonda üstün gelme yarışı, zamana karşı verilen yarış, kalitede üstün gelme yarışı... bütün bunlar, yarışın kazanılmasında rolü olabilecek unsurlar arasında işbirliğini zorunlu kılmaktadır. AR-GE’deki mühendis, imalât hattındaki mühendisle, pazarlamadaki uzmanla, satış sonrası teknik hizmetlerdeki mühendisle işbirliği yapmak zorundadır. Bu işbirliğinin doğuracağı sinerji, yarışın kazanılmasında önemli bir rol oynayacaktır. Aslında, bu işbirliğinin, üretim sürecinin farklı halkalarında çalışanlar arasında olduğu kadar, farklı disiplinler arasında da olması gerekir. Her şey bir yana, giderek karmaşıklaşan teknolojideki gelişmeleri izleyebilmek, değişen teknolojiye egemen olabilmek ve toplumların değişen beklentilerini kavrayabilmek açısından da, hem meslektaşlar hem de farklı disiplinlerden olanlar arasında işbirliğine, tam deyişle söylesek, **takım çalışmasına ihtiyaç vardır. Takım çalışması çağımız mühendisinin uyum göstermesi gereken bir normdur.**

II. Fizikî ve Beşerî Ortamda Değişiklik

Teknolojideki değişikliklerin ötesinde mühendislik profilini değiştiren en önemli faktörlerden biri, mühendisin iş yapacağı fizikî ve beşerî ortamın da fiilen değişmiş ve daha da değişiyor olmasıdır. Günümüz dünyasında, üretimin uluslararasılaşması -uluslararası üretim bantlarının giderek yaygınlaşması- sonucu, mühendisten bütün bir dünya coğrafyasında iş görebilmesi, **farklı kültürlerin egemen olduğu coğrafyalarda çalışabilme becerisini** göstermesi beklenmektedir. Kaldı ki, o, coğrafya değiştirmese bile, farklı kültürlerden insanlar onun işyerine gelebilmektedir. Uzman hareketliliği/dolaşımı (*mobility*) çift yönlüdür.

Mühendis, **teknolojiden pazara, ama bütün bir dünya pazarına uzanan bir köprü** olarak görülmekte ve ondan, pazarlama tekniklerine, ekonomiye, finansmana, maliyeye, ticaret hukukuna, fikrî mülkiyet haklarına, uluslararası hukuka ilişkin terimlerle de konuşabilmesi, **farklı disiplinlerden olan uzmanlarla iletişim kurabilmesi** beklenmektedir.

Aslında, enformasyon, telekomünikasyon ve ağ teknolojilerindeki gelişmeler coğrafi farkları, uzaklığın getirdiği fizikî kısıtları da ortadan kaldırmakta ve yeni bir mühendislik ortamı doğmaktadır: Sanal (*virtual*) mühendislik ortamı... Ve bu ortamda yeni mühendislik kavramları geçerlidir:

Bunlardan biri, yukarıda da değinilen “elektronik ortamda ürün geliştirme” (*e-product development*) kavramıdır. Bu, farklı coğrafyalarda yer alan aynı firmaya ait ya da aynı firmanın ortaklığındaki üretim birimlerinin birlikte ürün geliştirmelerini mümkün kılan bir yaklaşımdır. Burada yapılan, aslında, ortak mühendisliğin ya da mühendislikte işbirliğinin (*collaborative engineering*), eş zamanlı olarak, elektronik ortamda gerçekleştirilmesidir...

Bu ve benzeri çalışmaları niteleyen bir diğer kavram da “**elektronik ortamda takım çalışması**”dır; ve buradan hareketle, artık, sanal takımların (*virtual team*) giderek artan rollerinden söz edilebiliyor.

Giderek genişleyen iletişim bant genişliği (*communication bandwith*), başka tür mühendislik hizmetlerinin de elektronik ortamda sunulabilmesine imkân veriyor.

Mühendislerden beklenen, teknolojiden pazara köprü kurma işlevi ve satış sonrası teknik hizmetlerin ekonomik faaliyetler açısından kazandığı ağırlık, mühendisin eskiye nazaran daha sık alana çıkmasını ve pek çok probleme alanda çözüm bulmasını gerekli kılmaktadır. **Alan çalışması** mühendislik çalışmasının ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir.

III. Üretim Sürecinde Bilginin Artan Rolü

Bilim ve teknolojinin üretim sürecinde giderek artan rollerine -ki biz bunu, bilim ve teknolojinin giderek doğrudan birer üretici güç hâline gelmesi olarak niteliyoruz- bağlı olarak, ‘**bilgi**’nin artan rolünden söz edebiliriz. (Bilim ve teknolojinin, aslında bilgi [*knowledge*] kategorileri olduğunu hatırlayalım.) Ve buna bağlı olarak da, ‘**Bilgi Yönetimi**’nin (*knowledge management*) üretim sürecinde son derece büyük bir önem kazandığını söyleyebiliriz. Bu itibarla, **günümüzün ve geleceğin mühendisi ‘Bilgi Yönetimi’ni bilmek durumundadır.**

Enformasyon ve telekomünikasyon teknolojilerindeki muazzam gelişmeler ‘bilgi’ye erişimi de kolaylaştırmaktadır. Ama, burada, çok önemli bir nokta var ki, bu noktada yanılığa düşmemek gerekir. Sanılmamalıdır ki her tür bilgiye erişim kolaylaşmaktadır. Kolaylaşan, ‘**enformasyon**’a ya da en fazla “**codified**” yani ‘**kodlanmış/açık bilgi**’ye erişimdir. Ama, “**tacit knowledge**” yani ‘**zımni/örtük bilgi**’ye erişim, eskisinden çok daha zor hâle gelmiştir.

Burada hemen bir parantez açıp, bilgiyle enformasyonu (“knowledge”la “information”) karıştırmamak gerektiğine; bu iki kavramın, sonunda aklın oluşumuna ulaşan bir sürecin; **veri (data) Þ malûmat/enformasyon (information) Þ bilgi (knowledge) Þ akıl/bilgelik/hikmet (wisdom)** sürecinin iki farklı aşamasını ifade ettiğine işaret edelim.

Bu arada söz ‘bilgi’den açılmışken, “hardware”, “software” ve “firmware (donanıma gömülü yazılım)” kavramlarına yeni bir kavramın eklendiğini belirtelim: “**wetware**”... Bu kavram, bilgiyle, özellikle de, “*tacit knowledge*”la (‘zımni/örtük bilgi’yle) donatılmış insanı ifade eder. Çağımızda, uluslararası ya da firmalar arası rekabet üstünlüğü yarışında, hep teknoloji üstünlüğünün belirleyici hâle geldiği söylenir. İşte, orada belirleyici hâle gelen, aslında, bu “wetware”dir; başka bir deyişle, beyinlerde -ve o beyinlerin çalıştığı kurumlarda- saklı tutulan örtük bilgidir.

“Codified” yani ‘kodlanmış/açık bilgi’ ve “tacit knowledge” yani ‘zımni/örtük bilgi’ ne demektir?

Kodlanmış bilgi, bazı kodlar (örneğin, bir dil) kullanılarak, iletilebileceği, saklanabileceği ve taşınabileceği bir ortama aktarılan bilgidir. Diğer bir deyişle, belli bir sisteme göre düzenlenerek, bir bildiriye/iletiye (‘mesaj’a) dönüştürülen ve böylece herkese açık hâle getirilen bilgidir.

Örtük bilgi ise, bir sisteme göre düzenlenmiş olarak hazır bulunmayan, açıkça ortaya konmamış olan bilgidir. “*Know-how*” olarak andığımız türden bilgiler ya da bir ustanın marifetinin ardındaki bilgiler örtük bilgidir... Bu bilgi ancak, onu kazanmış olan beyinlerde bulunabilir. Herhangi bir üretim alanında, tasarım ya da konstrüksiyon faaliyetinde bulunabilmek için gerekli olan teknolojik “*know-how*”ı edinmiş; bu “*know-how*”ın taşıyıcısı olan mühendis, bu tür bir bilgi setiyle donanmış olan mühendis demektir. Rekabet üstünlüğü yarışında, teknolojinin kesici uç hâline geldiği çağımızda, çağın mühendisinden beklenen temel işlev de bu tür bilgileri edinebilme yeteneğine sahip olmasıdır.

Örtük bilgi beyinlerde taşınır ama, zaman içinde, kurumsal bazda bir somutluk da kazanır. Bu nedenledir ki, taşıyıcısı insan beyni olmakla birlikte, kurumlar

arası *know-how* alışverişi ya da teknoloji transferlerinden söz edebiliyoruz. Bilginin kurumsallaşması, hem o kurumdaki uzmanların -bilgi taşıyıcılarının- kendi aralarındaki etkileşim sonucu hem de başka kurumlar, hatta rakip kurumlardaki uzmanlarla olan etkileşimleri sonucu, kurum bazında, ortak bir birikimin ortaya çıkması ve kalıcılılaşması, ama bir yandan da, bu birikimin sürekli olarak yenilenebilmesi demektir. Buradaki kilit kavram, “kurumsal bazdaki bilgi birikimin de sürekli yenilenebilmesi”dir. Bu ise, bizi, firmalar/kurumlar arası rekabet üstünlüğü yarışında giderek belirleyici hâle gelen “**öğrenen organizasyon**” kavramına götürür. Demek ki, çağın mühendisi, bireysel olarak, bir yanda, kendi bilgi dağarcığını zenginleştirirken, diğer yanda öğrenen organizasyonun da yaratıcı unsuru olmayı, bu anlamda, kolektif olarak da öğrenebilmeyi, gerektiğinde rekabet içinde ama işbirliğine açık olabilmeyi de becermelidir.

Mühendislik bilgisinin yarı ömrü...

Ve artık bu noktada çağımız mühendisi için en kritik noktayı söylemenin zamanı geldi. Bilim ve teknolojinin çağımızda süratle değiştiğini ve değişim hızının da giderek arttığını biliyoruz. Bugünkü bilimsel ve teknolojik bilgimizin % 80’i XX. Yüzyıl’da üretilmiştir. Bilimsel bilgiler her on yılda bir ikiye katlanmaktadır. Tabii, bu bir ortalama değerdir. İkiye katlanma süreleri çok daha kısa olan alanlar vardır. Örneğin, Enformatik alanındaki bilgilerimiz her beş yılda bir, ikiye katlanmaktadır. Bu ikiye katlanışın aynı zamanda eski bilgilerimizin hızla yenilendiği bir süreç olduğunu da dikkate almak gerekir. Yapılan ölçümler, mühendislik bilgisinin yarı ömrünün de⁴, farklı mühendislik dallarına göre 2,5–7,5 yıl arasında değiştiğini göstermektedir. Demek ki, günümüzün ve geleceğin mühendisi hayat boyu öğrenmek; hayat boyu etkileşime açık olmak zorundadır. Bunun içindir ki, **hayat boyu öğrenmenin ve ortak öğrenmenin metodolojisini öğrenmiş olmak** zorundadır.

Sonuç Yerine...

Sonuç olarak, çağımızın mühendis/mühendislik profilini çözümlerken anahtar sözcüklerin şunlar olduğunu söyleyebiliriz:

- § Hayat boyu öğrenme potansiyel ve dinamizmi;
- § Rekabet içinde işbirliği yaparak öğrenme esnekliği;
- § ‘Öğrenen organizasyon’ kurma öngörüsü;
- § Genel olarak bilgi yönetimi becerisi;
- § İşletme düzeyinde izlenecek teknoloji, AR-GE ve inovasyon politikasını tasarlama ve yönetme becerisi;

⁴ “Yarı ömür”, bir radyoaktif maddedeki atom çekirdeklerinin yarısının bozunumu için gereken zaman aralığı anlamına gelir. Terim buradan ödünç alınmıştır.

- § Zaman ve kalite yönetiminde yetkinlik;
- § Çok disiplinlilik ya da farklı disiplinler açısından da dünyaya bakabilme, olguları çözümleyebilme yeteneği;
- § Farklı disiplinlerden ya da farklı kültürlerden olanlarla iletişim kurabilme ve işbirliği yapabilme becerisi;
- § Her türlü ortamda takım çalışması yapabilme becerisi;
- § Özellikle de enformasyon ve telekomünikasyon teknolojilerine hâkimiyet;
- § Mühendislik kararlarının toplumsal, ekonomik, çevresel etkilerini kavrayabilme, çözümleyebilme yeteneği; diğer bir ifadeyle, sistemik bakış açısı, sistemik yaklaşım;
- § Ve elbette, kendi meslekî alanında “tacit knowledge”ta / ‘örtük bilgi’de üstünlük; ve inovasyon becerisi.

Ben, mühendislik disiplininden gelen bir kişi olarak, bu yetenekleri tümüyle donanmış olmanın çok kolay olmadığını kavrayabiliyorum; ama, kendi deneyimlerimle de bütün bu yeteneklerle donanmak gerektiğini düşünüyorum. Ve bunlara, altını özellikle çizerek bir yenisini daha ekliyorum: **toplumsal sorumluluk bilinci...**

Bir mühendis bir iş yerinde ya da kendi işinde çalışırken, herhangi bir ürünün, üretim yönteminin, sistemin ya da bir hizmetin üretilmesi; ya da yeni ya da daha gelişkin ürünler, üretim araçları, yöntemler, sistemler, hizmetler ortaya konması sürecine katılacak ve bu yoldan ekonomik bir fayda yaratılmasına katkıda bulunacaktır. Yaratılan ekonomik faydanın, elbette, dolaylı ya da dolaysız olarak, toplumsal bir fayda yaratılmasına da katkısı olacaktır. Ama benim burada işaret ettiğim toplumsal sorumluluk bilinci, bundan fazla bir şeydir.

Mühendis, temel unsurlarından olduğu üretim ya da yenilikleri yaratma sürecinde nihaî amacın, insanın mutluluğu olduğunu, bireylerin yaşam kalitelerinin, toplumsal refahın yükseltilmesi olduğunu bilmek, bunu bilince çıkarmak zorundadır. Bu açıdan, katıldığı sürecin her aşamasının son çözümlemede ne işe yarayacağını iyi değerlendirebilmelidir. Üretkenliğini, yenilikçiliğini -inovasyon yeteneğini- bu amaçla kullanabilme yönünde çaba göstermelidir. Modern zamanların ilk mühendisleri uygarlığımızın ilerlemesinde büyük bir rol oynamışlardır. Günümüz mühendisinin devraldığı, ana miras budur. Bu miras gelecek kuşaklara da kalacaktır. Bir farkla, insan ve toplum, düne nazaran çok daha fazla dikkatlerimizin odak noktasına yerleşmektedir. Kaldı ki, uygarlığımız gerçekten bir ilerleme kaydediyorsa, bunun böyle olması da gerekir. Toplumsal sorumluluk bilinci mühendisi salt bir meslek adamı olmaktan, insan olmaya, aydın olabilmeye taşıyacak olan da tek köprüdür.