

Teoman Öztürk'ün vurguladığı TMMOB olarak benimsediğimiz 'yurtseverlik' anlayışının günümüzdeki en güzel göstergelerinden biri olacaktır."

Sempozyum düzenleyicilerinden Elektrik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanı Mahir Ulutaş açılış konuşmasında teknoloji politikalarının ve teknolojilerin asıl olarak genel toplum yararını gözetmesi gerektiğine vurgu yaparak, Marx'ın teknolojiyi insanın doğayla etkin ilişkisi, yaşamını sürdürmek için başvurduğu üretim süreci, toplumsal ilişkilerin oluşum biçimi ve bu ilişkilerden doğan zihinsel kavrayışlarıyla içsel olarak ilişkilendirdiğini belirtmiş ve buradan hareketle teknoloji toplum ilişkisine dair şu saptamayı yapmıştır; *"Üretim araçlarının özel mülkiyeti ve sömürü üzerine kurulu bir sistem olarak kapitalizm doğası gereği 'dilsel, bedensel, zihinsel protezlerle dünyaya açılan bir canlı' olan insanı bu protezleri fetişleştirerek, bu protezlerin kontrolünden ve kendi emeğinin ürünlerinden mahrum bırakarak onu makinenin bir parçası haline getirmeye ve dolayısıyla makineleştirmeye çalışmaktadır. Öyleyse, ya teknolojik gelişmelere eleştirel bakacak, hangi teknolojilerin insanın kendisi ve çevresi ile ilgili yeni olanaklar, bilişler yaratan ve dilsel-bedensel-zihinsel varlığını zenginleştiren protezler olarak adlandırılabilmesine dair bir tartışma yürüteceğiz; ya da insanı bir mekanizmaya indirgeyen, insani varoluşu hiçleyen onu şeyleştiren bir bugüne ve geleceğe mahkûm olacağız."*

TMMOB Yönetim Kurulu Başkanı Emin Koramaz sempozyum açılış konuşmasında teknolojinin ana doğurganları olan akıl ve bilimin önemine *"Çok iyi biliyoruz ki aklın ve bilimin izinden gitmekten vazgeçersek sonumuz yoktur, önümüz karanlıktır"* sözleriyle atıfta bulunmuş ve gelinen noktada *"aklın ve bilimin yerini hurafelerin, liyakatin yerini parti ve din devleti anlayışının aldığı bir ülke tablosu sonucu ülke olarak büyük bir çöküş yaşandığına"* vurgu yapmıştır. Bunun sonucunda; *"Artık sadece kendi hayatımızdan değil, gelecek kuşaklarımızın hayatlarından da feragat ederek yaşandığını"* ifade eden TMMOB Başkanı konuşmasını şu sözlerle tamamlamıştır; *"TMMOB dün olduğu gibi bugün de aklın ve bilimin izinde mesleğimizin kamusal sorumluluklarının bilincinde, kamucu, eşit, adil, özgür, barış içinde antiemperyalist bir dünya ve ülke için mücadelesini sürdürecektir."*

Geleceğin Teknolojileri ve Teknoloji Politikaları Sempozyumu geleceği belirleyecek teknolojiler için bir değerlendirme yapılmasını mümkün kılması yanında diğer bazı konuların da öne çıkarılması bakımından önemli olmuştur.

Bunlardan ilki, sempozyum kapsamında belirlenen konu başlıkları geleceği biçimlendirme potansiyelleri yanında tek bir disiplinin üstesinden gelemeyeceği, çok sayıda disiplinin bir arada çalışmasını gerektiren "sistem" odaklı alanlardır. Bu konularda ki gelişmeler ancak fizik, matematik gibi temel bilimler yanında hemen tüm mühendislik dallarını içeren uygulamalı bilimler ve sosyoloji, psikoloji gibi sosyal bilimlerden uzmanların bir araya gelmesi ile mümkün olabilecektir. Bu nedenle bu alanlar disiplinler üstü bir yaklaşım gerektirmektedir.

İkinci olarak sempozyum, bilim-teknoloji ve teknoloji-toplum ilişkilerinin gözden geçirilmesi ve bu ilişkilerin nasıl olması gerektiği konularında değerli görüşlerin dile getirildiği bir platform işlevi görmüştür.

Teknoloji en genel şekilde "bilimin endüstriyel veya ticari amaç(lar) için kullanımı" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan hareketle TMMOB Başkanı'nın bilime ve bilimsel akla vurgusu ve sunumlarda teknolojik gelişmelerin temel bilim ve temel araştırmalarla yakın ilişkisine ve bu teknolojilere öncülük eden gelişmiş ülkelerin temel bilimsel araştırmalara ayırdığı kaynaklara dair veriler, şayet bu teknolojilerde ilerleme bekleniyorsa neler yapılması gerektiğini gösteren kılavuzlar olarak görülmelidir. Bu noktada bilimsel bilginin ana kaynakları olan üniversitelerin bağımsızlığı ve bilimsel özerkliğine olan gereklilik ancak ülkemizde ve dünyada bunun kısıtlanma çabalarını da yaratacağı sonuçlar bakımından doğru okumak gerekir.

Toplumsal beklentileri dikkate alınmadan, onu bir meta olarak gören teknolojik gelişmelerin toplum üzerindeki dönüştürücü etkisi, teknolojinin sahiplerinin kim olduğuna bağlı olarak çok yıkıcı ve yıpratıcı olabilmektedir. Bu noktada teknolojinin toplumsal denetimi kritik önemdedir. Öte yandan toplumlar bu denetimi yapabilecek bilgi ve bilinç düzeyinde değilse -ki genellikle tüm dünyada bu durum geçerlidir- o zaman onlar adına giderek etki alanı genişleyen teknolojilere karşı bu denetimi yapacak kuruluşlara ihtiyaç her zamankinden daha fazladır. Ancak paradoksal bir biçimde bu kuruluşların sayısı giderek azalmaktadır. Ülkemizde TMMOB bu görevi misyonunun bir parçası haline getirmiş bir kuruluştur. Bu çerçevede sempozyum düzenleyici Oda Başkanlarının teknoloji toplum ilişkisinde TMMOB duruşuna dair ifadeleri ve bazı sunumlarda bu kapsamdaki açıklamalar sempozyumu zenginleştiren unsurlar olmuştur.

TMMOB Yayın Kurulu

MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİNİN ÖNEMİ VE GELECEĞİN TEKNOLOJİLERİNE ETKİSİ



Özet

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, tüm teknolojik sistemlerin temelini oluşturan malzemelerin yapısını, özelliklerini, üretim süreçlerini ve performansını inceleyen, çok disiplinli bir bilim dalıdır. Enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve yaşam kalitesinin artırılması gibi hedefler doğrultusunda, malzeme bilimi ve mühendisliği; daha hafif, daha dayanıklı, daha çevre dostu ve daha akıllı malzemelerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Fizik, kimya ve mühendisliğin kesişim noktasında yer alan bu alan, son yıllarda hesaplamalı yöntemler, yapay zekâ ve malzeme enformatiği gibi yeni yaklaşımlarla büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Bu gelişmeler radikal değişimleri hızlandırmakta ve geleceğin teknolojilerini şekillendirmektedir.

1. Malzemelere ve Kullanım Alanlarına Genel Bakış

Günümüzde kullanılan hemen her ürün, malzeme bilimi ve mühendisliğinin katkısıyla geliştirilmiştir. Elektronik cihazlardan otomobillere, tıbbi cihazlardan uzay araçlarına kadar birçok teknoloji, gelişmiş malzemelerin varlığına dayanır.

Metalik Malzemeler, yüksek mekanik dayanım, korozyon direnci, ısıya dayanıklılık, hafiflik gibi çeşitli avantajlar sunarak birçok endüstride kritik bir rol oynamaktadır. Elektriksel iletkenlik, termal iletkenlik, geri dönüşüm özellikleri, biyouyumluluk ve işlenebilirlik gibi ek avantajları olan alaşımlar otomotiv, savunma, enerji, elektronik ve medikal gibi sektörlerde vazgeçilmez olarak kullanılmaktadır. Çelikler, dayanıklılık ve uygun maliyet sayesinde yapı sektörü, otomotiv ve ağır sanayide vazgeçilmez bir malzemelerdir. Modern çeliklerin tasarımları, mikroalaşımlama ve ısıl işlem teknikleri ile yüksek mukavemet/ağırlık oranına sahip hale getirilmiş, özellikle otomotiv sektöründe daha hafif ve enerji verimli araçların üretimini mümkün kılmıştır. Alüminyum alaşımları, sahip oldukları hafiflik, yüksek dayanım, korozyon direnci, iletkenlik ve kolay şekillendirilebilirlik özellikleri sayesinde savunma, havacılık, ulaşım, enerji, inşaat ve elektronik sektörlerinde kullanılmaktadır. Magnezyum alaşımları, hafiflik, mekanik dayanım sayesinde havacılık, otomotiv ve elektronik sektörlerinde kilit rol oynamaktadır. Yoğunluğu çeliğin yaklaşık %25'i, alüminyumun %66'sı kadar olan Magnezyum alaşımları, uçaklar, helikopterler ve uzay araçlarında kullanılan en hafif yapısal metaller arasındadır. Titanyum ve alaşımları, biyouyumlu yapısı ve mükemmel mekanik özellikleri nedeniyle hem medikal ve hem de havacılık uygulamaları için yüksek değere sahiptir. Süperalaşımlar (Ni-, Co-, Fe-bazlı), yüksek sıcaklıkta mekanik dayanım, oksidasyon ve sürünme direnci gerektiren jet motorları ve nükleer reaktörler gibi ağır koşullarda vazgeçilmezdir.

İleri Seramik Malzemeler (alümina, bor karbür, silikon karbür, vd.), yüksek sıcaklığa, aşınmaya, kimyasallara ve mekanik yüklere karşı üstün direnç özellikleri nedeniyle birçok sektörde kullanılırlar. Örnekler: Zırhlar; Uzay araçları ve roket teknolojilerinde ısı kalkanları ve motor parçaları için 1500°C üzerinde yapısal bütünlüklerini koruyan seramikler; Katı oksit yakıt hücreleri için seramik elektrolitler; Üstün dielektrik, piezoelektrik ve manyetik özellikleri gerektiren elektronik uygulamaları için yarı iletken seramikler; Sonar sistemleri ve hassas ölçüm cihazları için piezoelektrik seramikler.

Polimerik malzemeler, uzun moleküler zincir yapılarından oluşan ve genellikle tekrarlayan birimlerden meydana gelen sentetik veya doğal malzemelerdir. Bu malzemeler, esneklik, dayanıklılık ve kimyasal direnç gibi özellikleri ile savunma, uzay, havacılık, tıp, enerji ve ileri teknoloji sektörlerinde giderek artan uygulama alanları bulmaktadır. Örnekler: Korozyona ve kimyasallara karşı koruma sağlayan polimer kaplamalar; Sızdırmazlık contaları; Esnek bağlantı



parçaları; Kimyasal ve biyolojik koruma kıyafetleri; Gaz maskeleri; Uzay araçları ve uydu bileşenleri için ısıya ve radyasyona dayanıklı polimerler; Elektronik devreler, kablolar ve radar sistemleri için yalıtkan polimerler; Katı hal bataryaları gibi yeni nesil enerji sistemleri için polimer elektrolitler; Protezler, yapay damarlar ve ilaç salınım sistemleri için biyouyumlu polimerler; Biyosensörler için polimer tabanlı nanomalzemeler.

Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla farklı malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşturulan ve tek başına hiçbir bileşenin sağlayamayacağı üstün mekanik, termal ve kimyasal özellikler sunan malzemelerdir. Savunma, havacılık, uzay, enerji, otomotiv ve denizcilik sektörleri için yüksek dayanım/düşük ağırlık gibi avantajlar sağlamaktadırlar. Örnekler: Balistik yelekler, helikopter pervaneleri, uçak gövdeleri ve kanatları için karbon fiber takviyeli polimer kompozitler; Gaz türbin motorları, egzoz sistemleri ve türbin kanatları için yapısal seramik kompozitler; Uçaklar ve denizaltılar için görünürlüğü azaltan radar soğurucu polimerler; Rüzgar türbin kanatları için yüksek performanslı polimer kompozitler.

Yarı iletken malzemeler (Si, Ge, GaAs, SiC, GaN,...) modern teknolojinin neredeyse tüm alanlarını etkilemektedir. Bilgisayar, akıllı telefon, televizyon, elektrikli/otonom araçlar, tıbbi cihazlar, uydular, güneş panelleri, baz istasyonları, termal kameralar ve lazer sistemlerindeki mikroçipler, mikro işlemciler, transistörler, fiber optik sistemler, sensörler, hafıza birimleri yarı iletken malzemelerden üretilir.

Nanomalzemeler, atomik ve moleküler düzeyde tasarlanarak özellikleri hassas olarak kontrol edilebildiğinden, havacılık, uzay, enerji, biyomedikal, çevre teknolojileri ve elektronik gibi kritik sektörlerde kullanılmaktadırlar. Örnekler: Hassas sensör sistemleri, Kendini onaran malzemeler; Yüksek verimli güneş panelleri (kuantum noktaları, nano-kaplamalar); Pillerin ve süper kapasitörlerin kapasitesini ve ömrünü arttıran nano-lityum anotlar; Kanseri tedavisi için hedefli ilaç taşıma sistemleri; Hastalıkların erken teşhisi için biyosensörler; Yara iyileştirici nano-kaplamalar.

Akıllı malzemeler, çevreden gelen uyarıcılara (sıcaklık, basınç, elektrik alanı, ışık, manyetik alan, pH) karşı kontrollü ve geri döndürülebilir bir şekilde tepki veren malzemelerdir. Örnekler: Uyarlanabilir uçak kanatları için hava akışına göre şekil değiştiren malzemeler; Güneş ışığını algılayarak kendini karartan termokromik camlar; Giyilebilir elektronikler; Mekanik basıncı elektrığe dönüştüren piezoelektrik malzemeler (adım attıkça elektrik üreten zeminler); Oluşan çizikleri onaran otomobil boya ları; Isıya duyarlı kumaşlar; Çatlakları algılayıp tamir eden beton.

2. Biyomimetik

Doğada bulunan biyolojik yapıların milyonlarca yıllık evrimsel süreci boyunca optimize olmuş tasarımları, insan yapımı sistemlere entegrasyonu performans, dayanıklılık ve çevresel uyumluluk bakımından çığır açmaktadır. Biyomimetik, doğadaki organizmaları inceleyerek işlevsellik, enerji verimliliği, dayanıklılık ve sürdürülebilirlik gibi özelliklerini malzeme ve mühendislik tasarımında uygulayan çok disiplinli bir alandır. Bu yaklaşım, metalik, seramik, polimerik, kompozit ve nanomalzeme sistemlerinin geliştirilmesinde aktif olarak kullanılmaktadır. Örnekler: Deniz kabuklarının darbe emici yapılarından esinlenilen kompozit zırh sistemleri; Kemik dokusunun gözenekli yapısını taklit ederek hücre büyümesini teşvik eden, biyouyumlu gözenekli titanyum implantlar; Lotus yaprağının su itici (süperhidrofobiklik) yüzeyinden esinlenen kendini temizleyebilen polimer kaplamalar (bina cepheleri, güneş panelleri, tekstil); Örümcek ipeğinden ilham alınarak geliştirilen polimer lifler (kurşun geçirmez yelekler, tıbbi dikiş iplikleri); Bukalemunun renk değiştirme özelliğinden esinlenilen dış etkenlere (sıcaklık, pH, ışık) göre renk değiştiren malzemeler; Kaplumbağa kabuğunun mozaik yapısından esinlenilen seramik kompozit sistemler; Bal peteği yapısından esinlenen hafif ve güçlü kompozit sandviç paneller (havacılık, otomotiv); Bambu yapısından esinlenilen darbeye dayanıklı boru sistemleri ve kolonlar; Kertenkelelerin pürüzsüz yüzeylere tırmanabilmesini sağlayan ayak tabanı yapısından esinlenilen nano-yapışkan bantlar; Yusufçuk kanatlarındaki nano-kabarcıklardan ilhamla geliştirilen titanyum dioksit kaplamalar (medikal ürünlerde hijyenik yüzeyler).

3. Hesaplamalı Malzeme Bilimi, Malzeme Enformatiği, Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi

Geleneksel malzeme geliştirme süreçleri zaman alıcı ve maliyetli olan deneysel yöntemlere dayanır. Hesaplamalı malzeme bilimi (sonlu eleman yöntemi, kuantum mekaniği, moleküler dinamik) malzeme

davranışlarını atomik düzeyden makro düzeye kadar geniş bir spektrumda simüle edebilme olanağı sunar. Bu sayede yeni malzemelerin sanal ortamda tasarlanması, malzeme özelliklerinin öngörülmesi, Ar-Ge sürecinin hızlandırılması mümkün olmakta ve deneylerle yıllar sürecektir araştırmalar, haftalar içinde sanal ortamda tamamlanabilmektedir. Örneğin, enerji depolama sistemleri için yeni elektrot malzemeleri ya da yüksek sıcaklıklara dayanıklı süperalaşımlar, bu hesaplamalarla daha hızlı geliştirilebilmektedir.

Yapay zekâ çok büyük ve karmaşık veri setlerinden örüntüler çıkarabilme kapasitesi sayesinde, yeni malzemetasarımıve mevcut malzemelerin özelliklerinin geliştirilmesinde yeni fırsatlar sunmaktadır. Malzeme enformatiği disiplini, mevcut malzeme verileri (laboratuvar çalışmalarının ve simülasyonların sonuçları, literatürdeki bilgileri içeren büyük veri kümeleri) istatistiksel yöntemlerle analiz edilmekte, yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak malzeme özellikleri öngörülebilmekte, performans optimizasyonu yapılabilmekte ve yeni malzemeler keşfedilebilmektedir. Örneğin, yapay zekâ destekli algoritmalar ile dakikalar içinde, binlerce farklı çelik türüne ait veriye dayalı analizlerle, hangi sıcaklık ve alaşımların en uygun sertlik ve süneklik kombinasyonunu sunduğu, ısıya dayanıklı yeni bir nikel-kobalt alaşımı veya daha hafif bir yüksek mukavemetli alüminyum alaşımı tasarlanabilmektedir.

4. Geleceğin Teknolojilerinde Malzeme Bilimi ve Mühendisliğin Rolü

Teknolojik ilerlemelerinin büyük çoğunluğu, yeni ve daha üstün malzemelerin geliştirilmesi sayesinde mümkün olmuştur. Örneğin; daha hafif ve dayanıklı alaşımlar uçakların yakıt verimliliğini artırırken, biyouyumlu polimerler tıbbi implantların etkinliğini ve güvenliğini sağlar. Nanomalzemeler, sensörlerden güneş panellerine kadar birçok uygulamada devrim yaratmaktadır. Diğer taraftan, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda geri dönüştürülebilir ve çevre dostu malzemelere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu nedenlerle, malzeme bilimi ve mühendisliği hem mevcut teknolojilerin optimizasyonunda hem de geleceğin teknolojilerinin şekillendirilmesinde temel bir role sahiptir.

Uzay ve Havacılık: Ekstrem koşullara (sıcaklık, basınç ve radyasyon) dayanıklı seramik kompozitler, hafif metaller ve termal koruma sistemleri gibi malzemeler, uzay araştırmaları ve yüksek hızda seyahat teknolojileri için gereklidir.

Yenilenebilir Enerji Teknolojileri: Güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve enerji depolama sistemleri gibi

sürdürülebilir enerji kaynaklarının verimliliği, kullanılan malzemelerin performansına bağlıdır. Yüksek verimli güneş pilleri, hidrojen yakıt hücreleri ve uzun ömürlü bataryalar, yeni nesil fonksiyonel malzemelerle mümkündür. Örneğin, katı hal elektrolitleri ve perovskit bazlı güneş hücreleri, geleceğin enerji sistemleri için kritik önemdedir.

Elektrikli/Otonom Araçlar ve Batarya Teknolojileri: Lityum-iyon ve katı hal bataryalar gibi enerji depolama sistemleri, yeni nesil taşıma araçlarının kritik bileşenleridir. Bu sistemlerdeki ilerleme, daha yüksek enerji yoğunluğuna, daha uzun ömre ve daha hızlı şarj imkânlarına sahip malzemelerin geliştirilmesiyle mümkündür.

Elektronik, Kuantum Bilgisayar: Gelişmiş işlemciler ve veri depolama sistemleri, nanoölçekli yarı iletken malzemelere dayanır. Kuantum bilgisayarlar gibi geleceğin bilgi işlem sistemleri de özel olarak tasarlanmış süperiletken malzemelere ihtiyaç duyar. Süperiletkenler ve 2 boyutlu malzemeler (grafen), kuantum bilgisayarların ve yeni nesil elektroniklerin temelini oluşturmaktadır.

Sağlık Teknolojileri ve Biyomalzemeler: Yapay organlar, akıllı implantlar, hedefe yönelik ilaç taşıma sistemleri gibi uygulamalar, malzeme biliminin biyoloji ile entegre çalışmasının ürünüdür. Nanoteknoloji destekli biyomalzemeler, kanser gibi hastalıkların erken teşhisi ve tedavisinde devrim yaratmaktadır.

5. Sonuç

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, hem mevcut teknolojilerin geliştirilmesinde hem de geleceğin teknolojilerinin altyapısının oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Elektronikten enerjiye, otomotivden biyomedikale kadar her alanda kullanılan ürünlerin performansı, dayanıklılığı ve verimliliği doğrudan malzeme biliminin sunduğu yeniliklerle ilişkilidir. Malzeme bilimi ve mühendisliği, sadece yeni alaşımlar tasarlamakla değil, aynı zamanda doğayla daha uyumlu, enerji verimliliği yüksek ve insan sağlığına katkı sağlayan sistemler geliştirmekle de yükümlüdür. Kuantum bilgisayarlar, füzyon enerjisi sistemleri, biyouyumlu akıllı implantlar, sıfır karbonlu yapı malzemeleri gibi teknolojilerin gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda geri dönüştürülebilir ve çevre dostu malzemelerin kullanılması büyük ölçüde malzeme bilimindeki ilerlemelere bağlıdır. Teknolojinin gidişatını belirleyen stratejik bir alan olan malzeme bilimi ve mühendisliği, hesaplamalı bilim, enformatik, yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile birleştiğinde çok daha hızlı ve radikal yeniliklere yol açacaktır.

Prof.Dr. C. Hakan Gür

ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

TEKNOLOJİ VE YENİLİK POLİTİKALARINDA GÜNCEL EĞİLİMLER



1. Politika Araçlarında Dönüşüm: Yatay Desteklerden Stratejik Odaklanmaya

Bilim, teknoloji ve yenilik politikalarında son dönemde gözlemlenen en belirgin eğilimlerden biri, politika araçlarının tasarımında yaşanan köklü dönüşümdür. Geleneksel yaklaşımda, geniş tabanlı, sektörel/teknoloji alanı ayrımı gözetmeyen, yatay destek mekanizmalarıyla tüm Ar-Ge aktörlerine eşit mesafede duran bir anlayış hakimdi. Bu tür araçlar, piyasa aksamalarını gidermek amacıyla özellikle finansman sağlama, yenilik sistemi aktörleri arasındaki bilgi asimetrisini azaltma ve Ar-Ge maliyetlerini azaltma işlevi hedefliyordu. Ancak bu yaklaşım, yenilik sürecinin karmaşıklığını ve teknoloji dinamiklerinin çeşitliliğini yeterince dikkate almıyordu.

Günümüzde ise, daha seçici ve stratejik bir politika tasarımı ön plana çıkmaktadır. Bu çerçevede, belirli sektörlerle, teknolojilere ya da ürün gruplarına odaklanan, önceliklendirme esasına dayalı araçlar geliştirilmektedir. Böylece, kamu politikaları yalnızca bir "genel destek sağlayıcı" değil, aynı zamanda "teknolojik yön belirleyici" bir işlev üstlenmeye başlamıştır. Bu dönüşüm, iktisadi düşünce alanında da bir kırılmaya işaret eder: Baskın (neoklasik) ekonomi anlayışının yanı sıra, daha dinamik, öğrenmeye dayalı ve belirsizlik içeren süreçleri dikkate alan evrimci iktisat yaklaşımları ön plana çıkmaktadır.

Türkiye de bu küresel yönelimi izlemeye çalışmakta ve politika tasarım/uygulamaları bu doğrultuda yeniden yapılandırılmaya çalışılmaktadır. Erken dönemde ağırlıklı olarak TÜBİTAK tarafından genel Ar-Ge destekleri uygulanırken, 2010 sonrasında daha odaklı ve tematik araçlar öne çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde teknoloji tabanlı girişimcilik desteklenmiş, mükemmeliyet merkezleri oluşturulmuş; bazı destek programlarıyla belirli teknoloji alanlarında müdahaleler hedeflenmiştir. Bu gelişmeler, Türkiye'nin seçici olmayan destek anlayışından uzaklaşıp, stratejik teknoloji alanlarında "akıllı" müdahaleler geliştirmeye yönelik bir politika anlayışı oluşturmaya yöneldiğini göstermektedir.

Bu çerçevede, politika tasarımı artık yalnızca tekil araçlara (sadece Ar-Ge yapmanın maliyetini düşüren doğrudan destekler veya vergi teşvikleri gibi) dayanmamakta; bunun yerine birbiriyle ilişkili, uyumlu olan, farklı kurumsal aktörlerin katılımıyla oluşturulan çok boyutlu "politika sepetleri" ortaya çıkmaktadır. Bu sepetler, yalnızca kaynakların daha etkin kullanımını değil, aynı zamanda kamu müdahalelerinin hedeflenen sonuçlar üretme kapasitesini de artırmayı amaçlamaktadır.



2. Aktif Devlet Müdahalesi ve Teknoloji Politikalarında Dönüşen Devlet Rolü

Geleneksel kalkınma ve teknoloji politikalarında devletin rolü çoğunlukla düzenleyici ve destekleyici bir aktör olarak tanımlanmıştır. Bu çerçevede, devlet piyasa aksamalarını telafi eden, Ar-Ge harcamalarını doğrudan destek ve/veya vergi teşvikleriyle artıran eden, bilgi üretimini teşvik eden ve özel sektörün yenilik faaliyetlerini kolaylaştıran bir rol üstlenmiştir. Bu yaklaşım, devletin ekonomik sisteme asgari müdahalede bulunmasını savunan baskın (neoklasik) iktisat anlayışına dayanmaktadır.

Ancak günümüzde devletin bu pasif konumu giderek dönüşmekte; yerini daha müdahaleci, yönlendirici ve "girişimci devlet" anlayışına bırakmaktadır. Bu yeni çerçevede devlet, yalnızca piyasaların işlemesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda yeni piyasa alanları yaratır, teknolojik yönelimleri şekillendirir ve yeniliğin yönünü tayin eder. Devletin bu aktif müdahalesi, yalnızca finansman sağlamakla sınırlı kalmayıp; temel ve uygulamalı araştırmaları yürütme, erken aşama teknoloji geliştirme süreçlerini fonlama, insan kaynağı oluşturma, kamu alımları yoluyla talep yaratma ve regülasyonlar aracılığıyla teknolojik geçişleri teşvik etme gibi çok yönlü işlevleri içerir.

Bu dönüşümün çarpıcı örnekleri çeşitli ülke deneyimlerinde gözlemlenebilir. Amerika Birleşik Devletleri, 20. yüzyılın ikinci yarısında bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünü şekillendiren başlıca aktörlerden biri olarak konumlanmıştır. DARPA gibi savunma sanayi odaklı kamu kuruluşları aracılığıyla yapılan kamu yatırımları; bilgisayar mühendisliği bölümlerinin kurulması, Silikon Vadisi'ndeki girişimlerin fonlanması ve sivil teknolojilerin geliştirilmesi gibi birçok stratejik müdahaleyi mümkün kılmıştır. Apple'ın geliştirdiği iPhone gibi ürünlerde bu müdahalelerin belirleyici etkisi açıkça görülmektedir.

Benzer biçimde, Çin devleti 1990'lardan itibaren elektrikli araçlar ve iletişim teknolojileri alanlarında proaktif bir politika izlemiştir. Yabancı şirketlerle ortaklıklar, teknoloji transferi stratejileri, kamu alımları, kalkınma bankaları aracılığıyla sağlanan muazzam finansman destekleri ve birbirleriyle rekabete zorlanan kamu iktisadi teşebbüsleri aracılığıyla Çin, hem piyasa oluşturmuş hem de stratejik sektörlerde küresel liderlik hedeflemiştir (BYD, Huawei ve ZTE gibi şirketlerin yükselişi, bu devlet-yönlendirmeli modelin sonucudur).

Bu ve benzeri örnekler, aktif kamu müdahalesinin ancak belirli koşullar altında başarıya ulaşabileceğini göstermektedir. İnsan kaynağı kapasitesi, kurumsal özerklik, örgütsel yetkinlikler ve bulguya dayalı politika yapımı bu tür müdahalelerin başarısını belirleyen temel faktörler arasında yer almaktadır.

Türkiye'de devletin bu alandaki müdahaleleri karmaşıktır ve irdelenmesi gereken bir konudur. Son yıllarda TOGG gibi projelerle birlikte daha aktif bir kamu yaklaşımı gözlemlenmektedir. TOGG, kamu destekli bir girişim olarak, yerli otomotiv sanayinin dönüşümünü hedefleyen ve stratejik öngörü içeren bir girişimdir. Ancak bu projenin henüz tam anlamıyla piyasa yaratan, teknoloji yönlendiren ve uzun vadeli vizyonla kurgulanmış bir kamu politikası haline geldiğini söylemek zordur. Kurumsal koordinasyon, finansman sürekliliği ve stratejik yönetim eksiklikleri, Türkiye'nin aktif devlet rolünü kurumsallaştırmada karşılaştığı temel zorluklar arasında yer almaktadır.

Teknoloji ve inovasyon politikaları bağlamında "aktif devlet" sadece daha fazla kaynak kullanan değil, aynı zamanda yönetsel kapasitesi yüksek, bilgiye dayalı karar alma süreçleriyle hareket eden, farklı politika araçlarını uyum içinde kullanabilen bir müdahale tarzını ifade eder. Türkiye için bu rolü sürdürülebilir ve etkili biçimde üstlenmek, yalnızca arz yönlü değil, aynı zamanda stratejik talep yönlü müdahalelerle desteklenen bütüncül bir teknoloji politikası anlayışını gerektirir.





3. Misyon Odaklı Politikalar ve Kamu Alımlarının Stratejik Rolü

Son yıllarda bilim, teknoloji ve yenilik politikalarında dikkat çeken eğilimlerden biri de giderek “misyon odaklı” yaklaşımların benimsenmesidir. Bu yaklaşım, klasik Ar-Ge desteklerinin ötesine geçerek, toplumsal açıdan kritik önem taşıyan sorunların çözümüne yönelik, yönlendirici ve sonuç odaklı müdahale biçimlerini öne çıkarır. İklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma, sağlık krizleri ve dijital dönüşüm gibi temalar etrafında şekillenen bu yeni politika tarzı, yalnızca teknolojik ilerlemeyi değil, aynı zamanda sosyal değer üretimini de hedefler.

Misyon odaklı politika tasarımı, kısa, açık ve somut hedeflere dayanır. Bu hedefler etrafında Ar-Ge faaliyetleri, yenilik ekosistemleri ve finansman araçları yeniden yapılandırılır. Avrupa Birliği'nin "2030'da 100 sıfır karbon şehir" hedefi, bu yaklaşımın tipik bir örneğidir. Burada yalnızca teknoloji geliştirme değil; kamu, özel sektör, üniversiteler ve sivil toplum arasında çok aktörlü iş birliklerinin kurulması; destek mekanizmalarının bütüncül biçimde çalışması ve politika araçlarının zaman-mekan boyutlarında senkronize edilmesi esastır. Böylece, yenilik süreçleri yalnızca teknik ilerlemeye değil, aynı zamanda toplumsal dönüşüme de katkıda bulunacaktır.

Misyon odaklı politikaların başarısı, bu hedeflere uygun araçların bütüncül bir şekilde kurgulanmasına bağlıdır. Bu noktada inovasyon odaklı kamu alımları, bu politikaların en kritik bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Talep yönlü bir teknoloji politikası aracı olan kamu alımları, henüz olgunlaşmamış veya piyasası oluşmamış yenilikçi ürün ve teknolojiler için erken aşamada pazar yaratılmasını mümkün kılar. Kamu, burada yalnızca bir alıcı değil, aynı zamanda bir yenilik yönlendiricisi olarak devreye girer: İhtiyaç ve

performans kriterlerini belirler, bu kriterleri karşılayan yenilikçi ürünlerin geliştirilmesini teşvik eder ve ticarileşme sürecine hız kazandırır.

Avrupa'da bu yaklaşım kurumsallaşmıştır. İngiltere ve Hollanda gibi ülkelerde, kamu bütçelerinin belirli bir yüzdesinin yenilikçi ürün alımlarına tahsis edilmesini zorunlu kılan düzenlemeler, kamu alımlarının stratejik niteliğini ortaya koyar. Türkiye ise, özellikle 2014 TÜİK Yenilik Anketi sonuçlarına göre, “kamu alımları firmaları yenilik yapmaya zorlar” görüşüne en yüksek düzeyde katılım gösteren ülkelerden biri olmuştur.

Ancak kamu alımlarının gerçek anlamda bir yenilik politikası aracına dönüşebilmesi için belirli koşulların sağlanması gerekir. Bu koşullar arasında kamu kuruluşlarının gereksinimlerini stratejik biçimde tanımlayabilme kapasitesi, teknoloji sağlayıcılarla kurulan etkileşim mekanizmaları, alım süreçlerinin şeffaf ve performans odaklı tasarımı ve özellikle küçük yenilikçi firmaların bu süreçlere dahil olmasıdır.

TOGG örneği bu açıdan dikkat çekici bir girişimdir. Her ne kadar elektrikli otomobil üretimini hedefleyen büyük ölçekli bir kamu destekli girişim olarak misyon özellikleri taşısa da, bu misyonun başarısını güvence altına alacak araçlar – örneğin yönlendirilmiş kamu alımları, stratejik insan kaynağı planlaması ya da uluslararası teknoloji ortaklıkları – henüz bütüncül biçimde kurgulanmamıştır. Bu nedenle TOGG'un tam anlamıyla misyon odaklı bir politika örneği oluşturduğunu söylemek zordur.

Sonuç

Yukarıda özetlenen beş eğilim – politika araçlarının odaklanması, politika sepeti yaklaşımı, aktif devlet müdahalesi, kamu alımları ve misyon odaklılık – inovasyon sistemi aktörleri arasında daha fazla etkileşim, işbirliği ve kurumsal yetkinlik inşasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye, bu alanlarda kurumsal yapılar oluşturmuş olmakla birlikte, bu yapıların etkili işleyebilmesi için aktif ve eşgüdümlü bir kamu anlayışının geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır. Bu ise, teknoloji ve yenilik politikalarının yalnızca hedef belirlemekle değil, aynı zamanda bu hedefe ulaşmak için gerekli tüm unsurların oluşmasını ve uyum içinde çalışmasını sağlayacak şekilde yeniden tasarlanmasını gerektirir.

Prof.Dr. Mehmet Teoman Pamukçu
ODTÜ Bilim ve Teknoloji Politikası Çalışmaları
Anabilim Dalı

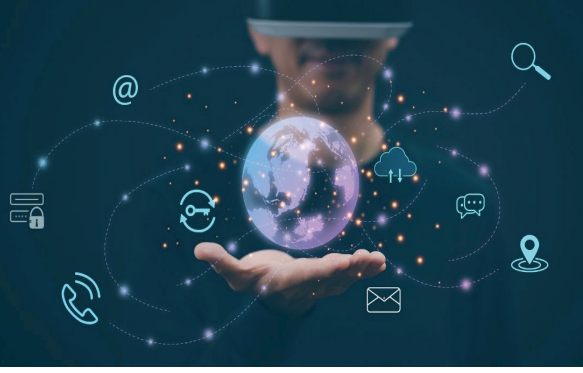
TEKNOLOJİ-TOPLUM-ÇEVRE



TMMOB'nin kuruluşunun 50.yılı olan 2004 yılında çıkardığımız "Teknoloji" kitabında bir çok temel çerçeve ele alınmıştı. Bu kitapta 'Teknoloji - Bilim İlişkisinin İnsan Yaşamında Yeri'ni Prof.Dr. Ahmet İnam, 'Geçmiş ve Gelecekte Ekonomik Gelişimde Teknolojinin Rolü'nü Prof. Dr. Hacer Ansal, 'Teknoloji Transferi Mekanizmaları ve Bu Kapsamda Üniversite-Sanayi İşbirliği'ni Mahmut Kiper, 'Pazar Ekonomilerinde Bilim ve Teknoloji Politikaları ve Türkiye' perspektifini Aykut Göker, 'Bölgesel Teknolojik Kalkınma Stratejisi'ni Prof.Dr. Metin Durgut ve Müfit Akyos, 'Sektörel Teknolojik Durum Değerlendirme Modeli'ni Tülay Akarsoy Altay, 'Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi'ni Deniz Bayhan ve 'Teknoloji Ve Toplumsal Denetimi'ni Dr. Baha Kuban kaleme almıştı.

Bu kitabının önsözünde ise özetle şöyle demiştik; "Bilim doğa ile ilgilenir. Diğer bir deyişle, bilim doğanın nasıl işlediğini ve doğa yasalarını bulmaya çalışır. Yerçekimi kanununa göre cisimlerin yere düşeceğinin bilgisini verir. Neden bazı bitkilerin sadece bazı çöllerde yetiştiğini bulma görevini de bilim üstlenmiştir. Ya da oksijenle temas eden çeliğin neden ve nasıl paslandığını, petrolün ne tür kaya formlarının yakınlarında oluştuğunu açıklamak hep bilimin işidir. Bunlar, insanlar olsun olmasın olup biten şeylerdir. Teknoloji ise insanlık tarihi ile başlamıştır. İki milyon yıl önce silah, araç ve gereçlerin yapılmaya başlandığı taş devri ile başlayan teknoloji evrimi, bronz ve demir çağlarının ardından 1750-1830 yılları arasında insan ve hayvan gücünün çok üstünde işler yapabilen buhar gücünün egemenliği ile özdeşleşen endüstri devrimi ile büyük bir ivme kazanmış, 2000'li yıllarda ise büyük ölçüde bilgi yoğun yapılarla dönüşmüştür. Bu evrimden de anlaşılacağı üzere teknolojiyi, hayatlarını kolaylaştırmak ve iyileştirmek için insanların kullandığı araç ve sistemleri geliştirebilmenin bilgisi olarak tanımlayabiliriz. Görüldüğü gibi, bilim doğanın nasıl işlediğini anlamayla uğraşırken, teknoloji insan yapımı dünyayla uğraşır. Yani doğayı dönüştürebilmenin ve ona egemen olabilmenin bilgisidir. Federico Mayor ve Augusto Forti'nin 'Bilim ve İktidar' kitabının önsözünde Ilya Prigogine giderek birbirinden daha çok yararlanan ve etkileşen bilim-teknoloji ilişkisi için şöyle diyor; "...Çince'de 'doğa' kelimesi 'kendi halinde olan' anlamına gelmektedir. Bunun tersine, Galileo'dan Einstein'a dek Batı bilimi 'doğa yasaları' düşüncesi üzerine temellenmiştir. Rönesans döneminin Floransalı mimarı ve hümanisti Leon Battista Alberti, 'istedikleri takdirde insanların her şeyi yapabileceğini' iddia ediyordu. Ama insanlar 'her şeyi' nasıl yapabilirler? Yanıt Francis Bacon'dan geldi: Doğa yasalarına boyun eğerek. Ama doğa yasalarına boyun eğmek, bu yasaların neler olduğunun bilinmesini gerektirir. O tarihten bu yana her şeyi bilme ve her şeye gücü yetme düşünceleri birbirleriyle sıkı sıkıya bağlantılı olmayı sürdürdü...

Son zamanlarda gözlenen gelişmeler, hem de pek yakın gelecekte pek çoğumuzun kavramakta bile zorlanacağı pek çok değişikliğin hayatımızı, ilişkilerimizi değiştireceğini göstermektedir. Pek çok toplum, pek çok kişi teknoloji odaklı bu değişikliklerin kararlaştırıldığı süreçlerin çok dışında. Her değişiklik onlarla da ilgili; ama onlara hiç sorulmuyor. Her fert ya da toplum kendi geleceğinin ne olacağına kendi karar vermeli oysa. Kaldı ki pek çok değişim bazı toplumların refahını hiç artırmıyor tersine azaltıyor. Çok uzun sürelerdir tedavi edilebilen hastalıklar, bazı toplumları kırıp geçirebiliyor. Bilinen tedaviler onlara ulaşmıyor. Sonuç olarak, bilimle giderek artan etkileşimiyle, ekonomileri etkileyen özellikleriyle, edinme ve transfer yöntemlerinin etkisiyle, firma ölçeğinden ulusal ölçeğe kadar rekabeti,



verimliliği, gelişmişliği ya da geri kalmışlığı belirleyen unsurlarıyla, toplumsal etkileriyle teknoloji, yaşamı hem de giderek artan şekilde değiştirip yeniden düzenlemekte kullanılan etkin bir araca dönüştürüldü. Bu denli etkili olan bu yeniden düzenleme aracının pek çok yönüyle değerlendirilmesi, daha iyi anlaşılması yanında onun daha iyi yönetilmesi için yapılması gerekenleri de ortaya çıkaracaktır. Teknolojinin tanımıyla özdeşleşmiş mühendisler için bu durum daha da yaşamsal ve sorunsaldır.”

2004 yılında, TMMOB yayını olarak çıkan bu kitabın önsözünde dile getirenlerin bugün de hatta gelecekte de geçerli olduğu görülmektedir.

Prof. Ansal, anılan kitaptaki yazısına “Yenilik İktisadı” kitabını Luc Soete ile birlikte yazan Christofer Freeman’ın 1974 tarihinde ki şu sözleriyle başlamıştı; “Mikroelektronik ve genetik mühendisliğinin dünyasında, bilim ve teknolojinin iktisadi açıdan önemini anlatmaya çalışmak gerçekten gereksizdir. Teknolojiyi, ister sosyolog Marcuse ya da romancı Simone de Beauvoir gibi, insanoğlunun esaretinin ve yıkılışının aracı, istersek Adam Smith ya da Marx gibi öncelikle özgürlüğü sağlayacak bir güç olarak görelim, hepimiz onun gelişimi ile yakından ilgiliz. Ne kadar istersek isteyelim, onun günlük hayatımız üzerindeki etkisinden, önümüze çıkardığı ahlaki, toplumsal ve ekonomik ikilemlerden kaçamayız. Onu lanetleyebilir, ya da yüceltebiliriz ama yok sayamayız.”

Freeman’ın bu sarsıcı tespitindeki gibi; teknolojiye baş döndürücü gelişmeler yaşamı hızla ama pek çoğumuzun iradesi dışında biçimlendiriyor, ahlaki, toplumsal ve ekonomik ikilemleri önümüze koyuyor, pek çok şekilde toplumsal değişimi zorluyor. Örnek olarak verilen genetik mühendisliği tıba ve tarıma çok büyük katkılar yapmaya devam ediyor. Ama başa çıkılması zor etik sorunlar da yaratıyor. Kaldı ki gelecekteki etkileri de henüz bilinmiyor. Benzer şekilde, özellikle gelişmiş ülkelere doğru teknoloji transferi, transfer eden gelişmemiş ülkelere çevresel

etkiler, bağımlılık vb. pek çok etkisi nedeniyle toplumsal etkiler de gösteriyor.

Bilgi gibi giderek daha çok etkilediği teknoloji için de iyi ya da kötü demek mümkün değildir. Çünkü yararlı ya da zararlı olan teknolojinin uygulayıcısıdır. Aynı teknoloji tıpta insan hayatını kurtarmak için kullanılırken, savaş araçlarında öldüren bir canavara dönüşebilir. Her iki duruma da karar veren 5 milyar yıllık gezegende 2 milyon yıldır var olan insanlar oluyor. Teknolojiyle gelen değişikliklerin boyut ve etkilerinden pek çoğu önceden tahmin edilemiyor. Gelecekte teknolojinin yaratacağı değişiklikleri de şimdiden belki bir miktar tahmin edebiliyoruz ama tümüyle öngöremiyoruz.

Teknolojideki gelişmeler sadece bizim yaşamımızı değil, tükettiği kaynaklar, değişikliğe uğrattığı yaşam tarzı, kültür ve değerler gibi nedenlerle gelecek nesillere bırakacağımız mirası da etkiliyor.

Yapay zeka, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, derin öğrenme, makine öğrenmesi, nesnelerin interneti gibi teknolojiler ve bunların yönlendireceği dijital uygulamalar giderek hayatın ve doğanın her alanına yayılacaklar. Bunu artık hepimiz biliyoruz. Peki tüm bu gelişmeler toplumsal ivmeli mi yoksa teknolojik itmeli mi?

Küresel ısınma ya da karbon kilitlenmesi gibi sorunlar, deniz avcılığındaki kıyım ve dünyayı tehdit eden sonuç daha birçok bize teknolojik gelişmelerin hızının dünyanın kendini yenileme hızından daha fazla olduğunu gösteriyor. Teknoloji doğayla uyum yerine doğaya hükmetmek için hızını artırdıkça doğanın buna tepkisi de giderek daha ağır ve yıkıcı oluyor. Buna da bağlı olarak daha kısa bir süre önce iklim değişikliği olarak adlandırdığımız sonuçlara artık şimdi iklim krizi deniyor ve bazı kesimler şimdiden iklim felaketi terminolojisini kullanmaya başladı bile. Öyleyse hayatımızı, alışkanlıklarımızı, ilişkilerimizi kısaca toplumu değiştiren ve dönüştüren teknolojik gelişmeler toplumsal ivmeli değil, teknolojik itmelidir diyebiliriz. Ve teknolojinin



belirleyici olduğu dünyamızda onun çözdüğünden çok yarattığı bazı sorunlar dünya ve canlıların geleceğı için yaşamsal önemde oluyor.

Karbon kilitlenmesi gibi.

İklim Değışikliği ve Karbon Kilitlenmesi

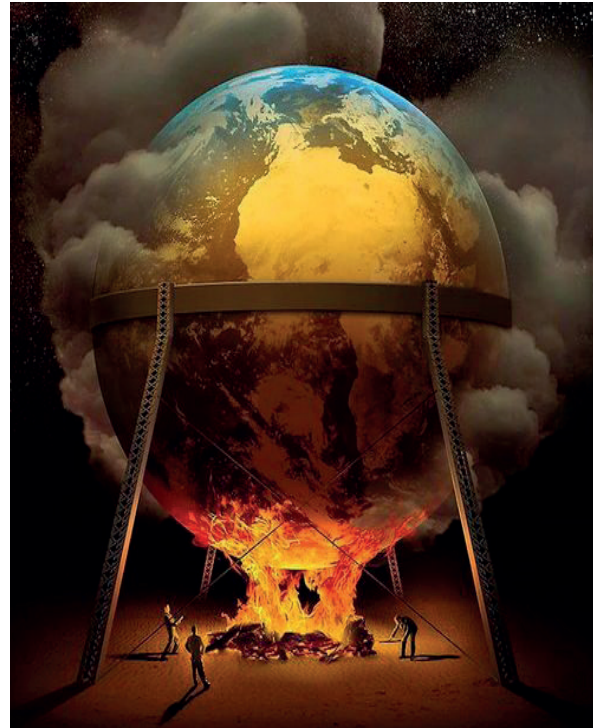
Birleşmiş Milletler İklim Değışikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne göre "İklim değışikliği", karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen iklimdeki doğal değışime ek olarak, doğrudan veya dolaylı şekilde küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değışiklikler olarak tanımlanıyor.

Ve bu insan faaliyetleri genellikle kullanılan teknolojilerle ilişkilendiriliyor. Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi uluslararası toplantılarda kabul edilen belgeler aracılığıyla ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmayı kabul etmelerine rağmen atmosferdeki karbondioksit miktarı hala artmaya devam ediyor ve Dünya'yı endişe verici bir oranda ısıtıyor. Prof. David Victor, müzakere ekipleri uluslararası iklim görüşmeleri için bir araya geldiğinde ülkelerin çıkarıcı tutumlarını; "bilime dair daha az şüphecilik ancak önceliklerin nasıl belirleneceğı konusunda daha fazla anlaşmazlık var" diyerek özetliyor. Nitekim önceki döneminde 2017'de ve 2025'de göreve gelir gelmez ABD'yi Paris Anlaşması'ndan iki kez çeken Donald Trump'ın küresel ısınmada önemli pay sahibi olan fosil yakıt üretimini artırma niyetinde olduğı belirtiliyor. O ABD ki, tüm zamanların en fazla emisyonunu gerçekleştirmiş olup, onu Avrupa Birliği (AB) takip etmektedir. Günümüzde ise özellikle üretim ve teknolojide sıklet merkezinin doğuya kaymasıyla birlikte Çin ve Hindistan'ın artık ABD ile birlikte dünyanın en büyük yıllık emisyon salan ülkeleri arasında yer aldığı açıklanıyor.

Dr. Baha Kuban, bir yazısında karbon kilitlenmesini de tarihsel bir olgu olarak niteliyor ve temel sorunun, bugün kullandığımız altyapı teknolojilerinin, yani bütün enerji ve ulaşım teknolojilerinin ve bunlardan beslenen sayısız ileri-geri ürünlerin, elektrik ile çalışan motorların, kullandığımız ev aletlerinin, yaşadığımız evlerin altyapı sistemlerinin, yani hemen hemen hayatımızı şekillendiren tüm faaliyetlerin, belirli biçimlerde, belli başlı teknolojilere bağılı olarak gelişmiş ve yerleşmiş olduğunu söylüyor. Dr. Kuban'a göre sanayi uygarlığı, insan yerleşimleri ya da kentleşme olgularının her biri, ucuz enerjinin mevcudiyetine, ucuz fosil enerjinin varlığına bağılı olarak gelişmiştir ve mevcut sanayi ekolojisi fosil yakıt bağımlı bir rotaya kilitlenmiş durumdadır. Bu çerçevede teknolojilerin kilitlenmesi meselesi de yukarıda açıklanan yeni teknoloji sosyolojisinin ortaya koyduğu kavramlardan

birdir ve genel anlamda bu olgu karbon kilitlenmesi olarak adlandırılabilir. Bugün, endüstriyel ve toplumsal hayatın altını çizen bütün teknolojiler, ucuz enerjiye ve yakıta bağılıdır. Bu yakıtlar sanayi devriminin başından başlarsak, su, kömür, petrol ve doğalgaz olarak sıralanabilir ve son üçü dünya enerji sisteminin besleyicileri konumundadır. Ve tüm bu çevrim sonunda dünya giderek daha fazla ısınmaktadır.

Bilim insanları bu ısınmanın büyük ölçüde son 150 yıldır fosil yakıtlarla sağlanan enerjilere bağımlı artan nüfus ve artan yapı stoğu, kitlesel sanayi üretimleri ve bunların atıkları ve ormansızlaşma gibi insan faaliyetlerinin bir sonucu olduğunu söylüyor. Bu faaliyetlerin, atmosferdeki ısıyı hapseden sera gazlarının, özellikle karbondioksit miktarını önemli ölçüde artırarak gezegenin ısınmasına neden olduğunu belirtiyor. Hükümetler arası "İklim Değışikliği Paneli'nin (IPCC) yayınladığı Beşinci Değerlendirme Raporu'na göre, iklim sistemindeki ısınmanın artışı incelendiğinde, 1950'lerden sonra meydana gelen ısınmaların önceki yüzyıllara oranla daha yüksek oranda arttığı belirtiliyor. Bilim insanları, küresel ısınmanın mevcut hızda artmaya devam ederse, felaket niteliğinde çevresel ve ekolojik sonuçlar doğuracağı konusunda giderek artan şiddette uyarıda bulunuyor. IPCC'nin 2023 değerlendirmesine göre, Dünya'nın ortalama sıcaklığı sanayi öncesi seviyelerin yaklaşık 1,1°C üzerine çıkmış durumdadır. Altmıştan fazla ülkeden iki yüzden fazla bilim insanı tarafından





hazırlanan bir raporda, ülkeler emisyonlarını derhal önemli ölçüde azaltsalar bile, dünyanın önümüzdeki yirmi yıl içinde 1,5°C'lik bir ısınmaya ulaşacağını veya onu aşacağını öngörüyor. Bazı tahminlerde ise küresel ısınmanın 2024'te bu eşiği çoktan aştığı öne sürülüyor.

Her ülke ya da ülkeler grubu bu amaçla bazı taahhütler yayınlıyor. Ancak ülkeler 2030 ve sonrası için taahhütlerini tam olarak uygulasalar bile dünyanın ortalama sıcaklığının 2100 yılına kadar 2°C'den fazla artacağı belirtiliyor. Climate Action Tracker'a göre, net sıfır hedefleri belirleyen veya düşünen yüzlerce ülke bu hedefleri yerine getirse bile ısınma ancak 1,8°C ile sınırlandırılabilir.

Ayrıca, daha önce ki çevre, emniyet, güvenlik vb. insanlık ve doğa yararına hedefleriyle yürürlüğe sokulan çoğu regülasyon, direktif, standart ve bunların akreditasyonu ve belgelendirilmesi süreçlerinin bir yanıyla da bu uygulamaları geliştiren ülkelere diğer ülkelere karşı tarife dışı ve ya teknik engeller olarak kullanıldığı göz önüne alındığında ve sınırda karbon düzenlemesi/vergisi gibi uygulama planlarının içeriğine bakıldığında ülkelerin/bölgelerin diğerlerine karşı yeni bir engel ve sömürü alanı yaratacaklarına dair şüphelerin de çok anlamsız olmadığı görülüyor.

Yeni Teknolojiler İklim Değişikliğine Karşı Çözüm mü yoksa Artırıcı mı Olacaklar?

Makine öğrenmesi, yapay zekâ gibi geleceği biçimlendireceği ve çok etkili olacağı öngörülen teknolojilerin iklim değişikliği ve bunun en önemli etmeni olarak görülen küresel ısınma konusunda faydalı mı yoksa zararlı mı olacağı konusunda farklı fikirler vardır. Bu karşıt görüşlerin önemli bir nedeni, bu tür radikal değişiklik potansiyeli taşıyan her teknolojinin doğasında olan "belirsizlik" halinin çok yüksek olmasıdır.

Bazı uzmanlar geleceği biçimlendirecek bu teknolojilerin elektrik sistemlerinin ve akıllı binaların

verimliliğini artırmak ve iklim bilimi araştırmalarını hızlandırmak da dahil olmak üzere çeşitli cephelerde iklim çözümlerine yardımcı olabileceğini, geliştirilmiş öngörüler için değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak üzere çok büyük verileri işleyebileceğini, öngörücü bakım, otomatik karar destek ve karar alma sistemleri ile şebeke yönetimlerinde üst seviyede verimliliği artıracığını, uydu ve hava görüntülerini makine öğrenimiyle birleştirerek daha geniş bir ölçeğe genişletilebilecek tahminler sağlayabileceğini, farklı sektörler için bağımsız emisyon envanterleri ve verilerin toplanmasını mümkün kılabileceğini ve daha pek çok konuda önemli katkılar sunabileceğini düşünüyorlar.

Ancak bir kısım uzman ise büyük modelleri işlemek ve geliştirmek için gereken hesaplama gücü ve veri merkezlerini soğutmak için gereken su göz önüne alındığında, makine öğreniminin enerji ve su kaynaklarının tüketimi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu söylüyor. Bazı araştırmalar, veri merkezlerinin ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin 2020'de sera gazı emisyonlarının %1 ila %2'sini oluşturduğunu gösteriyor. Yapay zekanın bu emisyonların ne kadarından sorumlu olacağı ise henüz bilinmiyor. Ancak birçok araştırma daha yeni teknolojilerin doğası gereği daha fazla karbon yoğunluğuna sahip olduğunu gösteriyor.

Teknoloji Politikalarının Önemi

Gelişmiş ülkelerce yapılan öngörü çalışmalarına ve çeşitli uluslararası kuruluşların raporlarına göre; Dünya'daki değişim giderek hızlanacaktır. Bunda anahtar rolü geçmişteki gibi teknolojiler üstlenecektir. Ürün ömür döngüsü kısılacak, enformasyon ve iletişim teknolojileri coğrafi mesafeleri ortadan kaldırmaları nedeniyle daha da önemli olacaklardır. Ülkelerin rekabet gücü fiziksel değil entelektüel sermayelerine dayanacaktır. Gelişmiş ülkelerde büyüme düşecektir. Pek çok ülkede istihdam sorunları yaşanacaktır.





Özellikle Asya ülkeleri hızla büyüyecek, Çin dünya pazarlarında önemli rekabet gücü kazanacaktır. Kadın işgücünün toplam çalışan içindeki payı yükselecektir. Dünya nüfusu gelecek 50 yılda ikiye katlanacaktır. Gelişmiş ülkelerdeki yaşlı nüfus artacaktır. Nüfus artışı çevre dengeleri açısından bir tehdit oluşturacak ve dünya eko- sistemini etkileyecektir. Böylece yiyecek, su ve enerji konularında artan sorunlar yaşanacaktır. Öte yandan mega şehirler gelişecek ve çoğalacaktır.

Tüm bu sorunlara çözüm arayışlarında da bilim-teknoloji politikaları öne çıkmaktadır. Çeşitli ülkeler veya bölgeler bugün ve gelecekte var olabilmenin önemli bir değişkeni olarak gördükleri teknolojik gelişmeyi ve onun toplumsal, ekonomik, ekolojik etkilerini bilmekten geçtiğini düşünerek, öte yandan kaynak kısıtları nedeniyle bazı yöntemlerle kendilerini refahta daha üst seviyeye taşıyacak bu teknolojileri veya teknoloji sistemlerini seçmek gereği duymaktadır. Teknolojileri seçerken, bu teknolojilerin;

- ekosistemi güçlendirme etkisi,
- bilimsel ve teknolojik bilgi temelli olmaları (knowledgebase),
- ulusal güvenlik üzerindeki etkileri

önem kazanacaktır.”

Bu tespitlere ilave olarak belirsizliğin giderek artacağını ve beklenen gelişmelerin sürükleyici ve dominant unsurunun yeni büyük firmaların ve onların öncülük edeceği yeni iş modellerinin öne çıkacağını söylemek de falcılık olmayacaktır.

Özellikle gelişmiş ülke strateji ve planlarına bakıldığında ilk göze çarpan husus şudur;

Bilim, teknoloji ve sanayinin artık birbirinden çok etkilenen ve birbirine önemli girdiler sağlayan süreçler olması nedeniyle ve giderek aralarındaki sarmal

ilişkinin güçlenmesine bağlı olarak bu üç kapsamın olabildiğince birlikte ele alındığı görüyoruz.

Gene bu tür politika belgeleri oluşturulurken dünyada geleceğe ilişkin senaryoların yani gelecek nasıl şekillenecek ve bu kapsamda öne çıkması beklenen temel yaklaşım, alan, teknoloji, iş modeli vb. unsurların da gene birlikte dikkate alındığı görülmektedir.

Bununla ilişkili olarak 20. yüzyılda başarılanlar ürün veya proses odaklıyken, 21. Yüzyılda beklenen gelişmelerin sistem temelli olacağı öngörülmüyor. Geleceği etkileyecek alanlar olarak öne çıkarılan ve hemen tüm ulusların planlarında yer verdikleri temiz enerji sistemleri, ulaştırma sistemleri, teröre karşı güvenlik sistemleri, sanal gerçeklik sistemleri, kişiye özel öğrenme sistemleri, sağlık sistemleri gibi konulara bakınca bu öngörünün oldukça anlamlı olduğu sonucuna varmak mümkün. Bu konu birkaç nedenle çok önemli. Birincisi; sistem yaklaşımı, disiplinler arası hatta disiplinler üstü bir özellik gösterir. Yani örneğin gündemde olan yeni nesil otomobillerde gündeme gelmesi beklenen hibrit ya da elektrikli bir motor sisteminden bahsedeceksek, bunlar ancak kimyacıların, makinecilerin, elektrikçilerin, malzemecilerin kısacası çok sayıda disiplinin hatta sosyal bilimcilerin bir araya gelmesiyle mümkün olacak. Böylesi bir yaklaşımın temel eğitim sisteminden, disiplinler arası yeni üniversite bölümlerinden, araştırma ve yönetim sistemlerine kadar pek çok konuda gelişmelere yol açacağını söylemeye sanırım gerek yok.

İkinci olarak, bir sistem yaklaşımından onlarca teknoloji, yüzlerce, binlerce ürün üretmek mümkün. Bu nedenle özellikle gelişmiş ülke strateji belgelerinde belirtilen bu sistem yaklaşımının çok öne çıktığını ve buna göre kurgular yapıldığını görüyoruz.

Tüm bu değişimlerin biçim aldığı yerler gelişmiş ülkeler olsa da gelişmekte olan ülkeler için, gelişmeleri tüm yönleriyle doğru okuyup, tehdit ve fırsatları iyi analiz ederek en uygun politika karmalarını oluşturmaları yaşamsal bir öneme sahiptir.

Bu kapsamda ulusal bilim-teknoloji politikaları oluşturulurken şu unsurlar dikkate alınmalıdır;

- Sistem karakteristiklerini teşhis edebilme (güçlü ve zayıf yönler, problemler, gelişme potansiyelleri vb.)
- Politik ve destek faaliyetlerinin odaklarını, önceliklerini ve temalarını tanımlayabilme (gündem oluşturma)
- Farklı aktörlerin faaliyetlerini onların kendi politik çerçevelerinden ve daha geniş bir perspektiften koordine edebilme (yataylaşma)



Son Söz

Biliyoruz ki, dünyadaki değişim giderek hızlanacaktır ve bunda anahtar rolü yapay zekâ, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, derin öğrenme, makine öğrenmesi, nesnelerin interneti, gelecek nesil malzemeler, doğal dil işleme gibi teknolojiler üstlenecek ve bu teknolojiler giderek hayatın ve doğanın her alanına yayılacaktır. Ancak, günümüzdeki gelişmeler bir yandan hayatı kolaylaştırırken öte yandan açık ve kesin yanıtlar verilmesinin mümkün olmadığı sorular ve sorunlar da ortaya çıkarabilmektedir. Bu soru ve sorunların önemli bir kısmını ise içinde yaşadığımız evren ve parçası olduğumuz doğaya olan etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle teknolojinin çözdüğünden fazla topluma, doğaya ve dünyaya sorun çıkarmaması için sınırlarının ve hedeflerinin belirlenmesi gerekliliği daha fazla dillendirilmektedir. Danimarka Teknoloji Kurulu'nun manifestosunda dile getirdiği gibi; "Teknoloji, açık ve kesin yanıtlar verilmesinin mümkün olmadığı sorular da ortaya çıkarır. Teknolojiyi insanlar biçimlendirir ve dolayısıyla onun çözdüğünden fazla sorun çıkarmaması için gerek görecekları sınırları ve hedefleri kendileri belirleyebilirler."

Ülkeler ve insanlar doğaya ve diğer ülkelere egemen olmanın değil doğa ile uyumlu yaşamının yollarını bulmak zorundadır. Kapitalizm her zaman ki alışkanlığı ile yeni teknolojileri karını en üst seviyeye çıkarmak için kullanırsa dünya hiç olmadığı kadar ısınacaktır ve bunun sonucunda sıcak hava dalgaları, kuraklık ve seller, yükselen denizler, okyanuslarda değişiklikler ve sonucunda asiditenin artmasıyla mercan resiflerinin yüzde 90'ının yok olması, balık ve sularda ki canlı türlerinin azalması, buzulların çözülmesi ve buna bağlı ekolojik dengede bozulmalar ve bir çok canlı türünün yok olması, yıkıcı orman yangınları ve şu anda öngörülemeyen bir çok felaket yaşanacaktır.

Bu teknoloji dünyasında unutulmamalıdır ki bu yüzyılın en büyük önceliği insanlığın, doğanın ve dünyada ki yaşamın bir geleceğinin olmasını sağlamak olacaktır.

Mahmut Kiper
Metalurji Mühendisi

- Politikaları uygulayabilme (güç ve kaynaklar)
- Geçmiş tecrübelerden yararlanabilme (değerlendirme sonuçları)
- Politika çerçevelerinde gerekli düzenleme ve düzeltmeleri yapabilme (öğrenme)

İlave olarak yönetişimin formal ve informal pratikleri olduğundan hareketle, kurgulanacak politika döngüsünde dikkate alınması gereken diğer özellikler de şöyle sıralanabilir;

- Gelenekler ve kültür,
- Birbirinden farklı politikaların ve stratejilerin ana politika eksenine göre koordinasyonu,
- Farklı kurum ve kuruluşların ana politika kurgusuna adaptasyonu,
- Özellikle farklı karar odaklarının sınırları boyunca ve arasındaki farkların ana bilim-teknoloji-inovasyon politikasına entegrasyonları ve köprüler yaratılması amacıyla "yataylaştırma",
- Aktörlerin ve paydaşların aktif katılımı,
- Öğrenme ve hesap vermeye açık olma.