

EMO'dan...

Mahir Ulutaş

EMO 49. Dönem Yönetim Kurulu Başkanı

Yeni bir Elektrik Mühendisliği Dergisi sayısı ile karşınızdayız. Aviyonik teknolojileri üzerine yoğunlaştığımız ve birbirinden değerli yazıların olduğu dergimizi sizlerle buluştururken, kısaca da olsa bir değerlendirme yapmak istiyoruz.

Deprem ülkesi olan ülkemizde gerekli adımların atılması için kaybedilecek zaman kalmamıştır.

İki yıl önce büyük bir katliam yaşadık. 6 Şubat 2023'te on binlerce insanımız için yuva bildikleri evleri, diri diri gömüldükleri mezarları oldu. Aradan iki yılı aşkın bir süre geçti; depremzedelerin büyük bir kısmı hâlâ geçici barınma alanlarında en temel insani şartlardan mahrum olarak yaşamaya devam ederken, 23 Nisan 2025'te Silivri merkezli yeni bir ciddi deprem daha yaşandı.

Bir deprem ülkesi olan ülkemizde, geleceği ve büyük bir yıkıma neden olacağı bilinen depreme karşı var olan yapı stokunu, kentlerin enerji, iletişim ve ulaşım altyapılarını inşa ve yeniden inşa/güçlendirme yoluyla deprem dirençli bir hâle getirmeden yeni kırımları engellemek mümkün değil. Öncelikle söylemek gerekir ki, yaşanan bunca acı ve kayba rağmen, kentlerimizi, yaşam alanlarımızı "deprem dirençli" hâle getirmek için mimarlık, mühendislik ve şehir plancılığının gelişmişlik düzeyine uygun bilimsel-teknik adımların hâlâ atılmıyor olması, emperyalist bağımlılık zinciri içinde bağımlı bir ülke olan ülkemize giydirilmeye çalışılan deli gömleğini tüm çıplaklığıyla görünür kılmaktadır. Merkez ülkeler, bizim gibi bağımlı ülkelerin sömürüsü vasıtasıyla elde ettikleri sermaye birikimi sayesinde insanlık toplumunun evrensel birikimine ve genel zekâsına uygun bir hayat sürerken, bizim gibi ülkelerin insanları için bu bir lükstür. Bağımlı ülkelerde sermayenin kısa vadeli ihtiyaçlarının; bilim insanlarının, mühendislerin, mimarların, şehir plancılarının, hekimlerin, eczacıların, öğretmenlerin doğası gereği temsil ettiği bu evrensel birikimle savaş hâlinde olduğu görülüyor.

Oysa temel altyapı hizmetleri teknik olarak dahi özelleştirilemezler; çünkü her şeyden önce özel şirketler, hizmetleri ve sistemleri kâr mantığına göre optimize etmek isterler. Optimizasyon işlemi ise, yine doğası gereği sık rastlanmayan "aşırı" koşulların ihmal edilip "normal" şartlara göre bir sistem tasarlanması anlamına gelmektedir. Optimizasyon, amaç fonksiyonuna göre, belli kırılganlıkların, düşük ihtimalli olarak görülüp kabulüne dayanır. Bir sistemi bir parametreye göre ne kadar optimize ederseniz, başka parametrelere göre de o kadar kırılganlaştırırsınız. Sermayenin 3-4 yıllık iş çevrimlerinin ötesini göremeyen miyopluğu, doğal afetlerin öngörülemez ve uzun vadeli zamansallığını karşılayacak araçlardan yoksundur. Pandemide sağlık hizmetleri için gördüğümüz bu acı gerçek, depremlerde, sellerde vb. felaketlerde de barınma, enerji, telekomünikasyon vb. hizmetler için aynı çıplaklıkla görülmektedir.

Bu genel tespitleri enerji ve telekomünikasyon alanları için somutlarsak; bu alanlar temel altyapı hizmetleridir ve bu hizmetlere kesintisiz ve kaliteli erişim günümüz toplumu açısından temel insan hakları arasındadır. 6 Şubat depreminde yakından gördüğümüz üzere, büyük bir afet anında bu hizmetlerin sürekliliği hem pek çok canın kurtarılması açısından, hem diğer tüm kaynakların seferber edilmesi ve hatta kullanılabilmesi açısından, hem de genel toplum sağlığı açısından vazgeçilmez önemdedir. Diğer yandan hastaneler, havaalanları ve diğer ulaşım sistemleri, kanalizasyon ve arıtma sistemleri, kamuya ait veri depolama alanları gibi stratejik sistemler de elektrik enerjisi ve iletişim ağı olmadan sürekliliklerini sağlayamazlar. Bu nedenle, afet dirençli kentler inşası ve afet yönetimi açısından enerji ve telekomünikasyon alanlarının da planlanması yaşam-

sal önemdedir. Afet yönetimi afet öncesi başlar. Bir sistemin normal zamanlarda nasıl yapılandırıldığı ve hangi anlayışla yönetildiği, afet zamanlarındaki performansı için temel önemdedir. Bu çerçevede vurgulanması gereken ana sorun, diğer pek çok temel altyapı alanında olduğu gibi, bu alanların özelleştirilmiş olmasıdır. Bu alanlarda kamu tekelinin parçalanmasıyla, iddia edildiği gibi rekabet ve beraberinde getireceği düşünülen avantajlar elde edilemediği gibi, çoğu durumda özel tekeller yaratılmış; dahası bu alanlar için mevzuat zoruyla ve sürekli hâle getirilen teşviklerle yaratılmak istenen piyasa yapıları, bu temel alanları yamalı bohça bir şekle büründürerek yönetilemez kılmıştır. Bu başıboşluk ve çok parçalılık, değil afet anlarında işlevini sürdürebilecek, normal zamanlarda dahi çalışamaz bir yapı oluşmuştur. Yukarıda ifade edilmeye çalışılan genel anlayış çerçevesinde, afet yönetimi bakımından ve risk azaltma amaçlı gereken temel adım, enerji ve telekomünikasyon alanlarında tedrici bir kamulaştırma programının uygulanması olacaktır. Bu çerçevede iki başlık hem hızlı adımların atılabileceği hem de kritik konumu nedeniyle önceliklendirilmelidir: Kamusal denetimin yeniden inşası ve fiziki tekel olan elektrik dağıtım şebekelerinin kamulaştırılması.

İberya Yarımadası'ndaki sistem çökmesi ciddiye alınmalıdır.

İspanya, Portekiz ve Fransa'nın bazı bölgelerinde 28 Nisan 2025 tarihinde büyük bir elektrik kesintisi yaşandı. Kentlerde metro sistemleri durdu, trafik ışıkları devre dışı kaldı, şehirler adeta felç oldu. Havaalanlarında kaos yaşandı, internet ve mobil iletişim hizmetleri çöktü, hastaneler gibi kesintisiz elektrik ihtiyacı duyulan hizmetler ancak jeneratörler vasıtasıyla çalıştırılabildi. Etkinlikler iptal edildi, okullar tatil edildi. Kelimenin tam anlamıyla yaşam felç oldu. Hatta İspanya'nın başkenti Madrid dahil pek çok bölgede olağanüstü hâl ilan edildi.

Öncelikle belirtmek gerekir ki, yaşanan sistem çökmesinin kök nedeni konusunda henüz belli bir netlik yoktur ve tespitin zaman alacağı söylenebilir. Bununla birlikte yetkililer tarafından olası nedenler olarak atmosferik faktörler ve teknik şebeke arızaları dillendirilmektedir. Sabotaj veya siber saldırı gibi olasılıklar gündeme gelse de bu ihtimaller yetkililer tarafından reddedilmiştir.

Portekiz'in ulusal şebeke operatörü REN, aşırı sıcaklık değişimlerinin bir sonucu olan "indüklenmiş atmosferik titreşimler" nedeniyle yüksek gerilim hatlarında senkronizasyon bozulmasının kesintilere yol açtığını belirtmiştir. Konu uzmanı pek çok meslektaşımızın dahi ilk defa duyduğu bir gerekçe olan bu açıklama, atmosferik sıcaklıklardaki büyük değişimlerin elektrik sistemlerine getirdiği riskler konusunda bir değerlendirme yapmayı gerekli kılmaktadır. Bu ölçekte sorunların ortaya çıkması nadir olsa da teknik olarak imkânsız değildir ve bu durum, şebekede zincirleme arızalara neden olmuş olabilir. Diğer yandan, sıcaklık veya rüzgâr gibi atmosferik koşulların etkisiyle hatlarda eğilme veya hatlar arası kısa devreler de meydana gelmiş olabilir.

Diğer yandan, kamuoyuna yansıyan verilere göre, sistem çökmesinden 30 dakika önce bir dizi voltaj anomalileri ve frekans dalgalanmaları gözlemlenmeye başlamış, sistem operatörünün müdahaleleri sonucu denge sağlanmışken, 19 saniye kala bir santralin trip etmesini, 1,5-5 saniye içerisinde güneybatıda büyük ölçekli bir santralin devreden çıkmasıyla yaşanan hızlı frekans düşüşü takip etmiştir. Bunu, yarımada'yı Avrupa enterkonnekte sistemi bağlantısının açması ve çökme izlemiştir. İspanya Başbakanı Sánchez'in, ülkenin beş saniyede 15 GW elektrik üretimi kaybı yaşadığını, bunun da ulusal talebin %60'ına denk geldiğini söylemesi dikkat çekicidir. İspanya'nın şebeke operatörü REE ise, domino etkisine yol açan şeyin Fransa ile olan bağlantı arızası olduğunu söylemiştir.

Diğer yandan, kesintinin ana nedeni olmasa bile, kesintiyi bir çöküşe dönüştürebilecek bir başka etken daha not edilmelidir. İspanya, bilindiği üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminde dünyada lider ülkelerden birisidir. Geçtiğimiz yıl, İspanya açısından yenilenebilir enerji üretimi için tarihsel olarak rekor bir dönemdi ve kullanılan tüm elektriğin %56'sını oluştuyordu. 2030'a kadar bu oranın %81'e kadar yükseltilmesi hedefleniyor.

Bu değişim, aynı zamanda kendi zorluklarını da beraberinde getiriyor. Şebekenin, çok fazla üretimle aşırı yüklenmemesi veya çok az üretimle kısa kalmaması için anlık olarak yönetilmeye ihtiyacı vardır. Frekans normal aralığın dışına çıkar ve zamanında yük atılmazsa, elektrik santralleri otomatik olarak devreden çıkar. Hidroelektrik ve termik santraller gibi konvansiyonel enerji santralleri, elektrik üretmenin yanında sisteme atalet sağlayan ve ihtiyaç duyulduğunda yük işlevi de görebildikleri için, şebekenin frekansını yönetmek için onlarca yıldır standart teknoloji olmuştur. Bu anlamda, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerjiler bu imkândan yoksun oldukları için, enerji depolama sistemlerine, güç elektroniği temelli sanal atalet sistemlerine, uygun STATCOM yatırımlarına, Grid forming inverter gibi yeni teknolojilere ya da "freewheel" gibi şebeke düzeyinde frekansı dengeleyici ek yatırımlara ihtiyaç duyarlar. İspanya'nın hızlı bir yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) dönüşümü yaparken bu temel gerçek konusunda gereken adımları atmadığı görülmektedir.

Diğer yandan, İspanya ve Portekiz'deki enerji üretiminin de büyük oranda özelleştirilmiş olduğu gerçeği not edilmelidir. Yakın dönemde Diyarbakır-Mardin ve İzmir'de yaşanan ölümlü kazalarla, tekrar eden orman yangınlarıyla ve Isparta faciasıyla ülkemizde de etkilerini görmekte olduğumuz, özel şirketlerin elektrik şebekelerini kâr mantığı ile işletmesinden kaynaklı yaşanan bakım ve yenileme çalışmalarını ihmallerin etkisinin de dikkate alınması gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki, elektrik şebekesi tüm bir coğrafyayı boydan boya kat eden bir aę şeklinde yapılanmıştır ve kendisini çevreleyen maddi dünyayla dinamik bir ilişki içindedir; mevsim koşullarından etkilenir, kışın kar yükünü, yazın metalin ve bağlantı noktalarının esnemesini/gevşemesini, yağmuru, çamuru hesaba katmanız gerekir. Sermayenin kısa vadeli kâr hırsı nedeniyle ülkemizde hakkınca yapılmayan bu hizmetlerin diğer ülkelerde tam ve eksiksiz yapıldığını düşünmek hayalcilik olacaktır. Sonuç olarak, özelleştirilmiş ve bakımsız şebekelerin iklim koşullarına ve yeni enerji dengesizliklerine karşı dayanıklılığının azaldığını söyleyebiliriz.

Konunun önem arz eden bir diğer boyutu da şudur: Avrupa bölgesi enterkonnekte sistemle birbirine bağlıdır ve bir ülkede yaşanan sistem çökmesinin diğer ülkeleri etkilemesi de işten değildir. Fransa-İspanya sınırında yaşanan arızanın, tüm İspanya'yı ve dahası Portekiz'i etkilediği görülmektedir. Aynı şekilde, 2006 yılında Almanya'da yaşanan aşırı yüklenmenin, Portekiz ve Fas gibi ciddi uzaklıkta olan ülkelerde dahi kesintilere yol açtığı görülmüştür.

Bu açıdan bakıldığında, Türkiye de Avrupa enterkonnekte sistemine dahil olduğu için, diğer ülkelerde yaşanan büyük çökmelerin ülkemize de sirayet etmesi mümkündür. Türkiye'nin sistem işletmecisi olan TEİAŞ'ın hâlâ bir kamu kurumu olması ve kurum hafızasını büyük oranda koruyabilmiş olması, ülkemiz açısından büyük bir avantajdır. Bu vesileyle bir kere daha uyarmak isteriz ki, TEİAŞ'ın özelleştirilmesi planlarından bir an evvel vazgeçilmelidir.

Ancak, Türkiye'nin belli kırılganlıkları olduğu da not edilmelidir; her şeyden önce, özelleştirilmiş dağıtım şebekeleri bakımsızdır ve gereken yatırımlar yapılmamaktadır. Aynı şekilde, elektrik üretiminde de özel sektörün payı %85 civarındadır ve bu da ek bir kırılganlık yaratmaktadır. 31 Mart 2015'te ülkemizde yaşanan sistem çökmesinin ana nedeninin, özel üretim santrallerinin kendileri için ticari açıdan avantajlı olmadığı gerekçesiyle elektrik üretmekten imtina etmesi nedeniyle yaşanan arz-talep dengesizliği olduğu bir gerçektir. Yine aynı şekilde, rüzgâr ve güneş yatırımlarının hızla arttığı ülkemizin de sistem stabilitesini korumak için belli yatırımları yapması gerekmektedir. Ancak, bu yatırımların da merkezî plan ve kamusal bir anlayışla ele alınacağı şüphelidir. Enerji yatırımları alanında yaşanan kayırmacılık, başıboşluk ve plansızlık somut bir olgudur.

Oysa, mevzuatı güncelleyecek, elektrik şebekesini yaşar kılacak gerekli bakım, onarım, test, denetim ve yenileme faaliyetlerini hakkıyla yapabilecek, sistem dengesini eş anlı olarak koruyacak; özetle elektrik sistemini üretimi, iletimi ve dağıtımıyla, çevresiyle, teknik personel faktörüyle bütünsel olarak ele alıp yeniden yapılandıracak tek özne kamudur.

YAPAY ZEKÂ ve HAVACILIK ENDÜSTRİSİNDEKİ GELİŞMELER

Doç. Dr. Işıl Yazır

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Uçak Mühendisliği Bölümü
iyazar@ogu.edu.tr

Özet

Yapay zekâ hemen hemen her sektörde kullanımı hızla artan bir teknolojidir. Yapılan literatür araştırmaları da bunu destekler niteliktedir. Akademik anlamda yapılan araştırmalar ve endüstriyel alanındaki uygulamalar iç içe devam etmektedir. Gelişmeler gelecek adına çığır açıcı niteliktedir. Günümüzde yapay zekâ teknolojisi, havacılık endüstrisi de dahil olmak üzere çeşitli endüstri dallarında modernizasyon ve optimizasyon çalışmalarında kullanılabilecek temel bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ teknolojisinin havacılık alanında potansiyel uygulaması, verimlilik, güvenlik ve sürdürülebilirlik anlamında önemli iyileştirmeler vaat etmektedir. Bu teknoloji, modern havacılığın neredeyse her alanına entegre edilebilmekte ve sektörde çeşitli alanlarda kullanılarak dönüşüm sağlanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında havacılık endüstrisinde yapay zekâ bağlantılı olarak yapılan akademik çalışmalar ve uygulamalar hava trafik yönetimi, güvenlik, bakım-onarım ve otonom hava araçları başlıklarında incelenmiş ve güncel başlıklarla Türkçe literatüre kaynak kazandırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, havacılık, makine öğrenme, derin öğrenme

1- Giriş

Günümüzde yapay zekâ teknolojisi, havacılık endüstrisi de dahil olmak üzere çeşitli endüstri dallarında modernizasyon ve optimizasyon çalışmalarında kullanılabilecek temel bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ teknolojisinin havacılık alanında potansiyel uygulaması, verimlilik, güvenlik ve sürdürülebilirlik anlamında önemli iyileştirmeler vaat etmektedir. Bu teknoloji, modern havacılığın neredeyse her alanına entegre edilebilmekte ve sektörde çeşitli alanlarda kullanılarak dönüşüm sağlanabilmektedir [1, 2]. Yapılan literatür araştırmaları ve sektördeki uygulamalar göz önüne alındığında yapay zekânın hava trafik yönetimi, havacılık güvenliği, havacılıkta bakım – onarım, otonom hava araçları, havacılık eğitimi gibi alanlarda önemli değişimler sağlayabileceğini göstermiştir. Bu alanlar haricinde, aerodinamik katsayıların optimizasyonu,

gürültü ve yanma yönetimi, yapısal bütünlük gibi uçak performansının artırılmasına yönelik tasarım çalışmalarında da yapay zekâ modellerinin etkin kullanılabildiği görülmüştür. Ayrıca, yapay zekânın risk tahmini ve yönetiminde uygulanabilmesi, potansiyel operasyonel olasılıkların daha ayrıntılı ve kesin analizlerini sağlayarak daha bilgili ve proaktif karar almayı kolaylaştırabilmektedir. Özellikle insansız hava aracı (İHA) sistemlerinin uçuşlara dahil edilmesiyle hava trafiği yoğunluğunda meydana gelen artış, geleneksel hava trafiği yönetimi sistemlerinde güncellemeyi zorunlu hale getirmiştir [1-4]. Yapay zekâ tekniklerinin hava trafiği yönetimine entegrasyonu, operasyonel verimliliği ve karar vermeyi iyileştirme potansiyeli göstermiştir. Örneğin, uçağın tahmini varış zamanını tahmin etmek için sinir ağları metodunun kullanılması hem doğru hem de verimli olduğunu kanıtlamış; havalimanı kaynaklarının daha iyi planlanmasına ve yönetilmesine olanak sağlamıştır [1-7].

Bu çalışma kapsamında havacılık endüstrisinde yapay zekâ bağlantılı olarak yapılan çalışmalar ve uygulamalar hava trafik yönetimi, güvenlik, bakım-onarım ve otonom hava araçları başlıklarında incelenmiş ve güncel başlıklarla Türkçe literatüre kaynak kazandırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde yapay zekâ kavramına kısaca değinilmiştir. Üçüncü bölümde ise belirtilen başlıklarda havalık endüstrisi bağlantılı erişilebilir literatür taramasına yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapay zekânın havacılık endüstrisinde kullanımının güncel durumuyla ilgili genel bir değerlendirmede bulunulmuştur.

2- Yapay Zekâ Nedir?

Klasik bilgisayar teknolojilerinin ötesinde, yapay zekâ, bilgisayarların bilgi işleme yeteneklerine yeni işlevler ve kabiliyetler eklemektedir. Yapay zekâ yazılımları, bilgisayarların ve kontrol birimlerinin insan benzeri fiziksel eylemleri gerçekleştirebilmesine, ayrıca veri hesaplaması ve analizlerini yapabilmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede, inisiyatif gerektiren karmaşık işlemler daha hızlı ve otomatik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir [8]. Aylak ve arkadaşları literatürde yer alan farklı yapay zekâ tanımlarını Tablo 1'deki gibi özetlemişlerdir [9]:

Tablo 1 Literatürden Bazı Yapay Zekâ Tanımları [9]

Bilgisayar veya bilgisayar destekli makinelerin, insana özgü nitelikler taşıyan yüksek düzeyde mantıksal süreçleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu süreçler arasında sorun çözme, anlama, anlam çıkarma, genelleme yapma ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi görevler bulunmaktadır [10].
Zeki makineler özellikle de zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. Sezgisel programlama temelinde olan bir yaklaşım olarak görülmektedir [11]
İnsanların yapmış oldukları çalışmalarını bilgisayarlara yaptırabilmedir [12]
Akıllı programları hedefleyen birimdir [13]
Yapay zekâ üzerine yapılan çalışmalar akıllı davranış üzerinedir. Buradaki ana hedef doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuramın oluşturulmasıdır [14]

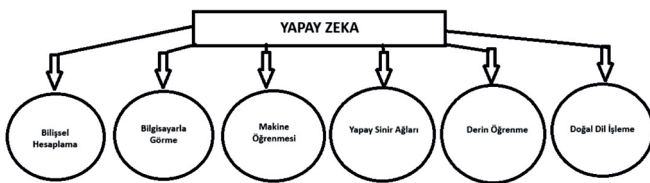
Literatürde yapay zekâ ile birlikte sıklıkla kullanılan makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi kavramlar da mevcuttur. Bu kavramların yapay zekâ ile olan ilişkisi aşağıdaki şekilde özetlenmiştir [9, 15]:

Şekil 1 Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme İlişkisi [15]



Bununla beraber yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme başlıklarının yanında Şekil 2'de görülen diğer alt çalışma başlıkları da kapsamaktadır [9, 16].

Şekil 2 Yapay Zekâ Kapsamı [16]



3- Yapay Zekâ ve Havacılık Endüstrisi

Yapay zekâ hemen hemen her sektörde kullanımı hızla artan bir teknolojidir. Yapılan literatür araştırmaları da bunu destekler niteliktedir. Akademik anlamda yapılan araştırmalar ve endüstriyel alanındaki uygulamalar iç içe devam etmektedir. Gelişmeler gelecek adına çığır

açıcı niteliktedir. Kabashin ve arkadaşları [1] yaptıkları derleme çalışmalarında havacılıkta yapay zekâ uygulamalarına yönelik detaylı sistematik bir inceleme yapmışlardır. Çalışmada yapay zekânın havacılık endüstrisinde kullanımını hava trafik yönetimi, havacılık güvenliği, bakım ve onarım, otonom hava araçları, sivil havacılık organizasyonlarında dökümantasyon ve eğitim açısından irdelemişlerdir. Lozano ve arkadaşları da [2], PRISMA 2020 metodolojisini kullanarak hava operasyonlarındaki yapay zekâ uygulamalarına yönelik bir başka detaylı derleme çalışması yapmışlardır.

Hava trafik yönetimi açısından bakıldığında artan yolcu ve uçak sayısı, yolcu güvenliği gibi durumlar sürekli gelişmeyi ve iyileştirmeyi gerektirmektedir. Degas ve arkadaşları [17], hava trafiği yönetiminin artan karmaşıklığını ve yapay zekânın güvenliğin artırılması açısından havacılık sektöründeki potansiyel rolünü tartışmaktadır. Ortner ve arkadaşları [18] ise, hava trafik yönetiminin daha otomatik, verimli ve daha güvenli hale getirilebilmesi için çalışmalarında sinir ağları üzerinden yapay zekâ kullanımını incelemişlerdir. Xie ve arkadaşları [19], otomatik hava trafik yönetim sistemlerinde şeffaflığı ve güveni artırmak amacıyla makine öğrenimi üzerinden yapay zekâ kullanımına değinmişlerdir. Çalışma çıktısı olarak gerçek zamanlı risk tahmininin mümkün olduğu ve hava trafik kontrolörlerinin analiz edebileceği açıklamalar üretilebildiği gözlemlenmiştir. Kistan ve arkadaşları [20], hava trafiği yönetiminde yapay zekâ tekniklerinin kullanılabilmesi için gereken doğrulama, sertifikasyon ve kullanıcı kabulü gibi gereklilikleri incelemekte ve yapay zekâ ile doğrulama sürecinin paralel olarak ilerlemesi gerektiğini savunmaktadır. Hurter ve arkadaşları [21], yapay zekânın hava trafik yönetimi alanındaki önemini incelemekte, yapay zekâ için tanımlayıcı, tahmin edici ve öngörücü model tanıtmakta ve yapay zekâ sistemlerinin hava trafik yönetiminde kabulü için daha fazla araştırma ve doğrulamaya ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Uçak yörüngesi tahmini için sinir ağları üzerinden yapay zekâ kullanımı ise [22]'de sunulmuştur.

Yapay zekânın havacılık güvenliği açısından yapılan çalışmalarına bakılacak olursa Yang ve Huang'ın [23] sistematik bir derleme yaparak 2010-2022 yılları arasında havacılık güvenliği alanında doğal dil işleme (NLP) uygulamalarını araştırdığı görülmektedir. Çalışma, belirli NLP tekniklerini, bunların performansını,

mevcut zorlukları ve havacılık güvenliğini ve verimliliğini artırmak için gelecekteki potansiyel gelişmeleri vurgulamaktadır. Madeira ve arkadaşları [24], havacılıkta meydana gelen kaza raporlarından insan faktörü kategorilerini belirlemek ve sınıflandırmak için doğal dil işleme ve makine öğrenme gibi çeşitli yapay zekâ tekniklerini kullanan bir metodoloji sunmuş ve sınırlı sayıda veriye rağmen yüksek tahmin performansı elde etmişlerdir. Kumar ve arkadaşları [25], 2019'da San Francisco Uluslararası Havaalanı'ndaki kalkışları tipik ve anormal kalkış olarak kategorize etmek için yapay zekâ ve veri analitiği kullanmışlardır. Lee ve arkadaşları çalışmalarında [26], uçuş sırasında risk faktörlerini daha iyi anlamak için veri temizleme, korelasyon, gözetimli öğrenme ve görselleştirmeyi sentezleyen bir makine öğrenimi yaklaşımı olan Uçuş Olaylarının Güvenlik Analizi (SAFE) metodolojisini tanıtmaktadır. Ticari havayolu verilerinde gösterilen SAFE, belirli güvenlik olayları için kritik parametreleri başarıyla belirlemektedir. Nogueira ve arkadaşları çalışmalarında [27], havacılık endüstrisinde insan faktörlerinden kaynaklanan hataları belirlemek için yapay zekâyâ dayalı bir metodolojiyi ana hatlarıyla açıklamaktadır. Çalışmada umut verici sonuçlar elde edilmesi yaklaşımın potansiyelini öne çıkarmakta ancak gelecekteki potansiyel araştırmalar için daha büyük veri kümelerine olan ihtiyacı da vurgulamaktadır.

Bakım açısından yapay zekâ havacılık ilişkisine bakılacak olursa yine benzer gelişmeler bu alanda da görülmektedir. Doğru ve arkadaşları çalışmalarında [28], uçak bakımında görsel muayeneleri otomatikleştirmek için otonom dronlarla birlikte sinir ağları üzerinden yapay zekâ kullanımını araştırmıştır. Önceki çalışmalardan yola çıkarak, bu çalışmada, belirli görüntü artırımına ve ön sınıflandırmaya odaklanarak çöküntü gibi sorunları belirlemede daha yüksek doğruluk oranları elde edilmiş; kusur tespit performansını iyileştirme tekniklerinden bahsedilmektedir. Uçak kanadı buzdan korunma sistemlerinin termal performansını tahmin etmek için makine öğrenme üzerinden yapay zekâ ve nesnelerin interneti tabanlı yaklaşım [29]'da önerilmiştir. Yapay zekâ kullanan bu yaklaşımın geleneksel hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemlerinden daha verimli olduğu ve zamandan tasarruf sağladığı kanıtlanmıştır. Gao ve Mavris çalışmalarında [30], yakıt tüketimi, emisyon ve gürültü gibi uçak çevresel etkilerinin daha verimli, doğru ve veri odaklı bir analizini mümkün kılmak için istatistiksel ve yapay zekâ yöntemlerinin kullanımı incelenmekte, ayrıca çalışmalarında temel araştırma temalarını, benzer çalışmaları ve kullanılan bu teknikleri havacılık operasyonlarının sürdürülebilirliğini desteklemek için daha fazla entegre etme seçeneklerini özetlemektedir. Brandoli ve arkadaşları çalışmalarında [31], eğitimli operatörlere kıyasla korozyonu hassasiyetle otomatik olarak tespit etmek için yapay zekâ uygulamasının kullanılmasını önermektedir. Böyle bir uygulama bakım personeli destekleyebilir ve daha otomatikleştirilmiş bir bakıma olanak sağlayabilir. Yang ve

arkadaşları [32] çalışmalarında, helikopterlerdeki aktif titreşim kontrolünü ele almakta ve merkezdeki titreşim yüklerini azaltmak için tekil kanat kontrolüne odaklanmaktadır. Çalışmada bulanık sinir ağı da dahil olmak üzere çeşitli modeller ve yöntemleri entegre ederek, bireysel kanat kontrol merkezinin titreşim yüklerinin azaltılabileceğini ve helikopter titreşim kontrolünü sağlayabilmek için önemli veriler sunabileceğinden bahsedilmektedir. Wang ve Zao [33] çalışmalarında gerçek motor verisi kullanarak motor sağlığı analizi ve uçuş güvenliği için önemli olan uçak motorlarının egzoz gazı sıcaklığı taban çizgisini tahmin etmek için yapay zekâ kullanımını önermiştir. Chen ve arkadaşları [34], makine öğreniminin lityum iyon batarya araştırmalarında, özellikle malzeme araştırmalarında, batarya sağlığı tahmininde ve arıza teşhisinde, havacılık bataryaları ve yeşil havacılık teknolojisine odaklanarak uygulamalarını derlemiştir. Çalışma, farklı makine öğrenimi uygulamalarının güçlü ve zayıf yönlerini araştırmış ve alanda daha derin bir anlayış sağlamayı ve gelecekteki ilerlemeleri teşvik etmeyi amaçlamıştır. Baumann ve arkadaşları [35], uçak motorunun çalışma noktaları arasındaki geçişi sırasındaki oluşan ısı transferine odaklanarak uçak motorunun geçiş performansını modellemek için makine öğrenimi kullanımını vurgulamaktadır. Papakonstantinou ve arkadaşları çalışmalarında [36], uydurum kontrolü için kullanılan 4- Kontrol Moment Jirokobu'ndaki geçersiz hareketleri tahmin etmek için makine öğrenimi tekniklerini tanıtmaktadır.

Otonom hava araçları ve yapay zekâ ilişkisine bakılacak olursa; Sarkar ve Gul çalışmalarında [37], yapay zekâ tabanlı otonom İHA ağlarının kapsamlı bir derlemesini sunarak, ağ performansını iyileştirme potansiyellerini vurgulamaktadır. Çalışma kapsamında 100'den fazla makale incelenmiş olup, çalışma yapay zekâ tabanlı İHA'ların gelecekteki ağ tasarımı için uygulanabilirliğini ve maliyet etkinliğini doğrulamakta ve daha fazla araştırma gerektiren alanları vurgulamaktadır. Otonom uçaklar için dijital ikiz teknolojisinin kullanımı, veri yönetiminin önemi vurgulanarak [38]'da tartışılmaktadır. Çalışmada, gerçek veri kullanımıyla ilgili sorunları ele almak için sentetik veri üretimi yoluyla veri artırımı incelenmekte, özellikle dronlar/helikopterlerdeki hibrit turbo şaft motorlarına odaklanılmakta ve gerçek yaşam operasyonel verilerini simüle etmede çeşitli algoritmaların etkinliği gösterilmektedir. Mariani ve Fiori [39] çalışmalarında otonom quadrotor uçuşu için sinir ağı kullanarak denetleyici tasarımı yapmışlardır. Denetleyici yapısı durum sınırlamalarını göz önünde bulundurarak hava aracını belirli bir konuma yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Geliştirilen denetleyici, simülasyonlarda hassasiyet ve hızı korurken etkili bir yöründe takibi göstermiştir. Bir diğer çalışmada [40], İHA'ları tespit etmek için özellikle akustik sinyaller vasıtasıyla derin öğrenme yöntemlerinin kullanımı araştırılmıştır. Soyhan ve arkadaşları [41] çalışmalarında İHA'ya görüntü işleme tekniklerinin uygulanması, algoritmalarının geliştirilmesi ve İHA'nın bu

yönteme karşı verdiği tepkileri incelemişlerdir. Adıgüzel çalışmasında [42] afet lojistiğinde yapay zekâ kullanım alanlarını ve lojistik sektöründeki yapay zekâ teknolojisi alanının ekonomik katkılarını araştırmaktadır. Caballero-Martin ve arkadaşları [43], otomasyondan karmaşık gerçek zamanlı karar almaya kadar, yapay zekânın drone otonom davranışını iyileştirme etkisini incelemektedir. Çalışma, en son gelişmelerin ve uygulamaların ayrıntılı örneklerini sunmakta; bu araştırma alanının gelecekteki evrimi için etik ve düzenleyici zorlukları da dikkate almaktadır. Çünkü yapay zekâlı dronların sosyoekonomik yapıyı büyük ölçüde değiştirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. [44-45] çalışmalarında dron ve yapay zekânın tarım uygulamalarından, [46] çalışmasında ise spor alanında uygulamasından bahsedilmektedir. Estonya merkezli Skycorp firması, hidrojen yakıt hücresi sistemiyle çalışan yeni nesil akıllı dronunu Londra, Birleşik Krallık'ta düzenlenen son Ticari İHA Fuarı'nda tanıtmıştır. e-Drone Zero, gelişmiş bir yapay zekâ işletim sistemi tarafından yönetilen kompakt bir pakette, güçlü, uzun ömürlü bir quadcopter'dir [47]. Bunların haricinde yapay zekâlı dron uygulamaları kapsamında görsel muayene, lojistik – tedarik zinciri, mal takibi ve yönetimi, ses tabanlı dron denetimleri ile önleyici bakım, büyük ölçekli çiftlikler için hava denetimleri, otonom dronlarla gelişmiş 3B haritalama ve akıllı ölçümleme, yapay zekâ destekli denetim dronlarıyla güneş paneli bakımı, akıllı İHA'larla yapay zekâ destekli kentsel temizlik ve bakım, termal görüntülemeli yapay zekâlı dronlarla hızlı acil müdahale, yapay zekâ destekli dronlarla gelişmiş gözetim ve güvenlik izleme ve gelişmiş denetim dronlarıyla akıllı çevresel izleme gibi başlıklarda da uygulamalar görülmektedir [48]

4- Sonuçlar

Yapılan literatür araştırmaları ve güncel uygulamalar havacılık alanında birçok alanda yapay zekânın desteğinden faydalanılabileceğini göstermektedir. Ancak bununla birlikte geçiş sürecinde dikkat edilmesi gereken noktaların da bulunduğu unutulmamalıdır. Yapay zekâ algoritmalarının havacılık gibi kritik operasyonlarda uygulanması önemli güvenlik endişeleri doğurabilir. Her ne kadar algoritmaların doğruluğunda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da çeşitli değişken operasyonel koşullar altında algoritmaların güvenilirliklerinin devamlarının sağlanması için algoritmaların geliştirilmeye açık olması gerekmektedir. Algoritmaların havacılık operasyonlarının güvenliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar, işletim ortamındaki değişikliklere dinamik olarak uyum sağlayabilen ve performansı önemli ölçüde düşürmeden eksik veya gürültülü verileri işleyebilen algoritmalar geliştirmeyi içerir. Algoritmaların ek riskler oluşturmaması ve acil durumları etkili bir şekilde ele alabilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, algoritmalarda kullanılacak veri setinin doğruluğu, bütünlüğü ve temizliği de sistem tarafından alınacak kararların doğruluğu konusunda ayrı önem arz etmektedir. Aksi takdirde sistem tarafından

potansiyel olarak ciddi sonuçlara neden olabilecek hatalı kararlar verilebilir. Bir diğer önemli nokta havacılık operasyonlarının oldukça dinamik ve zamana duyarlı olması nedeniyle gerçek zamanlı optimizasyon yapabilen algoritmaların geliştirilmesidir. Gelecekteki algoritmalar büyük hacimli verileri hızlı bir şekilde işleyebilme kabiliyetine sahip olmalı ve operasyonel karar almayı geliştiren gerçek zamanlı öneriler sağlamak için çevresel değişikliklere etkili bir şekilde uyum sağlayabilmelidir. Gerçek zamanlı optimizasyon yeteneği, değişen koşullar altında hava trafiğinin akışını ve güvenliğini sürdürmek için çok önemlidir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek ve yapay zekâ uygulamalarındaki ilerlemelerin havacılık operasyonlarında önemli ve güvenli iyileştirmelere dönüşmesini sağlamak için akademisyenler, yazılımcılar ve havacılık çalışanları arasında devam eden bir iş birliği gerektirecektir. Disiplinler arası iş birliği ve inovasyona odaklanma, bu zorlukların üstesinden gelmek ve bu teknolojilerin havacılık endüstrisi üzerindeki olumlu etkisini artırmak için önem arz etmektedir. Havacılık çalışanları arasında oluşabilecek değişime karşı direncin üstesinden gelmek de karşılaşılabilecek sorunlar arasında yer almaktadır. Çalışanların, başlangıçta belirsiz veya sezgiye aykırı görünebilecek yapay zekâ tarafından oluşturulan tahminleri yorumlamak ve güvenmek için özel eğitime ihtiyaçları olabilir. Yapay zekânın havacılıkta başarılı bir şekilde benimsenmesi yalnızca teknik gelişmelere değil, aynı zamanda çalışanların bu teknolojilerin potansiyelini anlamalarını ve tam olarak kullanmalarını sağlayan iyi tasarlanmış uygulama ve eğitim stratejilerine de bağlıdır. Yukarıda sıralanan başlıklardan yola çıkarak yapay zekâ alanındaki ilerlemelerin, havacılık operasyonlarını dönüştürme, verimliliği, güvenliği ve havacılık endüstrisinin sürdürülebilirliğini artırma potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Bu ilerlemelerin havacılık operasyonlarında önemli ve güvenli iyileştirmelere dönüşmesinin sağlanabilmesi için, kritik noktaların ele alınması ve bu teknolojiler için araştırma ve geliştirme çalışmalarına devam edilmesi esastır. Yapay zekâ ilerlemeleri, verimliliği, güvenliği ve sürdürülebilirliği artırarak havacılık operasyonlarını kökten değiştirme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, bu yeniliklerin anlamlı ve güvenli iyileştirmelerle sonuçlanmasını garantilemek için, zorlukları ele almak ve bu teknolojileri geliştirmeye devam etmek çok önemlidir. Bu hedeflere ulaşmak için iş birliği ve inovasyon çok önemli olacaktır [1-2].

KAYNAKLAR

[1] I. Kabashkin, B. Misnevs, O. Zervina, Artificial intelligence in aviation: new professionals for new technologies, Appl. Sci. 13 (21) (2023) 11660, <https://doi.org/10.3390/app132111660>, Oct.

[2] Cristian Lozano Tafur, Rosa Gabriela Camero, Didier Aldana Rodríguez, Juan Carlos Daza Rincón, Edwin Rativa Saenz,

Applications of artificial intelligence in air operations: A systematic review,

Results in Engineering, Volume 25, 2025, 103742, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103742>.

- [3] Z. Cai, Overview of research of machine learning in air traffic management, *Appl. Comput. Eng.* 8 (1) (2023) 103–112, <https://doi.org/10.54254/2755-2721/8/20230091>. Aug.
- [4] Y. Xie, N. Pongsakornasathien, A. Gardi, R. Sabatini, Explanation of machine-learning solutions in air-traffic management, *Aerospace* 8 (8) (2021) 224, <https://doi.org/10.3390/aerospace8080224>. Aug.
- [5] A. Degas, et al., A survey on artificial intelligence (AI) and eXplainable AI in air traffic management: current trends and development with future research trajectory, *Appl. Sci.* 12 (3) (2022) 1295, <https://doi.org/10.3390/APP12031295>. Jan.
- [6] J.Z. Wells, T.G. Puranik, K.M. Kalyanam, M. Kumar, Prediction of aircraft estimated time of arrival using a supervised learning approach, *IFAC-Papers OnLine* (2023), <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.11.008>.
- [7] S. Le Clainche, E. Ferrer, S. Gibson, E. Cross, A. Parente, and R. Vinuesa, "Improving aircraft performance using machine learning: a review," 2023. 10.1016/j.ast.2023.108354.
- [8] Yusuf Uzun, Mehmet Bilban, Hüseyin Arıkan, TARIM VE KIRSAL KALKINMADA YAPAY ZEKÂ KULLANIMI, VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu-KOP-BKS 26-28 Ekim 2018-Konya
- [9] B. L. Aylak, O. Oral, ve K. Yazıcı, "Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı", *ECJSE*, c. 8, sy. 1, ss. 74–93, 2021, doi: 10.31202/ecjse.776314.
- [10] Nabiye, V. V., "Yapay Zekâ: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi", Seçkin Yayıncılık, 2012.
- [11] Andrew, A. M., "Artificial Intelligence", Boston: AddisonWesley Company, 1991.
- [12] Popov, E. V., (Ed), "Yapay Zekâ", Uzman Sitemler ve Doğal Dil İşleme. Moskova: Radio i Svyaz, 1990, 461.
- [13] Copeland, J., "Artificial Intelligence: A Philosophical", Blackwell: Oxford, 1993.
- [14] Charniak, E., McDermot, D., "Introduction to Artificial Intelligence", Boston: Addison-Wesley Company, 1985.
- [15] Güngör, D. N., Yardımcı, U. İ., "Yapay Zeka Kavramı ve Makine Öğrenme Uygulamaları", Erişim adresi: <https://stratejico.com/yapay-zeka-kavrami-ve-makine-ogrenme-uygulamaları> Erişim Tarihi: 27.07.2020
- [16] Intellipaah., "What is Artificial Intelligence?", Erişim adresi: <https://intellipaah.com/blog/what-is-artificial-intelligence/> Erişim tarihi: 27.07.2020
- [17] Degas, A.; Islam, M.R.; Hurter, C.; Barua, S.; Rahman, H.; Poudel, M.; Ruscio, D.; Ahmed, M.U.; Begum, S.; Rahman, M.A.; et al. A Survey on Artificial Intelligence (AI) and Explainable AI in Air Traffic Management: Current Trends and Development with Future Research Trajectory. *Appl. Sci.* 2022, 12, 1295. [CrossRef]
- [18] Ortner, P.; Steinhöfler, R.; Leitgeb, E.; Flühr, H. Augmented Air Traffic Control System—Artificial Intelligence as Digital Assistance System to Predict Air Traffic Conflicts. *AI* 2022, 3, 623–644. [CrossRef]
- [19] Xie, Y.; Pongsakornasathien, N.; Gardi, A.; Sabatini, R. Explanation of Machine-Learning Solutions in Air-Traffic Management. *Aerospace* 2021, 8, 224. [CrossRef]
- [20] Kistan, T.; Gardi, A.; Sabatini, R. Machine Learning and Cognitive Ergonomics in Air Traffic Management: Recent Developments and Considerations for Certification. *Aerospace* 2018, 5, 103. [CrossRef]
- [21] Hurter, C.; Degas, A.; Guibert, A.; Durand, N.; Ferreira, A.; Cavagnetto, N.; Islam, M.R.; Barua, S.; Uddin Ahmed, M.; Begum, S.; et al. Usage of More Transparent and Explainable Conflict Resolution Algorithm: Air Traffic Controller Feedback. *Transp. Res. Proc.* 2022, 66, 270–278. [CrossRef]
- [22] Hashemi, S.M.; Hashemi, S.A.; Botez, R.M.; Ghazi, G. Aircraft Trajectory Prediction Enhanced through Resilient Generative Adversarial Networks Secured by Blockchain: Application to UAS-S4 Hécatl. *Appl. Sci.* 2023, 13, 9503. [CrossRef]
- [23] Yang, C.; Huang, C. Natural Language Processing (NLP) in Aviation Safety: Systematic Review of Research and Outlook into the Future. *Aerospace* 2023, 10, 600. [CrossRef]
- [24] Madeira, T.; Melício, R.; Valério, D.; Santos, L. Machine Learning and Natural Language Processing for Prediction of Human Factors in Aviation Incident Reports. *Aerospace* 2021, 8, 47. [CrossRef]
- [25] Kumar, S.G.; Corrado, S.J.; Puranik, T.G.; Mavris, D.N. Classification and Analysis of Go-Arounds in Commercial Aviation Using ADS-B Data. *Aerospace* 2021, 8, 291. [CrossRef]
- [26] Lee, H.; Madar, S.; Sairam, S.; Puranik, T.G.; Payan, A.P.; Kirby, M.; Pinon, O.J.; Mavris, D.N. Critical Parameter Identification for Safety Events in Commercial Aviation Using Machine Learning. *Aerospace* 2020, 7, 73. [CrossRef]
- [27] Nogueira, R.P.R.; Melicio, R.; Valério, D.; Santos, L.F.F.M. Learning Methods and Predictive Modeling to Identify Failure by Human Factors in the Aviation Industry. *Appl. Sci.* 2023, 13, 4069. [CrossRef]
- [28] Doğru, A.; Bouarfa, S.; Arizar, R.; Aydoğan, R. Using Convolutional Neural Networks to Automate Aircraft Maintenance Visual Inspection. *Aerospace* 2020, 7, 171. [CrossRef]
- [29] Abdelghany, E.S.; Farghaly, M.B.; Almalki, M.M.; Sarhan, H.H.; Essa, M.E.-S.M. Machine Learning and IoT Trends for Intelligent Prediction of Aircraft Wing Anti-Icing System Temperature. *Aerospace* 2023, 10, 676. [CrossRef]
- [30] Gao, Z.; Mavris, D.N. Statistics and Machine Learning in Aviation Environmental Impact Analysis: A Survey of Recent Progress. *Aerospace* 2022, 9, 750. [CrossRef]
- [31] Brandoli, B.; de Geus, A.R.; Souza, J.R.; Spadon, G.; Soares, A.; Rodrigues, J.F., Jr.; Komorowski, J.; Matwin, S. Aircraft Fuselage Corrosion Detection Using Artificial Intelligence. *Sensors* 2021, 21, 4026. [CrossRef]
- [32] Yang, R.; Gao, Y.; Wang, H.; Ni, X. Fuzzy Neural Network PID Control Used in Individual Blade Control. *Aerospace* 2023, 10, 623. [CrossRef]
- [33] Wang, Z.; Zhao, Y. Data-Driven Exhaust Gas Temperature Baseline Predictions for Aeroengine Based on Machine Learning Algorithms. *Aerospace* 2023, 10, 17. [CrossRef]
- [34] Chen, J.; Qi, G.; Wang, K. Synergizing Machine Learning and the Aviation Sector in Lithium-Ion Battery Applications: A Review. *Energies* 2023, 16, 6318. [CrossRef]
- [35] Baumann, M.; Koch, C.; Staudacher, S. Application of Neural Networks and Transfer Learning to Turbomachinery Heat Transfer. *Aerospace* 2022, 9, 49. [CrossRef]
- [36] Papakonstantinou, C.; Daramouskas, I.; Lappas, V.; Moulitanis, V.C.; Kostopoulos, V. A Machine Learning Approach for Global Steering Control Moment Gyroscope Clusters. *Aerospace* 2022, 9, 164. [CrossRef]
- [37] Sarkar, N.I.; Gul, S. Artificial Intelligence-Based Autonomous UAV Networks: A Survey. *Drones* 2023, 7, 322. [CrossRef]
- [38] Aghazadeh Ardebili, A.; Ficarella, A.; Longo, A.; Khalil, A.; Khalil, S. Hybrid Turbo-Shaft Engine Digital Twinning for Autonomous Aircraft via AI and Synthetic Data Generation. *Aerospace* 2023, 10, 683. [CrossRef]
- [39] Mariani, M.; Fiori, S. Design and Simulation of a Neuroevolutionary Controller for a Quadcopter Drone. *Aerospace* 2023, 10, 418. [CrossRef]
- [40] Casabianca, P.; Zhang, Y. Acoustic-Based UAV Detection Using Late Fusion of Deep Neural Networks. *Drones* 2021, 5, 54. [CrossRef]
- [41] Soysan, İ., Gürel, S. & Tekin, S. A. (2021). Yapay Zeka Tabanlı Görüntü İşleme Tekniklerinin İnsansız Hava Araçları Üzerinde Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 469–473.
- [42] Adıgüzel, S. (2022). Afet Durumlarında Yapay Zekâ Teknolojisi ile Lojistik Yönetimi Örnekleri. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 7(1): 47–70.
- [43] Caballero-Martin, D.; Lopez-Guede, J.M.; Estevez, J.; Graña, M. Artificial Intelligence Applied to Drone Control: A State of the Art. *Drones* 2024, 8, 296. <https://doi.org/10.3390/drones8070296>
- [44] İnan, M., & Karci, A. (2021). Tarımda Ağaç İlaçlamanın Drone'larla Yapılmasında Yeni bir Yöntemin Geliştirilmesi ve Uygulanması. *Computer Science*, 6(2), 72–89.
- [45] Uzun, Yusuf, Mehmet Bilban, and Hüseyin Arıkan. "Tarım ve Kırsal Kalkınmada Yapay Zekâ Kullanımı.", VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu-KOP-BKS, 26-28 Ekim 2018-Konya
- [46] Uluca, M., Yel, K., Güzel, S., Çakır, Z. (2024). Yapay Zeka ve Drone Teknolojileri ile Spor Etkinlikleri Gözlem ve Analizde Güncel Yaklaşımlar. *Dede Korkut Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 47–70.
- [47] Skycorp hydrogen fuel cell powered drone with advanced AI, *Fuel Cells Bulletin*, Volume 2018, Issue 12, 2018, Page 5, ISSN 1464-2859, [https://doi.org/10.1016/S1464-2859\(18\)30447-4](https://doi.org/10.1016/S1464-2859(18)30447-4).
- [48] <https://dac.digital/deep-tech/ai-enhanced-drone-solutions/>

TÜRK AVİYONİK SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE UÇAK ÜZERİ ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNE BİR BAKIŞ

Ahmet Engin Yılmaz

Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi, Tasarım Direktörü

aengin.yilmaz@savronik.com.tr

Türkiye'nin Savunma Sanayi Yolculuğu

1974 yazında, Akdeniz'in mavi sularında dalgalar yalnızca kıyıya değil, Türkiye'nin kaderine de vuruyordu. Kıbrıs Barış Harekâtı, yalnızca askeri bir müdahale değil, Türkiye için de bir dönüm noktasıydı. Türk askeri güçleri Girne sahiline çıkarken, Ankara'da başka bir savaş başlıyordu: **Savunma Sanayi'nde Bağımsızlık Mücadelesi**. Çünkü o günlerde Türkiye, kullandığı silahları, mühimmatları ve hatta uçak parçalarını bile ithal ediyordu. Harekâttan kısa süre sonra Amerika'nın uyguladığı ambargo, bu gerçeği acı bir şekilde hatırlattı. Amerika'nın uyguladığı bu durum diğer Avrupa ülkelerinin de benzer uygulamaları yürürlüğe koymasına öncülük etti.

Silahlar sustuğunda, barış sağlandığında, Türkiye susmadı. Ambargolar, Ankara'nın kapılarını zorla çaldığında, içeriden yükselen ses **"Kendi göbөгimizi kendimiz keseceğiz!"** oldu. Aslında bu ses, bir milletin geleceğini şekillendirecek mühendislerin, askerlerin ve siyasetçilerin bir haykırışıydı. İşte tam da bu süreçte, bugün Türkiye'nin savunma sanayisinin bel kemiğini oluşturan kurumlar birer birer filizlenmeye başladı. Devlet desteği ile 70'lerin sonları ve 80'lerin ortasında ASELSAN, TUSAŞ, HAVELSAN ve ROKETSAN gibi kuruluşlar, geleceğin teknolojilerini, platformlarını tasarlamak ve üretmek için kolları sıvadı.

Daha sonraları devlet otoriteleri, özel sektörde görev alan büyük şirketlerin de bu süreçte dâhil edilmesini talep ettiler. Savronik Elektronik de 1986'da Eskişehir merkezli olarak 1.Hava İkmal Merkezi'nde bulunan F-16 savaş uçak aviyonik ürünlerinin bakım-onarım, sonrasında da yeni ekipmanlar tasarlanıp üretilmesi için kurulmuş yerli ve milli bir teknoloji şirketi olmuştur. Günümüzde kara, hava ve deniz platformlarının hepsinde haberleşme, güç sistemleri vb. alanlarda faaliyetlerini genişleterek sürdürmektedir.

O yıllarda Savunma Sanayi şirketleri, önce taklit etmeyi, sonra geliştirmeyi, en sonunda da kendi özgün tasa-

rımlarını yapmayı öğrendi. İlk başta yabancı lisanslarla montajlar yapıldı ama asıl amaç tamamen yerli üretim ve tasarımıydı. Bu süreçte yaşanan zorluklar, yalnızca teknik değildi; kamuoyunun da bu değişime inanması gerekiyordu. Çünkü yıllarca yabancı teknolojiye bağımlı olmak, bir refleks haline gelmişti. Ancak 1990'lardan itibaren, Ar-Ge yatırımları ve uzun vadeli projelerle birlikte Türkiye'nin kendi ayakları üzerinde durabileceği görülmeye başlandı.

Savunma sanayindeki bu uyanış, küresel dengeleri de değiştirdi. Türkiye, artık dışa bağımlı bir alıcı olmaktansa teknoloji üreten bir aktör olma yolunda ilerliyordu. 2000'li yıllarda, özellikle elektronik harp, haberleşme, aviyonik, radar sistemleri ve füze teknolojilerinde büyük adımlar atıldı. İnsansız hava araçları ile özgün olarak geliştirilen diğer hava araçları gökyüzünde süzölmeye başladı...

Türkiye'nin Yeni Nesil Aviyonik Sistemleri ile Geliştirilen Hava Platformları

Son yıllarda Türkiye, savunma sanayi alanında büyük atılımlar gerçekleştirerek modern aviyonik sistemler geliştirme konusunda önemli bir yol kat etti. Aviyonik sistemler, askeri ve sivil hava platformlarının beyni olarak kabul edilirken, Türkiye Savunma Sanayi'si bu alanda dışa bağımlılığı azaltmak için büyük yatırımlar yapmıştır.

Yeni teknolojiler geliştirme sürecinde hem hazır alımlar gerçekleştirilmiş hem de özgün platform geliştirme projeleri devreye alınmaya başlanmıştır. 2000'li yılların ortalarında İsrail'den Heron İnsansız Hava Araçları (İ-HA) için sipariş verilirken Özgün TİHA (Türk İnsansız Hava Aracı) projesi de devreye alınmıştır. Bu aslında teknoloji geliştirmek için önemli bir adımdı. Benzer şekilde Güney Kore'de faaliyet gösteren KAI firmasından KT-1 Temel Eğitim Uçağı alımı gerçekleştirilirken; uzun yıllar sonra ilk defa Türkiye'de tasarım ve teknoloji geliştirilmesi sağlanan HÜRKUŞ-A Temel Eğitim Uçağı'nın gökyüzü ile buluşması sağlanmıştır. Bunun

sonrasında da ANKA İHA, AKSUNGUR İHA, Bayraktar TB2, Bayraktar Akıncı İHA, Gökbey Genel Maksat Helikopter, Bayraktar Kızılelma İnsansız Savaş Uçağı ve HÜRJET Jet Motorlu Eğitim Uçağı projeleri hayata geçirilerek Türk Savunma Sanayi'ne kazandırılmıştır. Bu platformlar, bulunduğumuz dönemde Türkiye'nin aviyonik alanındaki bağımsızlığını pekiştirmektedir.

Bu platformlara Türkiye'nin önde gelen saygın TSK Güçlendirme Vakfı savunma sanayi şirketleri ile özel sektörde son dönemde ihracat rekorları kıran savunma sanayi şirketleri bünyesinde özgün bir şekilde geliştirilen modern aviyonik sistemler, akıllı kokpit teknolojileri, elektrik güç sistemleri, görsel ve çoklu fonksiyon ekranları ile ileri seviye haberleşme sistemleri entegre edilmiştir.

HÜRKUŞ: Temel uçuş eğitimi için tasarlanmış; jeneratör ve akülerden gelen elektriksel gücü belli senaryolara göre güvenli ve korumalı olarak dağıtım sağlayan güç dağıtım sistemleri, dijital kokpit teknolojisi ve entegre aviyonik sistemlere sahip turbo-prop bir uçaktır.

HÜRJET: Yüksek performanslı bir jet eğitim uçağı olarak geliştirilen HÜRJET, ileri seviye aviyonik sistemlere; yedekli yapılara sahip, havacılık sertifikasyonlarına uyumlu, akıllı güç dağıtım sistemlere, kokpitte yer alan

aydınlatmalı kontrol panellere ve yapay zekâ destekli uçuş kontrol altyapılarına sahiptir.

AKINCI - TB2 - ANKA - AKSUNGUR: Uzun menzilli ve stratejik gözetleme kapasitesine sahip insansız hava araçları olup radar ve elektro-optik sensörlerle entegre aviyonik sistemler ve aviyonik araçlara uyumlu yüksek güvenilirlikte güç dağıtım sistemleri kullanılmaktadır.

GÖKBAY: Türkiye'nin ilk yerli genel maksat helikopteri olup entegre aviyonik sistemleri, otonom uçuş destek sistemleri, güç dağıtım sistemleri ve akıllı gösterge panelleriyle dikkat çekmektedir.

Hava Araçları İçin Elektrik Güç Sistemleri

Uçak Üzeri Elektrik Güç Sistemi, uçak üzerinde yer alan elektriksel yüklerin tüm güç ihtiyaçlarını uygun kalitede ve kapasitede, emniyetli bir şekilde aktarımını yapan, depolayan ve kontrollü, korumalı ve belli senaryo durumlarına göre dağıtımını gerçekleştiren [1][2], otomatik ve manuel yöntemler ile monitör ve kontrol edilmesini sağlayan sistemdir.

Uçak teknolojisinin gelişmeye başladığı 20. yy başlarında "uçakların düşmek için fazlasıyla iyi olduğu" düşüncesi belli miktarda uçuş saati için geçerliliğini koruduktan sonra pek çok kazanın yaşanmasıyla geçerliliğini yitir-



AKINCI İHA



GÖKBAY



HÜRJET

Şekil 1 Geliştirilen Hava Platformları [3] [4]

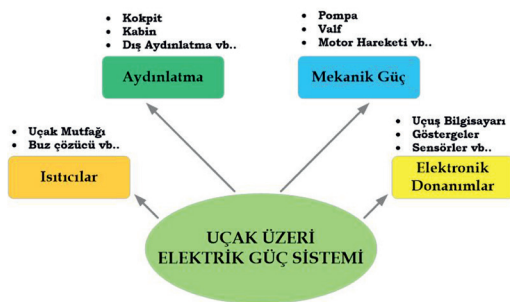
miş, daha sonra uçak üzeri bazı donanımların (motor, telsiz, hız göstergeleri vb.) yedeklenmesi de halkın güvenini sağlamaya yetmemiştir [5]. Yüzyılın ortalarında ise “Tek Nokta Hata” konseptinin benimsenmesi ile tasarlanan ve geliştirilen hava araçlarında kaza oranlarının azalması ile halkın güveni ve hava yolu kullanımı artmıştır. Uçak kazalarının incelenerek tek nokta hatalarından kaynaklandığı belirlenen kazalardan alınan dersler ile havacılık standartları sürekli güncellenmektedir. “Havacılık kuralları kanla yazılmıştır!” sözünün çıkış noktası da ne yazık ki bu nedenledir. Günümüz havacılık teknolojisi geçmiş dönemlere göre daha karmaşık olmamasına karşın güvenlik kriterlerinin en üst seviyede olması nedeniyle geliştirilen sistemlerin veya cihazların hava aracı üzerinde yedeklilik (Redundancy) yapılarından dolayı bazı ihtiyaçların “Elektrik Güç Sistemi” tarafından sağlanması gerekmektedir. Uçaklar üzerinde bulunan faydalı yükler üzerinde yapılan iyileştirmeler, güçellemeler ve alınan ekstra güvenlik önlemleri ile alt sistemler her geçen gün “Daha Çok Elektriksel Güce (More Electrical Aircraft Power)” ihtiyaç duymakta Elektrik Güç Sistemleri’nden ise daha verimli ve kabiliyetli olmaları beklenmektedir.

“Uçak Üzeri Elektrik Güç Sistemi” iki alt sistemin bir araya gelmesi ile de tanımlanabilmektedir:

- Elektrik Güç Üretim Sistemi
- Elektrik Güç Dağıtım Sistemi

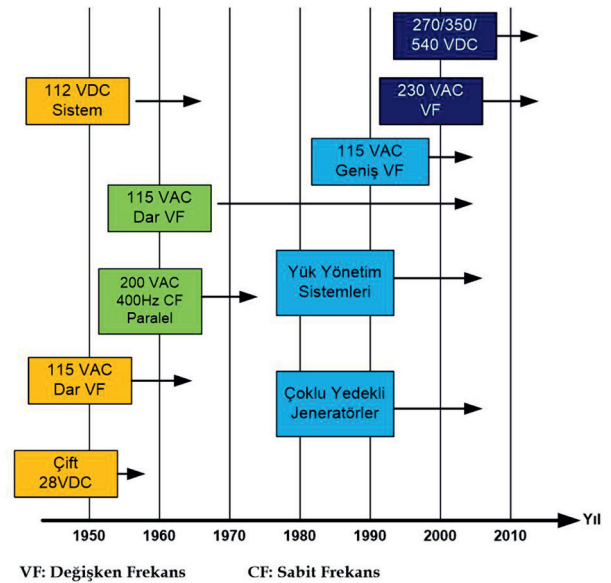
Elektrik Güç Üretim Sistemi, uçak üzerindeki elektriksel gücün üretildiği veya depolandığı sistemleri kapsarken, Elektrik Güç Dağıtım Sistemi ise faydalı yükler için üretilen veya depolanan kaliteli elektriksel gücün kontrollü ve korumalı olarak dağıtılmasını sağlamaktadır.

Uçak Üzeri Elektrik Güç Sistemi, uçuş için gerekli donanımların güç ihtiyacını karşılamak, uçuş-kritik olan bazı donanımların (telsiz, buz önleme sistemleri vb.) çalışabilirliğini sağlamak ve yönetmekle görevlidir. Uçak üzerinde bahsi geçen “Gerekli Güç (Essential Power)”, hava aracının güvenli bir şekilde uçuşunu devam ettirebilmesi ve/veya güvenli bir şekilde sonlandırabilmesi için gerekli gücü tanımlamaktadır.



Şekil 2 Uçak Üzeri Elektrik Güç Sistemi Tüketicileri

Uçak teknolojisi geliştikçe dönem dönem uçak üzerinde üretilen ve kullanılan elektriksel güç değerleri değişkenlik göstermiştir. İlk dönemlerde 28VDC kullanılırken, daha sonraları 112VDC, 115VAC/60Hz, 200VAC/400Hz kullanılmış, son dönemde ise daha çok 270VDC elektriksel gücü kullanılmaktadır. Yıllar geçtikçe gerilim seviyelerinin artması durumu hava aracında ihtiyaç duyulan elektriksel güç miktarının artması ile anlatılabilir. Gücün artması ile gerilimi de arttırarak, akım seviyesinin optimumda tutulması amaçlanmıştır. Bu durum aslında hava araçları için çok önemli olan “Ağırlık” konusu ile doğrudan alakalıdır. Kablolarda taşınan akım kapasitesi ne kadar çok olur ise hava aracında kullanılan kablo kesitlerinin de o denli yüksek olması gerekecektir. Bu da ağırlık, denge ve ağırlık merkezi konularında dezavantaj anlamına gelecektir.



Şekil 3 Uçak Üzeri Elektrik Güç Sistemi Tarihsel Gelişimi [6]

Uçak üzerinde yer alan jeneratör, batarya ve diğer yardımcı güç kaynaklarından sağlanan elektriksel güçler; ilk olarak üzerinde elektromekanik anahtarlar elemanları (röle/kontaktör) bulunan “Birincil Güç Dağıtım Birimi (Primary Power Distribution Unit-PPDU)” içerisine ayrı ayrı giriş yapmaktadır. Jeneratör, batarya ve yardımcı güç girişleri belli senaryolar dâhilinde ortak bir bara (bus bar) yapısında ortaklanmakta ve bu bara üzerinden bataryalar aynı zamanda şarj edilebilmektedir.

Bu baralar “Ana Bara (Main Bus)” ve “Esas Bara (Essential Bus)” olmak üzere iki farklı bara yapısındadır. Ana Bara genelde tüm ekipmanların bağlanabileceği bir bara yapısındadır ancak Esas Bara görev-kritik ve uçuş-kritik ekipmanların bağlı olduğu baralardır. Uçak üzerinde bulunan mevcut elektriksel güçler, Birincil Güç Dağıtım Birimi üzerinden ilgili alt İkincil Güç



Şekil 4 PPDU Örneği-1 [8]



Şekil 5 PPDU Örneği-2 [9]

Dağıtım Birimleri (Secondary Power Distribution Unit-SPDU)'ne aktarılmaktadırlar. İkincil Güç Dağıtım Birimi üzerinde, klasik elektromekanik anahtarlama ve koruma yöntemlerinin (röle ve devre kesici) yanı sıra hava aracının ihtiyacına göre "Yarı-İletken Anahtarlama (Solid-State Switching)" devre elemanları da kullanılabilmektedir.

Birincil Güç Dağıtım Birimi

Birincil Güç Dağıtım Birimleri, uçak üzerinde üretilen elektriksel gücü tüm yüklere aşağıdaki durumlarda sağlamakla görevlidir:

- Farklı operasyonel durumlarda,
- Motorun başlatılması sırasında,
- Meydana gelebilecek hataların baralardan izole edilmesinde (röle/kontaktör/koruma elemanı kullanımı ile).

Birincil Güç Dağıtım Birimleri, ayrıca aşağıdaki durumlardan da sorumludurlar:

- Elektriksel güç kalitesini istenilen seviyelerde tutmak,
- Uçak üzerinde üretilen elektriksel gücün gerçek zamanlı alçak/yüksek gerilim kontrollerini gerçekleştirmek,
- Hata durumlarında doğabilecek bara/güç kaynağı geçişlerinde MIL-STD-704 [7]'ye uyumlu şekilde anahtarlama gerçekleştirmek.

Birincil Güç Dağıtım Birimleri, teknik açıdan kompleks birimler olarak kabul edilmemektedirler. Ancak uçak üzerinde ana elektriksel gücün anahtarlama ve acil durum senaryolarına göre geçişlerin sağlanması bu birimler üzerinde gerçekleşmesi sebebi ile kritik bir göreve sahiptirler. Birincil Güç Dağıtım Birimleri içerisinde elektromekanik kontaktör/röle, genellikle push-pull devre kesici, ana güç girişlerinde hattı ve kablağı kısa devre-aşırı akıma koruma amaçlı bıçak sigorta, sistemi gerilim dalgalanmalarından korumak amaçlı Alçak/Yüksek Gerilim Koruma Devre yapıları bulunmaktadır.

Uçak üzeri tüm sistemlerde olduğu gibi Birincil Güç Dağıtım Birimleri'nin de mümkün olduğunca optimum boyut ve ağırlıkta olması beklenmektedir. "Gram"ların dahi çok değerli olduğu hava aracı donanım tasarımlarında uygun malzeme seçimi de önemli rol oynamaktadır. Bazı hava araçlarında dağınık bir mimaride ve mekanik kutu olmadan tasarlanabilen güç dağıtım birimleri bazı araçlarda ise bütünsel yapıda ve mekanik kutusu kapalı bir şekilde karşımıza çıkmaktadır.

İkincil Güç Dağıtım Birimi

Uçak Üzeri Elektrik Güç Sistemi'nde yer alan alt sistemlerin gerçek anlamda güç dağıtımını gerçekleştiren birimler İkincil Güç Dağıtım Birimleri'dir. İkincil Güç Dağıtım Birimleri; Birincil Güç Dağıtım Birimleri'nden aldıkları elektriksel gücü, hava aracının tasarımına bağlı olarak elektromekanik veya yarı-iletken anahtarlama elemanları ile kontrollü ve korumalı olarak faydalı yüklere ileten birimlerdir.

Bu birimler, yalnızca devre kesiciler üzerinden manuel kontroller ile bu fonksiyonları gerçekleştirebilirken üzerinde mikroişlemci ve/veya FPGA(Field Programmable Gate Array) bulundurarak yarı-iletken anahtarlama kontrolü ile de bu işlevleri sağlayabilmektedirler.

Mikroişlemci/FPGA destekli tasarlanan İkincil Güç Dağıtım Birimleri "Akıllı(Smart)" yapılar olarak anılmaktadırlar. Yarı-iletken anahtarlama yapıları, daha çok akıllı MOSFET devre elemanları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yarı iletken yapıların avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir:

Esneklik, yarı-iletken anahtarlama elemanları ile tasarlanacak devrelerde çıkış akımlarının ayarlanması durumu kolaylıkla yapılabilmektedir; ek bir donanım değişikliğine gerek duyulmadan bu değişiklik uzaktan erişim sağlanılarak yazılım ile gerçekleştirilebilmektedir.

Güvenlik, DO-160, DO-254 ve DO-178 [10] standartlarına göre hem donanım hem de yazılım anlamında sertifikasyon ve kalifikasyon test edilmiş yapılardır.

Yedeklilik, hava araçlarında zorunlu olan yedeklilik durumuna tam anlamıyla uygunluk sağlamaktadır.

Gerçek Zamanlı İzlenebilirlik, özellikle insansız hava araçlarında yer kontrol istasyonundan araç üzerindeki tüm güç kalitesinin izlenmesi kolaylıkla sağlanmaktadır.

Ağırlık-Boyut Kazanımı, klasik elektromekanik anahtar-lama elemanlarına oranla %60'a kadar avantaj sağlarken bu oran ağırlıkta %70'e kadar çıkabilmektedir.

Ark Hata Koruma, günümüzde popüler olan ve birçok elektromekanik koruma elemanlarında da olması istenilen I2t koruma, yarı-iletken devre yapılarında hızlı tepki süresi ile önemli bir role sahiptir.

Uçak üzerindeki sistemlerin karmaşıklaşması ve uçak hacminin devasa boyutlara gelmesi kullanılacak alt sistemlerin sayısını arttırmaktadır. Buna bağlı olarak da uçak üzerinde kullanılacak SPDÜ ihtiyacı da manuel olarak kontrol edilemez noktaya ulaşabilmektedir. Bu tip uygulamalarda, SPDÜ içerisinde kullanılacak bir mikroişlemci/FPGA ile istenilen birimlerin uzaktan herhangi bir haberleşme ortamı üzerinden aç/kapat/reset işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

Türk Milli Hava Araçları'nın tasarımlarında yer alan Elektrik Güç Sistemi'nin amacı; güç kaynaklarından alınan elektriksel gücün kontrol edilerek gerekli birimlerin güç ihtiyaçlarını karşılamaktır. Tasarlanan uçağın kullanım tipine ve belirlenen senaryolara göre güç dağıtım otomatik ya da manuel olarak kontrol edilmektedir. Her bir konfigürasyon durumunda enerjilenen birimler görevlerinin farklı olmasından dolayı birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Güç Dağıtım Sistemleri hata durumunda güvenli bölgede kalacak şekilde koruma önlemlerini üzerinde bulundurmaktadır. Elektrik Güç Sistemi'ndeki ayrık bağımsız bara mimarisi, olası senaryolara göre güç kaynakları ile baraların birbirinden izole edilebilmesini sağlamaktadır.

Sonuç

Son dönemlerde Türkiye'de özgün olarak tasarımları gerçekleştirilen bu araçlar sadece mühendislik harikaları değil, Türkiye'nin jeopolitik stratejisinin de yeni oyuncularıdır. Dost ve müttefik ülkeler, Türk tasarımı teknolojilere ilgi göstermeye başlamıştır. Artık Türk mühendislerinin yer aldığı Türk şirketleri, bir zamanlar başkalarından satın aldıkları sistemleri geliştiriyor, hatta ihraç ediyor durumuna gelmişlerdir. Belki de en önemlisi, dünya, Türkiye'yi yeni nesil savaş teknolojilerinde bir lider olarak tanımaya başlamıştır.

Bu ilerleme, sadece bir mühendislik başarısı değil, aynı zamanda sosyolojik bir değişimin de göstergesidir. Bugün, yerli üretimin bir zorunluluk olduğu fikri, toplumun her kesimi tarafından benimsenmiş durumdadır. Savunma sanayii, artık sadece askerlerin veya mühendislerin değil, tüm ülkenin ortak meselesi haline gelmiştir. Bu bilinç, yeni nesillere aktarılan bir miras

olarak büyümeye devam ediyor. Jeopolitik anlamda da Türkiye, ürettiği yeni teknolojilerle artık daha güçlü bir şekilde söz sahibi olma yolunda ilerlemektedir. Kendi ürettiği savunma sistemleriyle, uluslararası ilişkilerde daha bağımsız hareket edebilmektedir. Çünkü teknoloji, yalnızca bir üretim meselesi değil; aynı zamanda güç, caydırıcılık ve strateji meselesidir. Savunma sanayi teknolojileri sayesinde Türkiye, bölgesinde ve ötesinde daha birçok ülkede daha aktif bir rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Ahmet Engin YILMAZ, Serkan ERDEM, Gamze MERT, 2023'e Kadar Milli Uçak Tasarımlarında Yer Alması Planlanan Elektrik Güç Sistemi Teknolojileri, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, VIII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uçay Mühendisliği Kurultayı, 22-23 Mayıs 2015 - Eskişehir
- [2] Ahmet Engin YILMAZ, Gül KARA, Bengi KOÇ, Mustafa DALDAL, Hava Aracı Elektrik Güç Sistemleri ve Ülkemizdeki Uygulamaları, III. Ulusal Havacılık ve Uçay Konferansı, Eylül 2010
- [3] Havacılık Platform Görselleri, <https://www.baykartech.com/tr/haberler/bayraktar-akinci-100-bin-ucus-saatini-asti/>
- [4] Havacılık Platform Görselleri, <https://www.tusas.com/medya-merkezi/fotograf-galerisi>
- [5] Bengi KOÇ, Uçak Elektrik Güç Sistemleri Teknolojileri ve Eğilimleri, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal kongresi, Aralık 2009, sayfa-1
- [6] Reyad Abdel-Fadil, Ahmad Eid, Mazen Abdel-Salam, Electrical Distribution Power Systems of Modern Civil Aircrafts, 2nd International Conference on Energy Systems and Technologies, Şubat 2013
- [7] MIL-STD-704E, Military Specification Aircraft Electric Power Characteristics
- [8] Overview Of AC Distribution Assemblies, <http://www.leachintl2.com/>
- [9] Overview Of DC Distribution Assemblies, <http://www.leachintl2.com/>
- [10] RTCA-DO-178B, Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification, December 1, 1992

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YENİLİKÇİ ENERJİ KAYNAKLARININ ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Emre Özbek

Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Pilotaj Bölümü
emreozbek@eskisehir.edu.tr

Giriş

Havacılık endüstrisi, tarihsel olarak fosil yakıtlara bağımlı bir sektör olmuştur. Uçakların operasyonel verimliliği ve havayolu şirketlerinin ekonomik sürekliliği, büyük ölçüde yakıt tedarikine ve fiyat dalgalanmalarına bağlıdır. Fosil yakıt rezervlerinin tükenmesi, insanlık için önemli bir sorun olarak görülmektedir [1]. Bunun yanı sıra, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonlar, iklim değişikliğini hızlandırarak sera etkisini artırmaktadır [2]. Havacılık sektörü, karbon dioksit emisyonları açısından büyük bir paydaş konumundadır.

Bu nedenlerle, biyoyakıtlar ve yakıt hücreleri, güneş panelleri gibi alternatif enerji uygulamaları, son yıllarda havacılık alanında popüler hale gelmiştir. Ancak, atmosferik koşullar ve batarya sınırları nedeniyle güneş enerjisinin yolcu uçaklarında kullanılması mevcut teknolojiyle mümkün değildir. Bununla birlikte, insansız hava araçları, genel havacılık uçakları ve bölgesel taşımacılık uçakları için alternatif yakıtlı ve elektrikli çözümler geliştirilmektedir.

Alternatif Enerji Kaynaklarının Havacılığa Uygulanmasındaki Motivasyonlar

Havacılık sektörünün alternatif enerji kaynaklarına yönelmesinin temelinde çevresel, ekonomik, düzenleyici ve teknolojik faktörler yatmaktadır.

Çevresel Faktörler: Fosil yakıt kullanımı, sera gazı emisyonlarını artırarak iklim değişikliğine neden olmaktadır. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA), karbon nötr büyümeyi sağlamak için sürdürülebilir yakıt alternatiflerine geçişin kaçınılmaz olduğunu belirtmektedir [3]. Daha düşük karbon salınımı, havacılık sektörünün çevresel sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bir adımdır.

Ekonomik Faktörler: Fosil yakıt fiyatları küresel ekonomik ve politik gelişmelere bağlı olarak dalgalanmakta ve havayolu şirketleri için büyük bir maliyet unsuru oluş-

turmaktadır. Alternatif enerji kaynakları, uzun vadede yakıt maliyetlerini azaltarak havayolu işletmeciliğini daha ekonomik hale getirebilir.

Regülasyonlar ve Politik Baskılar: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) gibi kurumlar, havacılık sektöründeki emisyonları azaltmaya yönelik katı düzenlemeler getirmektedir [4]. 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefleri, sektörün sürdürülebilir enerji çözümlerine yatırım yapmasını zorunlu kılmaktadır.

Teknolojik Gelişmeler: Son yıllarda batarya teknolojilerindeki ilerlemeler, hidrojen yakıt hücreleri ve hibrit-elektrikli tahrik sistemlerinin geliştirilmesi, havacılıkta alternatif enerji kaynaklarının daha uygulanabilir hale gelmesini sağlamaktadır. Özellikle elektrikli hava araçları, kısa ve orta mesafeli uçuşlar için giderek daha cazip hale gelmektedir.

Enerji Bağımsızlığı: Geleneksel fosil yakıtlar belirli bölgelerden temin edilmekte ve tedarik zincirlerine bağımlılık yaratmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, enerji arz güvenliğini artırarak sektörde daha bağımsız bir yakıt politikası oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

Bu motivasyonlar doğrultusunda havacılık sektörü, sürdürülebilir ve yenilikçi enerji çözümlerine yönelmekte, insansız hava araçları gibi platformlar ise bu teknolojilerin test edilmesi ve uygulanması için kritik bir rol oynamaktadır.

Havacılık Uygulamalarında Karşılaşılan Alternatif Enerji Kaynakları

Biyo yakıtlar, mevcut uçak motorlarında doğrudan kullanılacak ve fosil yakıtlara kıyasla karbon emisyonlarını azaltabilecek bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Söz konusu biyo yakıtlar, bitkisel yağ bazlı, hayvansal atıklardan ya da sentetik yollarla üretilmektedir. Bazı havayolu şirketleri, karbondioksit salınımını düşürmek

adına biyo yakıtlarla hibrit motorları test etmeye başlamıştır [5].

Güneş enerjisi de havacılık alanında önemli bir yenilik olarak görülmektedir. Güneş panelleriyle kaplanmış kanatlar sayesinde gündüz saatlerinde enerji toplanarak elektrik motorlarına güç sağlanabilir ve hatta bataryalar yardımıyla gece uçuşları için depolanabilir. Bu konsept, Solar Impulse gibi deneysel projelerde başarıyla denenmiştir [6].

Yakıt hücreleri de çevreci enerji dönüşümlerinin havacılıkta uygulanabilirliğini artıran bir diğer teknolojidir. Hidrojen bazlı yakıt hücreleri, yanma yerine elektrokimyasal bir süreçle enerji üreterek karbon emisyonlarını tamamen ortadan kaldırabilir. Airbus gibi büyük havacılık firmaları, hidrojenle çalışan uçak konseptleri üzerinde çalışmalar yürütmektedir [7].

Elektrifikasyon, havacılığın geleceğine yön veren bir diğer kritik unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha elektrikli ve tam elektrikli uçaklar, fosil yakıt tüketimini minimize ederek sıfır emisyon hedefine katkı sağlamaktadır [8]. Elektrikli motorların geleneksel içten yanmalı motorlara göre daha sessiz ve verimli olması, körfez ve şehir içi kısa mesafeli uçuşlarda önemli avantajlar sunmaktadır.

İnsansız Hava Araçlarının Alternatif Yakıt Testlerindeki Rolü

İnsansız hava araçları (İHA'lar), sürdürülebilir enerji kaynaklarının havacılık sektörüne entegrasyonu için kritik bir test platformu olarak kullanılmaktadır. Geleneksel uçaklara kıyasla daha düşük maliyetli olmaları, daha az güç tüketmeleri ve daha hafif olmaları, bu platformların yenilikçi enerji çözümlerinin denenmesinde ideal bir araç haline gelmesini sağlamaktadır.

İHA'lar, düşük maliyetli test ortamları sunarak yeni enerji sistemlerinin erken aşamada değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Büyük ticari uçaklara uygulanmadan önce, biyoyakıtlar, hidrojen yakıt hücreleri ve güneş panelleri gibi alternatif enerji kaynakları, İHA'lar üzerinde test edilerek performans ve güvenilirlik analizleri yapılmaktadır.

İHA'ların düşük güç tüketimi, yeni nesil enerji çözümlerinin uygulanabilirliğini artırmaktadır. Elektrikli ve hibrit-elektrikli sistemler, büyük yolcu uçaklarında sınırlı menzile sahip olmasına rağmen, İHA'lar için yeterli enerji sağlayabilmektedir. Bu durum, batarya teknolojilerinin sınırlarını test etmek ve hidrojen gibi alternatif yakıtların kullanım potansiyelini değerlendirmek için İHA'ları uygun bir test platformu haline getirmektedir.

İHA'ların hafif yapısı, enerji verimliliğini artırarak sürdürülebilir yakıt sistemlerinin daha etkin şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Geleneksel uçaklar, büyük yakıt kapasitelerine ihtiyaç duyarken, İHA'lar daha düşük enerji ile daha uzun süre havada kalabilmekte ve bu

sayede yeni enerji çözümlerinin performansını optimize etmek için değerli veriler sunmaktadır.

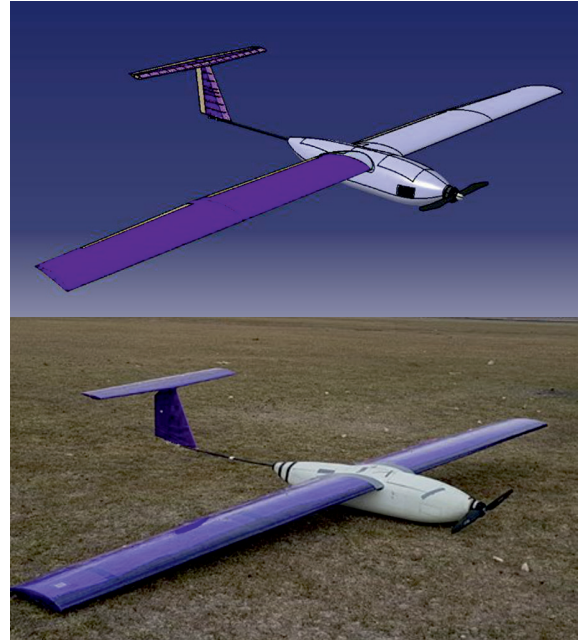
Ayrıca, İHA'ların insanlı uçuşlarda olduğu gibi can kaybı riski taşımaması, yeni enerji sistemlerinin güvenli bir şekilde test edilmesini ve olası arızaların risk oluşturmadan değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir enerji kaynaklarının havacılık sektörüne entegrasyonu sürecini hızlandırmaktadır.

İHA'lar sürdürülebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve havacılık sektörüne entegrasyonu için kritik bir rol oynamaktadır. Biyo yakıtlar, güneş enerjisi ve hidrojen yakıt hücreleri gibi alternatif enerji kaynaklarının test edilmesi ve uygulanması için uygun bir platform sunarak, havacılığın daha çevreci ve sürdürülebilir bir geleceğe yönelmesine katkı sağlamaktadır.

Eskişehir Teknik Üniversitesi'nin Alternatif Yakıtlı İHA Projeleri

Hydra – PEM Yakıt Hücreli İHA Projesi:

Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilen hidrojenli İHA projesi, sürdürülebilir havacılık çözümlerine yönelik önemli bir araştırma niteliği taşımaktadır. Çalışma kapsamında, hibrit bir tahrik sistemi (PEM fuel cell + lityum polimer batarya) ile çalışan Hydra İHA'nın tasarım felsefesi, metodolojisi ve karşılaşılan sınırlamalar detaylandırılmıştır. Ayrıca, teorik güç tüketimi tahminleri ile uçuş testlerinden elde edilen gerçek güç tüketim verileri karşılaştırılmıştır. Proje, 14 ay süren geliştirme süreci boyunca düşük maliyetli bir yaklaşımla yürütülmüştür. Uygulanan test metodolojisi sayesinde sistemin uçuş performansına ilişkin tüm önemli veriler elde edilmiştir [9].



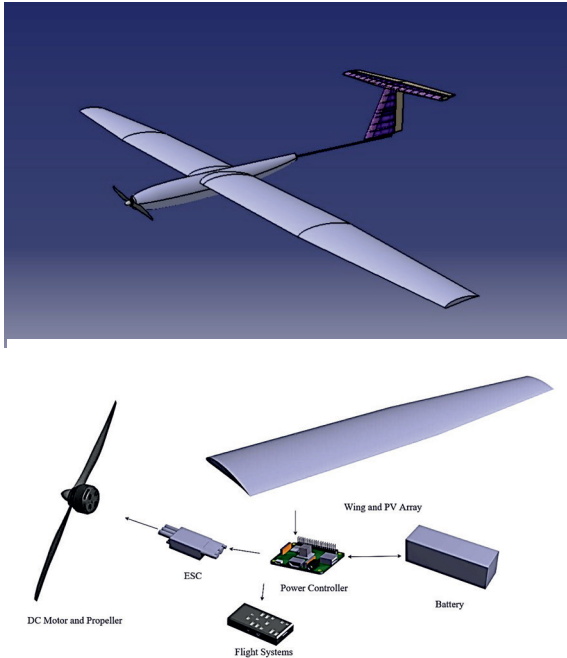
Görsel 1: Hydra Yakıt Hücreli İnsansız Hava Aracı

Gelecekte, proje kapsamındaki İHA'nın yakıt hücresi onarılacak testlerin tamamlanması ve ardından daha optimize bir gövde ve kanat tasarımına sahip "Hydra Mk.4" modelinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Yeni prototipte kapsamlı CFD analizleri, winglet tasarımları ve dinamik itki testleri gibi ileri mühendislik yöntemleri kullanılacaktır. Bu çalışma, hidrojen yakıt hücrelerinin İHA'lar üzerindeki uygulanabilirliğini ve sürdürülebilir havacılıktaki potansiyelini ortaya koyarak, benzer projeler için önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

Icarus – Güneş Panelli İHA Projesi:

Bu çalışmada, altı saat havada kalabilen güneş enerjili bir insansız hava aracının (İHA) kavramsal tasarımı gerçekleştirilmiştir [10]. Çalışma kapsamında, literatür taraması ve güç aktarma mimarisi tasarımı yapılmış, güneş panelleri, batarya ve Maksimum Güç Noktası Takibi (MPPT) bileşenleri değerlendirilmiştir. Eskişehir ili, uçuş bölgesi olarak seçilmiş ve bu bölgedeki uçuş ortamı ile güneş enerjisi verimliliği analiz edilmiştir. Aylık güneşlenme süreleri hesaplanarak İHA'nın enerji ihtiyacıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, Eskişehir'de Nisan ve Ekim ayları arasında 6 saatlik sürekli uçuş sağlanabilmekte, bu süre zarfında 1.084 m² kanat alanı ile 472.29 Wh elektrik enerjisi üretilmektedir.

Çalışma, fotovoltaik paneller ile Li-Po bataryanın hibrit bir güç sistemine entegre edilmesini içermektedir. İHA'nın enerji tüketim verileri kullanılarak PV-LiPo hibrit güç aktarma sistemi tasarlanmıştır. Tasarım sürecinde, fotovoltaik hücre seçimi, MPPT ve batarya entegrasyonu, Eskişehir'in aylık güneşlenme süresi baz alınarak yapılmıştır. Çalışmada elde edilen temel sonuçlar şunlardır:



Görsel 2: Icarus İHA ve Güç Mimarisi

Güneş ve hidrojen yakıt hücreleriyle çalışan İHA'lar benzer tasarım gereksinimlerine sahip olsa da, gövde hacmi ve hava girişi gibi spesifik tasarım farklılıkları bulunmaktadır.

Fotovoltaik hücreler, hidrojen yakıt hücreleri ve tanklarına kıyasla daha hafif bir yapı sunmaktadır.

Yakıt hücreleri, bataryasız çalışabilirken, güneş panelli İHA'larda batarya kullanımı zorunludur.

Güneş panellerinin, MPPT ve batarya sistemlerinin seçimi, uçuş bölgesinin güneşlenme süresi göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Güneş panelli İHA'ların uçuş süresi, hava koşulları ve güneşlenme süresine bağlıdır. Bu nedenle, proje kapsamında aylık güneşlenme sürelerinin detaylı analizi yapılmıştır.

Güneşlenme süresi, MPPT çıkış voltajını önemli ölçüde etkilemekte olup, sistem dinamiklerinin aylık bazda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma, güneş enerjili İHA'ların tasarımında bölgesel iklim şartlarının dikkate alınmasının önemini vurgulamakta ve güneş enerjisinin havacılıkta nasıl daha verimli kullanılabileceğine dair kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Eskişehir Teknik Üniversitesi bünyesinde faaliyet gösteren Anatolia Aero Design ekibi, farklı güç gereksinimlerine sahip 10 aktif elektrikli insansız hava aracı ile alternatif yakıtlar, hibrit itki sistemleri ve batarya teknolojilerinin test edilmesi için iş birliklerine açıktır. Bu platformlar, havacılık sektöründe sürdürülebilir enerji çözümlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sunabilecek kapasitededir.

REFERANSLAR

- [1] Shafiee S, Topal E. When will fossil fuel reserves be diminished? Energy Policy 2009;37(1):181–9. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.016>.
- [2] Wuebbles DJ, Jain AK. Concerns about climate change and the role of fossil fuel use. Fuel Processing Technology 2001;71(1-3):99–119. [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(01\)00139-4](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(01)00139-4).
- [3] Abrantes, I., Ferreira, A. F., Silva, A., & Costa, M. (2021). Sustainable aviation fuels and imminent technologies-CO2 emissions evolution towards 2050. Journal of Cleaner Production, 313, 127937.
- [4] Schmidt, L. (2023). Decarbonisation and Carbon Neutrality by Using Sustainable Aviation Fuels? A Business Case for Lufthansa (Master's thesis, Universidade Catolica Portuguesa (Portugal)).
- [5] Dong, S., Song, Z., Meng, Z., & Liu, Z. (2024). Biofuel–Electric Hybrid Aircraft Application—A Way to Reduce Carbon Emissions in Aviation. Aerospace, 11(7), 575.
- [6] Singh, R. (2019). Mini impulse solar plane for aircraft (Doctoral dissertation, College of Management and Economics Studies, UPES, Dehradun).
- [7] Champion, H. C., & Kabelac, S. (2017). Multifunctional fuel cell system for civil aircraft: Study of the cathode exhaust gas dehumidification. International Journal of Hydrogen Energy, 42(49), 29518–29531.
- [8] Ansell, P. J., & Haran, K. S. (2020). Electrified airplanes: A path to zero-emission air travel. IEEE Electrification Magazine, 8(2), 18–26.
- [9] Özbek, E., Yalin, G., Ekici, S., & Karakoc, T. H. (2020). Evaluation of design methodology, limitations, and iterations of a hydrogen fuelled hybrid fuel cell mini UAV. Energy, 213, 118757.
- [10] Turk, I., Ozbek, E., Ekici, S., & Karakoc, T. H. (2022). A conceptual design of a solar powered UAV and assessment for continental climate flight conditions. International Journal of Green Energy, 19(6), 638–648.

İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) TRAFİK YÖNETİMİNDE UZAKTAN TANIMLAMA SİSTEMLERİ: REMOTE ID'NİN ROLÜ VE GELECEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Tamer Savaş

Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Pilotaj Bölümü
tamersavas@eskisehir.edu.tr

Günümüzde insansız hava araçları (İHA) giderek yaygınlaşmakta ve hava sahasının daha verimli kullanılmasını sağlayacak çözümlere olan ihtiyaç artmaktadır. Uzaktan Tanımlama veya Uzaktan kimliklendirme olarak bilinen Remote ID, İHA uçuş operasyonlarının güvenliğini, emniyetini ve verimliliğini sağlamak için geliştirilmiş kritik bir teknolojidir. Remote ID teknolojisi, belirli sınıf ve ağırlıktaki İHA'ların kimliğini, konumunu, uçuş bilgilerini ve gerekirse daha fazla bilgileri gerçek zamanlı olarak halkın veya yetkili mercilerin erişimine olanak sağlayarak hava sahası yönetimini daha etkin hale getirir.

Bu yazımızda, Remote ID teknolojisinin işleyiş mekanizmasını, İHA trafik yönetimindeki kritik rolünü, mevcut yasal düzenlemeleri ve gelecekteki gelişim potansiyelini ele alarak, bu teknolojinin havacılık ekosistemine entegrasyonunu kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlıyoruz. Böylece, Remote ID'nin hava sahası yönetimine sağladığı katkıları ve ilerleyen süreçte nasıl şekillenebileceğini detaylı bir perspektifle ortaya koymayı hedefliyoruz.

Uzaktan Tanımlama Sistemleri (Remote ID) ve Temel Kavramlar

Temelde, uzaktan tanımlama sistemleri İHA'lar için dijital bir plaka gibidir. Remote ID'nin nihai hedefi, halkın ve otoritelerin (kolluk kuvvetleri, yerel havacılık otoriteleri, mülki idareler vb.) hava sahasını izlemesi ve yasadışı faaliyetleri cezalandırabilmesi için gerçek zamanlı tanımlama ve konum bilgisi sağlamaktır. Bu teknoloji güvenlik ve gizlilik endişelerini de ortadan kaldıracığı için halk açısından önemlidir. Remote ID, İHA uçuş operasyonlarının izlenebilirliğini sağlayarak yetkisiz ve tehlikeli uçuşları tespit etmeye yardımcı olan bir sistemdir. Bu sistemin temel bileşenleri şunlardır:

• **Doğrudan Uzaktan Kimlik Tanımlama (Direct Remote ID):** İHA'ların, Bluetooth veya Wi-Fi gibi kablosuz teknolojilerle yakın çevredeki alıcılarda kimlik ve uçuş bilgilerini paylaşmasını sağlar.

• **Ağ Tabanlı Uzaktan Kimlik Tanımlama (Network Remote ID):** İHA bilgilerinin internet veya mobil veri bağlantısı üzerinden merkezi bir veri tabanına aktarılmasına dayanır.

Bu sistemler, İHA uçuş operasyonlarının yasalara uygun bir şekilde yürütülmesini sağlarken, hava sahasındaki diğer hava araçları ve otoriteler için önemli bilgiler sunar.

Doğrudan Uzaktan Kimlik Tanımlama işlevi, genel halka ve yetkililere, yakındaki bir İHA'nın operatörünün kayıt numarasını, bir akıllı telefon gibi yaygın bir mobil cihaz kullanarak "okuma" imkânı tanır. İHA operatörlerinin doğrudan ve kolay bir şekilde tanımlanmasını sağlamak:

- Pilotun hesap verebilirliğini artırır,
- Kural ihlallerinin tespitini ve yetkililerin müdahalesini kolaylaştırır,
- Güvenlik güçlerinin potansiyel tehditleri analiz etmesine destek olur,
- Tüketiciler için kötüye kullanımını zorlaştırır,
- Vatandaşların mahremiyet haklarını korumalarına yardımcı olur.

Doğrudan Uzaktan Kimlik Tanımlama işlevi, Ağ tabanlı yöntemine kıyasla daha orantılı bir çözümdür. Çünkü operatörün kayıt numarasına erişim yalnızca İHA'nın yakın çevresindeki kişilerle sınırlıdır ve internet üzerinden herkese açık hale getirilmez.

Ağ Tabanlı Uzaktan Kimlik Tanımlama işlevi, yakın çevredeki bir gözlemcinin, İHA'nın fiziksel erişimi olmadan kimlik bilgilerini almasına olanak tanır. Bu işlem, standart mobil cihazlar ve yaygın uygulama mağazalarından indirilebilen özel yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilir.

İHA Trafik Yönetimi ve Remote ID'nin Rolü

İHA Trafik Yönetimi, İHA'ların mevcut hava sahasına entegrasyonunu sağlamak için geliştirilen bir sistem-

dir. Remote ID, bu sisteme entegre edilerek aşağıdaki konularda kritik roller üstlenmektedir:

- **Hava Sahası Entegrasyonu:** Remote ID, İHA'ların diğer hava araçlarıyla çakışmadan güvenli bir şekilde faaliyet göstermesine olanak tanır.
- **Hukuki ve Düzenleyici Uyumluluk:** Yetkililerin yasa dışı veya yetkisiz İHA operasyonlarını tespit etmesine yardımcı olur ve uçuş güvenliğini artırır.
- **Güvenlik ve Acil Durum Müdahalesi:** Yetkililer, hava sahasında bulunan İHA'ları hızlıca tanımlayarak güvenlik tehditlerine karşı önlem alabilir. Özellikle şehir hava sahasında artan İHA trafiği düşünüldüğünde, Remote ID'nin hava sahası yönetiminde merkezi bir bileşen olduğu açıkça görülmektedir.

Mevcut Düzenlemeler ve Uygulamalar

Dünya genelinde birçok havacılık otoritesi, Remote ID sistemleri üzerine çalışmakta hatta bazı ülkeler bu sistemi zorunlu hale getirmiştir. Öne çıkan düzenlemeler şunlardır:

- **ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA):** ABD'de 2021 yılında getirilen düzenlemeler, tüm ticari ve hobi amaçlı İHA uçuşlarının Remote ID ile donatılmasını zorunlu kılmıştır.
- **Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı (EASA):** Avrupa'da, belirli ağırlık ve kategoriye sahip İHA'ların Remote ID sistemine sahip olması gerekmektedir.
- **Rusya:** Rus İHA trafik yönetimi konsepti, Aeronet Ulusal Teknoloji İnisiyatifi tarafından geliştirilmektedir. Ancak, İHA uzaktan tanımlama için standartlar ve teknoloji henüz tamamlanmamıştır.
- **Çin:** Belirli ağırlık ve kategoriye sahip İHA'lar, uçuş sırasında mevcut konumlarını ve durumlarını ağ tabanlı uzaktan kimlik tanımlama sistemine benzer şekilde, bulut sistemine bildirmek amacıyla bağlantıda kalması gerekmektedir.
- **Türkiye :** İHA Takip ve Trafik Yönetim Sistemi (İHATTYS) Projesi, İHA'ların uzaktan tanımlama sistemleriyle entegrasyonunu içeren bir çalışma olarak yürütülmektedir. Proje kapsamında, erişilebilir, maliyet

etkin, verimli, emniyetli, çevre dostu ve dijital bir yaklaşım benimsenerek İHA'ların mevcut hava sahasına entegrasyonu hedeflenmektedir. İHATTYS, ülkemizdeki tüm İHA operasyonlarının, İHA'lara ek bir donanım gerektirmeden, SHGM tarafından güvenli ve etkin bir şekilde yönetilmesini amaçlamaktadır.

Gelecek Beklentileri ve Karşılaşılan Zorluklar

İHA'ların uzaktan tanımlama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması, bazı teknik ve hukuki zorluklarla karşı karşıyadır. Bunlar arasında şunlar bulunmaktadır:

- **Veri Güvenliği ve Gizlilik:** Remote ID sistemlerinin, İHA operatörlerinin kimlik ve konum bilgilerini yayması nedeniyle gizlilik endişeleri doğmaktadır. Bu verilerin yetkisiz erişimlerden korunması kritik önem taşımaktadır.
- **Regülasyon Eksiklikleri:** Farklı ülkelerdeki düzenleyici çerçeveler arasında uyum sağlanması gerekmektedir. Global ölçekte standart bir sistem oluşturulması, hava sahası yönetimini daha etkili hale getirebilir.
- **Teknolojik Gelişimler:** Yapay zekâ destekli trafik yönetim sistemleri, blok zincir tabanlı kimliklendirme çözümleri ve gelişmiş veri şifreleme yöntemleri, gelecekte Remote ID'nin daha güvenilir ve etkin hale getirilmesine katkı sağlayacaktır.

Remote ID teknolojisi, İHA trafik yönetimi için kritik bir araç olup, hava sahasının daha güvenli, emniyetli ve düzenli kullanılmasını sağlamaktadır. Ancak bu sistemlerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için hem teknolojik gelişmelere hem de hukuki çerçevelere yönelik sürekli iyileştirmeler gerekmektedir.

Gelecekte, yapay zeka destekli çözümler ve daha güvenli veri yönetimi sistemleri ile Remote ID'nin etkinliği artırılabilir. Aynı zamanda uluslararası işbirlikleri sayesinde regülasyonların daha tutarlı hale getirilmesi, İHA uçuş operasyonlarının daha sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Bu bağlamda, Remote ID sistemlerinin gelişimini yakından takip etmek, havacılık sektöründeki tüm paydaşlar için büyük önem taşımaktadır.



SERMAYENİN KANATLARI GÖKYÜZÜNÜ BÖLÜŞÜRKEN

Doğukan Yurttaş
Elektrik Mühendisleri Odası Müdürü
dogukan.yurttas@emo.org.tr

Aviyonik Sistemler, Sermaye Birikimi ve Savaşın Yeni Yüzü

Günümüzde sadece yeryüzünün değil, gökyüzünün de egemenliği bir savaş alanı hâline geldi. İlk olarak 1792’de Fransız Devrim Savaşları’nda keşif balonlarıyla başlayan bu dönüşüm, günümüzde insansız hava araçları, uydu bağlantılı sistemler, yapay zekâ tabanlı komuta-kontrol ağları ile devam ediyor. Savaş, artık aviyonik teknolojilerle havada süren sürekli bir gözetim ve müdahale pratiğine dönüşmüştür. Bu dönüşümün teknik boyutları kadar ekonomik boyutu da dikkat çekicidir. 2023 itibarıyla küresel savunma ve havacılık sektörünün cirosu 829 milyar dolara ulaşmış [1]; sadece savunma şirketleri değil, aviyonik alt sistem üreticileri de bu yükselen piyasada önemli paylar edinmiştir. Türkiye de bu büyüme dalgasına entegre olmuş ve aynı yıl sektör cirosunu 15 milyar dolara çıkararak [2] dünyadaki savunma ihracatçıları arasında ilk 12’ye yaklaşmıştır.

Ancak bu dönüşüm salt teknolojik gelişimin bir sonucu değildir. Aviyonik teknolojilerin gelişimi-üretimi-ihracatı, teknik imkanlarla beraber sermaye birikimi süreçlerinin, devlet politikalarının ve sınıfsal çatışmaların etkisiyle şekillenmektedir. Bu çerçevede aviyonik sistemlerin sermaye için kâr, devlet için tahakküm, egemen sınıflar için stratejik üstünlük sağlayan birer düzen olarak nitelendirilmesi mümkündür.

Aviyonik sistemler; uçuş kontrol bilgisayarları, silah yönetim sistemleri, elektro-optik ekipmanlar, radarlar, haberleşme modülleri gibi bileşenlerden oluşan bir bütündür. Her bir bileşen ise binlerce mühendisin yarattığı birikimin sonucudur. Bu bileşenler yalnızca etkinlik ya da güvenlik değil; egemenliğin mekânsal ölçeğini büyütmek, gözetimi yaygınlaştırmak gibi fonksiyonlara da sahiptir. Bu bağlamda, aviyonik sistemlerin sadece mühendislik harikaları değil; kapitalist üretim tarzının savaş mekanizmasına entegre edilmiş bileşenleri olarak değerlendirilmesi gerekir.

Nitekim bu sistemlerin araştırma-geliştirme aşamaları çoğu zaman kamu kaynaklarıyla finanse edilirken; üretim, ticarileştirme ve ihracat süreçleri özel sermayeye açılmaktadır. Lockheed Martin, BAE Systems, Raytheon Technologies gibi dev savunma şirketlerinin bilanço büyüklükleri, aviyonik alt sistemlerdeki bu kâr aktarımının doğrudan sonucudur.

Aviyonik sistemlerin aynı zamanda savaşın doğasını da dönüştürdüğü bir gerçekliktir. Pilotların operatörlere, askerlerin teknik elemanlara evrildiği bu dönüşüm, ölüm kararının merkezileşmesi ve sorumluluğun ortadan kaldırılması anlamına da geliyor. Kimi zaman operatör gözlemi/kararı dahi olmadan algoritmalar aracılığıyla bu kararlar verilebiliyor. Bu yüzden aviyonik sistemler, sadece savaş teknolojisi değil; siyasi tercihleri teknik karara dönüştüren araçlardır.

Sonuç olarak günümüzde gökyüzü; aviyonik sistem teknolojisindeki gelişmelerle beraber yalnızca radar dalgalarıyla değil; sınıf ilişkileriyle, ideolojik kodlarla ve ekonomik çıkarlarla da örülüdür.

Aviyonik Teknolojilerde Askeri-Sanayi Kompleksin Anatomisi

Aviyonik sistemler, savaş teknolojisinin bilgi ve sermaye yoğun bileşenlerini oluşturur. Her bir alt bileşen, çok katmanlı bir üretim ve tedarik ağının parçasıdır. Bu karmaşık ağ, basit bir teknik iş bölümü yapılanması değil aynı zamanda ekonomik ve politik bir iktidar yapılanmasıdır. Türkiye’de savunma sanayiiindeki tedarik zincirlerinin çoğu, sadece verimlilik ya da teknik yeterliliğe değil; şirketin siyasi bağlantılarına ve medyada yaratılan imajlara göre yapılandırılmaktadır. Bu nedenle KOBİ’lerin sisteme entegrasyonu bir tür itaat ve sadakat testi hâline gelmektedir.

ABD merkezli Lockheed Martin’in F-35 savaş uçağı programı, bu bütünleşmenin en sembolik örneklerinden biridir. F-35’in aviyonik sistemlerinin Ar-Ge aşamaları başta DARPA olmak üzere kamu kurum-

ları tarafından finanse edilirken; üretim ve dağıtım süreçleri Lockheed Martin ve türlü alt yüklenicileri tarafından üstlenilmiş, ortaya çıkan teknolojiler sivil pazarlarda da ticarileştirilmiştir. Böylece kamusal kaynakla üretilen teknoloji, özel sermaye için birikim aracı haline getirilmiştir. Bu model Türkiye’de de benzer bir şekilde ilerlemektedir.

Raytheon Technologies, Northrop Grumman, BAE Systems gibi büyük küresel savunma şirketleri, benzer şekillerde devlet destekli altyapı ve araştırma programlarına dâhil olmuş durumdadır. Bununla beraber, bahse konu şirketler, devletler için basit birer ürün tedarikçisi olmanın ötesinde; dış politika, askerî savunma doktrinleri ve savaş kabiliyetlerini belirleyen kurumsal ortaklar hâline gelmiştir.

Sonuç olarak; savaşın teknolojik yüzü, aslında ekonomik bir ajandanın görünen yüzüdür.

Yüksek teknoloji ile anılan bu şirketler aracılığıyla sağlanan teknolojik gelişim, serbest piyasa rekabetiyle değil; politik fonlama öncelikleriyle şekillenmektedir. Örneğin, ABD’de FY2023 savunma bütçesinde sadece aviyonik modernizasyon projeleri için ayrılan kaynak 8 milyar doların üzerindedir. Avrupa’da ise kimi şirketler, AB’nin PESCO ve EDF projeleri kapsamında milyarlarca dolarlık destekle fonlanmaktadır.

Bununla beraber, teknolojik ilerleme; sermaye yoğun ve yüksek kâr getiren bileşen ve segmentlerde yoğunlaşırken, üretimin emek yoğun kısımları daha düşük ücretli emekçilerin yoğunlaştığı taşeron firmalara aktarılır. Örneğin, ROKETSAN 2020’de 37 farklı ilde yerleşik 1.710 tedarikçi ile çalışmıştır [3]. Benzer bir durumu ASELSAN üzerinde de görmek mümkündür. ASELSAN, 2024 yılının ilk on ayında 3.200 KOBİ’den 1,6 milyar dolarlık sipariş vermiştir [4].

Aviyonik sistemler de tıpkı diğer teknolojik alanlar gibi yalnızca teknik işlevler değil, siyasal tercihlerle de şekillenir. Kimlerin izleneceği, hangi sinyallerin öncelikli olacağı, hangi bölgelerin ya da davranışların tehdit olarak tanımlanacağı gibi algoritmik kararlar; mühendislik ilkeleriyle değil, siyasal tercihlerle alınır. Dolayısıyla bu sistemlerin teknik kurgusu, aynı zamanda ideolojik bir kurgudur.

Örneğin, elektro-optik izleme sistemleri sadece sensör doğruluklarıyla değil, “tehdit tanımlama” algoritmalarıyla da değerlendirilir. Bu algoritmalar, çoğu zaman işgal altındaki bölgelerdeki sivil hareketliliği düşman unsuru olarak kodlar. Aynı biçimde, kimi ürünler “dost-düşman tanımlama” sistemleriyle birlikte entegre edilir; böylece uluslararası askerî-politik ittifaklar aynı zamanda teknik birer protokole dönüşür.

Uzaktan Savaş, Otonomi ve Gözetim Biçimi Olarak Aviyonik

Günümüz savaşlarının ayırt edici özelliklerinden biri, fizikî yakın temasın giderek ortadan kalkmasıdır. Uzaktan savaş olarak da tariflenen bu durum, yalnızca mekânsal bir uzaklık değil; aynı zamanda sorumluluğun, ölümün ve kararın merkezileştiği, toplumsal olarak dağıtıldığı yeni bir savaş rejimini temsil eder. Bu rejimin temel teknolojik altyapısını ise aviyonik sistemler oluşturur. Özellikle insansız hava araçları (İHA/SİHA) aracılığıyla yürütülen operasyonlar, yalnızca gözetim değil, aynı zamanda nokta atışla imha kabiliyetlerini birleştiren komuta-temelli öldürme düzenekleri hâline gelmiştir.

SİHA’ların taşıdığı elektro-optik sistemler, yapay zekâ destekli hedef tanıma algoritmaları, sinyal istihbaratı modülleri ve radar entegre çözümler; artık insan operatörün kararını değil, veri akışının belirlediği bir otomatikleştirilmiş savaş düzenini temsil etmektedir. Örneğin, ASELSAN tarafından geliştirilen CATS ve ASELFLIR sistemleri, hedef tespiti ve takibini insandan bağımsızlaştırmakta; operatör yalnızca onay pozisyonuna indirgenmektedir. Yapay zekâ destekli karar verme uygulamaları geliştiren Palantir isimli şirket, 2024 yılında %59 kârlılıkla bu sürecin “yapay zekâ ordusuna” dönüşümünü temsil etmektedir [5].

Bu sistemler, yalnızca düşman askerî unsurlarını değil; sivilleri, toplumsal direnişi, altyapıları ve ticari faaliyetleri de gözlemlemekte/hedef almakta ve büyük veri analitiği üzerinden hedefleme örüntüleri oluşturmaktadır. Bu çerçeve ile aviyonik sistemler, yalnızca savaş aracı değil; sömürge sonrası dünya düzeninin idame ettiricisi haline gelir.

“Lethal Autonomous Weapon Systems” olarak adlandırılan sistemler, giderek karar verme yetisini insandan bütünüyle alıp makinaya devretme aşamasına yaklaşıyor. Bu durum, askerî karar alma süreçlerinde etik yol ayrımaları yaratmakla kalmıyor; aynı zamanda savaşın sınıfsal doğasını daha da görünmez kılıyor.

Bu düzende, savaşın yükünü taşıyanlar artık sahada olanlar değil; bu teknolojilerin arkasındaki teknik çalışanlar, algoritma yazarları ve mühendislerdir. Mühendis, teknik personel, taşeron işçi ve yazılım geliştiriciler farklı düzeylerde sömürülürken, karar verme erki ise devletin güvenlik bürokrasisinde ve sermaye-devlet bileşkesinde toplanmaktadır.

Aviyonik sistemlerin sunduğu diğer bir kritik imkân ise sürekli ve çok yönlü bir gözetimdir. Bu sistemler yalnızca askerî amaçlarla değil; şehir içi gözetim, sınır kontrolü, toplumsal olayların izlenmesi, trafik denetimleri gibi iç güvenlik alanlarında da kullanılır.

maktadır. Böylece savaş teknolojileri, gündelik yaşamın disiplin mekanizmalarına entegre edilmektedir. Bu durum, panoptik gözetim rejimini 21. yüzyılda uçan optiklerle yeniden üretmektedir.

Türkiye’de Aviyonik Sistemler ve Sermaye Birikiminin Dinamiği

Türkiye’nin savunma sanayiinde son yirmi yılda yaşanan dikkat çekici dönüşümün temel iddialarından biri, aviyonik sistemlerde yerleşmedir. Bayraktar TB2, Akıncı, Anka, Kaan gibi platformlar, yalnızca uçak ya da insansız hava aracı olarak değil; yüksek katma değerli birikim alanları olarak da sunulmaktadır. Ancak bu teknolojilerin üretimi, pazarlanması ve politikleştirilmesi süreci, yalnızca teknik bir ilerleme değil, aynı zamanda sermaye birikiminin askerleşmiş bir formudur.

Bugün Türkiye’de aviyonik sistemlerin üretiminde doğrudan ya da dolaylı olarak rol alan aktörler, dört katmanlı bir yapıdadır. Savunma Sanayii Başkanlığı’nın 2024-2028 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı’nda da benzer bir katmanlı yapı “Savunma Sanayii Piramidi” olarak tariflenmiştir.

Birinci katmanda, kamu eliyle millî güvenliği teknolojik olarak desteklemek amacıyla kurulmuş ASELSAN, TUSAŞ, HAVELSAN gibi büyük kamu kontrollü şirketler yer alır. Ar-Ge, entegrasyon, yüksek katma değerli tasarım ağırlıklı olarak bu kurumlar eliyle yürütülür. Bu yapı, klasik anlamda devlet kapitalizmine yakınsa da son on yılda özel sektörle kurulan yeni ilişkilerle yarı-özerk bir sermaye sınıfının oluşmasına da zemin hazırlamıştır. Bunun da ötesinde, örneğin ASELSAN, halka açık yapısıyla kâr maksimizasyonunu hedefleyen bir anonim şirkettir. Aynı anda hem bir millî güvenlik kurumu hem de borsa yatırımcısı

memnuniyetine odaklı bir sermaye işletmesi olarak değerlendirilebilir.

İkinci katmanda ise Baykar gibi özel ama politik olarak ayrıcalıklı şirketler bulunur. İHA/SİHA sistemlerinin yükselişinde bu yapı öne çıkmıştır. Bu katman, aile bağları ve iktidar ilişkileriyle büyüyen, devlete yakın sermaye gruplarının simgesidir.

Üçüncü katmanda ise KOBİ’ler, taşeron firmalar ve tedarikçiler yer almaktadır. Elektronik devre üretiminden kablo montajına, test simülasyonlarından alt parça teminine kadar geniş bir alanda bu şirketler faaliyet yürütür.

Dördüncü katmanda ise ekosistemin ihtiyaç duyduğu Ar-Ge çalışmalarını yürütmek üzere üniversiteler ve araştırma kuruluşları yer almaktadır.

“Yerleşme” söylemi, Türkiye savunma sanayiinin AKP’li yıllar içerisinde ana ideolojik kurgularından biridir. Özellikle aviyonik sistemler gibi dışa bağımlılığı yüksek alanlarda bu söylem, teknik ilerlemenin ötesinde politik meşruiyet inşasına hizmet eder.

Savunma Sanayii Başkanlığı tarafından hazırlanan 2024-2028 Stratejik Planı’nda, savunma sanayiinde yerlilik oranının %85’e çıkarılması hedeflenmektedir. Bu oran, teknik bir parametre gibi sunulsa da nitel içerikten yoksundur. Hangi parçalar, hangi teknolojik derinlikte, hangi üretim düzeyinde yerleşmektedir? “Yerli üretim” genellikle nihai ürün düzeyinde tanımlanmakta, ancak bu ürünlerin kritik alt bileşenleri veya yazılımları hesaba katılmamaktadır.

Elektro-optik hedefleme sistemleri: Ana gövde ve optik düzenekler ASELSAN tarafından üretilse de IR dedektörler, soğutucular ve bazı lens bileşenleri hâlâ ithal edilmektedir.



Savunma Sanayii Piramidi

2024-2028 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dokümanı’nda yer alan Savunma Sanayii Piramidi

Radar sistemleri: AESA radar prototipleri yerli olarak geliştirilmektedir, ancak yüksek frekanslı modüller, GaN/GaAs tabanlı çipler ve aktif faz dizinleri gibi alt sistemlerde dışa bağımlılık sürmektedir.

Navigasyon çözümleri (IMU, GNSS entegrasyonu): Türkiye’de kuvars kristal tabanlı yüksek hassasiyetli IMU üretimi yoktur. ASELSAN ve TÜBİTAK projeleri devam etse de temel birim ithal edilmektedir.

Gömülü yazılım ve AI algoritmaları: Hedef tanıma, sinyal işleme, sensör füzyonu gibi alanlarda kullanılan yazılım kütüphaneleri sıklıkla ithal özel çözümlere dayanmaktadır.

Bu gerçeklikler, yerleşme iddiasını hem teknik hem de politik açıdan sorunlu hâle getirir. Çünkü üretimin esas değeri, yalnızca montaj ya da entegrasyon sürecinde değil; mühendislik tasarımı, malzeme bilimi ve algoritmik denetim gibi stratejik alanlardadır.

Dolayısıyla “yerli ve millî” söylemi, teknoloji aktarımı, lisanslama ve dış bağımlılıkla sürdürülen bir yapının ideolojik perdesi hâline gelmektedir.

Türkiye’nin savunma sanayii ihracatı, 2023’te 5,5 milyar dolar seviyesine ulaşmış ve bu tutarın neredeyse %60’ını havacılık ve aviyonik temelli ürünler oluşturmuştur [6]. Baykar Bayraktar TB2 ve Akıncı gibi ürünler 30’dan fazla ülkeye satılmıştır. Ancak bu anlaşmalar, genellikle politik ve askerî iş birliği ve karşılıklı olarak verilen stratejik ödünlerle gerçekleşmektedir. Katar’a yapılan satışlar karşılığında askerî üs hakkı, Somali’ye yapılan satışlar karşılığında deniz kuvvetleri eğitimi gibi karşılıklı tavizler, bu ilişkinin temelidir.

İhracat başarısı, burada yalnızca döviz kazancı değil; bir hegemonya kurma, müdahale kabiliyeti yaratma ve siyasi yakınlık üretme aracıdır. Yani teknolojinin taşınması, yalnızca ekonomik değil; politik nüfuzun derinleşmesiyle birlikte yürütülmektedir.

Sonuç

Aviyonik sistemler, yalnızca birer mühendislik ürünü değildir. Her bir radar, her bir elektro-optik kamera, her bir hedefleme algoritması; üretim sürecine gömülü teknik bilgi kadar, siyasal tercihlere ve ekonomik çıkar ilişkilerine de tâbidir. Bu teknolojiler sadece savaş araçlarını donatmaz; aynı zamanda sermayeye birikim zemini, devlete kontrol aygıtı, egemen sınıflara da stratejik avantaj sağlar. Türkiye örneği, bu durumu çarpıcı biçimde ortaya koymaktadır. Savunma sanayiindeki “yerli ve millî” söylemi, bir yandan yüksek teknolojiye erişimi simgelerken, diğer yandan kamu kaynaklarının sınırlı şirketlere tahsisini, Ar-Ge çalışmalarının özel kâr amaçlı ticarileştirilmesini perdeler. Yerleşme iddiası, çoğu zaman sistem bütününe değil, yalnızca nihai ürüne bakılarak ilan edilir.

Bugün gökyüzü; ölüm kararlarının, gözetlemenin ve sermaye birikiminin bir mekânı haline gelmiştir. Üretici ülkeler açısından stratejik bağımsızlık, kullanıcı ülkeler açısından tam bağımlılık; siviller için ise gözetim ve baskı anlamına gelmektedir. Teknoloji seviyesi yükseldikçe eşitsizliğin derinliği de yükselmektedir.

Bu karanlık tabloya rağmen, teknolojiye karşı mücadele yerine teknolojiyi “emekçi halkın hizmetine sunma” mücadelesi mümkündür. Savaş için değil, kamu yararı için geliştirilen sensör sistemleri; gözetim değil, afet izleme ve erken uyarı sistemleri; ölüm değil, yaşamı organize eden ağlar kurulabilir.

Sonuç olarak, gökyüzü ne şirketlerin ne savaş makinelerinin ne de onların hizmetinde çalışan devlet aygıtlarının tekeline bırakılmalıdır. Gökyüzü; izleme değil özgürlük, hedefleme değil eşitlik, savaş değil barış için kullanılacaksa, bunun yolu teknolojiyi halk için yeniden düşünmekle mümkündür.

Kaynakça

- [1] PwC. (2024). Global Aerospace and Defense Industry Performance and Outlook 2024.
- [2] SASAD. (2024). 2023 Savunma ve Havacılık Sanayii Performans Raporu. Savunma ve Havacılık Sanayii İmalatçılar Derneği Yayını.
- [3] Hürriyet Gazetesi, Savunma Sanayisine TÜBİTAK’tan 5 Milyar TL Destek, 21 Ocak 2021
- [4] Anadolu Ajansı, ASELSAN, 10 ayda KOBİ’lere 1,6 milyar dolarlık sipariş verdi, 17 Ekim 2024
- [5] PwC. (2024). Global Aerospace and Defense Industry Performance and Outlook 2024.
- [6] SASAD. (2024). 2023 Savunma ve Havacılık Sanayii Performans Raporu. Savunma ve Havacılık Sanayii İmalatçılar Derneği Yayını.

5G ve Ötesi: Devrime Kalkışıp Evrime Razı Olmak

İlhan Bağören
Ilhan.Bagoren@telenity.com

5G, ya da beşinci nesil kablosuz ağ çalışmaları 2010'lar-
dan itibaren dünyayı değiştirme iddiası ile başladı, ama
bu başlangıçtan 10-15 yıl, ilk kullanımdan 5 yıl sonra,
5G bakıldığında, dünyayı değiştirmekten çok sonraki
nesil için bir geçiş teknolojisi olarak değerlendirmek
daha uygun gibi.

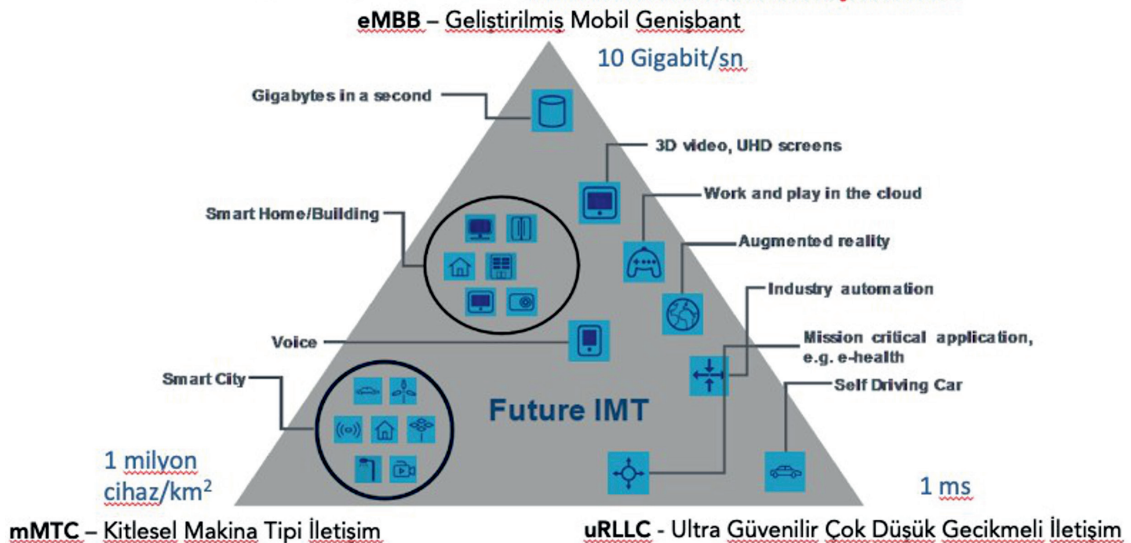
5G, önceki nesillerdeki gibi “haberleşme” standardı
değil, bir endüstri standardı olması amacıyla tasarlan-
mıştı. Önceki nesillerde beklentiler mobil işletmeciler
ve üreticiler tarafından belirlenir, tüketici ve endüstri
için ayırım yapılmazken, 5G için çalışmalara bütün
endüstrilerden temsilcilerin 2030 yılına kadar hangi
uygulamaları öngördükleri ve bu uygulamalar için
haberleşme teknolojilerinden beklentileri toplanarak
başlandı ve ITU (International Telecommunications
Union) bu “kullanım senaryoları”nı IMT 2020 adlı bel-
gede teknik gereksinimlere dönüştürdü. Bu çalışmanın
sonuçları 5G ile anılan en popüler görsel olan üçgenle
görselleştirildi.

Bu üçgenin üç köşesi, IMT 2020 gereksinimleri ara-
sında 5G'yi tanımlayan en önemli teknik özellikleri,
taşıyıcı kolonları temsil ediyor. Üstteki köşe Geliştiril-
miş Mobil Genişband (Enhanced Mobile Broadband
– eMBB), 4G'deki 100 Mb/s'e varan veri hızı yerine 10
Gb/s hızını hedefliyordu. Bu hızla filmleri indirmek

saniyelere incek, çok oyunculu oyunlar, çok merkez-
den katılımla müzik kaydı, hologram gibi uygulamalar
mümkün olacaktı. eMBB, üç köşe ya da kolon arasında
4G'deki tüketiciye yönelik özelliklerin doğal devamı
olabilecek tek kolon. Diğerleri, tüketiciden çok endü-
striyel kullanıma yönelik: Kitlesel Makine Tipi İletişim
(Massive Machine-Type Communications – mMTC),
1 kilometre karede 1 milyon nesnelerin interneti için
kullanılabilecek cihaza hizmet vermeyi öngörüyor.
4G'de bu sayı bin ile limitliydi. Bu özellik, akıllı ev ya
da şehirler, tarım, sağlık uygulamaları için önemli ve
gerekli. Ultra Güvenilir Çok Düşük Gecikmeli İleti-
şim (Ultra-Reliable Low Latency Communications –
uRLLC) ise öncelikle 5G ağına iletilen herhangi bir
verinin muhakkak olarak alıcısına iletebileceği ve 1 ms
seviyelerine kadar gecikme garantisi verilebileceğini
öngörüyor. Bu konuda 4G'nin ne iletme garantisi, ne
de maksimum süre belirleyebilme özelliği vardı, “best
effort” denilen elden gelenin en iyisini yapmaya çalışır,
genelde de gecikmeler en az 40ms-1s arasında olurdu.
Bu özellik de sürücüsüz arabalar, uzaktan tıbbi operas-
yonlar gibi hayati uygulamalar için geçerli.

5G'nin üstte bahsedilen üç kolonla ifade edilen temel
teknik özelliklerin yanında getirmeyi vadettiği 4G ile
karşılaştırıldığında “çağ atlamak” olarak nitelenebilecek
özellikleri yandaki sayfada listelenmiştir.

IMT 2020 - 5G Kullanım Senaryoları



İlk Sürümdeki (Release 15) Temel Özellikler

Çok sayıda anten (256x256'ya kadar MIMO) ile hüzmleme (beamforming) kullanılarak kapsama alanının erişilen çok sayıda cihazın konumuna göre değiştirilebilmesi mümkün. Bu sayede güç ve enerji verimliliği sağlanabilecek.

5G hızı ve hüzmleme yeteneği ile, fiber bağlantılarla rekabet edecek sabit kablosuz genişbant bağlantısı (Fixed Wireless Access – FWA) sağlamak mümkün oldu.

Mobil işletmecileri radyo şebekesini az sayıda büyük üreticilerden tek bir parça olarak almaya zorlayan kapalı mimari yerine, yazılım temelli açık standartlara dayanan yapı getirilerek çok sayıda üreticinin oyuna girmesi sağlandı. Birçok mobil işletmeci açık kaynaklara ve standartlara dayanan radyo şebekesi (OpenRAN) gibi ürünler kullanmaya başlayarak bu konudaki tekeli kırdılar. Bu da bazı parçalarda yerli üreticilerimizin de rekabetçi olabileceği bir ticari ortam sağladı.

Geçmişte kullandıkları ürünlerin sürümelerini bir ya da iki senede yenileyen, bu modele yönelik olarak da aylarca süren testler yaptıran mobil işletmeciler, çok daha düşük gider yapısı ile gelirlerini ellerinden alan Apple, Google, Facebook, Whatsapp gibi Tepeden İnme (Over The Top – OTT) uygulamalarla rekabet edebilmek için onların günde binlerce sürüm yayımlamalarını sağlayan sürekli entegrasyon/sürekli dağıtım (Continous Integration/Continous Delivery- CI/CD) metodolojisini destekleyen mikroservis yapısına benzer Servis Bazlı Mimari (Service Based Architecture – SBA) yazılım standardı getirildi. Bu mimari, geçmişte bir-biri ile uyumsuz fiziksel sistemlerden oluşan ürün ve uygulamalar yerine bulut, sanallaştırma, orkestrasyon gibi modern teknikleri de kullanabilir hale geldi, AI kullanılarak otomasyon mümkün oldu.

5G öncesi başlayan ama 5G uygulamalarının fizibilitesi için hayati önemdeki Sınır Bilişim (Edge Computing), özellikle uRLLC gereksinimlerini (1 ms gecikme) sağlayabilecek, ayrıca radyo şebekesinin dağıtık yapısını destekleyecek yapı olarak standartlara girdi.

5G'nin gerektirdiği büyük yatırımın fizibilitesini sağlayacak iş uygulamalarının kolaylıkla geliştirilebilmesi için çok zengin bir uygulama arayüz platformu (Application Programming Interface – API) geliştirildi.

Güvenlik güçleri ve kritik milli altyapılarca kullanılabilecek Kritik Görev Ağları (Mission Critical Networks) desteği getirildi. Böylece, asker ya da polis bir elinde ticari cep telefonu, diğer elinde güvenli el telefonu ya da telsiz kullanmak zorunda kalmayacak.

Geçmiş nesillerde frekans tahsisi sadece mobil işletmecilere yapılırken, 5G ile birlikte fabrikalar, büyük işletmeler “Özel 5G” adı altında kendi şebekelerini kurup işletebilecekler. 5G'nin bu işletmelerde daha önce kullanılan wifi ya da kablolu olarak bağımsız çalışan sistemleri gerçek zamanlı ve güvenli olarak tek bir sistem olarak çalıştırabilmeleri otomasyonda yeni bir çağ açacak.

Sonraki Özellikler (Release 16-17)

Kitlesel Makine Tipi İletişim (mMTC) ve Ultra Güvenilir Çok Düşük Gecikmeli İletişim (uRLLC)

3 köşe/kolondaki özelliklerin çeşitli değer ve kombinasyonlarının ticari olarak birer sanal ağ gibi satılabilmesini sağlayacak Ağ Dilimleme (Network Slicing) özelliği. Böylece eMBB, mMTC ve uRLLC'nin değerlerinin sırasıyla, mesela oyun için 1 Gb/s, 1.000 cihaz/km2 ve 50 ms garantisi olan Bronz Paket, 5 Gb/s, 2.000/km2 cihaz ve 10 ms garantisi olan Gümüş Paket, 10 Gb/s, 5.000/km2 ve 1 ms garantisi olan Altın Paket, birer oyuncuya veya oyunculara satış yapacak toptancılara satılabilecek. Tarım ya da evdeki sayaçların okunmasına yönelik uygulamalar için daha fazla cihaz, ama daha düşük hız ve iddialı olmayan gecikme sürelerinden dilim paketleri tanımlanabilecek. Benzer şekilde otonom araçlar, sağlık uygulamaları için de çeşitli dilimler tanımlanması ile bu dikey sektörler uzmanlaşmış “Sanal Operatörlük” iş modelleri mümkün olacak.

Nesnelerin interneti alanında kritik görevlerde yüksek performans bekleyen uygulamalarla düşük komplekslikle düşük pil ömrü gerektiren uygulamaların arasında giyilebilir ya da endüstriyel sensörler gibi orta-seviyeli gereksinimleri olan çok sayıda uygulamada 5G'yi rekabetçi yapabilmek için standartların üç kolonun ortası için optimize edilmiş hali Azaltılmış Kapasite (Reduced Capability - RedCap) olarak adlandırılmış bir alt-standart getirildi.

Geçmişte uçlardaki trafiği merkeze taşımak için fiber ya da radyolinklere ucuz ama düşük kaliteli alternatif olarak kullanılan uydular (Non-Terrestrial Networks – NTN), 5G ile birlikte alternatif erişim teknolojisi olarak da kullanılmaya başladı. Özellikle alçak yörüngede düşük gecikme ile hizmet verebilen LEO uydular, 5G operatörlerine tamamlayıcı olabilecekler. Bu uydular kendi yörüngelerinde döndüğü için, günde bir defa erişimin uygun olduğu uygulamalar dışında ülke bazlı olarak uygun değil, Starlink gibi küresel kapsam gerekiyor.

Otomobillerin diğer otomobillerle, yaya ve bisikletlilerle, yol altyapısıyla ve mobil ağ ile iletişimini düzenleyen C-V2X standartları ile daha güvenli trafik, daha verimli kullanım ve sürücüsüz araçlar mümkün olacak.

5G Advanced Özellikleri (Release 18 ve Ötesi, 6G'ye Geçiş)

Nesnelerin interneti uygulamalarında en basit ve küçük cihazlarda LoRa gibi teknolojilerle rekabet edebilmek için geliştirilen, enerjisini çevreden sağlayan ve basitleştirilmiş standart ve minimum enerji ile ağa bağlanabilen pasif cihazlar (Passive IoT) desteklenecek.

Algılama ile iletişim teknolojilerinin (Integrated Sensor and Communication – ISAC) gittikçe yakınsaması sonucu tek bir altyapı cihazının her iki hizmeti hem daha yüksek performansla hem de daha uygun maliyetle verebilmesi ile çeşitli yeni endüstriyel uygulamalar mümkün olacak.

Dünyada 5G Kullanımı

5G ile hayata geçirilecek uygulamalara yönelik ticarileşme çalışmaları çok büyük yatırım ve emek gerektireceği için, standartları geliştiren 3GPP kuruluşu, standartları 1-2 sene arayla yayımlanacak 3 ayrı sürümle (Release 15, 16 ve 17) yayımlamayı planladı. Daha önceki nesiller gibi 10 senelik bir zaman diliminde aktif olması gereken 5G'nin ilk sürümü olan Release 15'in "erken yayını" 2017'de, tam yayını 2018'de yapıldı ve 2020'de ticari kullanıma başlandı.

Bu ilk sürüm, küçük yatırımla kısa vadede 5G'yi hızla yaymayı planlayarak geliştirildiyse de ardından gelen küresel krizle birlikte bugün varılan hayal kırıklığının temelini oluşturdu: Modern mobil şebekelerde yapıyı oluşturan iki ana bileşen var: merkezi bir yazılımdan oluşan çekirdek şebeke ve baz istasyonlarını içeren ve dağıtılmış olan radyo şebekesi. 5G'de bu iki bileşen 4G'ye göre tamamen farklı olduğu ve ilk yatırımın çok yüksek olacağı öngörülerek bir uzun vade, bir de ara geçiş formülü tanımlandı: 5G'ye özgü çekirdek şebeke ve radyo şebekesi içeren konfigürasyon Bağımsız (Standalone – SA) olarak nitelenirken, 4G şebekesine sadece 5G baz istasyonu eklenerek, 5G'de öngörülen özelliklerden sadece mMTC özelliğini sağlayacak bir konfigürasyon yaratıldı ve Bağımlı (Non-Stand Alone – NSA) olarak tanımlandı.

Şubat 2025 itibarı ile 127 ülkede 341 mobil işletmeci 5G hizmeti veriyor. Bu işletmecilerden sadece 70 tanesi Bağımsız (SA) 5G hizmeti veriyor. Diğerleri ise aslında 4G+ denilebilecek, sadece hızlı internet hizmeti veren, 5G'nin endüstriyel uygulamalarını kullanmaktan uzaktalar. Bağımlı (NSA) ağ için ilk yatırım yapmış işletmecilerin küresel ekonomik krizde ikinci bir yatırım turuna girmeleri zor, sadece hızlandırılmış internetten kazanacakları parayla da bu yatırımı yapmaları zor. Yatırım olmadan endüstriyel kullanıma geçiş ise tam bir tavuk yumurta hikayesi: müşteriye kazandırdıkları paradan yatırım için fon yaratabilirler, ancak müşterinin para kazanması için geniş kapsama gerekiyor. Sonuçta, 5G için ayrılan zaman diliminin ortasına gelmişken, 5G'den beklenen özellikleri kullananlar %10 bile değil.

Türkiye'nin 5G Yolculuğu

Türkiye'de 5G kullanımına 2026'da başlanması planlanıyor. Bu 6 yıllık gecikmenin çeşitli nedenleri var. Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan'ın "yerli ve milli teknoloji olmadan 5G'ye geçilmeyeceği" talimatına uyarak beklenildiği akla gelse de, aşağıda "Yerli ve Milli 5G" başlığı altında detaylı anlatıldığı gibi, bu konuda sorumluluk yüklenen bir makam olmadığı için verilen göstermelik desteklerle kayda değer bir yerli ve milli teknoloji gelişmesi sağlanamadı. Daha gerçekçi nedenler ise, bir taraftan 4G'ye de 6-7 sene geç başladığımız için o aşamada 10 senede dönüş sağlanmak üzere yapılmış yatırımların henüz vadesinin dolmamış olması, diğer taraftan özellikle Varlık Fonu tarafından yöneti-

len Turkcell ve Turk Telekom'un, ülkenin yaşamakta olduğu ekonomik kriz ortamında geçmiş senelerde kazanımlarını yatırıma ayıramaması olması.

Yeni nesil teknolojilere geç girmenin avantajları ve dezavantajları oluyor. Avantajların başında, geçen senelerde yaşanan teknolojik gelişmelerle kullanılacak ürünlerin öncülükte kullanımdan çok daha yüksek performanslı olması. Ayrıca, özellikle çeşitli yeni kullanım ve iş modellerine açık olan 5G gibi teknolojilerde, geçen süre boyunca diğer ülkelerde başarılı/başarısız olanlar belirlenmiş, "süzülmüş" modelleri ile daha verimli yatırımlar mümkün oluyor. Dezavantajların başında ise küresel rekabette firmalarımızın bu yeni teknolojileri kullanarak daha yüksek verim alan rakiplerinin arkasında kalması var. Ayrıca, 4G'de ülke ekonomisine GDP'nin ortalama %4.6'sı kadar olan, ve 5G'de daha da yüksek olması beklenen katkıyı da kaçırmış oluyoruz. Küresel olarak da 5G'nin planlanandan çok yavaş ilerlemesinden dolayı, kaçırdığımız trenin fazla uzağa gitmemiş olması bir teselli kaynağı.

Yerli ve Milli 5G

Türkiye, BTK öncülüğünde 5G hazırlıklarına 2017 yılında başladı. Öncelikle bütün sektörlerin temsilcilerinin toplanması ile 5G'nin ülkemizde kullanılabileceği uygulamalar ve gereken altyapı için bir "Beyaz Kitap" yayımlandı. Daha sonra BTK ile OSTİM'in birlikte kurduğu Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi (HTK), 2018'de 5G için kullanılacak ürünlerin yerli üreticiler tarafından geliştirilebilmesi için 16 firma ve üç mobil işletmecimizin katılımı ile TÜBİTAK tarihinin en büyük AR-GE projesini (Uçtan Uca Yerli ve Milli 5G – UUYM5G) başlattı. 25 Milyon USD civarında devlet desteği kullanılan 3 yıllık bu projeye 2021 başında gerekli bütün ürünlerin birer örneği prototip olarak geliştirildi, 3 mobil işletmecimiz, birer küresel dev ile (HUAWEI, ERICSSON ve NOKIA) 5G'de uyumlu çalışma testlerini başarıyla yaptı.

Bu prototiplerin ticarileştirilmesi için planlanan 2. fazda 800 milyon TL (30 Milyon USD) civarında devlet desteği gerekiyordu, UUYM5G projesinde çalışan savunma sanayi ve özel sektör firmalarının birlikte çalışmaları sağlanamadı, iki ayrı başvuru yapıldı. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı destek vermedi, haberleşme projelerinin AR-GE'si için toplanan vergilerden oluşan 3 milyar TL'den fazla fonu olan Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) da 2023 sonuna kadar kenardan izledi, UUYM5G prototiplerini geliştiren firmaların pek çoğu bu uzun sürede fonlayamadıkları ekipleri dağıtmak zorunda kaldılar, UUYM5G projesinin kazanımlarının çoğu heba oldu. 2023 sonunda UAB'nin projeyi canlandırmak üzere firma başına maksimum 20 Milyon TL olmak üzere verdiği toplam 200 Milyon TL'lik destek, 10 Milyarlarca USD AR-GE yatırımı yapmış devleri bırakın, 1 Milyar USD üzerinde yatırım yapmış orta büyüklükte firmalarla bile rekabet edebilmek için iyi niyetten öteye gitmiyor; bu AR-GE fonlarının kullanımını yöneten

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi (UDHAM) önemli çaba harcarsa da bu ekibe yönlendirilecek fonların “musluğu” maalesef gerekene göre çok kısık durumda. Sonuçta, batıda uygulanan ambargolar sonrası Çin firmaları için “son kalan kale”lerden olan Türkiye’de pazarda “yerliler”in önemli payı alması tehlikesi bertaraf edilmiş oldu.

4.5G lisans anlaşmasının şartlarından biri olarak ortaya konulan %45 yerlilik kriteri yabancı üreticiler tarafından boş fabrikalarda alınan yerlilik belgeleri ile delindikten sonra 5G’de nasıl bir yerlilik kriteri getirileceği merak konusu. Bir taraftan Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı daha zor delinecek bir Yerli Malı Tebliği hazırladı, uygulamasını yöneten TOBB da 2026 başından itibaren kullanılacak Uygulama Esasları’nı geliştiriyor. Mobil işletmecilerin yerlilik kriterlerine uyumunu denetleyen BTK ise, Yerli Malı süreçlerinin etkin olmama ihtimaline karşın “Milli Haberleşme Ürünü” tanımı geliştirdi. Bu kriterlerin hangilerinin 5G lisans şartlarında kullanılacağı sektörde merakla bekleniyor.

Bu arada, özel 5G için lisansların nasıl verileceği de merak konusu. Pek çok ülkede bu lisanslar direkt olarak kullanıcıya veriliyor. Bazılarında ise frekanslar sadece mobil işletmecilere veriliyor, Özel 5G kullanıcıları frekansları mobil işletmecilerden kiralyor. Her ikisinin de avantaj ve dezavantajları var. Mobil işletmecilerin telekom konusunda tecrübeleri bir avantaj iken, kullanıcılara özel uygulamalarda uzmanlaşacak esneklik geliştirmeleri zor olacaktır. Özel 5G’nin fabrikalar, kurumsal firmalar, limanlar gibi kullanım alanlarında özelleşmiş sistem entegratörleri oluşması mantıklı olur.

BTK’nın Özel 5G için uygulayacağı yerli teknoloji kullanım kriterleri de ilgiyle bekleniyor. UDHAM’ın üniversiteler öncelikli olmak üzere Özel 5G kullanımlarını teşvik ederek pazar oluşmasını destekleme planları var.

6G Çalışmaları

5G’nin gecikmesi, 6G’yi, 5G için oluşan beklentilerin gerçekleşeceği nesil olarak konumlandırdı. Dolayısıyla, 6G’ye geçişte, 4G ile 5G arasındaki gibi radikal bir şebeke teknolojisi farkı beklenmiyor. ITU, 6G için teknik gereksinimleri IMT-2030 belgesiyle belirledi. Yakın zamanda, 3GPP’nin bu kullanım senaryolarını hayata geçirecek standardizasyon çalışmaları başlayacak. Büyük ihtimalle, 2030’da Release 21 içeriğine uygun olarak ilk kullanımlar başlayacak.

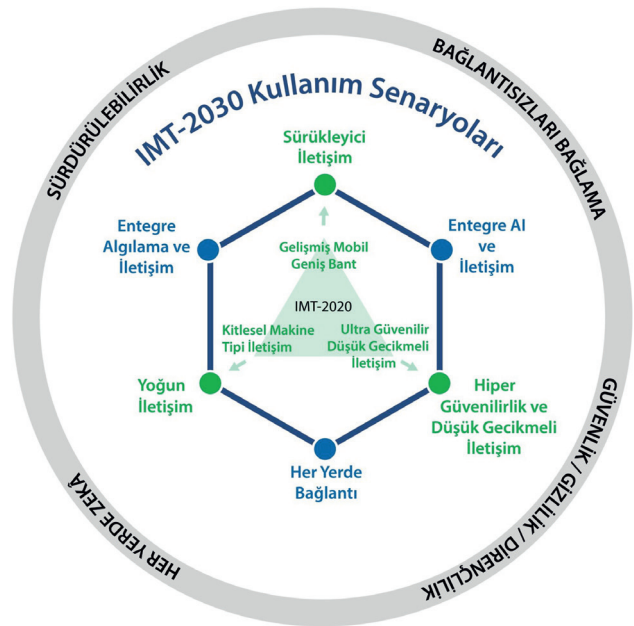
6G’nin yeni temel yeteneklerinin, kapsama, sürdürülebilirlik, yaygın yapay zeka, algılama, güvenlik ve gizlilik alanlarında olması bekleniyor. 6G’nin kullanım senaryolarının ilk üç tanesi, 5G’deki köşe/sütunların devamı niteliğinde:

Gelişmiş Mobil Genişbant (eMBB – Tbps/s), Sürükleyici İletişime dönüşecek, kullanıcılara makine arayüzleriyle etkileşimler de dahil olmak üzere zengin ve etkileşimli bir video deneyimi sağlayacaktır. Tipik

kullanım durumları arasında sürükleyici XR, uzaktan çok duyulu tele-varlık ve holografik iletişim için iletişim yer alır.

Kitlesel Makine Tipi İletişim (mMTC – 10M/km2), yoğun iletişime dönüşecek, akıllı şehirler, ulaşım, lojistik, sağlık, enerji, çevresel izleme ve tarım dahil olmak üzere çeşitli kullanım durumları ve uygulamalar için birçok cihazı veya sensörü birbirine bağlayacaktır.

Ultra Güvenilir Çok Düşük Gecikmeli İletişim (uRLLC 0.1ms), hiper güvenilir ve düşük gecikmeli iletişime dönüşecek, endüstriyel bir ortamda tam otomasyon, kontrol ve operasyonu sağlayacaktır. Bu tür iletişim, makine etkileşimleri, acil servisler, tele tıp ve elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımı için izleme gibi çeşitli uygulamalara yardımcı olabilir.



Yeni Kullanım Senaryoları ise:

Her yerde bağlantı: Özellikle kırsal ve uzak alanlar için dijital uçurum kapanacaktır. Tipik kullanım durumları arasında IoT ve mobil geniş bant iletişimi bulunur, ancak yürüyüşçüler, çiftçiler ve diğerleri için erişimi de içerebilir.

AI ve iletişim: Otonom sürüş, tıbbi yardım uygulamaları için cihazlar arasında otonom işbirliğini, cihazlar ve ağlar arasında ağır hesaplama işlemlerini gerek kalmamasını, dijital ikizler oluşturarak kestirimi destekleyecektir.

Entegre algılama ve iletişim: Destekli navigasyon, AI ve XR için çevreyle ilgili veri algılama, aktivite algılama, hareket takibi, çevresel izleme gibi algılama yetenekleri gerektiren uygulamaları ve hizmetleri iyileştirecektir.

SAĞLIKTA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER VE YAPAY ZEKÂ: İNSAN-MAKİNE BÜTÜNLEŞMESİNE DOĞRU BİR ADIM

Zelal Önay
zelalonay@gmail.com

Pınar Şimşek
pinarssimsek@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Onur Koçak
okocak@baskent.edu.tr

Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

Son yıllarda giyilebilir teknolojiler hayatımıza girmiş durumda, geleceği hayal edin belki de sabah uyandığınızda akıllı bir bileklik, vücut sıcaklığınızdan kalp atış ritminize kadar tüm verilerinizi analiz ederek size en uygun kahvaltıyı önerecek, gözünüze taktığınız artırılmış gerçeklik gözlüğü, gününüzü planlayacak ve iş toplantılarınız için kritik özetleri sunacak. Giyilebilir bir EKG sensörü, kalp krizi riskinizi önceden tahmin edip sizi uyaracak. Kulağa bilim kurgu gibi mi geliyor? Oysaki, yapay zekâ (YZ) destekli giyilebilir teknolojiler, sağlıktan spora, modadan güvenliğe kadar hayatımızın her alanına entegre olmaya çoktan başladı.

Sağlık hizmetlerindeki sorunlara yenilikçi çözümler sunma potansiyeli taşıyan giyilebilir sağlık teknolojilerine büyük ilgi gösterilmektedir. Bu teknolojiler, yaşlı bireylerin hayati parametrelerinin sürekli takibinden sporcuların performans analizine, kronik hastaların uzaktan izlenmesinden hasta konforunun artırılmasına kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca, sosyoekonomik durumu kötü olan bölgelerde sağlık hizmetlerine erişim eşitsizliğini azaltmada önemli bir rol oynayarak, sağlık sistemlerini daha kapsayıcı ve erişilebilir hale getirme potansiyeli taşımaktadır. Prescient & Strategic Intelligence (P&S Intelligence) raporlarına göre, giyilebilir teknoloji pazarlarındaki büyüme, fitness farkındalığının artması, yaşlanan nüfus, teknolojik gelişmeler ve sağlık bilincindeki yükseliş gibi benzer faktörlerle tetiklenmektedir. 2019 raporuna göre, Giyilebilir Yapay Zekâ Cihazları Pazarı'nın 2024'te 49,2 milyar dolara ulaşması bekleniyordu. 2020 raporuna göre, Giyilebilir Tıbbi Cihazlar Pazarı'nın 2030'a kadar 67,2 milyar dolara ulaşması, 2022 raporuna göre ise, Küresel Giyilebilir Sensörler Pazarı'nın 2030'a kadar 7,45 milyar dolara ulaşması ön görülmektedir [1,2,3].

Giyilebilir Cihazların Evrimi

Giyilebilir teknoloji, 20. yüzyılın ortalarına kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. Seiko TV Watch gibi erken dönem cihazlar, giyilebilir teknolojinin potansiyeline dair ilk ipuçlarını sunmuş olsa da bu yenilikler hantal tasarımlar, sınırlı işlevsellik ve yüksek üretim maliyetleri nedeniyle yaygın olarak benimsenememiştir.

Gerçek dönüm noktası, 2009 yılında Fitbit'in piyasaya sürülmesiyle gerçekleşmiştir. Akıllı telefonlarla sorunsuz bir şekilde bağlantı kurabilen bu kompakt fitness

takip cihazı, kullanıcıların fiziksel aktivitelerini kolayca izlemelerine olanak tanıyarak giyilebilir teknolojinin günlük hayata entegre olabileceğini kanıtlamıştır.

2015 yılında Apple Watch'un tanıtılması, sektörde yeni bir devrim yaratmış ve sağlık izleme, iletişim ve uygulama entegrasyonunu tek bir tasarımda bir araya getirmiştir.

Bu akıllı giyilebilir cihazların başarısı, yalnızca teknolojik gelişmelere değil, aynı zamanda stratejik pazarlama çabalarına ve kullanıcıların çok işlevli ve pratik çözümlere olan talebinin artmasına dayanmaktadır.

Giyilebilir cihazların işlevselliği, donanım ve yazılım teknolojilerinin bir araya gelmesiyle şekillenmektedir. Bu küçük ama güçlü cihazlar, insan vücudu ile bir entegrasyon sağlayarak sağlık, spor, iletişim ve daha birçok alanda hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

Günümüz giyilebilir cihazları, sensörlerin küçültülmesi, makine öğrenimi ve kablosuz bağlantı teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde genişleyen yeteneklere sahiptir.

YZ destekli algoritmalar, kişiselleştirilmiş geri bildirimler sağlayarak kullanıcı deneyimini geliştirirken,

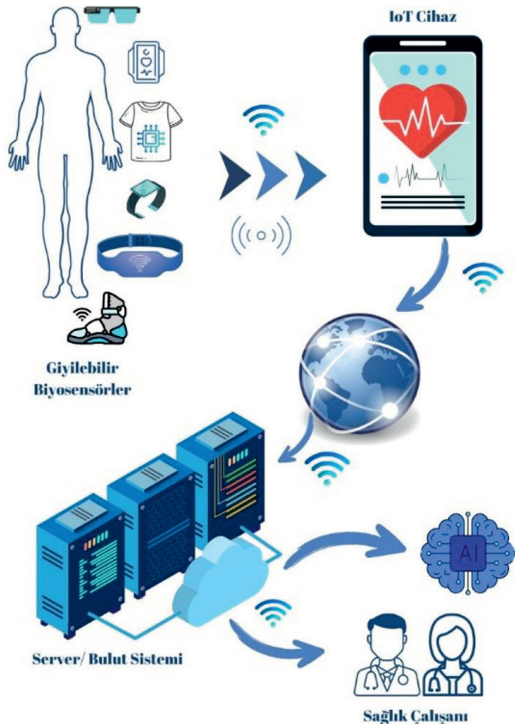
Esnek ekranlar ve enerji verimli bileşenlerdeki ilerlemeler, cihazların kullanım kolaylığını ve konforunu artırmaktadır.

Bu yenilikler sayesinde giyilebilir cihazlar yalnızca fitness takibiyle sınırlı kalmayıp, tıbbi teşhislerden artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarına kadar geniş bir kullanım alanına yayılmış ve Nesnelerin İnterneti (IoT) ile sorunsuz bir entegrasyon sağlamıştır. Ekran teknolojileri de giyilebilir cihazların gelişiminde büyük bir rol oynamaktadır. Günümüzde OLED ve AMOLED ekranlar, enerji verimliliği ile parlak renkleri bir araya getirerek saatlerden akıllı gözlüklere kadar birçok üründe kullanılmaktadır. Daha da heyecan verici olanı ise esnek ekranların giderek yaygınlaşması. Bu teknoloji, gelecekte giyilebilir cihazların yalnızca bilekte değil, kıyafetlere ve hatta deri altına entegre edilmesini mümkün kılabilir.

Tüm bu gelişmeler, giyilebilir teknolojinin bir niş kavramdan modern yaşamın vazgeçilmez bir parçasına nasıl dönüştüğünü göstermektedir [4].

Giyilebilir Sağlık Cihazlarının Teknolojik Temelleri

Giyilebilir sağlık teknolojilerinde, çeşitli biyomedikal sensörler kullanılarak vücuttan veri toplanır, ardından kablosuz iletişim yöntemleriyle bu veriler bir cihaza veya bulut sistemine iletilerek analiz edilir. Elektrofizyolojik sensörler, elektrokardiyografi (EKG), elektroensefalografi (EEG) ve elektromiyografi (EMG) gibi biyopotansiyel ölçümleri yaparken, optik sensörler nabız ve kandaki oksijen seviyesini belirler. İvmeölçer ve jiroskoplara hareket takibi yaparak aktivite seviyesini ve uyku düzenini analiz ederken, ter ve sıcaklık sensörleri vücut sıcaklığını ve terde bulunan belirli kimyasalları ölçerek sağlık durumu hakkında bilgi sunar. Bu biyosensörler, saatler, giysiler, bandajlar, gözlükler, kontakt lensler ve yüzükler gibi vücuda kolayca takılabilen ve taşınabilir özelliklere sahip çeşitli formlarda geliştirilmektedir [5]. Bu sensörlerden alınan veriler, Bluetooth (BLE), WiFi veya Yakın Alan İletişimi (NFC) gibi kablosuz iletişim teknolojileriyle mobil cihazlara veya bulut tabanlı sistemlere aktarılır. Teknolojik açıdan bakıldığında, Nesnelerin İnterneti (IoT) birçok disiplinde, özellikle kişiselleştirilmiş sağlık hizmetlerinde hızla artan bir ilgi görmektedir. IoT çerçevesinde vücut alanı sensör ağı (BASN- Body Area Sensor Network) yaygın olarak ubik sağlık izleme (her yerde sağlık takibi) için kullanılmaktadır. Örneğin, Elektrokardiyografi (EKG) izleme, kalp hastalıklarının teşhisinde yaygın olarak kullanılan önemli bir yaklaşımdır.



Şekil 1. Sağlıkta Giyilebilir Teknoloji Mimarisi

Yapay Zekâ, Giyilebilir Teknolojileri Nasıl Dönüştürüyor?

Giyilebilir teknolojiler, ilk başlarda yalnızca fitness takibi ve bildirimler gibi temel işlevlere odaklanıyordu ancak YZ sayesinde bu cihazlar artık öğrenebiliyor, tahmin edebiliyor ve kişiselleştirilmiş çözümler sunabiliyor. Peki, nasıl?

Veri Toplama & Analiz: YZ, vücut hareketleri, biyosinyaller ve çevresel faktörler gibi sürekli toplanan büyük veri kümelerini analiz ederek gerçek zamanlı tahminler sağlıyor.

Tahmin & Önleme: YZ destekli akıllı saatler, kalp ritmi düzensizliklerini algılayıp kalp krizi riski hakkında erken uyarı verebilir. Diyabet hastaları için geliştirilen akıllı sensörler, kan şekeri seviyelerini takip ederek olası bir hipoglisemi krizini önceden haber verebilir.

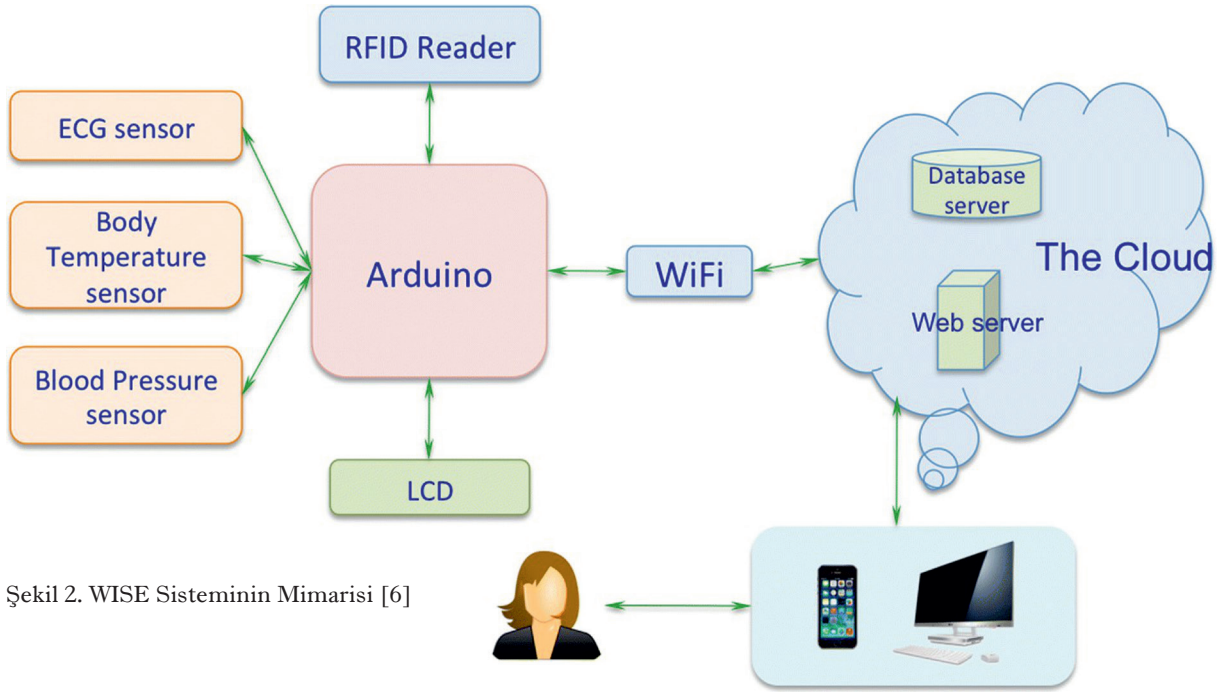
Kişiselleştirme: Bir YZ modeli, sizin günlük alışkanlıklarınızı ve vücut ritminizi öğrenerek size özel sağlık ve spor önerileri sunabilir. Örneğin, bir akıllı ayakkabı, yürüyüş biçiminizi analiz edip sakatlanma riski hakkında veri çıkarımı yapabilir.

Hareket & Beyin Etkileşimi: YZ ve giyilebilir cihazlar, beyin EEG sinyallerini okuyarak protezlerin daha doğal hareket etmesini sağlayabilir.

YZ ve makine öğrenimi algoritmaları, kullanıcının davranışlarını analiz ederek kişiselleştirilmiş öneriler sunuyor. Giyilebilir cihazlar artık sadece bir veri kaydedici değil, aynı zamanda birer dijital sağlık koçu, antrenman danışmanı ve hatta erken teşhis aracı haline gelmektedir. Örneğin, akıllı saatler artık kalp ritmindeki düzensizlikleri tespit edip potansiyel bir sağlık riskini önceden bildirmektedir.

Giyilebilir Cihazların Uygulamaları

Yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışma [6], deneklerin sağlık durumunu gözlemlemek için bir dizi birbirine bağlı giyilebilir sensörü benimseyen Giyilebilir IoT bulut tabanlı sağlık izleme sisteminin (WISE) bir çerçevesini sunmaktadır. Kan basıncı, kalp atışı ve vücut sıcaklığı dahil olmak üzere bir dizi biyomedikal sinyal elde edilmektedir. Sensör düğümlerinin sınırlı belleği ve hesaplama kapasitesi nedeniyle ve bir işlem birimi olarak akıllı telefonun benimsenmesini önlemek için, bu giyilebilir sensörlerden toplanan sensör verileri doğrudan bulut sunucusuna iletilmektedir. WISE sisteminin genel tasarımı Şekil 2’de gösterilmiştir. WISE sistemi, WISE vücut alanı ağı (W-BAN), WISE bulutu (W-Cloud) ve WISE Kullanıcıları olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 2. WISE Sisteminin Mimarisi [6]

Giyilebilir cihazlar, hayati belirtilerin sürekli ve noninvaziv olarak izlenmesini sağlayarak sağlık durumlarının erken tespit edilmesine ve yönetilmesine yardımcı olur. Örneğin, Sürekli Glikoz İzleme (CGM) sistemleri, kan şekeri seviyeleri hakkında gerçek zamanlı veri sağlayarak diyabet hastalarının diyet, ilaç ve yaşam tarzlarına zamanında uyum sağlamalarına yardımcı olur. Benzer şekilde, elektrokardiyogram (EKG) özelliği bulunan giyilebilir cihazlar, kalp ritmini izleyerek aritmi gibi düzensizlikleri tespit edebilir ve kullanıcıların küçük bir sağlık sorunu büyümeden tıbbi müdahale almasını sağlayabilir.

Spor ve fitness alanında da giyilebilir cihazlar hem profesyonel sporcular hem de fitness meraklıları için vazgeçilmez hale gelmiştir. Bu cihazlar; kalp atış hızı, yakılan kalori, hız ve toparlanma süresi gibi çeşitli metrikleri takip ederek, antrenman programlarının optimize edilmesine ve genel performansın artırılmasına yardımcı olur [7].

Giyilebilir cihazların artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileriyle birleşmesi, oyun, eğitim ve sağlık gibi birçok alanda devrim yaratmaktadır. Microsoft HoloLens gibi artırılmış gerçeklik gözlükleri, sağlık sektöründe giderek daha fazla kullanılmakta ve cerrahların karmaşık ameliyatlarda gerçek zamanlı görüntüleme ve hasta verilerine erişmesini sağlamaktadır. Eğitim alanında, AR giyilebilir cihazları, dijital içerikleri gerçek dünyaya entegre ederek interaktif öğrenme deneyimleri sunmaktadır.

Sanal gerçeklik cihazları ise fiziksel rehabilitasyonu dönüştürerek, hastaların ihtiyaçlarına özel terapötik egzersizler yapabileceği sürükleyici ortamlar oluşturur. Oyun dünyasında ise VR başlıkları, kullanıcıları tama-

men etkileşimli 3D sanal dünyalara taşıyarak son derece etkileyici bir deneyim sunmakta ve bu teknolojilerin sınırsız potansiyelini gözler önüne sermektedir [8].

Sonuç ve Gelecek Perspektifi

Giyilebilir cihazlar, farklı alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahip çok yönlü araçlar haline gelerek hem yaşam kalitesini artırmış hem de çeşitli sektörlerde verimliliği önemli ölçüde iyileştirmiştir. Giyilebilir teknolojiler, sağlık, spor, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti gibi birçok alanda devrim yaratmaya devam ediyor. Yapay zekâ destekli sistemler ve biyomedikal sensörlerin gelişimi sayesinde, bu cihazlar kişiselleştirilmiş sağlık çözümleri sunarak insan-makine bütünlüğünü giderek daha ileri bir seviyeye taşıyacaktır.

Kaynakça

- [1] Prescient & Strategic Intelligence. (2019, August). Wearable AI devices market to reach \$49.2 billion by 2024.
- [2] Prescient & Strategic Intelligence. (2020, February). Wearable medical devices market to reach \$67.2 billion by 2030.
- [3] Prescient & Strategic Intelligence. (2022, October). Wearable sensors market to reach \$7.45 billion by 2030.
- [4] Felizardo, V., Sousa, P., Sabugueiro, D., Alexandre, C., Couto, R., Garcia, N., & Pires, I. (2015). E-Health: Current status and future trends. Handbook of research on democratic strategies and citizen-centered e-government services, 302-326.
- [5] Guk, K., Han, G., Lim, J., Jeong, K., Kang, T., Lim, E. K., & Jung, J. (2019). Evolution of wearable devices with real-time disease monitoring for personalized healthcare. Nanomaterials, 9(6), 813.
- [6] Wan, J., AAH Al-awlaqi, M., Li, M., O'Grady, M., Gu, X., Wang, J., & Cao, N. (2018). Wearable IoT enabled real-time health monitoring system. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018(1), 1-10.
- [7] Al-Worafi, Y. M. (2023). Technology for drug safety: Current status and future developments. Springer Nature.
- [8] Shang, X. (2024). The Current Status and Future Trends of Wearable Devices. Applied and Computational Engineering, 120, 98-104.

ENERJİNİN ÖZGÜRLÜĞÜ: KABLOSUZ GÜÇ AKTARIMI

Arş. Gör. Hatice Özmüş

Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
haticeozmus@mersin.edu.tr

Kablosuz Güç Aktarımı: Geleceğin Enerji Teknolojisi

Geçmişten günümüze elektrik, insan yaşamının vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiş durumdadır. Elektrik, sınırlı bir kaynak olup elektriğin dağıtım maliyeti ve kabloların kaosu başlıca bir sorun teşkil etmektedir. Sokaktaki enerji iletim hatlarının ortadan kalktığını ve şehirlerin daha temiz bir görünüme kavuştuğunu düşünün. Buna rağmen evinizde ya da dilediğiniz bir noktada enerjiye ulaşabildiğinizi hayal edin. Kablosuz elektrik kulağa bilim kurgu filmlerinden fırlamış fantastik bir kavram gibi görünse de bu teknoloji 19. yüzyılın sonundan itibaren Nikola Tesla tarafından üzerinde çalışılmıştır. Kısaca, Kablosuz Güç Aktarımı (KGA) fikri yeni bir kavram değildir. 19. yüzyılın sonundan itibaren Nikola Tesla, kablosuz güç aktarımı olasılıklarını denemeye başlamış, son yıllarda ise bu kavram artan bir popülerite kazanmıştır. Tesla ile başlayan kablosuz güç iletim serüveni, teknolojinin multidisipliner bir alan olarak yön almasıyla birlikte giderek önem arz etmektedir. Günümüzde KGA, elektrik enerjisinin herhangi bir fiziksel kabloya ihtiyaç duyulmadan bir kaynaktan bir alıcıya iletilmesini sağlayan yenilikçi bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kablosuz Güç Aktarımı Temel Çalışma Prensipleri ve Yöntemler

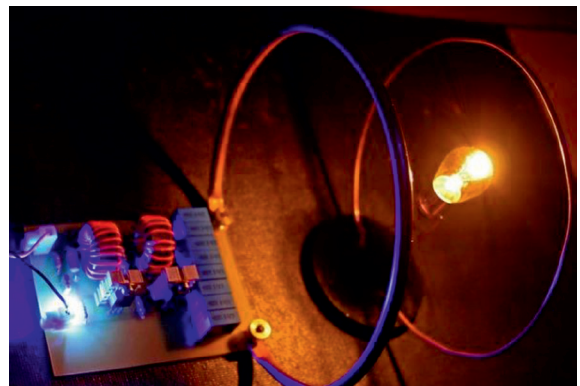
Kablosuz güç aktarımı, temelde elektromanyetik alanlar aracılığıyla enerji transferi prensibine dayanmaktadır. KGA teknolojisi, elektrik enerjisinin fiziksel bağlantılar olmadan aktarılmasını sağlayarak elektronik cihazlara güç sağlamak için uygun ve verimli bir çözüm sunmaktadır [1]. KGA için kullanılan teknolojiler, çalışma prensipleri ve verimlilik açısından kablosuz olarak enerji sağlama hedefini amaçlamaktadır. En yaygın kullanılan KGA teknolojileri; endüktif kuplaj, rezonans manyetik induksiyon, radyo frekansı (RF), mikrodalga ve güneş enerjisi kablosuz güç aktarımıdır. Endüktif kuplaj, enerjiyi bir verici bobinden alıcı bobine aktarmak için manyetik indükleme kullanılmaktadır. Bu yöntemi, Şekil

1’de görüldüğü gibi günlük yaşamımızın vazgeçilmez parçası olan akıllı telefonların kablosuz şarj cihazlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



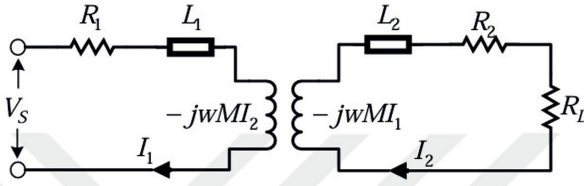
Şekil 1. Akıllı telefon kablosuz şarj cihazı

Şekil 2’de yer alan manyetik rezonans yöntemi ise induksiyon yöntemine benzer şekilde çalışmakta olup ancak verici ve alıcı aynı rezonans frekansında titreştiğinde enerji aktarımı daha verimli hale gelmektedir. Son yıllarda çoğunlukla günlük yaşantımıza entegre olmuş popüler elektrikli araç şarj istasyonlarında araştırılan bir teknolojidir.



Şekil 2. Manyetik rezonans ile kablosuz elektrik iletimi

Şekil 3'te eşdeğer devre modeli verilen sistem çok yakın aralıklı birincil ve ikincil sargılardan oluşan hava özlü trafo kullanılarak elektromanyetik indüklenme prensibi ile çalışmaktadır [4]. Sistemde sargılar fiziksel olarak temas ediyor gibi görünsün de elektriksel olarak izole edilmiştir. İkincil sargının bağımsız bir hareket kabiliyeti vardır. Bu nedenle bu yöntem diğer yöntemlere göre elektrikli araçların pil şarj uygulamaları için daha kullanışlı bir yöntem olarak kabul edilir. Ancak bu sistemlerde kısa mesafelerde dahi kaçak akımın çok yüksek olmasından dolayı verim çok düşüktür. Verimi arttırmak için birincil ve ikincil sargılarına kapasitör eklenerek endüktif kuplajlı güç transferi yöntemi geliştirilmiştir.

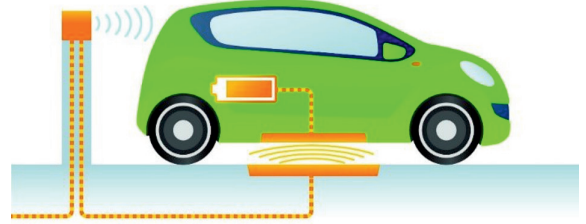


Şekil 3. Endüktif güç transferinde eşdeğer devre modeli.

Burada giriş voltajı, birincil devre akımı, ikincil devre akımı, birincil devre endüktansı, ikincil devre endüktansı, M ortak endüktans, birincil devre direnci, ikincil devre direnci ve yük direncidir.

Kablosuz güç aktarımı konusunda önemli atılımlardan birisi olan Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün 2007'de gerçekleştirdiği kablosuz güç aktarımı deneyi, kablosuz elektrik sözcüklerinden türetilen WiTricity adıyla bilinmektedir [5]. Bu çalışma, manyetik rezonans kullanılarak elektrik enerjisinin kablosuz olarak aktarılabilirliğini göstermektedir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde yer alan bir araştırma ekibi, 2 metrelik bir mesafede 40 watt'lık bir ampulü yakmayı başarmıştır. Kullanılan yöntem, manyetik rezonans kavramına dayanmakta olup sistem iki rezonanslı bakır bobin arasında enerji aktarımını sağlamaktadır. Deneyin temel çalışma prensibi, güç kaynağına bağlı bir bobin ile belirli bir frekansta manyetik alan oluşturarak, aynı frekansta rezonansa ayarlanmış ikinci bir bobinin, bu manyetik alanı alarak enerjiyi tekrar elektrige çevirmesine dayanmaktadır. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün yapmış olduğu çalışma, günümüzde kablosuz şarj teknolojilerinin temelini atmış olup endüstride birçok yeniliğe ilham kaynağı olmaktadır. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada ise; düşük frekanslı çalışma, düşük yabancı cisim girişimi, düşük elektromanyetik emisyon ve yüksek mis hizalama toleransı avantajları ile elektrikli araç (EA) şarjı için bir manyetik dişli KGA sisteminin potansiyeli üzerine araştırmalar yürütülmektedir [3]. Çalışma, arzu edilen yerlerde akı yoğunluğunu artırırken, istenmeyen yerlerde akıyı azaltan ve bu da yabancı cisim çekiminin azalmasını faydasını sağlayan Halbach dizilerinin yeni etkisini araştırmaktadır. İlk prototip sonuçları, Halbach sisteminin 104 mm'lik bir boşluk boyunca %64'lük bir

transfer verimliliği ile yaklaşık 34,65 W iletebildiğini göstermektedir. Bu çalışma, verimliliği optimize etmeye, güvenliğini artırmaya ve şarj sürecini basitleştirmeye odaklanan gelecekteki yeniliklere zemin hazırlayan, manyetik dişlilere dayalı düşük frekanslı bir kablosuz EA şarj teknolojinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Şekil 4'te yer alan görselde görüldüğü üzere elektrikli araçlarda kablosuz şarj teknolojisi günlük yaşamımızın bir parçası olmaktadır.



Şekil 4. Elektrikli araçlarda kablosuz şarj teknolojisi

RF kablosuz güç aktarımı, Wi-Fi'ye benzer şekilde enerji aktarmak için radyo dalgalarını kullanmaktadır. Mikrodalga KGA'da, yüksek frekanslı mikrodalgalar kullanılmaktadır ve RF KGA'dan daha uzun mesafelerde enerji aktarabilmektedir [6]. Solar KGA da ise, güneş ışığını kablosuz olarak aktarılabilen elektrik enerjisine dönüştürmek için fotovoltaiik paneller kullanılmaktadır. Lazer ile Güç Aktarımı yönteminde ise yoğunlaştırılmış lazer ışınlarıyla uzak mesafelere enerji aktarımı sağlanmakta olup güvenlik tedbirleri kapsamında dikkatli kullanım gerektirmektedir. Son olarak önemli bir konuma sahip yöntem olan Radyo dalgaları ve mikrodalgalar ise uzun mesafelerde enerji aktarımı sağlamak için radyo frekansları veya mikrodalgalar kullanılmaktadır. Günümüzde de radyo frekansı yöntemi ile sağlık alanında tıbbi implantlar için kablosuz şarj sistemleri üzerine



Şekil 5. Kanada İletişim Araştırma Merkezi tarafından yapılan SHARP

çalışmalar yer almaktadır [2]. Radyo dalgalarını kullanarak güç iletimi kavramı, neredeyse yüz yıl öncesine, Heinrich Hertz'e ve 1888'de radyonun başlangıcına kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. Bu alanda en ciddi çalışmalardan biri 1980'li yıllarda Kanada İletişim Araştırma Merkezi tarafından yapılan SHARP (Sabit Yüksek İrtifa Röle Platformu) projesidir [7]. Şekil 5'te görüldüğü üzere, projede herhangi bir yerleşik enerji kaynağı olmayan bir uçak süreç kapsamında, mikrodalga enerjisi ile 21 km yükseklikte 2 km'lik bir daire içinde bir aydan fazla bir süre test edilmiştir.

Kablosuz Güç Aktarımının Tarihsel Süreci

KGA teknolojisinin 19. yüzyıldan itibaren Faraday ile başlayıp teorik çalışmalar ile günümüze kadar olan tarihsel sürecine aşağıdaki Tablo 1' de yer verilmiştir.

Kablosuz Elektrik ve Büyük Hayaller

Tesla ismine hepimiz aşinayız diyebiliriz. Bugün Tesla'nın ismi, elektrikli araçlardan kablosuz şarj teknolojilerine kadar birçok alanda yaşamaya devam ediyor. Tesla, elektriği kablosuz olarak iletmenin mümkün olduğunu düşünmekteydi. Tesla Bobini adlı icadıyla yüksek frekanslı elektrik akımı üretmeyi başarmıştır. Tesla, 1901-1904 yılları arasında kablosuz enerji transferi yapabileceği Şekil 6'da yer alan Wardenclyffe adında dev bir kule inşa etmiştir. Amacı, tüm dünyaya elektriği kablosuz olarak iletme idi. Ancak, finansal sorunlar ve destekçilerin ilgisizliği nedeniyle proje tamamlanamamıştır. J.P. Morgan gibi yatırımcılar, kablosuz elektriğin kâr getirmeyeceğini düşündüğü için desteğini çekmesiyle proje rafa kaldırılmıştır. Tesla daha sonraları bu

Kablosuz Güç Aktarımının Tarihçesi		
Dönem	Önemli Kişiler / Kuruluşlar	Çalışmalar ve Gelişmeler
İlk Teorik Çalışmalar ve Denemeler (19. Yüzyıl)	Michael Faraday (1831)	Elektromanyetik indüksiyon yasasını keşfetti.
	James Clerk Maxwell (1864)	Elektromanyetik dalgaların varlığını teorik olarak ortaya koydu.
	Heinrich Hertz (1888)	Elektromanyetik dalgaları deneysel olarak kanıtladı.
Nikola Tesla ve Kablosuz Elektrik (1890'lar – 1900'ler)	Nikola Tesla (1891)	Tesla Bobini ile yüksek frekanslı elektrik akımlarını kablosuz olarak iletmeyi başardı.
	Nikola Tesla (1901-1904)	Wardenclyffe Kulesi'ni inşa etti, ancak finansal nedenlerle tamamlanamadı.
Radyo Dalgaları ile Güç Aktarımı (20. Yüzyıl)	Guglielmo Marconi (1901)	Radyo dalgaları ile kablosuz iletişimi sağladı, kablosuz güç aktarımına ilham verdi.
	William C. Brown (1960'lar)	Mikrodalga ile güç aktarımı üzerine çalıştı ve ilk mikrodalga güç aktarımını gösterdi.
	NASA (1970'ler)	Uzayda güneş enerjisinden mikrodalga ile güç aktarımı araştırmalarına başladı.
Modern Dönem ve Günümüz Teknolojileri (2000'ler – Günümüz)	MIT (2007)	Manyetik rezonans ile 2 metre mesafeye kadar kablosuz güç aktarımı gerçekleştirdi.
	Teknoloji Şirketleri (2010'lar – Günümüz)	Akıllı telefonlar, elektrikli araçlar ve tıbbi implantlar için kablosuz şarj sistemleri geliştirildi (Qi standardı vb.).
	Japonya & ABD (Günümüz)	Uzay tabanlı güneş enerjisinden Dünya'ya mikrodalga veya lazerle enerji aktarımı üzerine çalışmalar yürütülmektedir.

Tablo 1. Kablosuz Güç Aktarım Tarihçesi

fikri George Westinghouse'da teklif etse de o da aynı gerekçeyle projeyi reddetmiştir. Böylece insanlık adına önemli bir fırsat kaçırılmıştır.



Şekil 6. Wardencliff Kulesi

Kablosuz Güç Aktarımının Avantajları / Dezavantajları ve Gelecekteki Potansiyel Kullanım Alanları

Kablosuz güç aktarımı fiziksel bağlantı gerektirmedinden kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Suya ve toza karşı daha dayanıklı olup mekanik aşınma ve yıpranma riskini azaltmaktadır. Kablosuz güç aktarımının, özellikle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyele sahip olması pozitif yönüyle etki ederken bu teknolojinin yaygınlaşması için aşılması gereken birtakım teknik ve ekonomik zorlukları da beraberinde getirmektedir. Örneğin; mevcut sistemlerde enerji kaybının yüksek olması sebebiyle verimliliğin artırılması yönünde çalışmalar gerekmektedir. Kablosuz güç aktarım sistemlerinin maliyeti, özellikle yüksek güçlü uygulamalarda yüksek olduğundan maliyeti düşürmek için çalışmalar yürütülmelidir. Bu olumsuzlukların yanı sıra farklı cihazlar ve sistemler arasında uyumluluk sağlamak için evrensel standartların oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda elektromanyetik dalgaların insan sağlığı üzerindeki etkileri üzerinde daha fazla araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Kablosuz güç aktarımı, özellikle son yıllarda çeşitli sektörlerde devrim yaratma potansiyeline sahip olmaktadır. Şüphesiz, günlük yaşamımızın vazgeçilmez unsurları arasında yer alan akıllı telefonlardan dizüstü bilgisayarlara; elektrikli araçlar kapsamında kablosuz şarj istasyonlarından sağlık alanında kablosuz diş fırçalarından, kalp pili gibi tıbbi implantların şarj edilmesine; robotik sistemler ve sensörlerden uzay araçları için güç aktarımına kadar birçok alanda hayatımızda yer almaktadır.

Kablosuz güç aktarımının, gelecekteki yaşamımızda potansiyel kullanım alanları kapsamında teknoloji günden güne bir gelişim sürecinde olduğu için ulaşım altyapısı bakımından elektrikli otobüsler ve trenler, duraklarda veya hareket halindeyken kablosuz olarak şarj edilebilir duruma gelebilir. Uzaydan Dünya'ya enerji transferi, yörüngede bulunan güneş panelleriyle toplanan enerji,

mikrodalgalar veya lazer ışınlarıyla Dünya'ya gönderilerek gerçekleştirilebilir. Belki de bir çoğumuza ütöpi gelecektir fakat şu an ki haliyle akıllı evlerde gelecekte prizlere ihtiyaç duymadan evdeki tüm cihazların kablosuz olarak enerji alması mümkün olabilecektir. Kim bilebilir, günümüzden on yıl öncesine kadar elektrikli araçlar aklımızdan bile geçmezdi.

Sonuç

Kablosuz güç aktarımı, geleceğin enerji teknolojileri arasında önemli bir yere sahiptir. Günümüzde küçük elektronik cihazlardan elektrikli araçlara kadar birçok alanda kullanımına başlanan bu teknoloji, gelişmeye devam ettikçe enerji aktarımında devrim yaratacaktır. Elektrik mühendisleri olarak, bu alanda yapılacak araştırma ve geliştirme çalışmaları, teknolojinin sınırlarını zorlamak ve daha verimli, uygun maliyetli çözümler sunmak için büyük bir fırsat yaratma imkanına sahibiz. Tesla'nın 100 yılı aşkın bir süre önce dünyaya miras bıraktığı kablosuz güç aktarım teknolojisi, son zamanlarda yeniden keşfedilmeye başlandı. Mobilizasyon dünyasında her şeyin değiştirilebileceği düşünüldüğü için bu teknolojinin yakın gelecekte etkin bir şekilde kullanılabileceği aşikardır. "Gelecek benimdir." diyen Tesla'nın hayalleri, bugün gerçekleşmeye devam ediyor ve devam edecektir.

"Bizden önceki birçok jenerasyonda makinelerimiz dünyada herhangi bir yerde elde edilen enerji ile çalıştırıldı. Bu yeni bir şey değil. Gücümü topraktan alan etkileyici Antheus mitosunda, büyük matematikçilerinizin spekülasyonlarına rastladığımız bir şey var. Enerji uzayın her yerinde. Bu enerji statik mi, kinetik mi? Eğer statik ise umutlarımız boşuna; eğer kinetik ise -ve böyle olduğumu biliyoruz- insanlık için makineleri bu doğanın döngüsüne bağlamak sadece bir zaman meselesidir."

Nikola TESLA

Kaynakça

- [1] Alabsi, A., Hu, J., Hawbani, A., Wang, X., Abdel Aziz, S., Shvetsov, A. V., Al-Dubai, A., Kumar, S., Zhao, L., & Alsamhi, S. H., "Wireless Power Transfer Technologies, Applications, and Future Trends: A Review," IEEE Transactions On Sustainable Computing, vol.10, no.1, January/February 2025.
- [2] A. K. Teshome, B. Kibret and D. T. H. Lai, "A Review of Implant Communication Technology in WBAN: Progress and Challenges," in IEEE Reviews in Biomedical Engineering, vol. 12, pp. 88-99, 2019.
- [3] Dunlap, C.; Van Neste, C.W., "Magnetic Gear Wireless Power Transfer System: Prototype and Electric Vehicle Charging," Energies 2025, 18, 532. <https://doi.org/10.3390/en18030532>.
- [4] Oraz, A. A. (2018). Elektrikli araçlar için endüktif kuplaj yöntemiyle kablosuz güç aktarımının gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.
- [5] S. L. Ho, Junhua Wang, W. N. Fu and Mingui Sun "A Comparative Study Between Novel Witricity and Traditional Inductive Magnetic Coupling in Wireless charging," IEEE Trans. Magnetics, vol. 47, no.5, pp. 1522-1525, May 2011.
- [6] Y. Wei et al., "A multiband, polarization-controlled metasurface absorber for electromagnetic energy harvesting and wireless power transfer," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 70, no. 5, pp. 2861-2871, May 2022.
- [7] <https://www.friendsofcrc.ca/Projects/SHARP/sharp.html>

ELEKTRİKLİ ARAÇ BATARYALARINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ETKİLERİ

Arş. Gör. Yasir Ziya Gültak

Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
yasirgultak@mersin.edu.tr

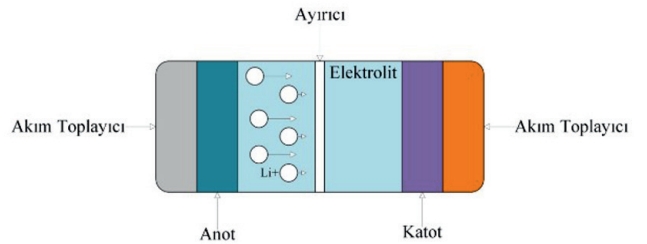
İklim değişikliği, gezegenimizin sürdürülebilirliğini tehdit eden en kritik çevresel sorunlardan biridir. İnsan faaliyetleri sonucu atmosferdeki karbondioksit ve diğer sera gazlarının yoğunluğu tarih boyunca kaydedilen en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu durum, küresel ısınmayı hızlandırarak ekosistemlerde geri döndürülemez tahribata yol açmakta ve aşırı hava olayları, deniz seviyesinin yükselmesi ile biyolojik çeşitlilik kaybı gibi olumsuz sonuçları artırmaktadır [1]. Dünya genelinde karbon emisyonlarının artışı ve petrol kaynaklarının tükenme riski giderek daha büyük bir endişe kaynağı haline gelmektedir. Ulaştırma sektörü, enerji tüketimi ve çevresel etkileri açısından en büyük paya sahiptir ve küresel enerji kullanımının %25'inden fazlasını oluşturmaktadır. Karayolu taşımacılığı, ulaştırma sektöründeki emisyonların %70'inden fazlasını oluşturarak çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir [2]. Bu nedenle, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak ve emisyonları düşürmek amacıyla sürdürülebilir ulaşım kavramı giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Elektrikli araçlar (EA), özellikle binek ve hafif ticari taşıt segmentlerinde, sürdürülebilir ulaşımın geleceği açısından etkili çözümlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bunun temel nedeni, bu araçların kullanım sırasında hiçbir emisyon salımı yapmamasıdır. EA'ların bu özelliği sayesinde, büyük şehirlerde ulaşım kaynaklı hava kirliliğinin azalması ve bazı bölgelerde tamamen ortadan kalkması mümkün hale gelmektedir. Ayrıca, başta karbondioksit olmak üzere sera gazı emisyonlarının düşmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır [3]. Bu nedenle, birçok gelişmiş ülke, karbon ayak izinin artmasını engellemek amacıyla EA kullanımını teşvik etmektedir. Vergi indirimleri, satın alma destekleri, ücretsiz kamu otoparkı ve otoyol geçişleri gibi avantajlar sunulmaktadır [4]. Türkiye'de elektrikli araçların yaygınlaşmasını desteklemek amacıyla çeşitli teşvik ve düzenlemeler uygulanmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'nin yerli ve milli elektrikli otomobili Togg, devlet destekleriyle üretilmiş ve ülkenin sürdürülebilir ulaşım hedeflerine katkı sağlaması amaçlanmıştır. EA teknolojilerinin gelişimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegrasyonu sayesinde, bu etkinin önümüzdeki yıllarda daha da artması beklenmektedir.

Lityum-İyon Bataryalar

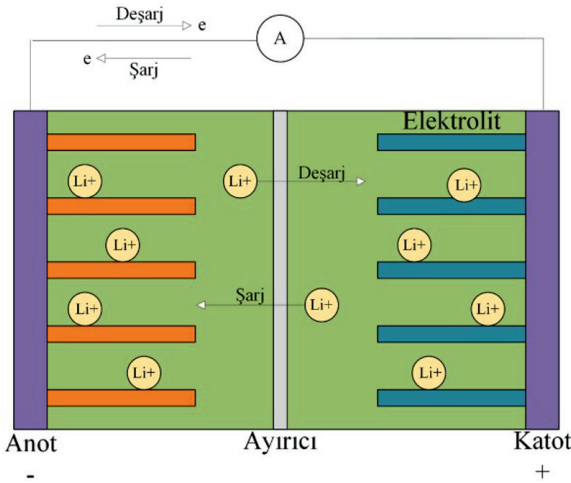
EA'ların en önemli bileşenlerinden biri bataryalarıdır. Bir EA'nın gücünü sağlayan bu bataryalar, geleneksel içten yanmalı motorlarda kullanılan yakıt deposunun yerini alır. Ancak benzin veya dizel yakıt yerine, elektrik enerjisini kimyasal olarak depolayan ve gerektiğinde bu enerjiyi araca güç vermek için geri döndüren gelişmiş batarya sistemleri kullanılır. Bugün piyasadaki çoğu EA, lityum-iyon bataryalar (LİB) ile donatılmıştır. Bu bataryalar, akıllı telefonlardan dizüstü bilgisayarlara kadar birçok cihazda kullanılan aynı teknolojiye dayanır. LİB'ler, yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmaları sayesinde daha uzun menzil ve daha verimli enerji kullanımı sunar. Geleneksel kurşun-asit bataryalara kıyasla daha hafif, daha uzun ömürlü ve hızlı şarj olabilen bir yapıya sahiptirler [5].

LİB'ler, katot (pozitif elektrot), anot (negatif elektrot), elektrolit ve ayırıcı olmak üzere dört temel bileşenden oluşur.



Şekil 1. LİB'lerin yapısı

Şekil 2'de görüldüğü gibi LİB'lerin çalışma prensibi, lityum iyonlarının anot ile katot arasında sürekli olarak hareket etmesine dayanır. Deşarj aşamasında, negatif elektrot olan anot, lityum iyonlarını elektrolite bırakır ve bu iyonlar pozitif elektrot olan katota yönelir. Şarj işlemi sırasında ise lityum iyonları, elektrolit aracılığıyla katottan anota geri döner. Şarj ve deşarj sürecinde, elektrotlar arasında taşınan lityum iyonlarının miktarı ile orantılı olarak dış devreden bir akım geçişi gerçekleşir [6].



Şekil 2. LIB'lerin çalışma prensibi

Elektrikli Araç Bataryalarından Kaynaklanan Başlıca Sorunlar

EA'lar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla çevre dostu bir alternatif sunarak karbon salımını azaltma konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, bu araçların yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biri batarya teknolojisine bağlı çeşitli teknik ve lojistik sorunlardır. Batarya performansı, üretim süreçleri, güvenlik riskleri ve çevresel etkiler, EA'ların uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından kritik konular arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, EA bataryalarından kaynaklanan başlıca sorunlar aşağıda ele alınmaktadır.

Menzil Kaygısı

EA bataryalarının enerji yoğunluğu, içten yanmalı motorlarda kullanılan fosil yakıtlara kıyasla daha düşüktür. Bu durum, araçların menzilin sınırlı olmasıyla sonuçlanmakta ve kullanıcılar arasında menzil kaygısına yol açmaktadır. Özellikle uzun yolculuklar veya şarj altyapısının yetersiz olduğu bölgelerde bu durum ciddi bir problem teşkil etmektedir [7].

Şarj Süresi ve Altyapı Eksikliği

EA bataryalarının şarj edilmesi, geleneksel fosil yakıtlı araçların yakıt doldurma süresine kıyasla oldukça uzun sürebilmektedir. Her ne kadar hızlı şarj istasyonları geliştirilmiş olsa da tam şarj süresi hala birkaç saat sürebilmekte ve bu da kullanıcı deneyimini olumsuz etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, şarj altyapısının yetersiz olduğu bölgelerde EA'ların kullanımı sınırlı kalmaktadır. Ayrıca, yüksek güçlü hızlı şarj işlemleri bataryanın kimyasal yapısını etkileyerek ömrünü kısaltabilmektedir [8].

Batarya Ömrü

LİB'ler, belirli bir kullanım süresi boyunca kapasite kaybına uğramakta ve zamanla performansları düşmektedir. Özellikle sık hızlı şarj işlemleri, düzensiz şarj alışkanlıkları ve aşırı sıcak veya soğuk hava koşulları, bataryanın ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. Batarya

ömrünün kısılması, kullanıcıların uzun vadede yüksek maliyetlerle karşılaşmasına neden olmakta ve EA'ların ikinci el piyasasını da olumsuz etkilemektedir [9].

Güvenlik Riskleri

EA bataryaları, özellikle termal kaçak riski taşıması nedeniyle güvenlik açısından belirli riskler barındırmaktadır. Batarya hücrelerinde meydana gelebilecek aşırı ısınma, yangın veya patlama gibi olaylara yol açabilmektedir. Özellikle üretim hataları, fiziksel hasar veya yanlış kullanım gibi faktörler, batarya güvenliğini tehdit etmektedir. EA bataryalarından kaynaklanan yangınlar, geleneksel araç yangınlarına kıyasla daha zor söndürülebilir olup özel ekipman gerektirmektedir [10].

Üretim Maliyetleri ve Ham Madde Tedariki

Lityum, kobalt ve nikel gibi nadir metallerin EA bataryalarında kullanılması hem yüksek üretim maliyetlerine hem de tedarik zincirinde çeşitli zorluklara yol açmaktadır. Bu metallerin çıkarılması sırasında çevresel zararlar meydana gelmekte ve etik sorunlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle kobalt madenciliğinde insan hakları ihlalleri sıklıkla gündeme gelmektedir. Ham madde kıtlığı veya fiyat dalgalanmaları, batarya üretimini ve dolayısıyla EA'ların maliyetini artırarak bu araçların yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır [11].

Geri Dönüşüm ve Atık Yönetimi

EA bataryalarının geri dönüşümü ve atık yönetimi, halen tam anlamıyla oturmuş bir süreç değildir. Bataryaların çevreye zarar vermeden geri dönüştürülmesi oldukça maliyetli ve teknik olarak karmaşıktır. Kullanım ömrü dolan bataryaların sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi, EA ekosisteminin uzun vadeli çevresel etkileri açısından kritik bir konudur. Bununla birlikte, ikinci hayat uygulamaları olarak adlandırılan enerji depolama çözümleri, eski bataryaların farklı alanlarda kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ancak, bu uygulamaların ölçeklenebilirliği henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır [12].

Soğuk Hava Koşullarında Elektrikli Araçlarda Menzil Kaybı

Düşük sıcaklıklarda LİB'lerin verimliliği belirgin şekilde azalır. Bu azalma, bataryaların içerisindeki bileşenlerde sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Soğuk hava koşullarının neden olduğu en önemli değişiklikler aşağıda incelenmiştir.

* Düşük sıcaklıklar, elektrolitin daha yoğun hale gelmesine ve akışkanlığının azalmasına neden olur. Bu durum, anot ile katot arasındaki iyon taşınım hızını önemli ölçüde düşürerek elektrik akımının oluşumunu zorlaştırır. Ayrıca, düşük sıcaklıklarda elektrolit içinde tuz çökmesi veya donma meydana gelirse, iyonların tamamen hareket edemeyeceği bölgeler oluşur ve bu da bataryanın çalışmasını tamamen durdurabilir [13].

* Elektrolit içindeki iyonlar, çözücü moleküller tarafından sarılarak serbestçe hareket edebilirler. Ancak

elektrot yüzeyiyle reaksiyona girebilmeleri için bu moleküllerden kurtulmaları gerekir. Düşük sıcaklıklarda çözücü moleküller iyonlarla daha güçlü bağlar oluşturur, bu da iyonların elektrot yüzeyiyle doğrudan etkileşime girmesini geciktirir. Çözücü moleküllerden ayrışmayan iyonlar elektrot yüzeyinde birikir ve yeni iyonların yüzeye ulaşmasını zorlaştırır [14].

* Bataryanın anot yüzeyinde doğal olarak oluşan ince ve geçirgen bir film, elektrolit ile anot arasındaki istenmeyen reaksiyonları engelleyerek bataryanın kararlılığını sağlar. Bu ince film, Katı Elektrolit Arayüzü (SEI) tabakası olarak adlandırılır. Ancak, düşük sıcaklıklarda SEI tabakasının yapısı ve işlevselliği ciddi şekilde bozulabilir. Özellikle soğuk hava koşullarında, SEI tabakasının iyon geçirgenliği azalır. Bu durum, lityum iyonlarının anot ile katot arasında serbestçe hareket etmesini zorlaştırır. Ayrıca, düşük sıcaklıklarda lityum iyonlarının anot yüzeyine düzgün bir şekilde yerleşememesi nedeniyle lityum kaplanması adı verilen bir sorun ortaya çıkabilir. Bu durum, zamanla batarya ömrünü kısaltan ve hatta güvenlik riskleri doğurabilen düzensiz lityum birikimlerine yol açabilir [15].

Düşük sıcaklıklarda meydana gelen bu değişiklikler, EA'larda menzile kaybına yol açmaktadır. Yapılan araştırmalar, özellikle dondurucu hava koşullarında ısı pompasına sahip EA'ların menzillerinde ortalama %20 oranında azalma olduğunu ortaya koymaktadır. Isı pompası bulunmayan EA'larda ise bu oran daha da yüksek olmaktadır. Ancak menzile kaybı, yalnızca ısıtma sistemiyle sınırlı olmayıp; aracın modeli, batarya kimyası, enerji yönetim stratejileri ve aerodinamik yapısı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [16].

EA'larda menzile ve enerji verimliliği büyük önem taşır. Isı pompası, bu verimliliği artıran kritik bir teknolojidir. Hem kabini hem de bataryayı ısıtıp soğutabilen bu sistem, geleneksel ısıtma-soğutma sistemlerine kıyasla çok daha az enerji tüketir. Isı pompası, soğuk havalarda dış ortamdan ve bazı durumlarda araç bileşenlerinden aldığı ısıyı kullanarak kabini ve bataryayı ısıtır. Geleneksel EA ısıtma sistemleri genellikle dirençli ısıtıcılar (PTC – Pozitif Sıcaklık Katsayılı ısıtıcılar) kullanır. Bu sistemler, elektrik enerjisini doğrudan ısıya çevirerek kabini ısıtır. Ancak, dirençli ısıtıcılar yüksek enerji tüketimi nedeniyle batarya menzileini önemli ölçüde azaltabilir. Isı pompası kullanıldığında ise enerji tüketimi büyük oranda azalır. Bunun sebebi, ısı pompasının havadan veya araç bileşenlerinden aldığı mevcut ısıyı kullanarak ısıtma yapmasıdır. Bu yöntem, dirençli ısıtıcılara kıyasla çok daha az enerji harcar ve böylece araç menzileini artırır. Ayrıca, ısı pompası yalnızca kabini değil, bataryayı da ideal sıcaklıkta tutarak performansı ve ömrünü iyileştirir. Özellikle soğuk havalarda menzile kaybını minimize etmek için ısı pompası önemli bir avantaj sağlar [17].

Tablo 1'de, popüler EA'ların 0 santigrat derecede ne kadar menzile kaybı yaşadığı görülmektedir.

Tablo 1. Popüler EA'ların 0°C'de menzile kaybı

Model	Isı Pompası	Menzile Kaybı (%)
Tesla Model X	Var	11
Tesla Model S	Var	12
Audi e-tron	Var	13
Tesla Model 3	Var	13
Tesla Model Y	Var	14
Hyundai Ioniq 5	Var	15
Hyundai Kona	Var	16
BMW iX	Var	17
Nissan Ariya	Var	17
Kia EV6	Var	20
Tesla Model 3	Yok	21
Nissan Leaf	Yok	22
Tesla Model S	Yok	23
Chevrolet Bolt	Yok	31
Volkswagen ID.4	Yok	37

Kaynakça

- [1] IEA, L. (2020). Tracking transport 2020. Paris: IEA.
- [2] Shahzad, M., Shafiq, M. T., Douglas, D., & Kassem, M. (2022). Digital twins in built environments: an investigation of the characteristics, applications, and challenges. Buildings, 12(2), 120.
- [3] International Energy Agency. (2022). Renewable Energy Market Update: Outlook for 2022 and 2023. OECD Publishing.
- [4] Sanguesa, J. A., Torres-Sanz, V., Garrido, P., Martinez, F. J., & Marquez-Barja, J. M. (2021). A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. Smart Cities, 4(1), 372-404. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010022>
- [5] Adakkappan, M., & Sathiyamoorthy, N. (2022). Modeling, state of charge estimation, and charging of lithium-ion battery in electric vehicle: a review. International Journal of Energy Research, 46(3), 2141-2165.
- [6] Yang, Y., Yang, W., Yang, H., & Zhou, H. (2023). Electrolyte design principles for low-temperature lithium-ion batteries. Esience, 3(6), 100170.
- [7] Rainieri, G., Buizza, C., & Ghilardi, A. (2023). The psychological, human factors and socio-technical contribution: A systematic review towards range anxiety of battery electric vehicles' drivers. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 99, 52-70.
- [8] Ullah, I., Liu, K., Yamamoto, T., Zahid, M., & Jamal, A. (2022). Prediction of electric vehicle charging duration time using ensemble machine learning algorithm and Shapley additive explanations. International Journal of Energy Research, 46(11), 15211-15230.
- [9] Abdelbaky, M., Peeters, J. R., & Dewulf, W. (2021). On the influence of second use, future battery technologies, and battery lifetime on the maximum recycled content of future electric vehicle batteries in Europe. Waste Management, 125, 1-9.
- [10] Held, M., Tuchscheid, M., Zennegg, M., Figi, R., Schreiner, C., Mellert, L. D., ... & Nachev, L. (2022). Thermal runaway and fire of electric vehicle lithium-ion battery and contamination of infrastructure facility. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 165, 112474.
- [11] Xia, X., & Li, P. (2022). A review of the life cycle assessment of electric vehicles: Considering the influence of batteries. Science of the Total Environment, 814, 152870.
- [12] Hoarau, Q., & Lorang, E. (2022). An assessment of the European regulation on battery recycling for electric vehicles. Energy Policy, 162, 112770.
- [13] Liu, Y., Li, W., Cheng, L., Liu, Q., Wei, J., & Huang, Y. (2022). Anti-freezing strategies of electrolyte and their application in electrochemical energy devices. The Chemical Record, 22(10), e202200068.
- [14] Lei, S., Zeng, Z., Liu, M., Zhang, H., Cheng, S., & Xie, J. (2022). Balanced solvation/de-solvation of electrolyte facilitates Li-ion intercalation for fast charging and low-temperature Li-ion batteries. Nano Energy, 98, 107265.
- [15] Dong, X., Wang, Y. G., & Xia, Y. (2021). Promoting rechargeable batteries operated at low temperature. Accounts of Chemical Research, 54(20), 3883-3894.
- [16] Chademunhu, B. F., Gupta, S., & Mishra, P. K. (2024, July). Enhancing Cold-weather Performance of Electric Vehicles through Innovative Thermal Management Strategies. In 2024 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECT) (pp. 1-6). IEEE.
- [17] Hajidavalloo, M. R., Chen, J., Hu, Q., & Li, Z. (2023, May). Study on the benefits of integrated battery and cabin thermal management in cold weather conditions. In 2023 American Control Conference (ACC) (pp. 1759-1766). IEEE.

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE DC GERİLİM SEVİYESİNİN YÜKSELTİLMESİNİN GETİRDİĞİ DEĞİŞİKLİKLER

Prof. Dr. Engin ÇETİN
Pamukkale Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
engincetin@pau.edu.tr

Bilindiği üzere, fotovoltaik santrallerde fotovoltaik modüller ile solar eviriciler arasında uygulanan maksimum DC sistem gerilimi seviyesi, 1.000 V'tan 1.500 V'a çıkartılmıştı. Uzunca bir süredir de fotovoltaik santral tasarımlarında, bu maksimum DC gerilim seviyesi göz önüne alınmaktaydı. Bu durum, sektörü belirleyen fotovoltaik modül üreticilerinin piyasaya sağladıkları fotovoltaik modüllerin maksimum DC sistem gerilim değerlerini (izolasyon gerilimi) 1.500 V'a yükseltmele-riyle başlamış, sonrasında solar evirici imalatçıların da kendi cihazlarını bu yeni duruma göre revize etmeleriyle devam etmişti. Fotovoltaik santrallerin bu iki ana ekipmanının maksimum gerilim seviyelerindeki yükselme, elbette; solar kablo, parafudr, sigorta v.b. ekipmanın da bu yeni duruma uygun olarak üretilmesi ve tedarik edilmesi zorunluluğunu da beraberinde getirmişti.

Son dönemlerde sektörde, 1.500 V'luk DC maksimum gerilim seviyesi değerinin, 2.000 V'a çıkartılması gündemde. Sektörel bazda ciddi etkileri olacak bu geçişin de, 2030 yılına kadar tamamlanması öngörülmüyor [1, 2].

Bu değişikliğine neden olarak, pek çok sebep sıralanıyor [1]. Bunlardan ilki, sistem kayıplarını azaltıp sistem verimini arttırmak. Bilindiği üzere sistem geriliminin arttırılması; fotovoltaik modüller ile solar eviriciler arasında oluşan gerilim düşümünü ve hat kayıplarını azaltıcı yönde etki edecek. Bir diğer önemli etken, fotovoltaik dizi gerilimi arttırıldığından, dizilere daha fazla fotovoltaik modül tesisi mümkün olabilecek. Böylelikle, fotovoltaik santrallerdeki; solar evirici, dizi, konektör, sigorta, DC pano, parafudr sayıları ile DC kablo metrajları azalmış olacak. İşçilik maliyetleri ile işletme – bakım maliyetlerinin azalması da beklentiler arasında. Bununla birlikte, gerilim seviyesinin yükseltilmesi, solar evirici maliyetlerinde bir artışa da neden olacak.

Peki fotovoltaik santrallerde maksimum gerilim seviyesindeki (veya izolasyon gerilim seviyesi) bu değişim, tasarım yapan, sahada test yapan veya işletme – bakım süreçlerinde görev alan teknik personel için neden önemli?

2 kV'luk DC gerilim seviyesine geçiş, sistemde kullanılan ekipmanın da bu gerilim seviyesine uygun olarak imal edilmesini gerektirmekte. Öyle ki bu durum; fotovoltaik modülden solar eviriciye, kablodan sigortaya kadar santralin tamamına yakınına teşkil eden donanımın yapılanmasını doğrudan etkileyecek. Gerilim seviyesinin yükseltilmesi, sistem bileşenlerinin yükselen gerilim seviyesine karşı izolasyonlarının daha dayanıklı hale getirilmesini zorunlu kılmakta. Bu da tasarımların yeni duruma adapte olmasını, ekipman üretimlerinde kullanılan malzemelerin de buna uygun şekilde üretilmesini zorunlu kılıyor.

Santral bileşenlerindeki bu değişim, bileşen testinde kullanılan solar tesisat test cihazlarının da yenilenmesi demek. Zira, fotovoltaik santraller için DC gerilim seviyesinin 1.000 V'tan 1.500'a çıkartılması, pek çok test/ölçü cihazının atıl kalmasına neden oldu. 1.000 V'luk açık devre gerilimi ölçüm değerine sahip test/ölçü cihazları, sadece bu gerilim seviyesine uygun olarak kurulan santrallerde test ve ölçüm faaliyetlerinde kullanılabilir. Benzer bir durum, 1.500 V'luk izolasyon seviyesine sahip solar tesisat test cihazları için de geçerli olacak. Öyle ki, 2.000 V açık devre gerilimine sahip fotovoltaik santraller için, bu gerilim seviyesinde test ve ölçüm yapabilen yeni tip solar tesisat test cihazları tasarlanıp üretilecek. Bu cihazları satın almak için de ilave bir pazar oluşması, doğal bir süreç olarak gözüküyor.

Fotovoltaik sistemler ile ilgili bu değişimin, bir de mevzuat ayağı var. Yapılacak olan DC gerilim seviyesi

düzenlemesinin, Avrupa’da mevzuat bağlamında sorun yaratacağına dair endişeler var [3]. Çünkü ülkemizde de uygulanan IEC normları, 1.500 V’a kadar olan (1.500 V dahil) DC gerilim seviyesini alçak gerilim (AG) sınıfına tabi tutuyor [5]. Dolayısıyla fotovoltaik santrallerin DC tarafındaki gerilimin 2 kV’a yükseltilmesi, santraller için ilave mevzuat değişikliklerine neden olacak. Örneğin, santralin DC tarafındaki elektriksel güvenlik önlemleri, artık AG elektrik sistemlerine göre değil, yüksek gerilim (YG) elektrik sistemlerine göre tasarlanmak ve uygulanmak durumunda olacak [3]. Bu ve buna benzer pek çok değişikliğe yönelik mevzuat çalışmalarının, oldukça zaman alacağını ön görmek mümkün [3].

Yapılacak değişikliğin ülkemizi ilgilendiren bir başka unsuru da, YG işletme sorumluluğunun hangi şartlara göre yürütüleceği noktasındadır. Bilindiği üzere bugüne kadar, fotovoltaik santrallerin DC tarafındaki test ve ölçümler, gerilim seviyesinin 1,5 kV olması sebebiyle, YG İşletme Sorumluluğu Belgesi olmayan Elektronik / Elektrik-Elektronik Mühendisleri tarafından yapılabil-mekteydi. 2 kV DC gerilim seviyesine sahip fotovoltaik santrallerin devreye girmesi ile birlikte, bu seviyede gerilime sahip santrallerin DC test ve ölçümlerinin yapılması ile ilgili olarak, önceden yetkili olan ilgili mühendislerin yetkileri, mevzuat gereği kendiliğinden ortadan kalmış olacak. Bu durum ve yukarıda bahsedilen diğer gelişmelerle ilgili olarak nasıl bir yol izlenmesi gerektiğine dair, Odamızın öncülük edeceği bir çalış-manın başlatılması, yerinde olacaktır.

Çin’in son zamanlarda dünyadaki pek çok teknolojik gelişmenin odağı olması ve bu gelişmelere öncülük etmesi, fotovoltaik santrallerde oluşmaya başlayan bu değişimde de kendisini iyiden iyiye hissettiriyor. 2023 yılında Çin’de, 2 kV’luk izolasyon gerilim seviyesine sahip 182 MW gücünde bir santral devreye alınmıştı [3]. Bir diğer küresel oyuncu ABD’de ise, yeni baş-kanın yenilenebilir enerjiye karşı olumsuz tavrı [4], ABD açısından bu hususta belirsizlikler içeriyor. S&P Global’e göre, 2030 yılına kadar tüm dünyada üretilen fotovoltaik santral projelerinin %77’si, 2 kV’luk DC gerilim seviyesine sahip olacak [3]. Görünen o ki, gerek sektörel ticari oyuncuların, gerekse Odamızın, fotovol-taik santrallerdeki bu önemli değişime kendilerini hızlı bir şekilde hazırlamaları gerekiyor.

Kaynaklar

- [1] <https://www.pv-magazine.com/2024/12/16/shift-to-2-kv-voltage-in-solar-projects-tipped-to-gain-traction/>
- [2] <https://www.pv-magazine.com/magazine-archive/the-2-kv-transition/>
- [3] <https://www.pv-magazine.com/2025/02/14/higher-voltage-faces-greater-resistance/>
- [4] <https://www.pv-magazine.com/2025/03/22/is-trump-just-a-bump-in-the-road-for-us-solar/>
- [5] IEC Standart Voltages, IEC 60038 Edition 7.0 2021-12, IEC 60038:2009-06/AMD1:2021-12(en-fr).



YAPAY ZEKA VE EMEK: BİR TOPLUMSAL TARİH

Dr. Öğretim Üyesi Özgür Narin
Ordu Üniversitesi Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü
ozgurnarin@odu.edu.tr

Goethe, neredeyse 200 yıl önce, Alfred Nicolovius’a yazdığı mektupta, çağın (1827) en büyük felaketinin hiçbir şeyin olgunlaşmasına izin vermemesi olduğunu söyler. Her şey göz açıp kapayıncaya (Augenblick) kadar tüketilmekte, anlık yaşanmakta, etkinliklerimizin hiçbir mahremiyeti kalmamaktadır. *Alles veloziferisch!* Her şey şeytanca hızlı! Belki de “acele işe şeytan karışır” diye söylenebilir.

Marshall Berman da *Katı Olan Her Şey Buharlaşıyor* kitabında, modernleşmenin ve kapitalizmin hızla bağlı yapısının, her şeyin alınıp satılır hale gelmesinin, metalar dünyasının tüketiciliğini Faust gibi dönemin erken edebiyat metinlerinden yola çıkarak tartışır. Kimi yazarlar, Goethe’nin bu düşüncelerinde, Faust’un kimi dizelelerinde “enformasyon toplumu” öngörüsünü görürler.

Çoğu zaman buradaki hız, toplumun, toplumsal ilişkilerin hızı olmaktan çıkar; tükettiğimiz, çalıştığımız, iletişim kurduğumuz nesnelerin, iletilerin ve verilerin hızı olarak algılanmaya başlanır. 1867’de ilk kez bu duruma bir tanı konmuştu. İnsanlar arasındaki ilişkilerin yerini; ürettikleri, tükettikleri mallar ve metalar arasındaki ilişkilerin almasına “meta fetişizmi” denmişti. Sanki Goethe’nin büyücüsünün çırağının sihirli değneği ustasından habersiz kullanarak her şeyi harekete geçirmesi ve sonra kontrolü elden kaırması gibi; nesneler, şeyler, şeyler arasındaki hareketler, hatta şeyler arasındaki iletiler ve veriler kendi kendilerine hareket edip her şeyin sorumlusu haline geldiler. Arka plandaki toplumsal üretim ilişkileri, bunun eşitsiz ve sınıflı yapısının özne olması, eyleyciliği sihirbazın örtüsü altına saklandı. Meta fetişizmi, teknoloji fetişizmi görünümüne de bürünmeye başladı.¹

Belki bunun en gelişmiş hallerinden biri yapay zekâ yöntemleri ve algoritmalara yüklenen mistik kudrette ortaya

çıkıyor. Öyle ki bu yöntemlerin arkasındaki tarihsel ve toplumsal ilişkiler, onları üretenlerin tarihsel gelişimi göz ardı edilip, ikircikli bir bakış tüm hararetiyle ortalığı kaplıyor. Mistik bir kudret atfedenler ile insan zekâsı ile yarıştırmaya çalışanlar; us ve bilinç atfedenlerle aslında “aptal” olduğunu ispatlayanlar; tapınmaya hazır bulunanlarla korkan, tekinsizliğinden kaçanlar devingen bir ikircikliliği sürekli var ediyorlar.

Benzer bir durum, dijitalleşme ile yaşanan veri talanında² ve yapay zekâ yöntemlerinde de görülüyor. Üretim ve toplumsal yeniden üretimdeki hız, bunun yarattığı emek örgütlenmeleri, çalışma koşullarındaki değişme, toplumsal ilişkiler gözetilmeden; verilerin hızlı akışı, buradan çıkan “sonuçlar”, parametrelerden elde edilen şeyler (token), ağırlıkların analizi ve işlemci hızı ön plana çıkıyor.

Bugünün “eşsiz”, “yeni” gözüken olgularını, iki yüzyıl önceki sözler ile karşılamamızın nedeni biraz da “anı yaşayan” insan gibi belleksizliğe karşı çıkmak. Toplumsal tarihi, insanın kolektif ve birikimli emeğinin bu biriktirme özelliğine işaret etmek.

Benzer bir tarihsel geri dönüşü, 1970’lere doğru Soğuk Savaş döneminde metin ve istihbarat çevirisi için geliştirilmeye çalışılan, dil işleme, çeviri programları ile gündeme gelen “örüntü tanıma” (pattern recognition) için yapabiliriz. IBM laboratuvarlarında veri ve enformasyonu işleme, buradaki kalıpları örüntü tanıma ile çıkarma henüz gelişme aşamasındayken, sonuçlar felsefecileri de etkiliyordu. IBM laboratuvarlarında enformasyon işlemeye çalışan işlemciler, çok fazla enformasyon ile yüklendiklerinde tek yapabildikleri örüntü tanımak, örüntü yakalamak oluyordu. Bugünkü hızı ve veri yığını (Enfodemi – veri yığınının salgın gibi yayılması) gözettiğinizde insanın düşünme, us yürütme,

¹ 2012’de bu dergiye (445. sayı) yazdığım bir yazıda, mühendisliğin teknolojik olmayan bir tarihini, teknolojinin de otomatik olmayan toplumsal bir tarihini anlatmaya çalışmıştım. Bu yazıyı lütfen bunun bir “güncellemesi” olarak ele alın.

² Masum ve adil bir veri toplamı gibi adlandırılan “Büyük Veri” yerine bu sözü kullanabiliriz. Eleştirel metinlerde bunun için “data extractivism” kullanıyorlar. Biraz daha ayrıntılı bir irdeleme için dijital ortamda erişilebilen Sendika.org “Dijitalleşen Dünya, ‘Değişmeyen’ Mücadele” özel sayısındaki söyleşi, 2021.

Goethe'nin dediği gibi bir düşünceyi olgunlaştırma işlevi körelirken; yerini kalıpları yakalama ve bu kalıplarla us yürütmeyi birbirine karıştırma alıyor. Düşünce “demlenmeden”, insan bir düşünce üzerine evirip çevirerek (karşıtına gidip dönerek düşünme – reflexion) düşünmeden “bilgi” yığınlarının ortalamasını alabiliyor, bir kalıbı yakalayabiliyor. Bugünkü inanılmaz veri yığını, büyük işlemci güçleri ve bulut bilişim üzerinden işleyen yapay zekâ yöntemlerinin kullandığı Bayesçi istatistiksel yöntemler, derin öğrenme gibi araçlar da bu işleyişe yatkınlığı kolaylaştırıyor. Elbette bu sanal işlem gücünün dayandığı devasa fiziksel üretim ve bu üretim araçlarının sahibi olan teknoloji tekelleri, yapay zekaya biçtikleri kudret ve yadıkları “parlak” umutlar ile bunu besliyorlar.

Kalıp yakalamak, kalıpları tekrar etmek düşünmeyi ve eylemeyi sınırlarken, toplumsal ilişkileri ve emek üzerine düşünmek gereklidir. Yerin göğün veriyle kaplandığı, “verisi çıkmış” bu dünyada; bunları, dijital olanı, yapay zekayı üreten üretim ilişkilerine ve emeğe odaklanmak; teknolojinin toplumsal üretim ilişkilerine odaklanmak önemli olmalı. Bu sadece anlamak için değil, değiştirmek ve ortaya çıkarılan birikime sahip çıkmak, “toplumsal sorumluluk” açısından da önemli. İnsanın üretken emeği, niteliği ve birikimi olan teknolojinin, toplumsal sorumluluğunu duymak, EMO'nun bizzat kendisinin hep öne çıkardığı bir özellikti. EMO'nun tarihinde önemli yeri olan Necdet Bulut, Güney Gönenç gibi mühendislerin, bilimcilerin sık sık teknolojinin bu toplumsal üretimini öne çıkarması; mühendisleri, bilim emekçilerini toplumsal sorumluluğa çağırması bu yüzden sürekli hatırdâ tutulmalı. Bunun için yapay zekanın gelişiminde emeğin yeri ve önemini irdelemek üzere, yine tarihe döneceğiz.

Makinelerin ve Emeğin Şafağı

Farklı sınıflardan üç Londralı, benzer zamanlarda tarihin nabzının attığı bu kentte toplumun kolektif üretkenliği olan teknolojinin bambaşka yönleri ile ilgilenirler.

Marx'ın sürgün olarak yerleştiği Londra, Sanayi Devrimi'nin sonuçlarının boy göstermeye başladığı günleri yaşamaktadır ve makine üzerine teknolojik gelişmelerin ve bilimsel tartışmaların en yoğun olduğu yerdir. 1851'de, dünyanın ilk uluslararası fuarında en yeni teknolojileri sergilemek için Sırça Köşk, “Kristal Saray” kurulacaktır. Makinelere karşı büyük öfkenin patlak yeri olduğu yılların ardından gelişen tepki önce örgütlü Çartist hareketi doğurmuş, ama o da bu tarihlerde gerileme dönemine girmiştir. Büyük sanayinin, Andrew Ure'un deyişiyle “itaatsiz eller” için hizmete soktuğu makineler işlerini iyi yapmışlardır³ ve çalışma koşullarına karşı eylemlerin arttığı büyük sanayi şehirlerinde makineler itaatsiz işçilerin yerini almaya başlamıştır. Üstelik hizmete hazır yeni buluşlar 1851 Dünya Fuarı'nda Sırça Köşk'te sergilenmektedir. Bilgisayarın ilk öncüllerinden biri de tam bu yıllarda Londra'da Charles Babbage ve Ada Lovelace tarafından tasarlandı.

Aynı şehirde yaşayan, büyük ihtimalle karşılaşmamış bu üç insan, makinenin geleceği ve makinenin sınırları, makinenin teknik ve toplumsal çözümlemesi üzerine önemli etkiler bıraktılar.

Babbage, çark ve dişlilerle işlem yapacak olan hesap makinesinin, işleyişini hassas biçimde bölebilmek ve tasarlayabilmek için imalathanelerdeki iş bölümünü teknik olarak incelemiş ve bunun için makine ve imalat sanayi üzerine bir kitap yazmıştı. Geliştirdiği makinenin gelecekteki potansiyeli konusunda gelişkin ve öncü fikirlerle sahipti ama tarihsel ve toplumsal çözümlemesi ve sınırları konusunda Marx'ın çözümlemelerinden habersizdi.

Marx, sermaye kuramını geliştirirken makineleri anlamak için kapsamlı notlar tutmuş, Babbage'ın ünlü iktisat kitabını okumuş ve hem yararlanmış hem eleştirmiştir. Makine üzerine teknik analizi, geliştirdiği sermaye birikimi kuramına dayanarak öncü bir toplumsal çözümleme ile birleştirmiştir. Ancak sıkı bir şekilde okuduğu Babbage'ın kitabının yazılış nedeni olan hesap makinesi ile ilgilenmemiş gözükmektedir. Dahası, bu hesaplamayı yapmak için gerekli olan farkların bölümlendiği işlemleri anlatan kitabın 19. bölümü, “Zihinsel Emeğin İş bölümü Üzerine”dir. Burada Babbage, zihinsel işlemler yapabilecek bir hesap makinesi tasarlamak için bu kitabı yazdığını aktarır. Marx'ın eleştiri ve değerlendirmelerinde bu nokta hiç anılmamaktadır.

Makinelerin tarihsel gelişimindeki sınırlar sadece teknik değildir. Marx sayesinde, üretim ilişkilerindeki sınırları, teknolojinin seyrini belirleyen sınıflı üretim ilişkilerinin çözümlemesini öğrenmekteyiz. Babbage'da burası boşluktur; ancak Babbage'ın zihinsel emeğin bölümlenmesi, makineye soğurulması geleceğin dijitalleşme, veri ve yapay zekâ sistemlerinin kuruluşunun temel mantığını içermektedir. Burası da Marx'ta teknik çözümlemede tamamlanmamıştır. Ancak bugünü anlamak için geliştirilmesi gereken ipin ucu da yine onun çözümlemesinden başka yerde bulunamaz. Onun makinelerin bileşenleri üzerine teknik gözüken incelemesi, bugünün iletişim, bilişim ve kontrol kuramlarını sistematik biçimde anlayabilmek için zorunlu kalkış noktasıdır.

Yazıda bu ipuçlarının yardımıyla Marx'ın geliştirdiği ve boş bıraktığı yerden Yapay Zekâ'nın emeğini tartışmaya çalışacağız. Bunun için biz de makinenin üretiminin tarihsel ve toplumsal çözümlemesinden başlamalıyız.

İlk bölümde Yapay Zekâ'ya zekâ kazandıran niteliğin ortaya çıkışı ve gelişimini açıkladıktan sonra, ikinci bölümde Yapay Zekâ'nın en temel bileşenlerini oluşturan hesaplama gücü (compute) ve verinin ortaya çıkışını irdedeceğiz. Bir başka deyişle makineden bilgisayara ve enformasyondan veriye evrilen gelişimin izini süreceğiz. Üçüncü olarak ise niteliğin ve tarihsel oluşumun bir sentezini yaparak makinenin dayanağı olan emeği ele alacağız.

3 Bkz. 2012 tarihli EMO dergi yazısı.

Makine'nin "Zekâ"sı: Kendini düzeltmekten, Öğrenen Makineye Geri Besleme Mekanizması

Makinenin "zekâ"sı başlangıçta, bir sorunu çözmek için kurulan düzeneğin mekanikleştirilmesidir. Düzenek, düzenden, halihazırdaki üretim koşullarının düzeninde aksayan yönler karşısında "hile", "kurnazlık" kullanmaktan gelişir. Bu, makineyi bir akıl ürünü yapar, ama ona zekâ vermez. Makinenin "zekâ" kazanmasını anlamak için bugünkü zekâ tartışmalarına bakabiliriz. Zekâyı tek başına beyinde, beynin farklı bölgelerine atfeden görüş 20. yüzyılın başında sarsılırken, son zamanlarda zekanın bir şey değil, bir ilişki olduğu yönündeki görüş öne çıktı. Zekâ, ilişkilerle, örneğin ortama uyulanma çabalarıyla ortaya çıkan (emergent) bir nitelik olarak açıklanmaya başladı.⁴ Zeki davranış, davranan ve dolayımlanan ortam arasındaki karşılıklı zemine (consensual) göre tanımlandı.⁵ Bu zekâ tanımı, uyarlandığı ile konsensüs içinde olması gereken uyarlanana birlikte vurgular.

Makinenin bugünkü en gelişmiş hali olarak Yapay Zekâ'nın temel niteliklerini anlamak için, tarihsel olarak bu uyarlanma özelliği nasıl değişti, dönüm noktaları nelerdir, irdelememiz gerekir.

Alanın uzmanları, Yapay Zekâ'dan çok yapay zekâ metodlarından bahsetmeyi öneriyorlar. Yapay Zekâ'nın tanımı da bu yöntemlerin çeşitliliği ve hızlı değişmesi yüzünden hep belirsiz kalıyor. Burada genel kabul göreni kullanacağız. Buna göre, yapay zekâ yöntemlerinin en temel nitelikleri, özerk (autonomous) ve uyulanabilir (adaptive) olmalarıdır.⁶ Özerklik, karmaşık ortamlarda sabit ve sürekli bir kullanıcı rehberliği olmadan görevini yerine getirebilmek anlamına geliyor. Uyulanabilirlik ise, deneyimden öğrenerek performansını geliştirebilme özelliği. Öyle ise bu iki niteliğin makinelerde ortaya çıkmasının tarihini inceleyelim.

Makinelerin "zekâ" kazanabilmelerinin ilk adımları, uyulanabilme özelliklerinin gelişiminde gerçekleşiyor. Bunun ilk evresi, kendi kendini düzeltme ya da geri besleme (feedback) tekniklerinin gelişimidir. Daha sonraki evresi ise, uyarlanma özelliğinin, özerklik ile birleşmesini güçlendiren sibernetik aşama, yani çevreye uyulanmak için alınan geribeslemeye göre özerk kararlar verebilme evresidir.

4 N. Katherine Hayles, *How we became posthuman: virtual bodies in cybernetics, literature, and informatics*, Chicago, Ill, University of Chicago Press, 1999. Zekâyı ortaya çıkan olarak kavrayan bağlantısız (connectionist) modeller için bkz. Ethem Alpaydın, *Yapay Öğrenme: Yeni Yapay Zekâ*, Çev.: Aylin Ağar, Tellekt, 2020, s. 83.

5 Humberto Maturana ve Francisco Varela, *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*, D. Reidel Pub., Dordrecht, 1980..

6 Yapay Zekâ üzerine temel bilgiler için pek çoğunun içinden şu kaynaklara bakılabilir: Ethem Alpaydın, *Yapay Öğrenme: Yeni Yapay Zekâ*, Çev.: Aylin Ağar, Tellekt, 2020. Cem Say, 50 Soruda Yapay Zekâ, Bilim ve Gelecek Kitaplığı, 2018. Nils J. Nilsson, *Yapay Zekâ: Geçmiş ve Geleceği*, Boğaziçi Üniv. Yayınları, 2019. Helsinki Üniversitesi'nin aynı adlı açık internet dersleri. S. J. Russell ve P. Norvig, (2021) *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson, Hoboken.

Dikkat edilirse, bunlar insanlar için, çevreden etkilenerek öğrenme aşamasından, öğrendikleriyle kendiliğini oluşturarak (özerklik) kendisi karar verebilme ve öngöründe bulunabilme anlamında gelişim evrelerine benziyorlar. İnsan, kolektif zekâsı olan genel zekâ ile kendi benzeşimini (simulasyon) kurmaya çalışıyor.

Tarihsel olarak incelendiğinde, ilk evre geri besleme sistemlerinin kurulmasıdır. Marx, "modern sanayinin en büyük buluşu" dediği otomatik dokuma tezgâhını 1867'de şöyle anlatır:

*"...bir tek atkı ipliği kopar kopmaz iplik makinesini kendi kendine durduran cihaz, buharla işleyen dokuma tezgâhını makarada atkı ipliği biter bitmez durduran self-acting stop (otomatik durdurucu) tamamıyla modern buluşlardır."*⁷

Artık, buharla kendi kendine benzer hareketleri yapan aygıtlara değil, çıktıya göre kendini düzeltten makinelere otomatik denilmektedir. İlki epeydir vardı ve emekçi, buhar gücüyle çalışan bu makinelerde ipliğin bitip bitmediğini, atıp atmadığını kontrol etmek zorundaydı. Buradaki ise kendini düzeltme işlemi, geri besleme (feedback) sistemidir ve makinelerde ilk "öğrenme" ve "zekâ" biçimlerini oluşturur.⁸ Önce saat mekanizmalarının, çark ve dişlilerle işleyen hassas mekanizmaların üretimde geliştirilmeleri, daha sonra kendi kendine çalışan oyuncaklar ve müzik kutularının yapıyla başlayan teknik gelişmeler, makinelerde kullanılmaya başlanmıştır. Kendisini düzeltten geri besleme sistemleri zamanla mekanik olarak gelişmiştir. Dişlilerin ve dişli yörüngelerinin düzgün hesaplanması ve tasarımı önemli matematiksel hesaplamalar gerektiriyordu. Çoğu durumda mekanik tasarımı yapanlar matematikçilerdi. Matematik bilimi, tüm bu zaman içinde mekanik bilimiyle koşut olarak gelişti.

Bir süre sonra, çıktılardaki farklılığa göre kendini düzelterek olan geri besleme sistemleri için sayısal hesaplama yapmak, daha da ötesi sayısal hesaplamaları dişlilerle mekanik olarak yapabilmek önemli hale gelecekti. Bir ulusun vergi oranlarını, logaritma tablolarını, karmaşık hesapları yapmak ya da sömürge rekabetinde çok önemli olan deniz keşiflerinde güzergâh belirlemek için hesaplamalara ve hassas ölçümler için tablolara gerek vardı.

Fransa'da Gaspard de Prony, bu dev tabloları hesaplamak ve kâğıda dökmek için ilk başta pek çok hesaplayıcı işe alarak iş bölümüyle çalışan hesaplama atölyesi kurdu. 1830'larda Charles Babbage, insanlara dayalı böyle bir hesap atölyesini görünce, bu hesapları çarklar ve dişlilerle yapmak için ünlü hesap makinelerini tasarladı. Zor ve karmaşık hesapları yapabilmek için bu hesap-

7 Karl Marx, *Kapital C. 1*, Çev.: M. Selik, N. Satlıgan, Yordam, İstanbul, 2011, s. 366.

8 Bkz. Ramin Ramtin, 1991, *Capitalism and Automation*, Pluto Press, Londra. James R. Beniger, *The Control Revolution: Technological and Economic Origins of the Information Society*, Harvard University Press. Ayrıca bkz. Özgür Narin, 2017, "Marx ve Makine" *Grundrisse'den Kapital'e Patikalar* içinde, (Özgür Öztürk, Melda Yaman, Özgür Narin), SAV Yay.

ları tekrarlanabilir serilere dönüştürme (Newton'un Bölünmüş Farklar Yöntemi) fikriyle analogi kurarak, bu tekrarlanabilir işlemi bir dişli ve makine sistemine yaptırmayı düşünüyordu. Babbage'ın ünlü makineleri, Fark Motoru ve Analitik Motor, çarkın dönüşleriyle aritmetik işlemler yapabilen hesap makinesi işlevi görecek. Hatta Babbage, toplama ve çıkarma işlemlerinde "elde" sayıyı tutmak için geri besleme sistemi geliştirmişti. Karmaşık bir fonksiyonu, bir integral ya da türev fonksiyonunu farklar ve toplamalar dizisine çevirmenin üretimdeki karşılığı, herhangi bir üretim sürecini parçalara bölerek emek sürecini basit parçaların bir toplamı haline getirmektir. Matematikte böyle bir diziye dönüştürmeyle işlemi yapma süresi kısılacak, zorluğu azalacaktır. Üretimde ise hem süre hem de maliyetler azalacaktır, çünkü basit parçalara bölünmüş iş süreci, niteliksiz emek ve düşük maliyet getirecektir.

Farkların ister mekanik olarak anlaşılması ister matematiksel olarak hesaplanıp sinyale dönüştürülmesi, makinenin buna göre kendini düzeltmesi, çevreye uyarlanma yani öğrenme, zekâ kazanmanın ilk ve henüz ilkel biçimidir.

Potansiyel olarak ortaya çıkan, ama somutlanması bir yüzyıl alacak olan diğer önemli gelişme, Ada Lovelace'ın Analitik Makine'yi programlaması idi. Babbage ve Lovelace, hesap makinesinin çıktılarını tekrar girdi olarak ona verebilecek bir şekilde tasarladılar. Böylelikle, tek seferlik hesap işleminden öte, bilgi-işlemin önünü açtılar.⁹ Lovelace, çığır açıcı bir düşünce ve parlak bir zekâ ile, girdileri sadece sayılar olarak değil semboller olarak da düşündüğü için, Analitik Makine'nin soyut zihinsel işlemleri yerine getirebileceği ya da matematiğin en soyut dallarındaki işlemleri yapabileceğine dair açık öngörülere sahiptir.

Yinelemeli (recursive) işlemlere sahip fonksiyonlarda, örneğin Bernoulli sayılarını hesaplarken, tekrar tekrar çıktıların girdi olarak işleyen Makine, ilk algoritmanın ve programın da örneğini oluştuyordu. Zekânın yansılmalı (reflexive) gelişimiyle benzeşen bu soyut zihin işlemi, bir asır sonra uygulamaya dökülecek; ilk geliştiricileri olan Turing, Aiken, von Neumann ve Zuse, ilk bilgisayarın geliştiricileri olarak Lovelace ve Babbage'ın katkılarını kabul edeceklerdi.¹⁰

Mekanik ile matematiksel arasındaki ilişkinin ve ayrımın güçlenmesi, bir sonraki evrede, 20. yüzyılın başında çok daha büyük sonuçlara yol açacaktı. Analog olan ile sayısal olan (dijital), maddi olan ile sembolik olan ayrımının, maddi üretim ilişkileri açısından nesnel zemini oluşacaktı.

Lewis Mumford, 1934'te yazdığı *Teknik ve Medeniyet* kitabında, çağın hesap ve sembollere yöneldiğini, daha önemlisi soyutlamalar dünyası (semboller, kodlar) ile somut dünyayı ayırdığını söylüyordu.¹¹ "Teknik imgelemin özgül başarısı kaldırma kuvvetini koldan ayırarak vinci yaratma yeteneğine dayanıyor" diyordu Mumford. İnsan, böylelikle sembollerin niceliksel temsiline yöneldi.

Makinenin "zekâ" kazanmasındaki ikinci evre, makinelerin özerkleşmesi ve geri beslemeli sistemlerin gelişmesinde dönüm noktası olan iki dünya savaşıdır. Savaşlarda ordu ve savunma sanayi, kapitalizmin en örgütlü oldukları yerler haline gelir ve en ileri teknolojiler buralarda geliştirilir.

Özerkleşme ve hesaplama gücü için bundan sonraki en büyük gelişme, transistörler ve Boole cebiri ile mantık kapıları oluşturarak, sinyal ve bilgi işleme idi.¹² Uyarlanabilirlik için ise Turing makineleri ve sibernetik teknolojilerin gelişimi.

Turing'in katkıları ile artık, makineler özerklik açısından hesap makineleri olmaktan öte işlevler üstlenmişlerdir; algoritmaları ya da belirli kurallar ve işlemler kümesini uygulayabilirler. Örneğin, sadece yörünge hesaplamaları değil, istatistiksel olasılıkları, hatta karmaşık denklemleri hesaplamaktadırlar ve bu ikisi de artık, sayılar değil, soyut zihinsel kavramlaştırmaların kestirimleri olabilir. Bir öngörü modeli olabilir ve makinenin karşıdaki nesnenin durumuna göre öngörülerle "zeki" hareketler, uyarlamalar yapması sağlanabilir. Lovelace'ın soyut sembolleri işleyebilen makineleri artık somutlanmıştır.

1943'te Warren McCulloch ve Walter Pitts beyindeki nöronları taklit eden mantık ve matematik işlemlerini kullanarak yapay sinir ağlarının ilk öncüllerini ortaya attılar.¹³

Sibernetikle birlikte makinelerin zeka kazanmasındaki ikinci evre somutlandı. Servomekanizmalar, kendilerini düzelten makinelerin gelişmesinde bir sıçrama anlamına geliyordu. Hedef alınan bir uçağın hareket yörüngesinin hesaplanarak ateş edilmesi problemi, uçağın hızındaki değişimlerle daha da zorlu hale gelir. Radardan alınacak bilgi ile geri besleme yaparak hedefi değiştirme, gelecekteki noktayı öngörme gibi araştırmalar, istatistiksel öngörü mekanizmalarının kullanıldığı ve sayısal verilerin işlendiği servomekanizmaları ya da geri besleme sistemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu problem karmaşıklıklaştıkça iki sorunu daha belirgin kılar: Bir yandan kontrol sorunu, diğer yandan da radardan

⁹ J. Fugie ve J. Francis, "Lovelace & Babbage and the Creation of the 1843 'Notes'", *IEEE Annals of the History of Computing*, C. 25, No: 4, 2003, s. 16-26.

¹⁰ Babbage, 1839'da bir arkadaşının dişliler yerine elektromekanik anahtarlar kullanma önerisini iyi bulmuş ama uygulamamıştı. IBM'e ilk kez ileri hesap makinelerini öneren Howard Aiken, Babbage bu fikri hayata geçirseydi işsiz kalacağını söylemiştir. Fugie ve Francis, a.g.y.

¹¹ Aktaran David A. Mindell, *Between human and machine: feedback, control, and computing before cybernetics*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 2002, s.3.

¹² Elektrik devrelerini mantık işlemlerinde kullanma fikri sadece Shannon'a atfedilir, oysa ki SSCB'de Şestakov fikri daha önce geliştirmiş gözükmetedir. Bkz. Slava Gerovitch, 2002, *From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics*, MIT Press. Krş. Cem, Say, 2020, *Yeni Dünya Yeni Ağ*, Destek Yayınları.

¹³ Russel ve Norvig, a.g.y.

alınan bilgi gibi karmaşık bilgilerin toplanması ve hassas biçimde aktarılması, işlenmesi sorunu. İlki mühendislikteki kontrol kuramlarını, ikinci sorun ise iletişim ve ağ teknolojilerindeki gelişmeleri getirecektir.

Claude Shannon'un geliştirdiği enformasyon kuramı, makineler arası iletişimden enformasyon iletimine, buradan veri oluşturmaya kadar etkili bugüne kadar gelen, iletişim ve ağ teknolojilerinin gelişmesini sağladı. Makineler, artık sadece geri besleme ile kendilerini kontrol eder değil, iletişim kurar hâle gelecektir. Bu, uyarlanabilirlik ve özerklik konusunda, yani makinelerin “zekâ” kazanmaları konusunda yeni bir basamaktır.¹⁴ İkinci Dünya Savaşı sonundaki Macy Konferansları ve tabii ki 1956'da yine ABD'de Dartmouth'da düzenlenen ilk Yapay Zekâ konferansı makinelerin “zekâ” kazanmasında diğer adımlar idi.

Macy Konferansları, 1946-1953 yılları arasında, Wiener ve Shannon'un düzenlediği; nörofizyologlar, matematikçiler, biyologlar, biyofizikçiler, mühendisler gibi pek çok farklı disiplinden bilimcilerin enformasyon, kontrol ve otomasyon teknolojilerini geliştirmek üzere ortak toplantıları idi. Burada insan bedeni ve beyni ile dijital bilgisayarlar, iletim ağları arasında analogiler; insan bedeninin sibernetik yapısı gibi pek çok konu tartışıldı. Bu konferanslar, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gelişen Dijital Çağ'ın iki ana ögesinin – enformasyon makineleri, kontrol makineleri ve insan beynini taklit etmeye çalışan bilgisayar sistemlerinin – temellerine dair önemli ipuçları verir.

1956'da ABD'de Dartmouth'da düzenlenen ilk Yapay Zekâ konferansı ile, Yapay Zekânın sembolik mantık dönemi ortaya çıktı. Makinelerin sembolik mantıkla, programlanarak zeki davranışları taklit etmesi hedefleniyordu.

Özellikle 2010'lardan sonra, yapay sinir ağları ile öğrenmeye dayalı sistemler önemli gelişme gösterdiler. En gelişkinlerinden biri, Derin Öğrenme'dir.¹⁵ Çok katmanlı yapay sinir ağlarının verilerden kendi kendine öğrendiği bu metotta kullanılan “hata geri yayma” (backpropagation) sistemi, yukarıdakilere benzer bir fark mekanizmasıdır. Gerçekte matematiksel olarak yapılan, algoritmanın (makinenin) geri beslemesidir. Böylelikle yapay siniri ağı olarak adlandırılan çok katmanlı algılayıcıların eğitilmesi için hata geriye doğru yayılıp ağırlıklar düzeltilerek daha doğru karar verilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem, 1970 yılında Fin yüksek lisans öğrencisi Seppo Linnainmaa tarafından geliştirilmiş olmasına rağmen 1980'lerden sonra yapay sinir ağlarında uygulandı. Çünkü makinelerin zekâ kazanması için gereken iletişim ve işlem gücü, hesaplama gücü zamanla gelişmiştir.

¹⁴ Ana dönemeç noktaları özetlendiği için, Ross Ashby'nin geri besleme teorisi, insan beynini taklit eden yapay sinir ağlarındaki pek çok gelişme zorunlu olarak atlandı.

¹⁵ “[ö]ğrenme algoritmaları son zamanlarda büyük veri ve güçlü bilgisayarlarla daha yüksek doğruluk elde etmektedir. ... Bu öğrenme yaklaşımları özellikle ilginçtir, çünkü öğrendikleri için belirli bir göreve yönelik olarak tanımlanmazlar ve farklı uygulamalarda kullanılabilirler.” Alpaydın, a.g.k. s. 89.

Makinenin Bileşenlerindeki Evrim

İkinci olarak Yapay Zekâ'nın bileşenlerini oluşturan, hesaplama gücü (compute) ve verinin ortaya çıkışını tarihsel dönemeçleri ile kısaca açıklayacağız. Makineden, enformasyon ve bilgisayara; makine öğrenmesine giden yol, makinenin bileşenlerindeki ayrışma ve uzmanlaşma ile belirleniyor. Bunun için bu bileşenleri Babbage'tan farklı ve daha ayrıntılı inceleyen Marx'ın çözümlemelerine bakmak yerinde olur.¹⁶ Marx, makine üzerine incelemelerinde, makinenin üç bileşeni üzerinde durur. 1- makineyi devindiren mekanizma, 2- iletim mekanizması ve son olarak da 3- işlem mekanizması.

Bu bileşenlerden ilki, makineyi devindiren güç mekanizmasıdır; nehirlerin yerini buhar almıştır. Bu güç mekanizması, bütün çokça duyduğumuz enerji kaynaklarına evrilmiştir. Makinenin bileşenlerinden özellikle son ikisi, iletim ve işlem mekanizması, son iki yüzyıl içinde iletişim ve bilgisayarlara uzmanlaşmışlardır. Bu gelişmenin ana hatları yukarıda anlattıklarımız ile örtüşüyor. Ancak burada belirli izleklerini vurgulayalım.

Akarsuyun ya da buhar motorunun gücünü tavandan miller ve kayışlarla aktaran iletim mekanizmasının gelişimi çarpıcıdır. 19. yüzyılda makinelerin gelişmesi ile birlikte, makine yapımcıları, otomatik dokuma tezgâhı gibi çok amaçlı karmaşık işlemleri yapan makinelerde gücü eskisi gibi alıp işlem yapan alete aktaran kayışların artık çok yetersiz kaldığını görüyorlardı. Gücü makineye iletim yöntemleri önemli bir tartışma konusu oldu.¹⁷ Daha sonra bu iletim mekanizmaları, gücü, hareketi, hassas dişli ve çarklara iletirken de gelişme göstermek zorunda kaldılar. Tezgâhın işlem birimi, özellikle geri besleme mekanizmaları yüzünden hassaslaştıkça, daha karmaşık ve dakik olmak zorundadır. Bu iletim mekanizmaları ve işlem yapan dişliler, matematikçiler ve makineciler tarafından hassaslaştırıldıkça analog ile sayısal olan birleşmeye başlar. En bilinen kesişme noktası, Babbage'ın makineleridir. Bu makinelerde dişliler yardımıyla yapılan matematiksel işlemler, belirttiğimiz gibi Ada Lovelace'a ilk sembolik işlemlerin, algoritmaların fikrini vermiştir.

Daha sonra iletişim ve haberleşmedeki gelişmeler, sayısal bilgilerin iletim mekanizmalarında köklü değişikliklere neden olmuştur. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gelişen iletişim ve kontrol sistemleri ile birlikte Shannon'un enformasyon kuramı, bilginin iletilmesini kuramlaştırdı. Böylelikle sinyal, bilgi ve verinin aktarılma altyapısı oluştu. Aynı zamanda Wiener'in sibernetik teorisi ile birlikte, iletişimin gelişmesinin yanında kontrol sistemlerinin gelişmesi, iki ayrı kanalı çok daha fazla birleştirdi. İletişim ile bilgisayarlar ve

¹⁶ Babbage, güç üreten makineler, kuvvet ve iş aktaran makineler diye ikiye ayırıyordu. Charles, Babbage. (2009) On the economy of machinery and manufactures. Cambridge University Press, s. 15. Daha ayrıntılı bir inceleme için bkz. Özgür Narin, agk, s. 286-300.

¹⁷ Bkz. L. T. C. Rolt (1965) Tools for the job: A Short history of machine Tools. Batsford, London, s. 123.

otomasyon kendi aralarında iletişim kurarak kontrol özelliklerini geliştiren bilgisayarların ve ağların doğmasını beraberinde getirdi.

Makineler arası iletimin sayısal verilerle iletişime dönmesi ve bilgisayarlar tarafından işlenmesi, yaşadığımız dünyadaki muazzam enformasyon birikimi açısından önemli bir sıçrama noktasıdır. Yapay Zekâ'nın kullandığı hesaplama gücü, yani bilgisayar işlemci gücü ve bellek yapısı, bu gelişmeler sayesinde temel dayanaklarını buldu. İletişim ve ağ sistemleri, bu büyük enformasyon yığınına toplayıp işleyebilecek bir işlemci gücü geliştirildiğinde, Yapay Zekâ teknolojileri uygulanabilir ve yayılabilir hale geldi. Hesaplama ve işleme için yeni yöntemler, beyin ve nöronlar ile analogi kurularak yapıldı.

Dartmouth'taki konferansla başlayan, ilk başlarda sembolik mantık ile algoritmaları yapmak istedikleri işte ortaya çıkabilecek senaryolara göre programlamaya çalışan "eski moda" yapay zekâ çalışmaları, 1960'larda alternatif bir yöntem olarak beyindeki nöron ve sinapsların etkileşimlerini benzeştirmeye yöneldiler. İşte bu yöntem, Yapay Sinir Ağları adıyla çok katmanlı, veriler yardımıyla öğrenen ağlar olarak geliştiler. 1980'den sonra ise ortaya çıkan büyük enformasyon ve veri birikimi, bilgisayarların işlemci gücündeki gelişme ile birlikte, hızlı bir ilerleme kaydettiler.

Modern Yapay Zeka yöntemlerinden Derin Öğrenme, olası hamle sayısı çok yüksek Go oyununda en usta oyuncuyu yenince, dünyanın gözü bu yöneme ve uygulamalarına çevrildi. Büyük Usta Lee Sedol'u yenen AlfaGo algoritması, gerçekte Stefan Zweig'in Satranç öyküsünü andırırçasına kendi kendisiyle oynayarak ustalayan bir programdı. Kendisiyle çok fazla sayıda oyun oynayarak olası senaryoları öğrenen algoritma, kazanan versiyonu kopyalayarak, yine onunla oynuyor; böylelikle kazanan algoritma sürekli mükemmelleşiyor, oyun yeteneğini geliştiriyordu. Büyük Usta'yı yenen algoritma, 3 günde kendi kendine yaklaşık 5 milyon oyun oynamıştı. Üstelik tüm oyunların hamle senaryoları ve kazanma olasılıkları, katmanlı yapay sinir ağlarına kaydediliyordu.

Yapay Zekâ araştırmalarının son 20 yılda bu kadar hızlanmasının ilk nedeni, bilgisayarların işlem gücünün gelişmesinin yanı sıra enformasyon teknolojileri ile toplanan "Büyük Veri"nin muazzam artışı gibi gözüküyor. Bu gelişimin, makinenin iki bileşeni olan iletişim ve kontrol öğelerindeki çarpıcı gelişmenin bir sonucu, hatta sentezi olduğu daha yakından görülebilir. Bu sentez, enformasyon ve ağ sistemlerine uzmanlaşan ve gelişip büyüyen iletim/iletişim dahili robotik ve makine öğrenmesine uzmanlaşan kontrol bileşeninin birleşmesi ve birbirlerini içererek aşmalarıdır. Bu sarsıcı gelişme, 1950'lere kadar gelen bilimsel üretimdeki sıçramalar ve bunların altındaki büyük sınıf mücadelelerinin bir ürünüdür öncelikle. Şimdi Yapay Zekâyı oluşturan emeği tartışmaya geçebiliriz.

Yapay Zekâ'nın Emeği

Yapay Zekâ'ya ulaşan makinelerin evriminin birbirinden ayrılmaz iki yönü bulunuyor. Üretim sürecinde ayrıştırma (analiz), iş bölümü ile tekil işçinin hünerinin ondan koparılması, bunun üretim sürecine, özellikle makinelerle yetenek olarak eklenmesi. Bu anlamıyla yapay zekanın emeği, tekil işçilerden soğurulurken, toplam işçinin emeği olarak gerçekleşiyor.¹⁸

Önce iş bölümünün mekanizmaya olanak veren, alan açan bu yönünü irdeleyelim. Sonra, zihinsel emeğin iş bölümünün gerçekleşme biçimlerini ele alacağız.

*"Makinalaşmanın büyük çapta ortaya çıktığı yol, ... [analize] ayrıştırma yoludur: iş bölümü aracılığıyla, işçinin işlevleri giderek o ölçüde mekanik hale getirilir ki, belli bir noktada artık mekanizma onun yerine geçebilir."*¹⁹

Bir yandan üretim sürecinden öğrenen, oradaki tekrarları, mekanik hareketleri gören, onu iş bölümü ile ayrıştıran, sonra da makineye soğuran bir üretim ilişkisi vardır. Zanaatların gizeminin²⁰, usta işçinin maharetinin çözümlenerek, makinalara geçirildiği üretim süreci. Diğer yanda bunun kapitalist üretim altındaki biçiminin sınıflı yapısı ve sınırlayıcılığı gerçekleşmektedir. Makinenin kapitalist kullanımı, üretim sürecinden soğurduğu toplam işçinin genel zekasını, onun aleyhine kullanan biçime dönüşmektedir.

1822'de icat edilen otomatik dokuma tezgâhı (self-acting mule), makine bileşenlerini analiz eden, buradaki örtülü bilgiyi alarak, iletim ile işlem bileşenlerini uygun biçimde birleştirip, kendi kendini durduran dokuma tezgâhı üreten zamanının makine ustasının, üretimdeki toplam emeğin zekasını makineye işlemesi biçiminde gerçekleşmiştir. Ancak böyle bir makineye talebin, tüm masrafına rağmen ortaya çıkması, iş bölümündeki verimlilikten öte, işçilerin yükselen ücret taleplerini bastırmaya çalışan kapitalist üretim ilişkisinin sınıfsal ihtiyaçları gereğidir.

*"1830'dan bu yana yalnızca işçi ayaklanmalarına karşı sermayenin savaş aracı olarak kullanılmak amacıyla yapılmış icatlar üzerine koca bir tarih yazmak mümkündür. Otomatik sistemde yeni bir dönemi başlattığı için, hepsinden önce self-acting mule geliyor aklımıza."*²¹

18 "Ürün, genel olarak, bireysel üreticinin dolaysız ürünü olmaktan çıkar, bir toplam işçinin, üyeleri emek nesnesi üzerine uygulanan işin ancak büyük veya küçük bir parçasını yapan bir bileşik (kombinierten) işçinin ortak ürünü haline gelir. ... Üretici tarzda çalışmak için artık bizzat elle çalışmak bile gerekmez. Toplam işçinin organı olmak, bunun alt işlevlerinden herhangi birini yapmak yeter. " Marx, agk, s. 485.

19 Karl Marx, 1979, Grundrisse, Ekonomi Politigin Eleştirisi İçin Ön Çalışma, Çev. Sevan Nişanyan, Birikim, Ankara, s. 650.

20 Marx, ileride "tacit knowledge", örtülü bilgi olarak adlandırılacak olana "mysterie", "bilmece gibi saklanmış" der. "Büyük sanayi, insanlardan kendi toplumsal üretim süreçlerini saklamış olan ve kendiliğinden farklılaşmış çeşitli üretim dallarını sadece kendi dışlarında kalan kimselerden değil, kendi içlerine kabul edilmiş kimselerden de bir bilmece gibi saklamış olan örtüyü yırttı". Bkz. Marx, 2011, agk, s. 464.

Marx, agk, s. 416.

Manchester’da bir mühendisin, sınıf mücadelesi içinde nasıl patronların istediği tasarımda makine yaptığını, mücadele eden işçilerin yerine patronların bu makineyi koymasını anlatırken, teknolojinin sermayeler arası rekabet gibi makro bir alandan mikro düzeye kadar biçimlenmesinin sınıf mücadelesinin, kâr için üretimin konusu olduğunu açığa vurur. Makinelerin zekâ kazanma sürecinin teknik analizini tamamlayan, bütünüyle parça bu toplumsal analizdir. Babbage’ın genel geçer kaldığı, Marx’ın eleştirel ve bütünsel çözümleme sunduğu yer burasıdır. Burası makinelerin gelişmesinin teknikten öte sosyal, yani üretim ilişkilerine dayanan sınırlarını belirleyen çözümlemenin işlediği yerdir. Bu analiz, makinelerin neden emekçilerin işgününi kısaltmadığını, kapitalist üretimin işi kolaylaştırmak değil, artı-değeri artırmak derdinde olduğunu sergiler. Ücretli emek ile sermaye arasındaki bu sınıf ilişkileri, tüm bir dönemin ruhunu belirler. Marx, 14 Nisan 1856 tarihinde Çartist işçi hareketinin mirası olan Halkın Gazetesi’nin (People’s Paper) yıldönümünde yaptığı konuşmada bu ilişkileri çok güzel açıklar:

“Günüümüzde her şey kendi karşısına gebe görünüyor. İnsanın çalışmasını kısaltma ve bereketlendirme mucizevi gücüne sahip makineler karşın kendisinin yoksulluk içinde, gücünün ötesinde çalıştığını görüyoruz. Ortaya yeni çıkmış zenginlik kaynakları, garip bir gizemli büyü ile yokluk kaynakları haline dönüşüyor. [...] Bilimin saf ışığının bile, cehaletin karanlık zemininden başka bir şeyi aydınlatamadığı görülmüyor. Bütün keşiflerimiz ve ilerlememiz, maddi güçleri entelektüel bir yaşamla doldurmak ve insan yaşamını maddi bir güçle aptallaştırmaktan başka sonuç vermiyor!”

Gerçekten de, makinelerin, teknolojinin ve bilimin yukarıda anlattığımız gelişmelerine rağmen, kapitalist üretim süreci tüm bu ilişkileri bugün de sürdürüyor.

Tam da burada, Babbage’ın kitabının Marx’ın ilgisini çekmeyen 19. bölümü, “Zihinsel Emegın İş bölümü Üzerine” yazdıkları önem kazanır. Babbage, hesaplamayı, zihinsel işlemleri mekanize ederek, bu emeği makineye soğurmaya çalışmaktadır. Bu Marx’ın dikkatinden kaçmış gözükmektedir. Teknik olarak gerçekten de böyle gözüküyor.

Fakat, sermaye çözümlemesinin bütününde ve esas olarak Grundrisse’deki perspektifi ve tartışmaları, zihin, hesaplama ve bunu mekanize etme yönüyle olmasa da zihinsel emegın metalaşması, emek sürecinin değişimi üzerine ipuçları taşımaktadır. Burası, Yapay Zekâ’nın toplam emegının, bilim emekçilerine, yazılımcılara, tasarımcılara dayanan yönünü açıklamak için gereklidir.

Marx üretim sürecindeki bu ayrıştırma işine diğer yönüyle de bakmaktadır. Analiz ve bilimlerin gelişmesi. Bilimsel emek sürecinin de sermayenin gerçek boyunduruğu ile karşı karşıya kalması.

İşçi sınıfına giderek daha fazla eklenen bilim emekçileri katmanını toplam işçinin bir parçası haline gelmektedir. Bunlar Marx’ın döneminde mühendisler²², bilimciler olarak ayrıcalıklı konumda iken, onun da öngördüğü biçimiyle daha sonra işçi sınıfına dahil olma eğilimini toplumsal üretim ilişkisi gereğiyle taşırlar. Grundrisse’de devamla, üretim sürecinde iş bölümü ile ayrıştırmadan sonra, bunu yapan emeği, analiz emegının değişimini irdeler. Yani bilim emegının değişimi ele alınır.

“Eskiden işçi tarafından yapılan aynı işi şimdi makinenin yapmasını mümkün kılan, bir yönüyle, mekanik ve kimya yasalarının doğrudan doğruya bilimden kaynaklanan analizi (analyse) ve uygulamasıdır. Buna karşılık, mekanizasyonun bu yoldan gelişmesi, ancak büyük sanayi bir kez ileri bir düzeye ulaştıktan ve bütün bilim sermayenin hizmetine koşulduktan sonra, varolan makinalar öbür tarafta zaten büyük kaynaklar sağlıyorken söz konusu olabilir. İcat (Erfindung) o zaman bir meslek niteliğini kazanır ve bilimin bizzat dolaysız üretime uygulanması, onu belirleyen ve teşvik eden bir bakış açısı haline gelir.”²³

Bilim, üretime girdi sağlayan, aslında kendisi de giderek kapitalist bir emek sürecine dönüşür. Marx’ın makine ve teknoloji’nin, bilimin gelişimini mercek altına aldığı bu toplumsal üretim ilişkisi çözümlemesi bugün daha fazla gereklidir. Bu perspektif, zihin emegının sermayenin gerçek boyunduruğu altına alınma süreci anlamına da geldiği için, Babbage’ın sorduğu soruya, kapitalist üretim ilişkisi altındaki sınırları ile yanıt verir. Bilim ve teknoloji üretiminin böylesi bir analizini kısaca özetlemeye çalışalım.

Bilim, teknoloji üretim süreci 19. yüzyılın sonlarından beri kapitalist bir emek süreci olarak biçimlenmeye başlamıştır. Yeni bir teknolojinin, yeni bir makinenin ya da yeni bir metanın, üretimde bir yeniliğin tasarlanması ya da üretilmesi ihtiyacı, genişleyen kapitalist üretim için temel bir itkidir. Bu itki yüzünden artık bilimsel buluşlar da kendi hâline bırakılamaz. İşte bu temel itki, bilimciyi, buluşçuyu, problemleri çözen mucidi; eski fedakâr, kendi halinde, zanaatkârca varoluşundan çıkmaya zorlamıştır. Laboratuvarında bir problemi çözmeye çalışan özverili, yalıtık dâhi gitmiş; yerine şirketlere bağlı araştırma laboratuvarları, üniversiteler ve kurumsal araştırma-geliştirme kurumlarında çalışan bilim emekçileri gelmiştir. Bilimsel üretim süreci de kapitalist bir üretim sürecinin giderek gerçek boyunduruğu altına girmeye başlamıştır.

Bilim ve teknoloji üretimini hızla bu girdaba çeken, krizli bir sistem olan kapitalizmde, kâr oranlarının düşme eğilimine karşı kuvvet olarak giderek daha fazla önemli bir yer tutmasıdır. Bu karşı-kuvvet, hem toplam sermaye içindeki teknik ve teknolojik payın büyümesini (organik

22 Marx, 2011, agk, s. 402.

23 Marx, 1979, agk, s. 650.

bileşimin, teknik bileşimin artması) sağlamakta; ama aynı zamanda bu teknolojinin de hızla değersizleşmesine, demode olmasına (değer bileşimin düşmesi) neden olarak çelişkili işlemektedir. Krizden uzaklaştırırken aynı zamanda krize farklı biçimde yeniden yaklaştırmaktadır. Yeni teknolojilerin uygulanması kâr oranlarını yükseltmekte ama yaygınlaşmasıyla sonuçlanan aynı süreç, bu oranların düşmesini de beraberinde getirmektedir. Üstelik bilimsel üretimin kendisinin de meta üretimine yaklaşmasıyla, metanın yayılmacı niteliği gibi, tüm çıktılarının – teknolojik yenilik, yazılım, donanım olarak – pazara sürülmesi yaygınlaşmaktadır. Bugünkü yapay zekâ uygulamalarının tüketici profili yakalamaya, reklam şirketlerine, meta üretiminin sürdürülmesine yönelik ağırlığı, tam da bu bilimsel üretimin üretim ilişkisi yüzünden sınırlanmasıdır. Yapay Zekânın emeği de bu sınırlar içindedir.

Bu kayıtlarla, yapay zekânın emeği bir yönüyle son derece maddi ve fizikseldir.²⁴ Yapay Zekâ'nın emeği bütünsel olarak tek bir emekçi katmanında, örneğin sadece Büyük Dil Modelleri gibi temel (foundation) modelleri bulan bilimcilerde, yazılımcılarda ya da Üretici (generative) Yapay Zekâ modellerini geliştirenlerde aranmamalıdır. Makineyi tasarlayan, geliştiren ilk bakışta bunlardır, ama bütünsel bakıldığında makineye “can veren” “toplum işçinin” genel zekâsı ve emeğidir. Yapay zekâ üretim zinciri; onu tasarlayan teknoloji tekelinin dışında, yapay sinir ağlarının, üzerinde çalışacağı çipleri üreten, yüksek bellek düzeyi için bulut bilişim sistemini, algoritmaları milyarlarca parametre için astronomik sayıda veriyle eğiten yazılımcılar ve bu verileri parça başı, çok düşük ücretle etiketleyecek emekçilere dayanmaktadır.

Bu toplam işçinin farklı parçaları, zaman zaman sınıfsal olarak seslerini yükseltir etkin hale gelirler. Örneğin, Google Yapay Zekâ Ekibi'nden bilim emekçilerinin, şirketin gizli askeri anlaşmalar yaptığını öğrendiğinde durumu protesto etmeleri ve bu anlaşmayı duyurmaları gibi. Google Yapay Zekâ Etik Ekibi'nde yer alırken, algoritmalarındaki siyahlar, kadınlar, yoksullar aleyhine yanlılığı açığa vurduğu için, Google'dan çıkarılan Timnit Gebru ya da Google'da sendikalaşma çalışması yürüten bilim emekçileri gibi. Son olarak, son derece güvencesiz koşullarda çalışan Amazon işçilerinin yaygınlaşan sendikalaşma oranı önemli bir göstergedir. Toplam işçi, kendisinden söğürülen Genel Zekâ'nın kar için kullanılması ve sermayenin hizmetine girmesine karşı direnç göstermektedir.

Yapay zekâ, bu genel zekâ üzerindeki bir çitleme gibi ortaya çıkmaktadır. Bu konuyu işleyerek sonlandıralım: Makinenin bugünkü en gelişkin hali olarak yapay zekânın bu üretim ilişkisindeki kullanımı, onu oluşturan bileşenleri, enformasyon ve bilgi işleme yetisiyle birlikte, aslında toplumun genel zekâsının sermaye tarafından

ele geçirilmesini de ifade eder. Marx'ın Grundrisse defterlerinde, makinelerin gelişim eğilimleri ve bilimin kapitalist bir emek sürecine dönüşmesine dair ipuçları ve öngörüler yer almaktadır:

“Sabit sermayenin gelişme düzeyi, genel (allgemeine) toplumsal bilginin, knowledge'ın ne dereceye kadar dolaysız bir üretici güç haline geldiğini ve dolayısıyla toplumsal yaşam sürecinin koşullarının ne dereceye kadar genel zekânın (general intellect) kontrolü altına girmiş olduğunu, ne dereceye kadar dönüştürülüp ona uyarlı biçime sokulmuş olduğunu gösterir. Toplumun üretici güçlerinin, salt bilgi biçiminin ötesinde, ne dereceye kadar toplumsal pratiğin (praxis), maddi (realen) yaşam sürecinin dolaysız organları halinde üretilmiş olduklarını ortaya koyar.”²⁵

Üretime nüfuz eden haliyle yapay zekâ uygulamaları – bu uygulamaların kazdığı veri – bu anlamda sabit sermayenin, makinelerden ve otomatik makinelerden daha yüksek bir gelişme düzeyini ifade ederler. Aynı zamanda toplumun genel zekâsının, bu sabit sermayeyi birikim için kullanan kapitalist üretim tarafından yapay zekâ uygulamaları ile mülk edinilmesi anlamına gelir. Artık üretimden dolaşıma, tüketime kadar genişletilmiş yeniden üretimin bir parçası olan yaşamlarımız, salt bilgi biçimleri olarak bırakılmayan, yaşamın her anından toplanan veriler ile birikimin artı değeri genişletme ve gerçekleştirme alanları haline döner. Toplumun pratiğinin ve maddi yaşam sürecinin dolaysız organları, gerçekten de kapitalist üretimin ve birikimin dolaysız organları haline gelirler. Oysa başka bir üretim ilişkisinde, planlamanın, serbest zamanın, özgür bireylerin ortaklaşa üretiminin olanağı olabileceksen, karşımızdaki **“verisi çıkmış” dünyadır!**

24 Mary L. Gray ve S. Suri (2019) Ghost work: how to stop Silicon Valley from building a new global underclass. Harcourt Press. Boston New York NY.

25 Marx, 1979, agk, s. 654. Karş. Karl Marx, Grundrisse, Dietz Verlag, s. 594.

YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİ DEVLERİNİN ELİNDE Mİ, HALKIN HİZMETİNDE Mİ?

Tayfun İşbilen

EMO İstanbul Şube YK Başkan Yardımcısı / İSKİ Bilgi İşlem Dairesi Başkanı
tayfunisbilen@iski.gov.tr

Yapay zekâ dünyayı dönüştürüyor ama kimin için? Tech Giant'lar devasa kârlar elde ederken, toplum bu dönüşümden ne kadar faydalananıyor? Sosyal demokrat ve kamucu bir perspektiften, yapay zekanın herkes için adil ve erişilebilir olması için neler yapılabilir?

Yapay zekâ (YZ), hayatımızın her alanına nüfuz eden, dönüştürücü bir teknoloji olarak karşımızda. Sağlıkta eğitime, üretimden hizmet sektörüne kadar sunduğu fırsatlar, toplumsal refahı artırma potansiyeli taşıyor. Ancak bu potansiyelin adil bir şekilde dağılıp dağılmadığı önemli bir soru olarak karşımıza çıkıyor. Trilyon dolarlık bir endüstri haline gelen yapay zekâ, küresel teknoloji devlerinin elinde mi kalmalı, yoksa toplumun geniş kesimlerine fayda sağlayacak şekilde mi yönlendirilmelidir?

Teknoloji harika ama kime harika!

Tarih boyunca bilimsel ve coğrafi keşifler, insanlığı hep ileri taşıyan lokomotifler oldu. Teknoloji de bu bilimsel keşiflerin en önemli motorlarından biri olarak hayatımıza girdi. Teknolojinin hayatımızı kolaylaştırmak ve yaşam standartlarımızı yükseltmek açısından inanılmaz fırsatlar sunduğu açık. Ancak işin bir de diğer yüzü var. Teknoloji, aynı zamanda egemen sınıfların güçlerini korumak ve üretilen zenginlikten en büyük payı almak için kullandıkları bir araç haline gelebiliyor. İlk sanayi fabrikalarında kol emeğiyle çalışan işçilerin makineler yüzünden işsiz kalması ya da düşük maaşlara çalışmaya zorlanması buna açık bir örnektir. Bu açıdan bakıldığında teknoloji, aslında toplumun hangi kesimlerinin fayda sağlayacağını belirleyen bir tür "sınıf mücadelesi" alanıdır.

Günümüzde teknoloji devleri (Tech Giant'lar) olan Google, Microsoft, Amazon, Meta ve Apple, yapay zeka ekosistemini büyük ölçüde kontrol ediyor. Bu şirketler, büyük veri havuzlarını kullanarak gelişmiş yapay zekâ modelleri oluşturuyor ve teknolojinin yönünü belirliyor. Ancak bu yapı, teknolojinin geniş toplum kesimlerine eşit şekilde yayılmasını engelliyor. Oysaki yapay zekanın sadece dev şirketlerin kârını artıran bir araç olmaktan çıkıp toplumsal faydayı önceliklendiren bir hale gelmesi için güçlü kamusal politikalar gerekiyor. Bunun için ise yapay zeka politikalarının sadece birkaç şirketin değil, toplumun ortak faydasına hizmet edecek şekilde tasarlanması gerekiyor.

Dost mu, düşman mı?

Yapay zekâ hastalıkları teşhis ediyor, kişiselleştirilmiş eğitim sağlıyor, hatta günlük hayatımızı kolaylaştırıyor. Ancak aynı zamanda işsizliği artırma, veri gizliliğini tehdit etme ve sosyal eşitsizlikleri derinleştirme riski taşıyor. Büyük teknoloji şirketleri kullanıcı verilerini büyük ölçekte toplarken, bu veriler reklam hedeflemesi, siyasi manipülasyon ve gözetim için kullanılabilir. Ayrıca YZ algoritmaları, eğitildikleri verilerdeki önyargıları yansıtarak ayrımcılığı yeniden üretebilir.

Yapay zekâ sistemleri, veriye dayalı olarak çalıştığı için, eğitildikleri veri setlerindeki önyargıları da yansıtabilir. Örneğin, ABD'de polis algoritmalarının suçluluk

tahmininde Afro-Amerikalıları daha sık hedef aldığı görülüyor. Bu tür önyargılarla mücadele etmek için YZ'nin şeffaf ve demokratik bir şekilde geliştirilmesi şart. Kamucu bir yaklaşımla, algoritmaların bağımsız denetimlere tabi tutulması ve toplumun geniş kesimlerinin bu süreçlere katılımının sağlanması bu açıdan çok önemli.

Teknoloji devlerine karşı kamusal alternatifler geliştirilmeli

Teknolojiye erişim, dünya genelinde büyük farklılıklar gösteriyor. Afrika'da internete dahi zor ulaşılabilirken, ABD'de robotlar pizza teslim ediyor. Bu durum dünya genelinde hem ülkeler arasında hem de sınıflar arasında adaletsizliği daha da artıran bir unsur. Bu noktada bizler, yani sosyal demokrat perspektiften bakanlar kamucu bir yaklaşım ile yapay zekanın toplumun ortak malı olması gerektiğini savunmalıyız. Örneğin, YZ tabanlı eğitim sistemleri herkes için ücretsiz ve erişilebilir hale getirilmeli, sağlık sistemleri YZ ile daha verimli ve erişilebilir kılınmalı. Bu noktada, kamu politikalarının ve düzenleyici kurumların devreye girerek teknoloji devlerinin tekeli kırması gerekiyor.

Otomasyon ve yapay zekâ, birçok mesleği ortadan kaldırma potansiyeline sahip. Bu durum, toplumsal eşitsizlikleri daha da derinleştirebilir. Bu dönüşümü yönetmek için işgücünün yeniden eğitilmesi, yeni istihdam alanlarının yaratılmasını ve evrensel temel gelir gibi uygulamaların değerlendirilmesi gerekir.

Ne yapmalıyız?

Teknoloji devlerinin tekeli kırma için sosyal demokrat politikalar geliştirmeliyiz. Bu amaçla;

Kamu destekli açık kaynak yapay zeka projeleri, küçük girişimlerin ve akademik kurumların inovasyon yapması teşvik edilmeli.

Büyük teknoloji şirketlerinin YZ gelirlerinden adil bir şekilde vergilendirilmesi ve bu kaynakların toplumsal fayda için kullanılması sağlanmalı.

Çalışanların ve STK'ların kontrolünde olan YZ tabanlı kooperatif girişimleri desteklenmeli

YZ için gerekli olan büyük veri setlerinin, özel şirketlerin değil kamunun yönetiminde olması ve toplum yararına kullanılması gerekir.

İyilik düğmesine basmamız lazım

Yapay zekâ da teknolojinin insanlığa kazandırdığı bütün araçlar gibi, toplumsal refahı ve gelişmişliği artırma potansiyeline sahip güçlü bir araç. Ancak bu potansiyeli gerçekleştirmek, fırsat eşitliğini gözetken, kamu yararını önceleyen ve demokratik kontrol mekanizmalarını güçlendiren politikalarla mümkündür. Teknoloji, sadece bir avuç insanın hayatını kolaylaştırmak yerine, tüm toplumun faydasına hizmet eden bir güç haline getirildiğinde gerçekten ilerleme kaydedilmiş olacaktır.

Bu dönüşüm için robotların "iyilik" düğmesine hep birlikte basmamız gerekiyor.

PROF. DR. ATILLA BİR

anısına

E. Orhan Örücü
orhan.orucu@gmail.com

Atilla Bir, 1941 yılında İzmir’de doğmuştur. Orta öğrenimini İzmir ve İstanbul’da tamamlayarak 1959 yılında Saint Joseph Lisesi’nden mezun olmuştur. 1960 yılında Almanya-Karlsruhe Yüksek Teknik Okulu’nun (TH-Karlsruhe) Elektrik Fakültesi’nde öğrenime başlamış, 1966 yılında Elektrik Yüksek Mühendisi olarak Zayıf Akım Dalı’ndan mezun olmuştur. Siemens Karlsruhe Araştırma Laboratuvarı’nda bir yıl kontrol mühendisi olarak çalışmış ve elektronik kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde katkıda bulunmuştur. 1968–1969 yıllarında yedek subaylığı sırasında Ağrı İnşaat Emlak Dairesi’nde kontrol mühendisi olarak görev almıştır. 1970 yılında İTÜ Elektrik Fakültesi, Elektrik Endüstriye Tatbikatı Kürsüsüne asistan olarak girmiştir. 1975 yılında “Belirgin ve Olasıl Kontrol Sistemlerinde Öngörü” konulu doktorasını vermiştir. 1980 yılında “Optimal Kontrol Problemlerinin Geometrik Yorumu” isimli teziyle Doçent unvanını ve 1989 yılında Profesör unvanını almıştır. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kontrol ve Kumanda Sistemleri Anabilim Dalı’nda 38 yıl öğretim üyesi olarak görev yaptıktan sonra 2008 yılı başında yaş haddinden emekli olmuştur. Bu süre içinde Fakülte’nin lisans ve lisansüstü eğitiminde Otomatik Kontrol, Dijital Kontrol, Stokastik Kontrol, Dayanıklı Kontrol ve Biyolojik Sistemlerin Modellenmesi ve Kontrolü konularında dersler vermiş ve 6 adet doktora yönetmiştir. Ayrıca İstanbul Üniversitesi, Bilim Tarihi Bölümü’nde ve İTÜ’nin İnsan ve Toplum Bilimleri programında “Teknoloji Tarihi” ve ‘Bilim Aletleri Tarihi’ konularında dersler vermiştir.

İTÜ’den emekli olan Prof. Dr. Atilla Bir akademik hayatına Fatih Sultan Mehmet Üniversitesinde devam etmiştir.

Prof. Dr. Kazım Çeçen tarafından İTÜ bünyesinde kurulan Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Enstitüsü’nde 1975 tarihinden itibaren görev almıştır. Bu enstitünün 1981 ve 1986 yıllarında tertiplediği I. ve II. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongrelerinin bilim kurullarında bulunmuştur. İlk kongreye sunduğu Benu Musa’nın ‘Kitab al Hiyal’ adlı eseri ve ikinci kongreye sunduğu Türk kadran usturlabının prensibi ve kullanımı isimli bildiriler onun bilim



tarihi konusunda çalışmalar yapmasına vesile olmuştur. 1990 tarihinde İngilizce yazdığı ve IRCICA tarafından yayınlanan ‘Kitab al-Hiyal’ of Banu Musa Bin Shakir isimli kitap dokuzuncu yüzyılda mekanik düzenler konusunda yazılmış bulunan kitabın modern sistem mühendisliği yönünden bir incelenmesidir. Takip eden yıllarda, İslam döneminde yapılan çalışmaları ve özellikle kendi çalışma konusu Kontrol ve Sistem Mühendisliği tarihi konularında, genç mühendislerin ilgisini çeken pek çok konuyla ilişkili olarak çeşitli popüler dergilerde yazılar yazmıştır. Ayrıca Y. Müh. Mahmut Kayral, Y. Müh. Şinasi Acar ve özellikle bilim tarihçisi Prof. Dr. Mustafa Kaçar’la birlikte bilimsel dergide yazılar yazmakta ve konferanslar vermektedir.

İstanbul Üniversitesi tarafından yayınlanan “Osmanlı Bilimi Araştırmaları Dergisi” 2008 yılında Atilla Bir için özel bir sayı çıkarmıştır.*

07 Ekim 2024 günü kaybettiğimiz hocamızı sevgi ve saygı ile anıyoruz.

* Yıl 2008, Atilla Bir Armağanı Cilt: 9 Sayı: 1-2, 1 - 17, 01.06.2008

İki Meslektaşın Yaşamı:

Prof. Dr. Atilla BİR ve Prof. Dr. Tayfun AKGÜL

Mümin Ceyhan
"Sıra Dışı Yaşamlar"
mumin.cejhan@emo.org.tr

48 saat insan yaşamında kısa zamandır, ama 48 yılda edinemediğiniz bilgiyi erbabına rastladığınızda 48 saatte edinmeniz mümkündür. Benim için 2015'in 9 Temmuz'u ile 12 Temmuz'u arasındaki iki gün hayatımın en yoğun öğrenme zamanı oldu.

Prof. Dr. Tayfun Akgül ve hocası Prof. Dr. Atilla Bir Bursa'da bize dost ziyaretinde bulunacaklardı. İstanbul'dan şu saate çıkacak, Bursa'ya şu saate varacağız diye bir ön bildirimleri de olmuştu. Her şey yolundaydı kısacası. Ama nasıl yoğun çalıştıklarını bildiğimizden evdeki hesabın çarşıya uymasını pek de beklemiyorduk doğrusu.

Nitekim son anda çıkan engeller nedeniyle yola çıkmakta biraz geciktir. Bu hiç önemli değildi; randevu kaçırıyor değildik, sabit yerde evimizdeydik. Yalnızca misafirlerimizi beklenenden biraz geç kucaklayacaktık o kadar.

Gene de Tayfun hoca, o birazcık gecikmeyi dert etmiş olmalı, yola çıkar çıkmaz "Geliyoruz" diye haber verdi. Tamam dedik; 1.5, bilemedin 2 saat sonra buradalar, ne güzel!

Aradan 15 dakika geçti geçmedi telefonda yine Tayfun hoca: "Kusura bakmayın gelemiyoruz. Bir aksilik oldu yolda kaldık!" dedi.

Aklımıza gelmemişti ya olacağı buydu. Küçücük bir araç kocaman beyinleri olan iki hocayı birden nasıl taşısın? "Benden buraya kadar; ötesi var mı, sizi taşıyamıyorum arkadaş" deyip sıfırlamış kendini gariban!

Nasıl dil döktülerse, ayarlarına dönüp görevini sürdürmeye ikna etmişler emektarı. Böylece yola revan olup gece saat 10.00'da köye vasil oldular...

Hoş beşten sonra sofraya oturduk, sohbetimiz de başladı. Tayfun hoca, kurlsız ya da kusurlu araç kullanan sürücülerini bilimsel (!) yollardan nasıl uyardığını -araçlarından çöp atanların çöpünü alıp "bu sizindi, düşürdünüz herhalde" diyerek kibarca iade etmek; hatalı şekilde araç sollayanlara da uzun mu uzun bir korna ile protesto yollamak gibi- anlattı.

Bu arada kendini sessizce dinleyen Atilla hocadan da onay almak istedi. Ona dönüp "Böyle yapmalı değil mi hocam?" dedi.

Atilla hoca sakince:

"Onayımı istiyorsan, verdim gitti" dedi, önce; ardından hemen ekledi: "Ama uyarayım sevgili dostum, onayım bu alanda işe yaramaz. Aaa Atilla hoca onaylamış, bir bakalım neden onaylamış diye bakmaz sürücüler. Ne diyeyim, İnşallah bu hata düzeltme işi senin başına bir çorap örmez!"

Tayfun hoca her şeyi öyle coşku içinde anlatıyordu ki günlük hadiselerden bilimsel konulara geçildiğini anlamakta geciktim.

Yemek faslı ve tütsülenme devam ederken, bilgisayardaki fotoğraflardan insanların nasıl değiştirildiğini, hiç gülme tecrübesi olmayan Erdoğan'ı bile bunlarla nasıl güldürdüğünü somut olarak gösteriyordu. Karikatürçülerin, insanları çizgiyle, ama yalnızca fizigi ile değil bütün halleri ile birlikte bir çırpıda nasıl resmettiklerini biliyordum da bu işin bir yazılım aracılığıyla da yapılabildiğini biliyordum. Daha önce hiç tanışmamıştım böylesine.

Tayfun hoca bir Cemal Nadir, bir Turhan Selçuk, bir Semih Balcıoğlu imiş gibi acayip bir ustalıkla sempatik birini bir anda bir eşkiyaya, bir eşkiyayı da bir anda makul, efendiden biri, bir sevimli adama dönüştürüyor, bir taraftan da "Bak, gördün mü? Bak; buna bak! Nasıl ama? Bu nasıl peki, ya bu?" diye de soruyordu.

Söze girip "Aman hocam, bu çok tehlikeli bir yazılım" dedim. "Neden?" dedi, "Tehlikesi nerde bunun?"

"Vallahi" dedim, "Demedi demeyin, piyasaya çıkar herkesin bilgisayarına inerse ve herkes bize anlattıklarınızı, gösterdiklerinizi uygulamaya başlarsa yalnız birbirinden hoşlanmayan insanlar değil yakın dostlar bile birbirine girer!"

Tayfun hoca "O kadar da değil" diye aceleyle yanıtladı, "Olsa bile inan ki dert değil, hemen yeni bir düzeltme yazılımı geliştirir sorunu çözümleriz. Zehir varsa panzehir de var. Bilim, kendini olumlayacak olgunluğa ulaşalı çok oldu. Haberin yok mu?" dedi.

Sonra, konu değişti. Meğer akademi dünyasında ne çok intihal (aşırma) varmış! Bunun için başvuru

tarihimizden...

yöntemler, uygulamalar, kurnazlıklar, dört başı mamur şebekeleşmeler –örnekleri de verilerek- sayılıp döküldü.

Akademik kariyeri, basamakları çok önemseyen biri olarak iki hocanın latife yaptığı, benimle “kafa bulduğu” vehmine kapıldım.

“Şaka, yapıyorsunuz değil mi?” dedim. “Hayır, hayır... Şaka filan değil” dediler.

“Bu kadar değildir ama değil mi? İyimserliğimi fazla buldunuz, anlayayım diye karikatürize ediyorsunuz herhalde” dedim.

Tayfun hoca “Hiç de değil, en beterlerini, en kabul edilmezlerini üniversite adına utandığımдан söylemedim bile” dedi.

Atilla hoca da “Daha neler var, neler!” diyerek onaylayınca ayaklarım suya erdi. Demek ki devlet kurumlarını çürüten, dağıtan, sersemleten nepotizm, kayırmacılık, yandaşlık akademi dünyasında da geçerliymiş. Orada da hak edilmeyen akademik unvan elde etmek, hak edilmeyen dekan, rektör gibi yönetim kadrolarına tırmanmak bilimle değil başka marifetlerle sağlanabiliyormuş!

Yalnız, buradan bilimsel aşırma yapan o insanları uyarayım:

Tayfun hoca hiç iyi şeyler düşünmüyor bu konuda haberinizi olsun! Anlatılanlardan anladığım -veya edindiğim izlenim diyeyim- “İntihal yaptınız mı?” sorusuna verilen “hayır, ne münasebet” yanıtının anında sağlamasını yapacak bir yazılım üzerinde çalıştığı yolunda. Yani, intihal yapmışsanız “Hayır, yapmadım” derken aslında “Evet, yaptım” demiş olacaksınız. Yani akademik dünya için bir tür yalan makinesi yolda! Benden uyarması...

Naçizane bir uyarım da hocaya oldu. “Hocam” dedim: “Bu yazılımı tam olarak geliştirirseniz, Türkiye’de yalnız akademi dünyasında değil aklınıza gelebilecek her alanda çok gereksinim duyulan bir işe imza atmış olursunuz. Herkes, hepimiz hiç şüphemiz olmasın ayakta alkışlar sizi, ama hiçbirimiz o yazılımı almayız. Çünkü kusurlarımızla, kendimizle yüzleşmeye cesaretimiz olsa bilgi aşırma yoluna da gitmeyiz. Sizin yazılımınızın korkarım müşterisi olmayacak.”

Kahkaha attı Tayfun Akgül hoca. “O zaman” dedi “Kimsede olmayan bende olur, fena mı? Ey ahali simya taşı bende, haberiniz olsun!”

Uzun gecemizde Tayfun hocanın “demokratlığı” konusunda da hiç şüphem kalmadı: İTÜ rektör seçimlerinde dört adayın dördüne de oy vermiş!

Bu keşiften başka bir keşfim de Tayfun ve Atilla hocaların tutkuları ile ilgili oldu. Bir kere bizim gibi fanilerinkine hiç benzemiyor tutkuları. Gökyüzünün, güneşin, yıldızların peşindeler sanki, o kadar mesafe var bizimkilerle. Gerçi Tayfun hocanın aşkları çok yönlü olduğundan bir kısmı bizim taraflara da düşebiliyor! O zaman biraz daha dünyevi, dolayısıyla biraz daha

aşına olduğumuz, biraz daha anlayabileceğimiz türden görünüyorlar, doğru görebildiysek. Niçin? Çünkü Atilla hocanın en büyük tutkusu -anlaşılr gibi değil ama- bir formül!

İki hocanın ortak aşkını oluşturuyor bu formül. En büyük özelliği de dört karakterin (Antikitedeki dört element hava, su, ateş, toprak gibi) dördünü birden içermesi ve dördüne uyan sonuç vermesi.

İşte o formül: $3ei\pi = i\sin\pi + \cos\pi = -1/ei\pi + 1 = 0$

Tayfun hoca, dinleyicisi bendenizin kafa yorgunluğuna uğradığını anlamış olmalı ki bu aşamada pası Atilla Hocaya attı:

-Hocam; tarihi matematikle anlatmak çalışmalarını bir daha anlatır mısın?

Atilla hoca, 6 yüz yıl süren İslam biliminin yükselişi ile Helenistik çağın bilim insanlarının bütün yaşamlarında matematiği nasıl kullandıklarını, bu bilimden hiç anlamayanların bile hayatlarını kolaylaştırmak için onlardan nasıl faydalandıklarını anlatmaya başladı. İslam’ın altın çağı veya bilim çağı denilen başta Antik Yunan olmak üzere geçmiş uygarlıkların ürettiği bilgi ve düşüncenin Süryanice ve Arapçaya çevrildiğini ve bunların İslam dünyasına ve Endülüs İslam devleti üzerinden ve Haçlı seferleri sırasındaki savaş, istila, anlaşma ve ticaret gibi etkenler yoluyla Avrupa’ya aktarıldığını ifade etti. Esas olarak Bağdat’ta “BeytülHikme” adı verilen bilim merkezinin kuruluşuyla başlayan süreçte kağıt üretiminin de geliştiğini ve bu sayede her bilginin kağıda geçirilmesinin, yani çeviri ya da telif yazılı eser üretilmesinin kolaylaşıp hızlandığını, bunun da bilginin ve bilimin yayılmasını kolaylaştıran bir etken olduğunu söyledi. İslam dünyası, bu dönemde kağıdı Çin’den, sıfır sayısı ile ondalık sistemi Hint’ten, matematiksel dolayısıyla bilimsel düşünmeyi eski Anadolu uygarlıklarından, eski Yunan’dan almış ama tüm bunları kullanmış, günlük hayatta uygulamış...

Hoca’ya göre 8.yüzyıldan, 14 hatta 15.yüzyıla kadar süren dönemde İslam dünyasında çoğunluğu Türk ya da Türk soylu yetkin mühendisler ve bilginler yetişti. Sanata, tarıma, ekonomiye, sanayiye, hukuka, edebiyata, felsefeye, denizcilğe önemli katkılar yapıldı. Matematik, her alanda değer kazandı, önemsendi. Matematik ve aritmetiğin yanı sıra trigonometri gelişti. Gözlemevleri inşa edildi; optik bilimi, kimya ve tıp gelişti. Bütün bunların da insanlığın ilerlemesine büyük katkısı oldu. Avrupa’da aydınlanma, Rönesans, reformlar, coğrafi ve bilimsel keşifler ile bunları izleyen sanayi devrimi İslam dünyasının bu altın çağına çok şey borçludur, hatta onun üzerinde yükseldiği söylenebilir...

Atilla Hoca ve arkadaşları tarih içinde ulaşılmış, elde edilmiş ne kadar teknolojik merhale ve bunları ifade eden ne kadar buluş varsa yer ve zaman belirtilerek, teknik ayrıntılar verilerek çizimler, şemalar, formüller eşliğinde yazmış, anlatmış ve bu gelişmelerde matema-

tiğin sihirli rolünü gözler önüne sermişler... Nerede mi? Tabii ki kitaplarında...

Hoca, tarihin derinliklerine dalıp bitmez tükenmez bir enerji ile anlatırken siz bilgi bombardımanından yorulabilirsiniz; ama o asla yorulmuyor. Gezdiği veya bir vesile ile bulunduğu her yörede tarihsel teknolojinin, mühendisliğin, dolayısıyla matematiğin ve fennin izlerini taşıyan her ayrıntıyı gözlemlediğini, incelediğini, araştırdığını anlıyorsunuz. Örneğin tatilini geçirdiği Datça'da, hala çalışan ya da yakın zamana kadar çalıştırılmış su değirmenlerini görünce bunu yapmış ve sonuç Anadolu'nun Değirmenleri kitabı olmuş. M. Şinasi Acar ve Mustafa Kaçar ile birlikte yazdıkları "Anadolu Değirmenleri" bilim insanlarının görüp geçtiğimiz, etkilensek de üzerinde çok durmadığımız bir yapıdan, bir nesneden geçmişe, tarihe, kültüre dair neler neler bulduklarına ve bunların bilgisine nasıl ulaştıklarına şaşırsınız. Kitap, su değirmenlerinin tarihçesini insanı şaşırtacak kadar ayrıntılı olsa da çok anlaşılır bir şekilde anlatıyor. Orada yazılanlara bakınca, bu değirmenlerin günümüzde enerji üretiminde kullanılan türbinlerin önceli, daha doğrusu atası olduğunu anlıyorsunuz. Türbin, bir mil ve üzerinde kanatçıklardan oluşur ve bir akışkanın enerjisini işe çevirir. Akışkan türbinin kanatçıklarına çarparak türbin miline hareket verir, hareket milin çıkışında mekanik işe dönüşür. Günümüzün modern sanayinin temelini teşkil eden enerji üretimi bu esasa dayanır. Bunu geliştirme becerisini göstermiş ülkelerin neden ileriye fırladıklarını ve dünyanın geri kalanını kısa zamanda nasıl sömürgeleştirdiklerini anlamak mümkün oluyor.

Atilla hoca, bana dönüp "Değirmenlerin matematiği ile Francis veya Pelton Türbinlerinde kullanılan matematik aynıdır" diyor. Sözüünü ettiğim kitapta da değirmenlerin matematiği çocukların anlayabileceği yalınlıkta anlatılıyor, Atilla hoca ve arkadaşlarıncı.

Dinlemekten büyük zevk aldığım sohbetinde, su gücünden tarih içinde daha birçok alanlarda yararlanıldığını örnekleriyle anlatıyor: Kağıt endüstrisinde ve metalürjide tokmak ve çekiç gücü olarak suyun kullanıldığını, ayrıca şeker üretiminde, ağaç endüstrisinde, hatta su saatlerinin işleyişinde de su gücünün olmazsa olmaz önemde olduğunu, özcesi tarih içinde her türlü mekanik dönüşümün suyla başladığını belirtiyor. Birçok örnek arasında Takiyüddin bin Maruf-i'nin (1526-1585) altı silindirli pompası ile zamanına göre karmaşık su kaldırma düzenleri üzerinde özellikle duruyor.

Ara vermeden yel değirmenlerine geçiyor. Tarihte rüzgar enerjisini ilk kez kullanan ünlü kanunlarıyla tanıdığımız Babil Kralı Hammurabi (M.Ö 17. yüzyıl) olmuş. Rüzgar gücü ile işleyen düzenekler sayesinde Dicle ırmağının sularını farklı seviyelere çıkartarak tarım alanlarının, hatta helezonik bir yol izleyen ünlü Babil asma bahçelerinin sulanmasında kullanmış. Böylece zenginleşen ve güçlenen krallığı tüm Mezopotamya'ya egemen olmuş.

Atilla hoca, Hammurabi'den yüzlerce ve yüzlerce yıl sonra Halife Hazreti Ömer'in İranlı bir ustayı çağırıp ondan rüzgar gücüyle işleyecek bir değirmen kurmasını istediğini, ünlü tarihçi Taberi'nin (İ.S 923) yazdıklarından aktarıyor. Rüzgar değirmenleri Batı dünyasında farklı, Doğu dünyasında farklı yöntem ve teknoloji ile çalışmış o yüzyıllarda. Sonrasında Doğu dünyasının teknolojisi unutulup gitmiş ve tüm öteki alanlarda olduğu gibi yerini Batı teknolojisine bırakarak tarihe karışmış. Hoca, Babil'in su çarklarından, yel değirmenlerine, yelkenlere varıncaya değin rüzgar enerjisinin otomatik kontrol matematiğini formüllerle, matematik hesaplamalarla açıkladıktan sonra, "Her şey çok kolay görünüyor, ama ilk çağların insanı bu formüllerden habersizdi. Gene de sinayarak, yanılarak pratik olarak matematiğin şaşmaz düzenine ulaşmayı ve onu günlük hayatında kullanmayı başardı" diyor.

Atilla Hocaya göre, Bursa'lı Kadızade-i Rumi Osmanlı bilim geleneği ve literatürünün gelişmesinde büyük katkıları olmuş bir Osmanlı bilginidir. İlk eserini Anadolu'da yazar; ama yaşamını sürdürmek için Semerkand'ı seçer. Çünkü bilim yapmak orada Osmanlı'dan daha çok teşvik edilmektedir, ayrıca bir bilimcinin kendini geliştirmesi için daha çok olanak vardır..

Zamanın bilim insanları ağırlıklı olarak Astronomi ile ilgilendiğini ama, fizik, matematik ve geometrinin de ilgi alanlarında olduğu anlaşılıyor.

Atilla hoca, "16. yüzyılın Osmanlı klasik bilim hayatının zirvesini oluşturduğunu, bu devirde Astronominin gelişme gösteren bilimlerin başında geldiğini görüyoruz" diyor ve Takiyüddin'in kurduğu İstanbul Rasathanesi'ni de Osmanlı biliminin bu yüzyıldaki doruğu kabul etmek gerektiğini düşünüyor. Hoca, Takiyüddin'in astronomi yanında optik, mekanik, matematik, trigonometri sahalarında da eser verdiğini, ancak asıl şöhretini astronomi alanındaki çalışmalara borçlu olduğunu ifade ediyor. Bu dönemde (16. Asır) astronomide kullanılan önemli araçları da şöyle sayıyor: Rubu Tahtası, Usturlap, Halkalı Alet (Zatü'l- kür-sü).

Takiyüddin'in İstanbul Rasathanesi Sultan III Murat'ın fermanıyla Tophane sırtlarında, şimdiki Fransız Elçilik Sarayı'nın yerine kurulur. Atilla hoca, bu rasathanenin rasat araçlarının, aynı yüzyılın ünlü Danimarkalı astronomu Tycho Brahe'nin (1546-1601) rasathanesinde kullandığı aletlerin benzeri olduğunu belirtiyor. Brahe, adına Danimarka kralının açtığı fon ve Baltık'daki Ven Adası'nda inşa edilen Uranibourg (gökyüzü şatosu) ve Stejnebourg (yıldız şatosu) adındaki rasathanelerde 777 yıldızın konumunu ölçüp kataloglar ve Kepler gibi bir gökbilimciyi yetiştirirken, Takiyüddin'in rasathanesi kuruluşundan üç yıl sonra top atışıyla yıkıldı. Atilla hoca, Takiyüddin'in tıp ve zooloji ile ilgili eserlerinin de olduğunu bilindiğini, rasathanenin Osmanlı devlet adamlarının rekabeti ve kıskançlığı yüzünden bazı bahaneler ileri sürülerek hazin bir şekilde yıktırıldığını üzümlere anlatıyor.

tarihimizden...

Bu sohbetten anlıyorum ki; İstanbul da ölen Takiyüddin'in mezarı, bilime ve bilim insanlarımıza olan saygı seviyemizin göstergesi olarak bilinmemektedir.

Hoca, bildiği konuları sanki herkes tarafından biliniyormuş gibi anlatıyor: "Bilindiği gibi" diyor, "küresel astronomi ile ilgili sorunlar, en iyi üç boyutlu bir Gök Küresi'nden faydalanılarak açıklanabilir. Ölçü aleti değildir ama gerçeğe çok yakın estetik modeller olarak değerlendirilebilir. Alet üç boyutlu olduğu için küresel geometrinin tüm özelliklerini taşır diyor.

Aletin mucidi Osman Sa'ib Efendi (İstanbul 14 Mart 1864) İstanbul'da yetişmiş tıp, gökbilim ve coğrafya konularında eser vermiş bilim adamı; Saray entrikaları ile girdiği yıldız bilimi ile uğraşma işinde matematiksel bilimlerde çok iyi olduğu için öğretmenlik yapar, konferanslar verir.

Osman Sa'ib Efendinin Ta'limül-Küre Risalesi çok meşhurdur. Gök küresini incelediği, bu yapıtı çeşitli daire ve çizimlerin adları ile açıklamasını kapsar. Gök Küresi ile Güneşin ve gezegenlerin hareketleri geometri ve matematik kullanılarak incelenir. Atilla Hoca İ.T.Ü ve Mühendislik Tarihi adlı ortaklaşa yazılan kitap da bütün ayrıntıları ile Teknoloji ve Bilim tarihimizi anlattıklarını söylüyor.^{1*}

Daha birçok ayrıntının anlatıldığı doyumsuz sohbeti burada noktalıyorum.^{2*}

Bursa - 30 Temmuz 2015

Mümin CEYHAN

"Sıra Dışı Yaşamlar" kitabı içinden,
Sh:189-198

Mümin Ceyhan Bursa Kültür Kaynakları
Araştırma Kütüphanesi Yayını
Bursa 2021

^{1 *} Atilla Hoca'nın yüzlerce makalesi ve çok sayıda kitabı bulunmaktadır. Bana getirdiği 6 kitabından büyük ölçüde faydalandım. Bu eserlerinden çıkardığım sonuç: Osmanlı döneminde iyi kötü, saray çevresinde yapılan bilimsel çalışmalar olmakla birlikte, bu çalışmalar daha sonra değerlendirilmemiştir. Ayrıca bu çalışmalardan geniş halk kitlelerinin haberi olduğuna dair bir bilgiye maalesef rastlamadım.

^{2 *} Dostlarımızın Bursa gezilerinde sevgili dostum tarihçi Prof. Dr. Yusuf Oğuzoğlu eşlik etti. Bu gezimizde Yusuf Hoca'yı Bursa'yı en iyi tanıttacak bilim insanı olarak, dostlarımızın karşısında joker olarak değerlendirdik. Bursa gezisinde Otomobil müzesi, Kent Müzesi, Hanlar bölgesi, Ulucami, Göç Müzesini gezdik. Daha sonra yeni yapılan ÇEK (Çağdaş Eğiti Kooperatifi 3 Mart Anadolu Fen lisesi) ile bizim Bursa Kültür kaynakları Araştırma Kütüphanesi ziyaret edildi. Son pazar günü Mudanya Mütareke müzesi gezilerek Atilla ve Tayfun Hoca İstanbul'a uğurlandı.

Atilla Hocanın Kaybının Ardından

İnsan yaşamında önemli zamanlar vardır. Önemli zamanları insan bilinçli yaratamayabilir.

İşte ölçüsünü bilemediğim ama olağandışı tahmin ettiğim yukarıda 9-12 Temmuz 2015 tarihleri arasındaki zaman dilimi benim için öyle bir zaman dilimidir.

Bu yazıya ek yazmak gereğini hissetmemin nedeni 7 Ekim 2024 tarihinde anımı hiç unutamayacağım İTÜ'den Prof. Dr. Atilla Bir hocamızı kaybetmemizdir.

Atilla hoca bizim meslektaşımız olmasına rağmen, kendi meslek alanının ötesinde inanılmaz boyutlarda derinlikli bir tarih araştırmacısıydı. Bu konuda onlarca kitap yazdı. En önemli özelliği kendi meslek alanının özelliklerinden faydalanarak tarih araştırmalarına farklı bir perspektif kazandırmasıdır.

Anlaşılabileceği gibi, klasik tarihçilerden ayrılan çok ayrı bir bakış açısı vardır hocamızın. Bu da tarihçi olmayan bizim gibi insanlara, bizim anlayacağımız bir dille tarihi öğretir.

Tanıştıktan sonra, çok fazla olmasa da, birlikte geçirdiğimiz zamanda onu dinlerken tarih içinde kaybolurdunuz. Tarih içinde büyük mucitler, büyük yazarların hayatlarına ulusal bir bakış açısıyla yaklaşır, insan kendi tarihçi yorumları ile şaşırtırdı.

Hatırladığım kadarıyla Prof. Dr. Tayfun Akgül'ün de hocasıydı. Atilla hocayı benimle tanıştırdığında, onu önce tarihçi zannettim. Oysa yurt dışında okumuş başarılı bir elektronik mühendisi, kontrol otomasyon konusunda önemli makaleler yazmış, bilimsel araştırmalar yapmış bir bilim insanı olduğunu öğrendim.

Bursa'da bulunduğu zamanda hocamız ile Bursa'yı dolaştık. Şehrimizin tarihsel ve kültürel yerlerini dostum Uludağ Üniversitesi Tarih Bölümü hocamız Prof. Dr. Yusuf Oğuzoğlu rehberlik etti. Atilla hoca'nın Bursa'daki tarihi yerlerle ilgili derinlikli bilgiye sahip olduğunu gördük.

Atilla hoca ile ilgili söylenecek en belirgin söz, ilgilendiği her konuyu ciddiye alan, öğrencilerine ve insanlara büyük katkı sağlayan sıra dışı bir bilim insanı olduğudur.

Onu tanıyıp da etkilenmeyen tek bir kişi olacağımı sanmam.

Aramızdan ayrılırken geride bıraktığı eserlerle öğrencileri daha uzun yıllar faydalanacaktır.

Teşekkürler Atilla Bir hocam...

Seni tanımak benim için bir ayrıcalıktı...

Ruhun şad olsun.

15 Mart 2025 - Mümin Ceyhan

Prof. Dr. Atilla BİR ve EMO Akademik Kamp

E. Orhan Örücü
orhan.orucu@gmail.com

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) 26 Aralık 1954 yılında kurulmuş; kuruluşundan bu yana üyesi, mesleği ve ülke sorunlarından hareketle çalışmalarını sürdürmüştür. EMO, faaliyetleri kapsamında yüksek lisans ve doktora eğitimi gören üyelerini, konunun uzmanı akademisyenlerle buluşturan “Akademik Kamp” düzenleme kararı almış ve uygulamıştır.

Akademik Kamp; EMO-Üniversite işbirliği ile bilimsel bir tartışma ortamı oluşturmak amacıyla düzenlenmektedir.

Bahar ve kış kampı olmak üzere, yılda 2 kere, 4 gün sürmek üzere planlanan akademik kamp çalışmaları kapsamında; derslerin yanı sıra sosyal etkinlikler de gerçekleştirilmektedir.

İşyerleri, eğitim organizasyonları, kongre, konferans ve benzerlerinden farklı olarak, aynı alanda çalışan insanların daha etkin biçimde, doğrudan ve birebir iletişim kurabilmesi Akademik Kamp’ın hedefleri arasında sayılmaktadır.

Şirince Nesin Vakfı Matematik Köyü’nde düzenlenen akademik kamplarda; yüksek lisans ve doktora öğrencileri alanındaki en iyi hocalar, yurt dışından gelen uzmanlar ve EMO yöneticileri ile buluşmaktadır. Nesin Matematik Köyü’nün doğal güzelliği yanında matematik dünyası ile olan ilişkisi, Ali Nesin’in kurduğu doğal, rahat ve özgür ortam ile bu ortam içerisindeki akademik çalışma özgünlüğü öğrencilerin hem kendi çalışmalarını geliştirmesine hem de başka üniversitelerden arkadaşları ile buluşmasına ve akademik alanda ilişkilerini geliştirmesine yardımcı olmaktadır.

EMO; 2012 yılında “Sinyal ve Görüntü İşlemede Son Gelişmeler”, 2015 yılında “Görüntü İşlemede Son Gelişmeler”, yine 2015 yılında “Veri Madenciliği” ile konusunda gerçekleştirdiği Akademik Kamp çalışmalarını 2016 yılında “Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniklerinde Gelişmeler” konusu ile devam ettirmiştir. 2017 yılında “Sistem ve Kontrol” ile “Hesaplamalı Sinir Bilim” konulu kamplar düzenlenmiştir. Ancak maddi zorluklar nedeniyle 2017’den sonra Akademik Kamp çalışması yapılamamıştır.

Bugüne dek EMO akademik kamplarına 6 yurtdışı olmak üzere toplam 30 üniversiteden, 93 akademisyen katılım sağlamış, bilgi ve deneyimlerini öğrencilere aktarmıştır.

Farklı üniversitelerden 153 yüksek lisans, 138 doktora ve 11 lisans öğrencisi kamplara katılmış olup katılanların 120’si kadın, 182’si erkek öğrencidir.

Prof. Dr. Atilla BİR ve EMO Akademik Kamp

07 Ekim 2024 günü kaybettiğimiz hocamız Prof. Dr. Atilla Bir, deyim yerinde ise kampımızın en devamlı katılımcısı idi.

1.Akademik Kamp: 17-20 Mayıs 2012 günlerinde yapılan “Sinyal ve Görüntü İşleme” temalı ilk kampımızda Prof. Dr. Atilla Bir hocamız “Anadolu’da Teknoloji Tarih” üzerine konuşmuştur.

Kampımızın değerli bir katılımcısı olan Karikatürist Semih POROY “Akademik Kamp Öyküsü” adıyla kampımızı çizmişti. Bu çizimde hocamız ile ilgili kısmı vermek istiyorum.



Hocamızın sunumu için https://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=92866&tipi=43&sube=

tarihimizden...

2.Akademik Kamp, 16-19 Nisan 2015 günlerinde yapılan “Görüntü İşlemede İleri Uygulamalar ve Son Gelişmeler” temalı ilk kampımızda Prof. Dr. Atilla Bir hocamız, “Öklid’ten Nasrettin Tusi’ye, Tusi’den Uluğ beye” üzerine tebliğini sunmuştur.

2.Akademik Kampa katılan Bursa Şubemiz üyesi Mümin Ceyhan, kamp üzerine izlenimlerini yazmış ve Elektrik Mühendisleri Dergimizin Temmuz 2015 tarih 454 Sayılı nüshasında yayınlanmıştır. Yazının Atilla BİR hocamızla ilgili kısmını aşağıda yayınlıyoruz.

NEŞİN MATEMATİK KÖYÜ’NDE TAKİYEDDİN BİN MAR’UF ‘A “2X2 KAÇ EDER?” DİYE SORDUK

Mümin CEYHAN - Elektrik Mühendisi

“Öklid’den Uluğ Bey’e

Konu başlığı “Öklid’den Nasirettin Tusi’ye Tusi’den Uluğ Bey’e Bilim” olan sunum Profesör Doktor Atilla Bir tarafından gerçekleştirildi. Bir İstanbul Teknik Üniversitesi’nden emekli, asıl işi kontrol ve otomasyon mühendisliği ama şimdilerde İstanbul Üniversitesi’nde Bilim Tarihi dersleri veriyor. Öncelikle söylemeliyim ki beni en çok şaşırtan ve bilgi eksikliğimi besleyen Profesör Doktor Atilla Bir’in “Öklid’den Nasirettin Tusi’ye Tusi’den Uluğ Bey’e Bilim” konulu sunumu oldu hoca bu konularda hobi olarak başlamış ama dünya çapında uzmanlaşmış.

Sunumdan önce görüştüğümüz için kendisi bana, “Sunum başlamadan sana büyük sürprizim var” dedi. Sürpriz daha sonra anlaşıldı. Döneminin en büyük alimlerinden Kadızade-i Rumi, Bursalı ve Bursa’da ilim yapmış. Hoca sunumuna başlarken bizi şaşırttı. Bir, “Biliyor musunuz İslam Tarihi’nde çok büyük bilim adamları ve bunların çok eserleri vardır; Arapça ve çok azı Farsça yazılan bu eserlerin sahiplerinin yüzde 80’i Türk asıllıdır” dedi.

Hoppala! Ben işte bunu bilmiyordum. Dikkatimi daha fazla verdim. Sonra Atilla Bir, başladı bunların yazdıklarını ve bilime yaptıklarını saymaya. Önce Hoca, işi biraz geriye sardı. Büyük İskender’in dünyayı fethetmek için yola çıktığını sonunda ise genç yaşta fetih yollarında ölünce, fethettiği ülkelerin parçalandığını ve bunun dünyada köklü değişikliklere neden olduğunu vurguladı. Helenistik Çağ’ın bunun sonucu olduğunu ve bunun bizim coğrafyamızda da sonuçları olduğunu söylüyordu. Bilimsel düşüncenin ilk kez (M.Ö 330-30) yıllarında Helenistik Dönem’de ortaya çıktığına işaret eden Bir, bu dönemde şehirlerde okul, kütüphane, tiyatro, tapınaklar ve spor tesisleri kurulduğunu belirtti. Sunumdan, Helenistik Çağ’da bilim insanlarının etnik kökenlerinin sorulmadığı anlaşıyor.

İskender sonrasında (M.Ö 300) Anadolu’da birçok devlet ve medeniyet ortaya çıkıyor. İşte hepimizin yakından bildiği büyük matematikçi Öklid (M.Ö 330- 275) bu dönemde yaşıyor. Öklid’in birçok hipotez ve ispatının yanında, daha sonra bulunan bir yapıtta bu dahinin 2. Kitap, 6 öneri

$(a+b)^2 - (2a+b).b + a^2$ ilişkisinin kanıtı gösteriliyor.

Aynı çağda, İskenderiyeli Heron ise (M.S 10-70) bugünkü bilimin öncüsü oluyor ve günümüze 13 kitabı ulaşıyor. Bunlardan günümüze ışık tutan 3 kitap mekanik ile ilgili. Ayrıca “Pnömatik Çalışmaları ve Heron Çeşmesi” de anılmaya değer görülüyor.

Buhar motoru dediğimiz şeyin işleyiş mantığı ilk kez Heron tarafından ortaya konuluyor. Dahası var ki, otomatik kapılar, robot mekanizmaları, para otomatları Heron’un çalışmalarıdır.

Aynı dönemde Eratosthenes (M.Ö 276-196) oturduğu yerde yüzde 1,6 hatayla dünyanın çevresini buluyor. Bu arada dünyanın tam küre olduğunu da düşünüyor. Günümüzde Dünya’nın düz olduğunu iddia eden İslam alimlerine M.Ö.’ki yıllardan bir ispat.

Antik Yunan’da, Batlamyus, Menelaus gibi bilginler, evrenin sırlarını bilim yoluyla çözmeye çalışıyorlar.

Helenistik Çağ’ın başlattığı bilgi çağı, İslam coğrafyasında da etkisini gösteriyor, (1201-1274) Nasireddin Tusi tarih sahnesinde yerini alarak dünyanın tanınmış bilginlerinden biri oluyor. “Kelam, Felsefe, Hadis ve Matematik” çalışmaları olan Tusibir, meşhur Alamut Kalesi’nde saklanarak çalışmalarını yürütüyor.

Eratosthenes (MÖ 276-194) İskenderiye’den çıkmadan Dünyanın çevresini ölçmeyi başarır.

Antik Mısır’da Asuan’da Syene olarak adlandırılan şehrin 21 Haziran yaz gündönümünde güneşin tam tepede bulunduğunu biliyordu. Güneş saatini kullanarak öğle vaktinde İskenderiye’deki gölge açısını ölçtü ve güneye doğru 7°12’ olarak buldu ve pusula yardımı ile gölge açısını belirledi.

Dünyanın tam küre olduğunu varsayar ve İskenderiye Syene’nin kuzeyinde olduğundan aradaki yay farkı oranını $1/50 = 7°12' / 360°$ olarak bulur yani bu iki şehir arasındaki mesafeyi dünya çevresinin $1/50$ ’si olarak belirler. Firavunun defterdarları tarafından yapılan ölçülere göre iki şehir arası mesafe 5.000 stadyumdur. Şu halde bir derece 700 stadyumdur. Bu durumda dünyanın çevresi 252.000 stadyumdu antik Mısır’da bir stadyum 157,5 metre olduğundan 39.690 kilometre bulur yani %1.6

hata ile gerçek Dünya çevre uzunluğunu belirler.

Ünlü Maraga Rasathanesi'ni kuran Tusi'nin burada da felsefeden, seksolojiye 400 bin kitabı bulunduğu söyleniyor.

Timur'un torunu Uluğ Bey ise (1393-1449), hükümdarlığı döneminde hem ülkeyi yönetiyor hem de matematik ve gök bilimleriyle uğraşıyor.

Uluğ Bey Rasathanesi'nde devasa bir ekvatoryal güneş saati bulunmaktadır (1417). Şimdilerde İTÜ'de bu saatin aynısı Prof. Dr. Atilla Bir, Y. Doç. Dr. Burak Barutçu ve Öğr. Gör. Mehmet Erkök'ün tasarımıyla inşa edilmiştir (Tasarım: M. Erkök, M. Barutçu, A Bir).

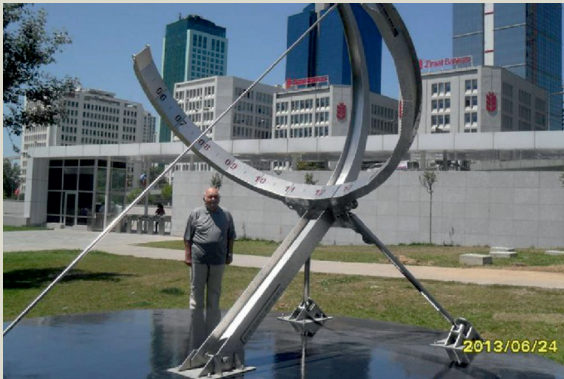
Gelelim Kadızade-i Rumi'ye (1364-1436). Bursa Kadısı Mehmet Çelebi'nin oğlu olan Kadızade-i Rumi, Bursa'da gördüğü eğitimden sonra, matematik ve astronomi öğrenmek için Horasan'a gidiyor. Semerkant'daki Rasathane'de çalışıyor. Astronomi ile ilgili birçok eseri bulunan Kadızade-i Rumi'nin Türbesi Semerkant'da yer alıyor.

Aynı dönemde Uluğ Bey'in kuşcusu olan Ali Kuşçu (bu adı oradan gelir) yukarıda adı geçen bilginlerden ders alıyor. Fatih Dönemi'nde gelip Ayasofya Medresesi'nde müderris oluyor ve birçok esere imza atıyor. Fatih Camii'nde restore edilen güneş saati onundur. Ayrıca astronomi ile ilgili birçok eseri bulunmaktadır.

1575 yılında Osmanlı Bilgini Takiyuddin tarafından kurulan gözlem evini bilmeyenimiz, duymayanımız yoktur. Yine bu rasathane kurulduktan kısa bir süre sonra III. Murat tarafından topa tutularak yıkıldığı unutulacak gibi değildir.

Hocamızın ifadesi ile yüzde 80 Türk olan diğer bilim insanlarına baktığımızda; bunların çoğu Osmanlı içinde "tasavvuf, fıkıh, kelam" gibi şeyler öğrenirken, astronomi, matematik gibi pozitif bilimleri öğrenmek için Semerkant'a gidiyor. Çoğunun türbeleri de orada bulunuyor. O zaman da insanın aklına şu soru geliyor:

"Osmanlı'da pozitif bilim yapılmazdı ve aydınlanma Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulmasını mı bekledi?"



https://www.emo.org.tr/ekler/a35e74a3ec8065b_ek.pdf?dergi=997



3.Akademik Kamp, 08-11 Ekim 2015

Konu:" Büyük Veri ve Madenciligi" içinde Prof. Dr. Atilla Bir, "Öklid'ten Nasrettin Tusi'ye, Tusi'den Uluğ beye" üzerine tebliği sunmuştur.

Hocamız bu kampta 2.kampta ayrıntılı anlattığı sunumunu güncelleyerek yeniden sunmuştur.

5.Akademik Kamp, 12-15 Mayıs 2016

İlkini 2012 yılında gerçekleştirdiğimiz Akademik Kampların beşincisinin konusu, önceki kampların sonuçlarıyla beraber değerlendirilerek "Sistem ve Kontrol" olarak belirlenmiş ve bu konuda ki son gelişmeler ve araştırmalar, uzman bilim insanları tarafından katılımcılara interaktif biçimde aktarılmıştır. Bu kamp Prof. Dr. Yağmur Denizhan ile Prof. Dr. Atilla Bir'in koordinatörlüğünde yürütülmüştür.

Hocamız Prof. Dr. Atilla Bir, "Otomatik Kontrol Sistemlerinin 2500 Yıllık Geçmişi" üzerine konuşmuştur.

Hocamızın konuşmasının videoları için iki linkimiz var;

"Otomasyonun 2500 yıllık geçmişi"

<https://www.youtube.com/watch?v=2duAwu920Do&list=PLQIvUPs36rK8SqrCJ-cx01mOKhdfvO6p&index=3>

<https://www.youtube.com/watch?v=YdgEljzFBOg&list=PLQIvUPs36rK8SqrCJ-cx01mOKhdfvO6p&index=4>

110 slayttan oluşan sunumun pdf biçimi için;

<https://www.dropbox.com/scl/fi/rs6sxtbhe1hwpvytxgsmn/1.-Prof.-Dr.-Atilla-Bir-Otomatik-Kontrol-Sistemlerinin-2500-Y-Il-k-Tarihi.pdf?rlkey=7gkzmmn-l51x5uc7pauwk9utxa&st=3tf38rr9&dl=0>

6.Akademik Kamp, 12-15 Ekim 2017

Konu:" Hesaplamalı Sınır Bilim" içinde Prof. Dr. Atilla Bir, "Mühendislik Tarihi" üzerine konuşmuştur.

07 Ekim 2024 günü kaybettiğimiz hocamızı saygı ile anıyoruz.

Prof. Dr. Atilla Bir / Saygı Buluşması: “MÜHENDİSLİK TARİHİMİZ”

11 Temmuz 2019

EMO Basın



Emekli olduktan sonra Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi'nden davet aldım ve böylece ikinci bir hayata başladım. Yani bir hayatı sona erdirip, kontrol mühendisliğinde geçen uzun bir serüvenin ardından bilim tarihine yeniden başlamış oldum.

MÜHENDİSLİK TARİHİMİZ

Mühendislik tarihi aslında İTÜ'nün tarihidir. Bu konuyu sizlere aktarmak istiyorum. Yaklaşık beş yıl önce İstanbul Üniversitesi'nde yayınlanan “Osmanlı Araştırmaları” dergisinde bu konuyu detaylı bir şekilde incelemiştim. Ayrıca, İTÜ'nün yayınladığı ve iki baskı yapan bir kitapta da katkılarım oldu.

Tarih konusunda bir karışıklık var. Ben 1775 diyorum; fakat bazılarının göre ve aslında doğrusu 1883. 2016'da hazırladığım bir sunumda bu konuya değinmiştim. 1775'i baz alırsak 2016 itibarıyla 242 yıllık bir geçmiş ortaya çıkıyor. Ancak, 1883'ü esas alırsak 133 yıllık bir tarihimiz var. Peki, aradaki fark nedir?

İTÜ ROZETİ

Rozetimizden başlamak istiyorum. Soldaki rozetin tek olduğunu düşünüyordum; ancak koleksiyonlarda bulunuyormuş ve bir müzayedede satıldı. Ben de talip olup aldım. Rozet, 1926 tarihli; yani harf devriminden bir yıl önceye ait. O dönemde Talebe Cemiyeti bir rozet oluşturma gereği duymuş. İTÜ kitabında bu rozetle ilgili anılar yayımlandı; ancak anılar kitabında rozetin mevcudiyeti belirtilmemiş. Uzun süre ikinci rozet kullanıldı; bunun üzerinde 1883 yazıyor. Bugün kullandığımız rozet ise 1773 tarihini taşıyor. Oysaki doğru tarih 1883'tür. Bu konu çeşitli rektörler ve tarihçiler

tarafından tartışıldı; ancak masraflı olacağı düşünülmüş ve değiştirilmedi.

1883, Sivil Mühendislik Okulu'nun açılış yılıdır. 1773'te açılan ise Askeri Mühendislik Okulu'dur. Bugün mezun olanlar 1883 tarihli okulun diplomasını almaktadır.

OSMANLI ORDUSU VE TEKNOLOJİ

Osmanlı Ordusu, fethettiği topraklardaki surları aşabilmek için uzun menzilli atış silahlarına ihtiyaç duyuyordu. Tarihçilerimiz genellikle savaşlar, anlaşmalar ve fetihlerden bahseder; ancak hangi teknolojiler kullanıldığını anlatmazlar. Oysa Osmanlı Ordusu, humbara, lağım, patlayıcılar, roket, tüfek ve top gibi silahlarla önemli bir teknoloji geliştirdi.

Levni tarafından çizilen bir Osmanlı akıncısı resmi çok dikkat çekicidir. Akıncının elindeki Türk yayı, döneminin üstün bir silahıydı. Osmanlılar bu silahın menzilini bir kilometreye kadar çıkarmıştı. İlginç olan, batıda bu silahların menzili ancak 300-400 metreydi. Akıncılar, bu hafif ve güçlü silahlarla düşmanlarını kolayca etkisiz hale getirebiliyordu.

Osmanlı ordusunda topçu bataryaları önemli bir yer tutuyordu. Minyatürlerde gösterildiği gibi lağımclar, surların altına tüneller kazıyor ve patlayıcılar yerleştirilerek surların çökmesini sağlıyordu.

Osmanlı donanması, 1770'te Çeşme Deniz Felaketi'ni yaşamış ve Rus donanması tarafından tamamen yakılmıştı. Bu felaket Osmanlı'daki teknolojik geriliğin fark edilmesine neden oldu. Teknolojiyi takip etmemenin büyük bir hata olduğu anlaşıldı ve Islahat hareketleri başlatıldı.

Bu hareketler sonucunda, 1775'te Mühendishane kuruldu. Daha sonra, İkinci Mahmud döneminde sivil mühendislik okulu açıldı ve yeniçeri ocağı kaldırıldı. Mühendishane, askeri mühendislik alanında yetişmiş seçkin bireyler yetiştirilerek Osmanlı ordusunu modernize etmeye başladı.

Osmanlı Devleti, Humbaracı Ahmet Paşa, Baron de Toth gibi uzmanları getirerek modern topçuluk ve askeri mühendislik alanında büyük ilerlemeler kaydetti. 1773'te kurulan İmparatorluk Deniz Mühendishanesi, gemi inşaatı ve harita yapımında uzman personel yetiştirmeye başladı. Demek ki iki okul kuruluyor: Bir tanesi Denizcilik Okulu, diğeri ise Kara Okulu olarak. Şimdi Mühendishane'nin kuruluşuna gelelim. Mühendisha-

ne, eski bir haritada yer almakta. Aslında bu okullar, askeri birliklerin elit kısımlarını yerleştiren ve onları yetiştiren kurumlar. Küçük okullar bunlar. Bu okullar, kurmay sınıfı gibi, uzmanlaşmış insanları yetiştirmeye çalışıyorlar. Ayrıca burada bir de akademi kuruluşu.

O dönemde, elçiliklerin yazdığı bir rapor elimizde. Bir elçi Paris'e, Mühendishane'nin açılışı ile ilgili bir rapor yazıyor. Arşivde, "Minister de Zafer Etranjer Paris, Korrespondans Politik Türkiye, vol. 161" başlığı altında bulunuyor. Ben de bu raporu tercüme ettim.

Rapor, 3 Mayıs 1775 tarihli. Resmî belgede 75 yılı geçiyor. Raporda, Paris Dışişleri Bakanlığı'na gönderilen 10 numaralı raporda: "29 Nisan'da Tersane Amiri Saint-Termurviran ve İngiliz asıllı Mustafa Ağa'nın idaresinde Mühendishane'nin açılmıştır. Açılıştan, sarayda mevcut bazı matematik aletleri kötü durumda bulunmuş ve bu aletler, bizzat onarıp kullanılabilir hale getirilmiştir. 10 kadar hevesli öğrenciyle derslere başlanmış" yazmaktadır.

Demek ki, ilk Mühendishanenin 10 öğrencisi varmış. Bu belge, elimizdeki en eski belge. Arkadaşım tarafından Paris'teki arşivlerden temin edildi. Bu rapor, hiçbir şüpheye yer bırakmadan, Mühendishanenin 29 Nisan 1775 tarihinde Baranütut'un nezaretinde, Tersane Amiri Saint-Termurviran ve İngiliz asıllı Mustafa Ağa'nın idaresinde açıldığını kanıtlıyor. İlginç bir şekilde, İngilizler Türk ismi alıp Mustafa Ağa oluyorlar ve burada aynı zamanda öğretmenlik yapıyorlar.

Peki, 73 nereden geliyor? 73, aslında bu işin ilk fermanını işaret ediyor. Yani, 1773'te bu karar alınıyor; Mühendishane kurulacak deniliyor. Ama açılış 1775'te yapılıyor, yani iki yıl sonra. Mühendishanenin ilk binasının resmi yıllarca beni meşgul etmiş bir resimdir. İstanbul'da nerede olabilir diye düşündüm. Ancak, kesinlikle bu bina İstanbul'da yok. Ama dikkatimi çeken birkaç özellik var. Bir yol var, ancak çok iyi bir yol değil. Üzerinde insanlar var. Ayrıca, çok ilginç bir parmaklık var. Bir ara kapı gibi görünüyor. Nerede olabilir diye uzun uzun düşündüm. Aslında bu resim, bahsettiğimiz raporda da yer alıyor. Yani, Fransa'ya yazılmış olan raporda bulunuyor. Çözüm, bu kitapta bulunan ikinci bir resimle ortaya çıktı. Burada, parmaklığı tekrar gördüm. Demek ki, bu bina, o parmaklığın bulunduğu yerin yanında. Ancak, bu bina da yok. Fakat ne olduğunu biliyoruz. Bu bina, Humbarane Kışlası, ilk yapılan kışlalardan biri. Burada bir resmi de var. Haliç'te, Sütlüce'de büyük bir bina inşa edilmiş, yani bir kışla yapılmış. O kışlanın ortasında da bir cami var. Çünkü genellikle kışlalara, askerlerin dua etmelerini sağlamak için camiler ekleniyordu. Mahmut Raif Efendi'nin kitabında bu konuda bilgi yer alıyor.

1782'de, o dönemde mevcut olan bir binanın yanında yer alan Humbaracı Kışlası'nda bir mühendishane bulunuyordu. Sadrazam Hamit Paşa, Osmanlı-Rusya mücadelesi çerçevesinde Fransa'dan çok sayıda mühendis ve askeri uzman talep etti. Gelenler arasında J.

Gabriel Monnier ve Lafitte Clavé gibi isimler vardı. Bu mühendisler özellikle istihkam ve topçuluk alanlarında eğitim vermeye başladılar. İlk dersler, 28 Ekim 1784'te Aydınlık Vakası sırasında gerçekleştirildi.

1786'da Fransa ile Rusya arasında bir ittifak kurulunca, Fransız mühendisler geri çağırıldı. Ancak yeni açılacak mühendishane için Osmanlı tarafında yeni hocalar görevlendirildi. Bu hocalardan biri de Mühendishane-i Berrî-i Hümayun'un ilk baş hocası olan Hüseyin Rıfkı Tamani idi. Tamani, Osmanlı mühendislik eğitiminin önemli isimlerinden biri olarak burada dersler vermeye başladı.

III. Selim döneminde, Osmanlı ordusundaki mühendislerin daha sistemli bir eğitim almasını sağlamak amacıyla "Mühendishane-i Sultanî" adlı yeni bir okul kuruldu. 1795'te tamamlanan bu okul, kara ordusunun topçularını ve istihkam subaylarını yetiştirmek üzere hizmete açıldı. İnşaat çalışmaları 1796'ya kadar sürdü.

Mühendishanenin kapsamı zamanla genişledi ve öğrenci sayısı arttı. Medrese sistemine benzer bir eğitim modeliyle başlayan bu süreç, zamanla daha kurumsal bir yapıya dönüştü. Yeni bina, 1795'te inşa edilip 1881'de yenilendi. O dönemde sahil yolu henüz açılmamış olduğu için deniz cephesi doğrudan kıyıya bakıyordu. Günümüzde bu bina hâlâ ayakta olup askeri amaçlarla kullanılmaktadır. Üzerindeki yazıtlarda "İstanbul Askeri Alma Başkanlığı" ifadesi okunabilmektedir.

YENİÇERİ OCAĞINDAN OSMANLI ORDUSUNA

II. Mahmud dönemine geldiğimizde, onun Osmanlı tarihinde trajik bir figür olduğunu görüyoruz. Kendisi oldukça duygusal bir padişah olarak bilinir ve annesinin Fransız olduğu yönünde söylentiler vardır. 15 Haziran 1826'da Yeniçeri Ocağı'nı kaldıran Vaka-i Hayriye gerçekleşti. Sultan II. Mahmud, genç yaşta öldürülen Genç Osman'ın trajedisinden derin etkilendiği için Yeniçerilere karşı büyük bir nefret besliyordu. Onları bir tehdit olarak gördüğü için köklü bir değişim kararı aldı ve Yeniçeri Ocağı'nı ortadan kaldırdı.

Bu dönemde, Humbaracı Kışlası'nın eski hali ve ortasındaki cami dikkat çekiciydi. Sol tarafında yeni yapılan Mühendishane-i Berrî-i Hümayun binası yer alıyordu. Büyük bir yapı olan bu mühendishane, Osmanlı'nın askeri ve mühendislik eğitiminde önemli bir merkez hâline geldi.

Ayrıca, İngiliz Selim Efendi isimli bir matematikçi, "Usul-ı Hendese" adlı bir geometri kitabını tercüme etti. Bu eser, Osmanlı'daki nadir mühendislik kitapları arasında yer alır ve matematik eğitimi açısından önemli bir kaynaktır.

Bu dönemde artık mühendishanede kitaplar temel alınmaya, bilimsel çalışmalar yapılmaya başlanıyor. Ordunun modernleşmesi için sistemli bir eğitim süreci oluşturuluyor.

tarihimizden...

Başhoca İshak Efendi, Osmanlı'nın en önemli bilim insanlarından biridir. Ahmet Ziya tarafından 1926'da yapılmış temsili bir resmi bulunmaktadır. Yahudi asıllı olan İshak Efendi, Osmanlı İmparatorluğu'nda tercümanlık yapmış, ancak zekâsı ve yetkinliği sayesinde mühendishanenin baş hocası olmuştur. Uzun yıllar burada ders vermiş, pek çok kitap yazmış ve tercüme etmiştir. En bilinen eseri, dört ciltlik bir bilim kitabıdır. Bu eser, A'dan Z'ye kadar mühendislik konularını detaylı bir şekilde ele alır ve dört yıl boyunca öğrencilere okutulmuştur.

İkinci Abdülhamid dönemine gelindiğinde, askeri okulların sadece istihkam ve topçu yetiştirmekle sınırlı kaldığı, ancak sivil mühendis ihtiyacının da doğduğu fark edilir. Bu eksikliği gidermek için 1884'te, Mühendishane-i Berrî-i Hümayun'a bağlı, ancak Tophane Müşirliği ve Nafiha Nezareti (Bayındırlık Bakanlığı) tarafından ortaklaşa yönetilen yeni bir okul açılır. Bu yeni okul, Galatasaray Lisesi ve Dârüşşafaka mezunlarının da mühendislik eğitimi almasını amaçlıyordu. Böylece, biri askeri diğeri sivil olmak üzere iki mühendislik okulu paralel şekilde faaliyet göstermeye başlar.

8 Ekim 1883'te Ceride-i Havadis gazetesinde, Hendese-i Mülkiye Mektebi'nin açılışıyla ilgili resmi bir ilan yayımlanır. İlanda, 100 kişilik kontenjanın olduğu, Mekteb-i Sultanî, Mekteb-i Rüştiye Askeriye ve Darüşşafaka öğrencilerinin başvurabileceği belirtilir. Ancak başlangıçta halk bu okula fazla ilgi göstermez. Askerlik, toplumda daha prestijli görüldüğü için öğrenciler askeri okulları tercih eder. Ancak zamanla sivil mühendislik eğitimi de önem kazanır.

İstihkâm bölgesinin arka tarafında yeni bir bina inşa edilir ve 28 Ekim 1884'te burada eğitim başlamış olur. Böylece, Osmanlı'da ikinci bir mühendislik okulu kurulmuş olur. Fakat bu kez eğitim tamamen sivil mühendisler yetiştirmeye yöneliktir.



Eski Humbaracı Kışlası'nın bulunduğu yerdeki yapı yıkılır ve yerine yeni bir bina inşa edilir. O dönemde, bugünkü E5 otoyolu henüz yoktur. Humbaracı Kışlası'nın içinde yer alan eski cami ise günümüze kadar ayakta kalmayı başarır.

Yeni yapılan mühendislik okulu binası, dönemin mimari anlayışına uygun şekilde inşa edilmiştir. Eski binanın yerine yapılan bu yeni yapı, Osmanlı modernleşme sürecinin bir parçası olarak eğitim alanında da büyük bir değişimi temsil etmektedir.

Hendese-i Mülkiye Mektebi'nin açılışının ardından, burada eğitim gören öğrenciler için özel kıyafetler tasarlanır. Okul üniformalarında piringten yapılmış özel bir plaka bulunur. Plakanın sol tarafında "Hendese", sağ tarafında ise "Mülkiye" yazmaktadır. Bu üniformalardan biri günümüzde İstanbul Teknik Üniversitesi arşivlerinde korunmaktadır.

İlk mezunların toplu fotoğrafı da İTÜ arşivlerinde yer almaktadır. 1883-1889 yılları arasında mezun olan öğrencilerin bir kısmı bu fotoğrafta görülmektedir. O dönemde öğrenciler, geldikleri şehir veya semt ile anılırdı. Örneğin, "Üsküdarlı Ahmet Fehmi" veya "Tophaneli Ahmet Hamdi" gibi isimlendirmeler yapılırdı.

Bu dönemde mühendislik eğitimi artık askeri ve sivil olarak ayrılmış, Osmanlı'nın altyapı ve bayındırlık faaliyetlerine yön verecek yeni nesil mühendisler yetiştirilmeye başlanmıştır.

Mühendisler, topluca bir fotoğraf çekirmiş Halıcıoğlu'nda, 1880-1881 yıllarında. Bu kare, arşivlerde yer alan ünlü bir fotoğrafın bir parçası. Aslında, fotoğraf mühendishane öğrencilerinin atölyede çalışmalarını gösteriyor. Ama biraz da poz verilmiş elbette. Bir kartpostal bu... Üzerinde ölçüm yapıyorlar. Sali Dorian, Troupe de Génie diye Fransızca not düşülmüş. Ama bu fotoğraf, Halıcıoğlu'ndaki Mühendishane Mektebi'nin jeoloji derslerinde verilen eğitimin derinliğini gözler önüne seriyor. Gerçekten ilginç bir detay...

Uzun süre boyunca, bu fotoğrafın açıklaması bile yoktu. Sadece bir çizim olarak duruyordu. Ama insan zihni, bir süreklilik yaratmak için kaybolan şeyleri bulmayı başarır. Ve bir gün, bir rüyada, ben bunu buldum. Bu bir hazineydi. Som altın... Sadece beş altın fiyatına, yani bin liraya aldım. Ama bana sorarsanız, değeri bundan çok daha fazlaydı.

Abdülhamid, birinciye altın madalya, ikinciye gümüş madalya takmış. Ne yazık ki madalyanın arkasında bir isim yok. Kime verildiği bilinmiyor. Hiç kullanılmamış. Sadece bir kasada, bir depoda saklanmış... Arada bir çıkarılıp gösterilmiş. Eğer bir isim kazanmış olsaydı, değeri bambaşka olurdu.

MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNİN BUGÜNÜNE GELİRKEN

Şimdi sizi, benim gezindiğim dükkânların derinliklerine götürmek istiyorum. Sahafları dolaşırsanız, inanılmaz şeyler bulabilirsiniz. Eski ciltler, nadir eserler, unutulmuş belgeler... Ben, bozulmamaları için bu eserleri ciltlettirdim. Ve bir gün, olağanüstü bir şeyle karşılaştım: İlk mezunların karneleri ve yıllık raporları! Osmanlı tarafından bastırılmış, padişaha sunulmuş. İlk

mezunların listeleri tek tek yazılmış. Aldıkları dersler, gördükleri konular ayrıntılarıyla kayıt altına alınmış. Küçük bir risale halinde... Bunlardan iki tane buldum. Ve içindeki bilgiler, bir dönemin eğitim anlayışını gözler önüne seriyordu.

Hicri 1306 ve 1307 yılları, Miladi 1889 ve 1890 yıllarındaki sınavlar, notlar, kim hangi dersleri almış, hepsi yazılı.

Bir bakalım: Dersler: Fransızca, Fenn-i Mimarî (Mimarlık Bilimi), Turuk-u Adliye (Yol Bilimi), Hendese-i Misliye (Geometri), Cebir, Trigonometri, Analitik Geometri, Osmanlı Coğrafyası, Teknik Resim, Bina Resimleri, Fizik, Kimya, Mekanik, Diferansiyel ve İntegral Hesap, Jeoloji, Topografya, Demiryolları, Köprüler, İnşaat Malzemeleri.

Müfredat, ağırlıklı olarak inşaat mühendisliği üzerine. Bir sivil mühendislik okulu. Matematik ve mühendislik uygulamalarına odaklanmış, güçlü bir eğitim anlayışı var. Birinci sınıfta 18, ikinci sınıfta 22, üçüncü sınıfta 15, dördüncü sınıfta 19, beşinci sınıfta 25 ders var.

Peki, bu diplomalar nerede kullanılıyordu? Bu öğrenciler, mezun olduktan sonra hangi görevlerde yer aldı?

Hicaz Demir Yolu o zamanlar devam ediyordu ve Hicaz Demir Yolu aslında bizim mühendislik okullarımızın bir eseri. Şam İstasyonu, Lawrence'ın sonradan perişan ettiği ve patlattığı, şu anda neredeyse hiçbir traversinin bulunmadığı ve neredeyse nerede geçtiğini bilemediğimiz ancak Medine'ye kadar uzanan Hicaz Demir Yolu, mühendislik okullarımızın bir başarısıydı.

Bu arada, İstanbul Üniversitesi'ne bağlı bir Elektromekanik Enstitüsü vardı. Bu enstitü, Zeynep Hanım Konağı idi zamanında, şu anki Edebiyat Fakültesi'nin olduğu yerde, Vezirciler'deydi. Bu konak sonrasında büyük bir patlamada yandı ve yerine yeni bir bina yapıldı. Bu Elektromekanik Enstitüsü sonrasında Teknik Üniversite'ye bağlandı ve elektrik mühendisliğinin temelleri burada atıldı. Örneğin, hocalarımızdan biri olan Boris Bey, İstanbul Üniversitesi'nden gelen bir kişiydi.

Hasan Ali Yücel bir açılışta yaptığı konuşmada, "Bu işin bize göresi olmaz, ileri memleketler nasıl yapıyorsa, ona uymak zorundayız. Bunun hakiki adı Politekniktir." demişti. O zamanki hükümet de Teknik Üniversite'nin kurulması için çalışıyordu. 1944'te Teknik Üniversite kuruldu ve büyük hizmetler geçti. Teknik Üniversite Kütüphanesi'nde bu konuşmaya ait bir resim vardır. O resmin altında, "İstanbul Teknik Üniversitesi'ne yüksek dereceden saygılarımla 23 Mayıs 1945 Hasan Ali Yücel" yazısı bulunuyor. Bu resim Teknik Üniversite'nin tarihinde önemli bir yer tutuyor.

Resmin üzerinde yer alan kişilerin kimler olduğunu merak ettim. Eski hocalarıma sordum ama çok az kişi hatırlıyordu. Benim bildiklerimi burada paylaşıyorum.

Örneğin, ilk sırada Sait Kuran, ikinci sırada Ali Fuat Berkmen yer alıyor, üçüncü sırada ise İlhami Cıvaoglu, Makine Fakültesi'nden, ve daha pek çok isim yer alıyor. Ancak bazı isimleri hala çözemediğimiz için belirsizlikler var.

Diplomaların sıralamasına baktığımızda, ilk lisans diplomasının 1888'de verildiğini görüyoruz. Bu, Beşiktaşlı Emin'e verilmiş. 1936'da ilk elektromekanik diplomasını alan Niko adında bir Rum öğrencisi bulunuyor. 1940'ta ise ilk kadın elektrik mühendisi olan Senia Menküer diplomasını almış. Bütün bu bilgiler, elektrik mühendisliğinin temellerinin nasıl atıldığını gösteriyor.

Teknik Üniversite, aslında başlangıçta bir inşaat üniversitesiydi. Demir yolu, inşaat gibi bölümler ön plandaydı. Ancak zamanla elektromekanik ve elektrik mühendislikleri de bu fakülteye dahil oldu. Elektrik mühendisliği, güçlü akım ve zayıf akım gibi alanlara ayrıldı ve bilgisayar mühendisliği de buna eklenerek gelişmeye devam etti.

Bugün İstanbul Teknik Üniversitesi, sadece mühendislik bölümleriyle değil, çeşitli enstitüler ve fakültelerle büyük bir üniversite haline geldi. İnşaat, mimarlık, makine, elektrik, elektronik gibi bölümler yanı sıra meteoroloji, işletme, uçak ve uzay bilimleri gibi farklı alanlarda da eğitim vermeye başladı. Bu büyük dönüşüm, o zamanların mühendislik okullarının kurulduğu ilk temellerin devamıdır.

Elektrik mühendisliği üzerine yapılan çalışmalar, bugün geleceğe ışık tutuyor. Eski hocalarımızın emekleri sayesinde bugün bu üniversite, mühendislik alanında çok önemli bir yer edinmiştir.

Bu süreç içinde önemli bir noktaya değinmek gerekirse, Yeniçeri Ocağı'nın kapanması Osmanlı İmparatorluğu'nun hem ilerlemesinin hem de batışının önemli bir dönüm noktasıydı. Bu ordu, zamanında padişahı koruyan ve savunma görevini üstlenen bir yapıydı. Ancak zamanla dejenere olmuş ve padişahın emriyle yok edilmiştir. Bu, Osmanlı İmparatorluğu'ndaki büyük değişimlere bir örnektir.

Tekrar dönüp bakıldığında, mühendislik okullarımızın ve üniversitelerimizin, İstanbul'un tarihindeki önemli yapılarla, eğitim kurumlarıyla bağlantılı bir geçmişi olduğu açıkça görülmektedir. İstanbul Üniversitesi'nden ayrılıp Teknik Üniversite'ye bağlanan bu köklü gelenek, bugün hala devam ediyor.

Bütün bu bilgiler ışığında, mühendislik tarihimizin bir parçası olan bu geçmişin gelecekteki nesillere aktarılması çok önemli. Çünkü bu değerli miras, zamanla unutulmak yerine daha da önem kazanacak. Öğrenciler ve öğretim üyeleri olarak, bu mirasa sahip çıkmak, geçmişten öğrenmek ve geleceğe katkı sağlamak bizim sorumluluğumuzdur.

PROF. TAHSİN SAYA anısına

“İTÜ’nün bütün mezunlarının bilim insanı olması mümkün değildir ve bu beklenmemelidir. Mühendis olmak için üniversiteye gelen öğrenciyi bilim insanı olmaya zorlamak yanlış olur. Memleketin büyük ihtiyacı mühendislerdir. Bilim insanları onların arasından nasılsa çıkar.”

Profesör Tahsin Saya, 1923’de İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da gördükten sonra 1940 yılında Yüksek Mühendis Mektebine girdi. 1946 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Fakültesi Zayıf Akım Kolundan mezun oldu. Aynı yıl Yüksek Frekans Tekniği Kürsüsüne asistan oldu. 1949’da yeterlilik çalışmasını tamamladı ve 1955 yılında doçent oldu. 1958-61 tarihleri arasında, fakülteden ayrıldı ve Çukurova Elektrik A.Ş. ve TEM Kol.Şti’nde yönetici kadroda çalıştı. 1961’de tekrar fakülteye döndü ve aynı kürsüde çalışmaya başladı. 1964’de profesör oldu. 1983 yılında kendi isteğiyle emekliye ayrıldı. Şu anda, ERA Elektronik A.Ş.’nde Danışman olarak çalışmaktadır. İTÜ Elektrik ve Makine fakültelerinde, Maçka Teknik Okulunda, KTÜ, Bursa Üniversitesi, Hava Harp Okulunda dersler verdi. Çeşitli zamanlarda araştırma geliştirme mühendisi olarak kısa sürelerle Almanya ve Hollanda’da çalıştı. Yurtdışında çeşitli toplantılara katıldı. Yabancı dilde ve Türkçe makaleleri, kitapları ve ders notları var. Almanca, İngilizce ve Fransızca bilen Profesör Tahsin Saya, evli ve iki çocuk babasıdır. Tahsin Saya, 02 Ocak 2025 yılında 101 yaşında aramızdan ayrıldı.

EMO Basın

Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından Cumhuriyetin 100. yılında 100 yaşını kutlayan, Türkiye’de mühendislik camiasının duayen isimlerinden, hocaların hocası Profesör Tahsin Saya ile vefatından bir süre önce bir saygı buluşması gerçekleştirildi. 2 Ocak 2025 tarihinde aramızdan ayrılan Saya’nın evinde 18 Ekim 2023 tarihinde gerçekleşen, yürütücülüğünü Ahmet Tarık Uzunkaya’nın üstlendiği, Prof. Dr. Duran Leblebici ve Oğuz Çitçi’nin de konuk olduğu söyleşide sanayi ile üniversite arasındaki iş birliği, mühendislik eğitimindeki gelişmeler ve ülkemizde elektronik sanayinin geldiği nokta değerlendirildi.

Tahsin Saya kendi mühendislik deneyimlerini aktararak başladığı söyleşide özellikle sanayi ile üniversite arasındaki iş birliğinde yaşanan kopukluklara vurgu yaptı. Saya, sanayicilerin üniversitelerden daha fazla faydalanması gerektiğini belirterek “Sanayi, yaptığı işin doğruluğunu üniversiteye danışarak öğrenebileceğini bilmeli,” diyerek, akademisyenlerin de sanayinin ihtiyaçlarına göre eğitim vermeleri gerektiğine dikkat çekti. Ancak Saya, Türkiye’de akademisyenlerin sanayi ile yeterince etkileşimde bulunmadığını ve sanayicilerin de üniversitelerin sunduğu bilgi ve imkanlardan yeterince faydalanmadığından bahsetti.

Söyleşiye katılan diğer isimlerden Oğuz Çitçi, Almanya’daki uygulamaları örnek göstererek, akademisyenlerin belirli aralıklarla sanayide çalışmalarının zorunlu tutulduğunu, bunun ise sanayiye katkı sağlamak ve akademisyenlerin tecrübe kazanmaları açısından büyük bir fayda sağladığını ifade etti. Türkiye’de ise akademisyenlerin genellikle sanayinin kapısını çalmadığını ve bu durumun iş birliğinin önünde büyük bir engel oluşturduğunu belirtti.

Duran Leblebici de Türkiye’deki teknoparkların başlangıçta sanayi ile üniversite arasındaki iş birliğini artırmayı amaçladığını ancak zamanla bu amaçtan saparak cazip kira fırsatları sunan yerler haline geldiğini söyledi. Leblebici, teknoparkların şu an etkin bir iş birliği alanı olamamasının, sanayicilerin ve üniversitelerin birbirlerinden yararlanamamasına neden olduğunu belirtti.

Söyleşide ayrıca, elektronik mühendisliğinin hızla gelişen bir alan olduğu, bu nedenle mühendislerin eğitim hayatı boyunca edindikleri bilgilerin kısa sürede eskidiği vurgulandı. Tahsin Saya, mühendislik eğitiminde laboratuvar çalışmalarının önemine de dikkat çekerek, öğrencilerin teorik bilgilerini pratiğe dökebilecekleri bir ortamın gerekliliğini ifade etti. Özellikle mühendislerin teorik bilgi ile pratik uygulamayı birleştirmeleri gerektiğini söyleyen Saya, “Mühendislik, sadece kitaplardan öğrenilmez, uygulama ve deneyim de çok önemlidir,” dedi.

Mühendislik ve sanayi arasındaki iş birliğinin güçlendirilmesi ve ülkemizin elektronik sektöründeki gelişiminin hızlandırılması yönünde temenniler ile biten söyleşiyi sizler için yazıya aktardık.

SAYGI BULUŞMALARI

18 EKİM 2023



CUMHURİYET'İN 100. YILINDA 100 YAŞINDA PROF. TAHSİN SAYA

Istanbul Teknik Üniversitesi radyosu, radyoda ilk canlı maç yayını, ilk FM vericisi çalışmaları, kapalı devre ilk televizyon yayını gibi Türkiye'nin elektronik haberleşme tarihinde önemli gelişmelerde rol alan Prof. Tahsin Saya ile 100. yaşında bir aradayız.

Katılımcılar

Prof. Dr. Duran Leblebici
Selçuk Esen
Şefik Şenyürek
Oğuz Çitçi

Yürütücü

Ahmet Tarık Uzunkaya



TMMOB
Elektrik Mühendisleri Odası
İstanbul Şubesi

Ahmet Tarık Uzunkaya: Elektrik Mühendisleri Odası'nın Profesör Doktor Nusret Yükseler vasıtasıyla başlattığı Türkiye'deki Mühendislik konusunda bir çalışması olmuştu. Türkiye'de mühendisliğin başlangıcında iz bırakanları derlemeye yönelik bir çalışmaydı. Sizin de bu anlamda ve İTÜ'nün Çınarları kitabında oldukça kapsamlı bir yeriniz var. Orada 10. Yıl Marşı'nın söylenmesini de anlatmışsınız, 10. yıl kutlamalarının heyecanını da anlatmışsınız. Bu söyleşilerin benzerleri de 1996 ve 1997 yıllarında Ersin Kaya, Kaynak Elektrik Dergisi'nde de yayınlanmıştı 16 Şubat 1923 doğum tarihiniz, siz cumhuriyetten birkaç ay daha büyüksünüz. Siz o günleri yaşadınız yani 10. yılı 50. yılı 75. yılı ne güzeldir ki 100. yılı da birlikte yaşıyoruz. Hala büyük bir heyecanla söylediğimiz 10. Yıl Marşı'na tanıklık etmişsiniz. Bizim dudaklarımızdan düşmez, biliriz, heyecanla söyleriz; bu marşın yerini 50. Yıl ve 75. Yıl Marşları dolduramadı. 50. Yıl Marşı'nı şöyle böyle hatırlıyorum, 75 Yıl Marşı'ndan aklımızda hiçbir şey kalmadı. O marşlar sönük kaldı. Bunun sebebi sizce nedir?

Tahsin Saya: Şimdi bu o zamanın şiir anlayışına da müzik anlayışına da uygun oluşlarına bağlı. Şimdi mesele şiir diye söylenen bir şeyler var ama ister aşk şiiri olsun ister kahramanlık, aynı havayı yaratmıyor. O dönem şairler İçlerinden geldiği gibi heyecanla yazmışlar. Ben pek şiiri sevmem ama ezberlediklerim aynı zamanda çok güzel bir şekilde bestelenmiş eserlerdir. Neden beğeniliyor bunlar, halkın anladığı şekilde fazla ukalalığa kaçmadan, içinden geldiği gibi söylenmiş olmasından.

Ahmet Tarık Uzunkaya: 100. yıla geldik ve o marşta geçen iki tane önemli kısım var benim aklımda herkesin de aklında kalan: birincisi 10 yılda 15 milyon olmuşuz, bir ikincisi de demir ağlarla örülmüş Türkiye. O zamanın demir ağları zamanımızda pek beğenilmiyor ama hiçbir şeyin olmadığı bir ülkede üniversitede mühendislik eğitimi de cumhuriyetle başladı. Siz 1940'ta Nafia Vekâleti'nin Yüksek Mühendis mektebine girdiniz sonra da İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Fakültesi'nden Kuvvetli Akım Kolu'ndan mezun oldunuz. O dönemlerde üniversite öncesi, yüksek öğretim öncesi eğitimleri de iyi hatırlıyorsunuzdur, yaşadınız çünkü. Dönemin mühendislik eğitimlerini ve zamanın meslektaşlarını, bilim adamı büyüklerimizi de tanıyorsunuz. Pek çok önemli mühendis yetiştirildi Türkiye'de. Şimdi elektronik sanayiinden hatta elektrikten bahsediyoruz, sözünü ediyoruz. Bunlar konusunda ne diyorsunuz? Şimdiki eğitimin kalitesiyle geçmiş dönem eğitim kalitesi hakkında neler söyleyebilirsiniz?

Tahsin Saya: Teknik üniversitenin vazifesi her şeyden önce mühendis çıkarmaktır. Çünkü memleketin de ihtiyacı budur. Bakın medeniyet dediğiniz şey tarihte nerelerden çıkıyor, harabelerden kalıntılardan değil mi? E kim yapmış bunları? Mühendisler yapmış, hayret edici bir biçimde. Şimdi kibir sayılmasın ama hakikat budur. Bütün medeniyet dediğimiz şeyler o duvarda, yapılardadır. Adı belki mühendis olmaz ama mimar başıdır, bilmem ne ustasıdır bu başka ama meslek bu. Evet medeniyeti yapan şairler, edebiyatçılar filan gibi söylenip duruyor ama tam olarak öyle değildir.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Mezun olduğunuz zaman yüksek frekans tekniği kürsüsünde çalışmaya başladınız ve akademik yaşantınız başladı. Ama 1958-1961 yılları arasında kesintiye uğruyor, orayı anlatabilir misiniz?

Tahsin Saya: Şimdi şöyle bir şey oldu benim öğrencim sayılır Macit Onganer var, Ziya Akçıl var. Ziya Akçıl'ın kafasında da daima Amerika hayali vardı. Sonra da gitti zaten Amerika'ya, o ikisi asistan almışlardı bizi. O sırada da PTT'de bir değişiklik oldu, elektrik mühendisliğinden çıkanlar PTT'ye geçiyor ama adları mühendis değil teknik müfettiş, fazla da bir itibarları falan yok. Bunlar asistanken dediğim gibi bizde de büyük bir değişiklik oldu, bir laboratuvar vardı orayı biraz ihya ettiler, biraz da mühendislerin aylıklarını falan düzelttiler galiba, bizim bu ikisi bizden ayrıldı oraya gittiler. Ziya Akçıl zaten Amerika deyip duruyordu o oraya gitti ama Macit Onganer devam etti, Fikret Yücel oraya katıldı. Onların hepsi asistan başladılar.

Derken bir gün Macit Onganer geldi İstanbul'a, konuşuyoruz, dedi ki "Çukurova Elektrik'te çalışıyorum, Teknik Müdürüm orada". "Yahu sen zayıf akımcısın orası elektrik santrali değil mi senin orada ne işin var" diye sorunca "oo hiç farketmiyor" diyor "zayıf akımcılar onu da yapar". Hadi bize öğretmişler tesisat mesiat,

tarihimizden...

“yok yok öyle değil” diyor “her şey o kadar basit ki...”. “Hatta” diyor “şimdi teknik müdür yardımcılığı boş, oradaki arkadaş ayrıldı gitti, istersen gel sen”. Fıkra da sormuşlar hani adama “cehenneme gider misin?”, “maaş kaç?” demiş. Ben de “Peki maaş kaç?” dedim. Üniversitede aldığımın iki mislinden fazla. Beni kandırdı bayağı ama emin olmak için gittim, görmek için yani. Uçakla gittim baktım hakikaten aletler filan falan da var yapabileceğime aklım kesti tamam dedim işte o şekilde Adana’ya gittim, Çukurova Elektrikçe müdür muavini oldum. Teknik müdür de Macit Onganer benden iki sene sonra mezun olan, fark etmiyor, ne olacak ki. Gidiş hikayem bu şekilde ama yine de amatör bir istek var içimde bir şeyler yapmalıyım diye. Orada yapacak bir şey yok akım transformatörleriyle oynuyorum, 5 amperlik yerde 1 amper yapıyorum filan, öyle acayip şeyler. Aklım kalmış elektronikte tabii. Orada bir salonumuz vardı. Böyle bir kısmını ayırmıştım.

Derken, Sait geldi. “Abi, şöyle oldu, böyle oldu” dedi. “İhale açıldı, Basın Yayın Genel Müdürlüğü’nün ihalesini biz aldık. Gel, beraber çalışalım” diye ekledi. Meğer, ihale yerel radyolar projesiymiş. İstanbul’a 150 kW’lık bir radyo vericisi koymaya karar verdiler. “Bu saçma” dedik. Orta dalgada 150 kW’lık bir istasyon ne yaparsa yapsın, verimli olmayacak. Ama yok, efendim, “Büyük güç olunca sinyal gider” diye diretiyorlardı. Sonunda yaptılar. Hatta Esat Konuk ihaleyi almıştı. O da demiş ki: “Bu 150 kW’lık tek bir verici yerine, üç tane 50 kW’lık verici yapıp farklı yerlere koyalım, daha verimli olur.” Ama kabul etmediler. “Ortaoğlu’nun ve Balkanlar’ın en büyük istasyonu olacak,” dediler. Oldu mu? Oldu. Ama ne fayda! Gündüz hışırtı fışırtı içinde zor dinleniyor, gece ise Avrupa’dan gelen sinyallerin gürültüsü içinde kayboluyordu. Sonunda aklı başında birileri çıkıp “1-2 kW’lık vericiler yapılınsın ve ülke genelinde dağıtılsın” dedi.

Nevzat Işık, İzmir’de radyo vericisi yapmıştı ve yayın yapıyordu. “Adam iyi iş çıkarıyor, destekleyelim” dedik. Ama yine ihale açıldı ve Esat Konuk gelip, “Biz aldık, yapacağız. Gel bizimle çalış” dedi. Rahat degildim. “Ne kadar maaş alıyorsun?” diye sordu. Söyledim. “İstanbul’da da o parayı vereceğiz” dedi. İstanbul’da bu maaş oldukça iyi bir miktardı. Bir yandan da heyecanlıydım, katkım olsun istiyordum.

O sıralarda iş kanunları yeni çıkıyordu. O dönem bir direksiyon hocası vardı, çift direksiyonlu arabalar getirip sürücü kursu veriyordu. Sonra o işi bırakmış, garajı boş duruyordu. Biz de oraya taşındık ve çalışmaya başladık. Ama teknik ekip yetersizdi. “Şu saatte şunu yapacağız” diyorsun ama yetişmiyor, yapamıyorlar... İçimizde bazı ayrılıklar başladı. Bir de iş kanunları yeni çıkmıştı. Örnek bir prototip yapıp çalıştıracamız, anten yapmamız gerekiyor. “İki direk koyalım, anteni deneyelim” dedim. Bunu söyler söylemez biri atıldı: “Yapamazsınız!” Neden? “Ben işçi temsilcisiyim, izin

vermem.” Neden peki? “Riskli, gerekli tedbirler alınmamış, kenarında korkuluk yok.” “Tamam, yok ama ben çıkarım” dedim. “Sen de çıkamazsın,” dedi. Böyle pürüzler arttıkça iş aksamaya başladı. Esat’la da aramız bozulmaya başladı. İthalat yapıyor, malzeme geliyor ama her şey sayılı geliyor. “Şuraya şu kadar kondansatör lazım,” diyorsun, bir tane bile fazla getiremiyorsun. E düşmez mi, kırılmaz mı, üzerine basılmaz mı? Böyle böyle işin ilerlemediğini gördüm. O sıralarda Çin’in yeni yeni piyasaya girdiği dönemdi. Sonunda “şapkamı alıp” tekrar üniversiteye döndüm.

O sıralarda bir atölye kurmuşlardı. Kit getirip radyo yapıyorlardı ama başlarında biri var, sürekli “Bu şöyle olmalı, bu böyle olmalı,” diye karışıyor. Yine de onlarla çalıştım. Daha sonra Makine Fakültesi’nden bir talep geldi. “Makine mühendisleri elektronikten korkuyor, onlara biraz öğretmek lazım. Ders verir misin?” diye sordular. O dönemde bir elektronik dersi hazırladım. Hatta sonradan bu dersi kitap haline getirip bastırdım. Böylece Makine Fakültesi’nde ders vermeye başladım. Rahmetli Tarık Özker da çok katıydı, elimden gelen her şeye karşı bir duruş sergiliyordu. “Sadece devre analizi ve devre sentezi öğretmelisin,” diyordu. Hatta İlknur vardı, hepimiz bir çeşit akrabaydık. Anne tarafından bana “dayı” derdi. Bir gün ona bir problem verdim, “Bunu devre teorisiyle çözebilirsin,” dedim. “Öyle olmaz,” dedi. “Ben klasik yöntemle çözerim.” Peki, dedim. O zaman şu okudukları neye yarıyor? Teknik bir eğitim alıyorsunuz ama teorinin pratiğe yansması yok.

O dönemde Makine Fakültesi’nde disiplinli bir teknik eğitim olmasına rağmen, Teknik Üniversite bu dersi dışarıdan birine verdirme kararı aldı. O dışarıdan tuttukları kişi de ben oldum. Olur mu, olmaz mı derken, en sonunda kabul edildi. Beni ikna ettiler ya da mecbur bıraktılar, bilmiyorum. Sonuç olarak tekrar üniversiteye döndüm.

Duran Leblebici: Tahsin Hoca’nın akademik hayatında baştan sona yer aldım diyemem ama büyük bir kısmına şahit oldum. Biz öğrenciyken Tahsin hocam doçentti. Mustafa Santur’un verdiği elektronik tüpler dersinin uygulamalarına gelirdi, laboratuvar çalışmaları yaptırdı. Onunla tanışmamız böyle oldu. Biz mezun olduğumuz sene Tahsin Bey üniversiteden ayrıldı. Yani öğrenciliğimde doğrudan hocam olmadı ama sonraki yıllarda hep hocam oldu. Ben mezun oldum, askere gittim. Döndüğümde bir sürprizle karşılaştım: Santur Bey, 147’ler arasına alınarak üniversiteden uzaklaştırılmıştı. Tahsin Bey de yoktu. Sadece Adnan Ataman vardı. Adnan Ataman, “Her şeyin devam etmesi için hocanın derslerini sen vereceksin,” dedi. Düşünün, çiçeği burnunda bir asistan, ülkenin en kıdemli hocasının derslerini devralacak. Ama çaresizdim. Hocanın notlarına güvenerek ve askerlikte Kara Harp Okulunda elektronik öğretmenliği yaptığım için edindiğim kürsü deneyimiyle dersleri verdim. O dönemde ilginç bir durum yaşandı.

Hoca üniversiteden zorunlu olarak ayrılmıştı ama tekrar dönmek istiyordu. O sırada kürsüde boş bir profesör kadrosu vardı... O kadro 147'ler nedeniyle boşalmıştı. "O boş kadroya sahibi gelip doldurana kadar," dedim. Yani, Mustafa Santur üniversiteye dönene kadar bekledim. Onun yerine geçmek istemedim.

Tahsin Saya: 147'ler olayı 1960 darbesinden sonra gerçekleşti. O dönemde sanayiye girmeyi düşünüyordum ama emekliliğim de henüz gelmemişti. Ben her zaman mühendisliği sanayiyle iç içe düşündüm. Sanayinin üniversiteye güvenmesi ve ihtiyaç duyduğunda danışabilmesi gerektiğini savundum. Aynı şekilde üniversitenin de sanayinin problemlerini bilerek öğrenci yetiştirmesi gerekirdi. Ama öyle olmadı. Üniversiteyi sadece bilim insanı yetiştiren bir kurum olarak gördüler. Yine de ben kendi bildiğim şekilde ilerledim ve yaptığım her şey işe yaradı.

Duran Leblebici: Gerçekten mühendis olmak isteyen biri, Tahsin hocamın derslerinden keyif alır ve onunla diploma çalışması yapardı. Dünyada elektronik ölçü aletlerinin zirvesi hep Almanya oldu. Teknolojik yeniliklerde hep birinci sıradaydı. Tahsin hocam her yaz oraya giderdi.

Tahsin Saya: Askerden döndüğümde öğrendim ki, ben askerdeyken Macit Onganer ve Ziya Akçıl Almanya'ya gitmek için Siemens ile anlaşmışlar. İki ay kalmışlar ama sonra bu yol kapanmış. Nasıl olduğunu tam olarak bilmiyorum ama bunda Tarık Özker'in de etkisi var. Tarık'ın Amerika tutkusu da buradan geliyor. Eskiden elektrik mühendisliği öğrencileri son sınıfı Almanya'da okuyorlardı. Üniversite yoktu, mühendislik mektebi vardı. Son sınıfta öğrencileri bir yıl Almanya'ya gönderiyorlar, orada eğitim alıp mezun oluyorlardı. Ama bu sistem kapatılınca, oraya gidemeyenler büyük tepki gösterdi. Bu tepkiyi en çok gösterenlerden biri de Tarık'tı. "Madem Almanya'ya gönderemiyorsunuz, o zaman Amerika'ya gönderin," diye ısrar etti. Sonunda Tarık, Feri Bey ve Münir Ülgür'ü de yanına alarak Amerika'ya gitmeye karar verdi. Üniversite sonunda onları Amerika'ya gönderdi. Ne yaptılar? Doğruyu söylemek gerekirse, Tarık doktorasını tamamladı. Berk Bey ve Münir Ülgür ne yaptı bilmiyorum. Feri Bey de birkaç yıl kaldı ama sadece Tarık doktorasını bitirdi. Tarık'ın Amerika macerası böyle başladı. Ancak sonrasında Amerika'ya öğrenci göndermek ekonomik nedenlerden dolayı durduruldu.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Almanya ve Amerika deneyimlerine rağmen Türkiye'de bazı şeyler hala zordu. Özellikle yüksek frekans tekniğinde çalışmak sıkıntılıydı. Biz o dönemde R&S (Rohde & Schwarz) cihazlarını kullanıyorduk. Yüksek frekans çok hassas bir konuydu, probu devreye dokundurduğunuz an devrenin çalışma parametreleri değişebiliyordu. Yüksek frekansta çalışırken devrenin karakteristiği değişebilir. Yani aslında orada gördüğünüz şey tam olarak gerçeği yansıtmaya-

bilir. Ancak bizim kullandığımız R&S cihazları, devreyi yüklemeyi ve yanlış ölçüm yapmazdı. Üstelik uzun ömürlüydü. O dönem çoğu cihaz lambalıydı. Osiloskop gibi ekranı olanlar, katot ışınlı tüplerle çalışıyordu.

Tahsin Saya: Biz Almanya'ya gönderilmedik, biz Siemens'e gönderildik. İki ay orada çalıştım. Sonrasında Mustafa Santur hocadan haber geldi. Süheyl (?) vardı, onunla konuştuk ve ayarladık. Bir şekilde gitmesini sağladık.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Düşünün, savaştan çıkmış bir Almanya, harap haldeydi ama elektronik sektöründe zirveye ulaşmayı başarmıştı. Bu durum gerçekten ilginçti. Hitler'in kovduğu Yahudi bilim insanları, savaş sırasında Almanya'dan ayrılmak zorunda kaldılar. Ancak savaştan sonra Almanya, elektronik sektöründe hızla yükseldi.

Bu noktada sizinle ilgili farklı bir konuya geçelim. Emekli olduktan sonra tanıdığınız Ömer Çitçi'nin yanında danışman olarak çalışmaya başladınız.

Tahsin Saya: Ömer, bizden iki sınıf önceydi. Biz mühendis mektebine başladığımızda o üçüncü sınıftaydı. Ama arada bir fark var. Nasıl mı? Ömer'in lise sırasındaki en yakın arkadaşı Fazıl(?)'dı. Fazıl'ın ailesi varlıklıydı, Antep'in önde gelen zenginlerinden biriydi. Fazıl, ailesinin desteğiyle Almanya'ya gönderildi. Önce bir yıl Almanca öğrendi, ardından üniversiteye devam etti. Ancak Ömer'in ailesi o kadar varlıklı değildi. Bu yüzden onu Almanya'ya gönderemediler. Bunun yerine mühendislik mektebine girerek eğitime burada devam etti. Tam Almanya'ya gitmeyi planladıkları sırada savaş çıktı. Ömer, bir yıl Almanca öğrenmeyi planlarken zaman kaybetti. Sonrasında Almanya'daki öğrenciler geri çağırıldı çünkü üniversiteler kapanmıştı. Ömer'in planları böylece ertelendi ve Fazıl ile arasındaki sınıf farkı iki yıla çıktı. Bu arada, Fazıl benim iyi bir arkadaşım. Onun sayesinde Ömer'i de tanımış oldum. İlginç olan, daha sonra Ömer'in oğlunun hocası olmam ve sonrasında onunla iş arkadaşı haline gelmemdi. Ömer, mezun olduktan sonra Amerika'ya gönderildi. Orada elektronikle ilgilenmeye başladı.

Oğuz Çitçi: Hatta Amerika'dan dönerken bana bir elektronik kit getirdi. Ben o zaman ortaokul son sınıftaydım. Dedi ki: "Bak, bu transistörlü bir kit. Bunu öğren, çünkü gelecekte çok önemli olacak." Ben de bu kit ile denemeler yaptım, basit devreler kurdum. O dönem transistörler henüz yaygın değildi. O kit ile çalışırken gece saat 3'e kadar uğraşıyordum. Annem bir gece kalktı ve beni azarladı: "Yarın okulun var, yeter artık!" Kitleri kaldırdı ve sadece belirli saatlerde oynamama izin verdi. Ama ben yine de fırsat buldukça çalıştım. O kit sayesinde ortaokul ve lise yıllarımda oldukça fazla elektronik öğrendim. Daha sonra transistörler piyasaya çıktı. Babam dükkâna transistör getirdi ve müşterilere nasıl kullanacaklarını anlatmaya çalıştı. Bir gün bir müşteri

tarihimizden...

geldi ve “Ömer Bey, bu transistör nasıl çalışıyor?” diye sordu. Babam, “Oğuz anlatsın,” dedi. Ben de elimden geldiğince anlattım. O sıralar Yüksel Sever diye bir mühendis vardı. Amerika’da yetişmiş, SSB cihazları üreten çok iyi bir uzmandı. Beni dinledikten sonra babama dönüp, “Ömer Bey, bu çocuk bayağı iyi anlatıyor. Bunları ne zaman öğrendi?” diye sordu. Aslında üniversiteye girmeden önce neredeyse bir teknisyen seviyesinde elektronik bilgim vardı. Bu da üniversitedeki dersleri daha kolay anlamamı sağladı. Üniversitede Tahsin Hocamın derslerine bayılıyordum. Çünkü anlatılanlar benim daha önce çalıştığım şeylerdi. Devre teorileri, elektronik cihaz yapımı gibi konulara ilgim vardı. Babam da bana sürekli, “Tahsin Hoca’nın derslerini iyi dinle!” diye tembih ederdi. Hatta hocaya, “Eti senin, kemiği benim,” demiş, ama benim bundan haberim yoktu. Sanayi hayatında en çok işime yarayan bilgileri Tahsin Hoca’dan öğrendim. Daha teorik dersleri veren Tarık Özker Hocamdan da çok faydalandım. Tarık Hoca’nın anlattığı formülleri ve denklemleri iş hayatında birebir kullanmadım. Ama o kavramları anlamış olmam, birçok şeyi çözmemi sağladı.

Duran Leblebici: Tahsin Hoca her yıl Almanya’ya giderdi. 1967 yılında bana da teklif etti: “Eğer uygunsa sana da bir yer ayarlayalım, sen de gel.” Ben de 1967’de Almanya’ya gittim. Orada gördüğüm en önemli şeylerden biri, Tahsin Hoca’nın orada adeta kendi kadrosunun ve masasının olmasıydı. Almanya’da çalışırken ilginç bir sistem vardı. Yeni gelenlere, çözmeleri için birtakım problemler veriliyordu. Eğer sorunları çözerlerse, profesyonel olarak işe devam edebiliyorlardı. Tahsin hocamın bu süreçte çok faydasını gördüm, onun rehberliği sayesinde harika bir dönem geçirdim.

Tahsin Saya: Almanlar bizi severdi, ancak kimsenin kimseyi sömürdüğü yoktu. Ben başta 900 Mark maaşla işe başladım. Daha maaşımı bile almadan, bir gün Doktor P beni çağırdı. İlk başta korktum, acaba bir sorun mu var diye düşündüm. Odaya girince bana bir yer gösterdi ve dedi ki: “Siz başladığınızda, işimize yarar mısınız, yaramaz mısınız bilemiyorduk. Bu yüzden 900 Mark teklif ettik. Ama şimdi görüyoruz ki katkınız büyük. Bu maaşı düzeltiyoruz.” Bir zarf uzattı, içini açtım: Yeni maaşım 10.000 Mark olmuştu. Kim, kimi sömürüyor? Bazen böyle yanlış algılar olabilir.

Orada, İlia İoannon adında biriyle tanıştım. Çok ilginç biriydi. Yabancı birisi gibi görünmüyordu. Meğer 1966 mezunuymuş. Babası Türk, annesi Yunan vatandaşıymış. Kendisi ise Arnavut kökenliydi. Türkiye’de tahsilini tamamlamasına kadar oturma izni vardı. İlya, yüksek frekans vericileri üzerine çalışıyordu. Bir gün ona bir haber geldi. Gelen yazıyı gösterdi, devlet ona Türkiye’yi 10 gün içinde terk etmesi gerektiğini bildirmişti. Sebep, babasının Yunan vatandaşı olması ve onun da artık eğitimini tamamlamış olmasıydı. İlya şoktaydı. Türkiye’de kimsesi yoktu, babası zaten yıllar önce gitmişti. Ne

yapacağını bilemiyordu. Bu duruma üzülerken Tahsin Bey’e danıştım: “Hocam, eğer İlya’ya Almanya’da bir iş ayarlayabilirsem ne dersiniz?” Tahsin Bey, “Çok büyük sevap olur,” dedi. Hemen bir mektup yazdım. O zamanlar telefon yok, Ankara’yla konuşmak bile büyük mesele. Bir mektup yazıp gönderdim. Cevap kısa sürede geldi: “Senin tavsiye ettiğin herkes burada iş bulur. Hemen gelsin.” Gerçekten de gitti, orada çok sevildi, iyi çalıştı. Sonradan başka arkadaşlarını da götürdü. Çoğu araştırma değil, geliştirme alanında çalışıyordu. Sanayi tesislerinde üretim süreçlerini iyileştiriyorlardı.

Bu süreçte başka arkadaşlarımı da Almanya’ya yönlendirdim. Kardeşim bile orada çalışmaya başladı.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Bu arada, Sayın Çitçi’den öğrendiğim bir şeyi hep söylerim: “Eğer bir ülkenin kişi başına düşen milli gelirini artırmak istiyorsanız ve petrol kaynaklarınız yoksa, katma değeri yüksek ürünler üretmelisiniz. Elektronik bunlardan biri. “ Türkiye’nin elektronik sanayisine önem vermesi gerekiyor. Bu noktada Tahsin Hoca’nın Türkiye’deki elektronik sanayisine bakışını merak ediyorum. O, bir dönem bu alanda ödüller aldı, sanayiye büyük katkılar sağladı. Elektronik sanayisi Cumhuriyetle birlikte kurulmuş bir sektördür. Ancak bugün hangi noktadayız? Neler yapıldı? Neler eksik kaldı?

Oğuz Çitçi: Kendi hikâyeme gelirim, mezun olduktan sonra babamla birlikte çalışmaya başladım. O dönemde Türkiye’de ilk defa yabancı dil çeviri sistemlerini tasarladık ve ürettik. Bunun güzel bir hikâyesi var ama şimdilik konumuz dışında olduğu için girmiyorum.

1970’lerde Devlet Demiryolları’ndan bazı yetkililer iş yerimize geldiler ve babamla bir görüşme yaptılar... Genel müdürleri bir problemle karşılaşmış ve “Gidin, Ömer Bey halleder,” demiş. Onlar da bizim dükkâna geldiler. Elllerinde İsveç’ten getirdikleri bir elektronik balast vardı ama hepsi yanmıştı. Babam durumu dinledi, sonra bana döndü: “Oğuz, bunu yapabilir miyiz?” Ben de kendime güvenerek, “Gâvur yapmışsa biz de yaparız!” dedim. O an başıma geleceklerden habersizdim...

Çalışmaya başladık ama hesaplamalar bir türlü tutmuyordu. Trafo hesaplarından çıkan sonuçlar istediğimiz gibi değildi. Babam, “Sen bunu al, doğru Tahsin Hoca’ya git,” dedi. Hocam İstanbul’daydı, biz Ankara’daydık ama babam çoktan telefonla haber vermişti. Hocam beni görünce elindeki hesaplamalara baktı ve bana dönüp: “Kerata, trafo hesabını iyi öğrenmemişsin!” dedi. Sonra oturdu, trafonun nasıl hesaplanacağını anlattı. Hatta, “Bir tanesini ben hesaplayayım, sen de kendi yaptığınla karşılaştı,” dedi. Hocamın yöntemiyle hesapladım ve gerçekten tıkr tıkr çalıştı! Balast, ateşleme yapıyor, sonra da besleme yapıyordu.

Bu olay, iş hayatındaki rotamı belirleyen tesadüflerden biriydi. Balastları ürettik ve Devlet Demiryolları’na

100 tane teslim ettik. Fakat bir süre sonra haber geldi: Hepsi yanmıştı! Buna inanmadım. “Bu mümkün değil,” dedim. “Yanması için hiçbir sebep yok. Sizin söylediğiniz kriterler yanlış olabilir.” Bana, “Bizim sistem 24 volt çalışıyor,” dediler. Ama ben “Bu gerilim kesin yükseliyordur,” diye düşündüm. Sonunda, voltajı kendim ölçeceğim dedim ve ilk trene atlayıp İstanbul’a gittim. İstanbul’a vardım, sistemi açtık. Bir baktım ki... 24 volt değil, 55-58 volt arası gidip geliyor! Şok oldum. O dönemde transistörler bu kadar yüksek voltaja dayanamazdı. Ne yapacağımızı düşünürken, yaşlı bir teknisyen bana yaklaştı: “Delikanlı, Avrupa’da trenlerin belirli bir ortalama hızı vardır ama biz bunu tutturamıyoruz. Ayrıca istasyonlarda uzun süre bekliyoruz. Bu yüzden aküler deşarj oluyor. Biz de regülatörü bozup gerilimi yükselttik ki aküler daha hızlı şarj olsun!” Yani bizim yapabileceğimiz bir şey yoktu; sistemin gerilimi düşürülemezdi. Ne yapacağımı kara kara düşünüyordum. Birkaç gün sonra babamın abone olduğu bir katalog geldi. Kataloga göz gezdirirken bir transistör gördüm. “İşte bu!” dedim. Hemen sipariş verdik. Ama bu transistör bizim devreyle tam uyumlu değildi, bazı değişiklikler gerekiyordu. Tekrar Tahsin Hoca’ya gittim. “Hocam, bu transistör ters çalışıyor, ne yapacağız?” “Onu şöyle yap, bunu böyle yap, düzelir,” dedi. Onun önerdiği gibi tasarladık ve tekrar Devlet Demiryolları’na 100 tane balast verdik. Sonuç? Hepsi tıkr tıkr çalıştı!

Devlet Demiryolları çok memnun kaldı ve her yıl bizden yüzlerce balast almaya başladı. Çünkü ithal edilen balastlar bizim sistemle uyumlu değildi. Bu sayede elektronik sektörüne iyice girdik. Bir gün, bizim satış elemanı otobüsle seyahat ederken yanındaki adamla sohbet ediyor. Adam, Mercedes’in satın alma bölümünde çalışıyormuş. Bizim eleman, “Balast üretiyoruz,” deyince adam hemen ilgilenmiş: “Sizin balast kaç volt?” “24 volt.” “Bizimki de 24 volt, hemen 1000 tane yollayın!” O zaman cep telefonu falan yok. Satış elemanı ilk durakta inip bana telefon etti... Mercedes’e 1.000 tane balast göndermemiz gerekiyordu. Satış elemanına sordum: “Kaç paradan yollayalım?” “Boş ver parasını, çok acil ihtiyaçları varmış!” dedi. Meğer 100 kadar otobüs otoparkta bekliyormuş, sevk edilemiyormuş çünkü

sadece balast eksikmiş. Balastları gönderdik, taktılar ve otobüsler hemen çalışmaya başladı. Meğerse Temsa da balast üretmiş ama Mercedes, kendi sistemine uygun bir şey arıyormuş. Bizimkiler başarılı olunca Mercedes’in Almanya’daki genel müdürü durumu duymuş ve: “Bu insanları çağırın, kimmiş bunlar bir göreyim!” demiş. Biz Almanya’ya gittik. Meğer Mercedes, İsveç’ten sipariş verdiği balastları zamanında teslim alamamış. Bize baktılar, teşekkür ettiler: “Bizi büyük bir deritten kurtardınız, Allah razı olsun!” Sonra eklediler: “Şunu da yapar mısınız? Saat de üretir misiniz? Başka elektronik sistemleri de tasarlar mısınız?” Böylece otomotiv sektörüne girmiş olduk!

Tahsin Saya: Üretim sürecinde her balast tek tek test ediliyordu. Lambayı yakıyor, kutuya koyuyor, depoya gönderiyorduk. Ama bir süre sonra şikâyetler gelmeye başladı: “Balastlar yanıyor, kusurlu çıkıyor!” Nasıl olur? Kontrolleri yapılmıştı. Depodan alınan balastlar da test edilmişti ama müşteri eline ulaşınca bozuluyordu. Bir şeyler ters gidiyordu... Üretim hattını tek tek inceledim. Her şey yolunda görünüyordu. Ama sonra fark ettik ki işin püf noktası tepsidedeydi. Balastlar, üretimin son aşamasında bir metal tepsiye konuyordu. İşçi, tepsideki balasta devreyi bağlayıp lambayı yakıyor, sonra tekrar tepsiye bırakıyordu. Ama sorun şuradaydı: Tepsi metal-di ve balastların içinde kondansatörler vardı. Çalıştırıldığında kondansatörler doluyor ama devre kapatıldığında tam olarak boşalmıyordu. Tepsiye konduğunda ise bazıları kısa devre yapıyordu! Bunun sonucunda, bazı balastlar birkaç gün içinde bozuluyordu. Bu çok basit ama büyük bir hataydı.

Balastları alüminyum kutulara koyuyorduk. Kapağı ise, magnetik olmaması için piring bir vida ile bağlıyorduk. Ama bir gün bir haber geldi: “Ürünleriniz kaçışıyor ama çok fazla akım çekiyor!” Normalde 0.5 amper çekmesi gereken devreler 2, 3, hatta 5 amper çekiyordu! Hemen fabrikaya gidip kontrol ettim. Balastları açınca sorunu buldum: Kapakların iç kısmı havşalıydı ama vida alüminyum gövdeye tam temas etmiyordu! Bu yüzden bağlantı düzgün çalışmıyordu. Küçük bir üretim hatası, sistemin verimliliğini mahvediyordu. Bunu düzelttik ve sistem sorunsuz çalışmaya başladı. Sanayi, basit bir iş gibi görünse de, aslında içinde sayısız küçük detay barındırıyor. Biz üretim sürecinde öğrendik ki işçiler de eğitilmeli. Onlara verilen malzeme listesi belli, ölçüleri belli, ama bazen inisiyatif alıp değişiklik yapıyorlar. Bu da büyük sorunlara yol açabiliyor. Hata payını sıfıra indirmek için her aşamanın dikkatle kontrol edilmesi gerektiğini öğrendik.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Türkiye’de elektronik mühendisliğinin gelişimi aklıma geldi. Oruç Bilgiç hocamızın yaşadığı bir olayı hatırladım... 3222 sayılı Telsiz Yasası’na muhalefetten tutuklanmıştı. Bir zamanlar orta dalga radyosu yapan biri vardı ama muhtemelen gerekli izinleri almıştı. Siz bu konuda bir sıkıntı yaşadınız mı?



tarihimizden...

Tahsin Saya: Bizim durum biraz farklıydı. O dönemde sadece belirli üniversitelere radyo vericisi yapma izni verilmişti. 3222 sayılı yasa gereği, bizim de kendi başımıza böyle bir şey yapmamız yasaktı. Ancak Santaro Bey'in girişimleriyle denemeler yapmamıza izin verildi. Ben üniversitenin son sınıfındayken, yurttan kalıyordum. Mezun olduktan sonra da bir süre orada kaldım. O dönemde akşamları saat 20:00'de radyoyu açıyor, sabahları Mozart'ın Türk Marşı ile kapatıyordum. Ancak anons yapmak, duyuru yayınlamak yasaktı. Kontroller sıkıydı ama bir yandan da kimse fazla müdahale etmiyordu. Garip bir dönemdi...

Ahmet Tarık Uzunkaya: Günümüzde bir bilgisayar mühendisi olmak için tek bir bilgisayar yeterli olabilir. Ama elektronik mühendisliği için bu yeterli değil. Çünkü işin içine laboratuvar ortamı, deneyler ve pratik uygulamalar da giriyor. Elektrik mühendisliği bölümleri her üniversitede var ama çoğu zaman elektrik ve elektronik mühendisliği bir arada okutuluyor. Bu sistemin avantajları da var, dezavantajları da... Bu konuyla ilgili, sevgili Oğuz Çitçi'den duyduğum bir olay aklıma geldi. Tahsin Hoca, bir firmaya mühendis alımı yaparken Oğuz Bey yeterli aday bulamıyormuş. Bunun üzerine Tahsin Hoca şöyle demiş: "Ohm kanununu biliyorsa gelsin, ben onu eğitirim!" Ama günümüzde Ohm kanununu bile bilmeyen mühendisler var...

Oğuz Çitçi: Tabii ki herkes bu kadar bilgisiz değil. İş görüşmelerinde adaylara çok basit sorular soruyoruz. Ağır problemler değil, temel mühendislik bilgileri... Mesela: "Bir transistörün baz akımı artarsa, kolektör akımı ne olur?"

Cevaplar ilginç:

- "Değişmez." diyen var.
- "Dalgalanır." diyen var.
- Hiç cevap veremeyenler var.

Bazıları doğru cevap veriyor ama elektronik mühendisi olup da bunu bilmeyenler de var! Bir mühendisin en temel bilgileri bilmemesi korkunç bir şey. Bir gün üniversiteyi ziyaret ettiğimde eski bir sınıf arkadaşımınla sohbet ettik. "Bu öğrenciler neden böyle eksik yetişmiş?" diye sordum. Cevabı çok çarpıcıydı: "Hocaları biliyor mu ki?" Gerçekten de akademik seviyede de bir düşüş vardı. Eskiden teknik mülakatlarda sorularımıza verilen yanıtlarla, şimdiki yanıtları karşılaştırdığımızda kalite farkı açıkça görülüyordu. Teknik üniversitelerden mezun olan adaylardan bile beklenen seviyede mühendis bulamıyorduk. Ama hiç adını duymadığımız üniversitelerden gelen bazı adaylar çok başarılı olabiliyordu. Şu an işe aldığımız bir genç mühendis var, neredeyse tüm sorulara doğru cevap verdi. Demek ki mesele sadece üniversitenin adıyla ilgili değil, bireysel çabayla da çok alakalı.

Duran Leblebici: Bence mühendislik eğitimindeki en büyük sorunlardan biri laboratuvar derslerinin ağırlı-

ğının azalması. Eskiden laboratuvarlar, eğitim programında önemli bir yer tutardı. Öğrenciler deney yapar, rapor hazırlar, pratik bilgiyi teorik bilgiyle birleştirirdi. Ama son 7-8 yılda bu sistem bozuldu. Bunun nedenlerinden biri de fakültelerdeki yapılanmanın değişmesi. Önceden mühendislik fakültelerinde "Ana Bilim Dalları" vardı. Mesela elektronik, telekomünikasyon, güç sistemleri gibi bölümler ayrı ayrı sorumluluk alanlarına sahipti. Ancak şimdi her şey tek bir "Bölüm Başkanı"na bağlandı. Bu durumda, bölüm başkanı hem elektronik laboratuvarlarından hem telekomdan, hem de diğer alanlardan sorumlu oluyor. Doğal olarak laboratuvarlara ayrılan zaman ve önem azaldı. Eskiden biz akademisyenler olarak laboratuvar deneylerini nasıl geliştirebiliriz, nasıl iyileştirebiliriz diye sürekli çalışırdık. Her yıl yeni deneyler eklenir, müfredat güncellenirdi. Ama şimdi laboratuvarlar ikinci plana atılmış durumda. Haftalık programlarda laboratuvar saatleri azaltıldı. Eskiden öğrenciler her deneyden sonra ciddi raporlar yazmak zorundaydı. Şimdi ise bu bile yapılmıyor... Laboratuvar müfredata sürekli girip çıkıyor, yani sistemin içinde var mı? Var. Programda da var, mesele yok. O mühendisin ayağını yere sağlam basmasını sağlayacak bir ortam lazım. Oraya gelenleri ısındıracak, yönlendirecek ve yetiştirecek bir program gerekiyor.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Yavaş yavaş nihayete erdirelim. Tahsin Hocam, sizinle olmak bizim için büyük bir onur. Özel bir zamanda, Cumhuriyetimizin 100. yılını idrak ettiğimiz bu dönemde, bize bu güzel günü yaşattığınız için hem kendi adıma hem de Elektrik Mühendisleri Odası'ndaki meslektaşlarım ve oda adına size sağlık ve iyilikler diliyoruz. Çok teşekkür ediyoruz.

Tahsin Saya: Oda olarak bu konuya ilgisiz değiliz ama sanayiyle üniversitenin iş birliği konusunda kopukluklar var. Hiçbir komisyonda ya da teşvik sisteminde bu konu ciddi bir şekilde ele alınmıyor. Sanayici, yaptığı işin doğruluğunu üniversiteye danışarak öğrenebileceğini bilmeli. Aynı şekilde akademisyenler de sanayinin ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak eğitim vermeli. Sanayi-üniversite iş birliği için defalarca komisyonlar kuruldu ama maalesef işler rayından çıktı. Üniversite hocalarının uygulamadan uzak durma eğilimleri var, sanayiciler de üniversitenin bilgisinden yeterince faydalanmıyor.

Oğuz Çitçi: Almanya'da akademisyenlerin belirli dönemlerde sanayide çalışması zorunlu tutuluyor. Bizde ise akademisyenler sanayinin kapısını bile çalmıyor. Sanayiciler de üniversitenin sunduğu imkânlardan yararlanamıyor.

Duran Leblebici: Bu kopukluğu gidermek için teknoparklar kuruldu, ama onlar da zamanla amacından saptı. Şu an teknoparklarda 300'e yakın şirket var ama ne sanayi üniversiteye danışıyor ne de üniversite sanayiye destek oluyor. Teknoparklar iş birliği alanı değil, daha çok cazip kira fırsatları sunan bir yer haline geldi. Üniversiteler, bu alanlardan elde ettikleri kira

gelirine odaklanmış durumda. Üniversite yönetimleri, teknoparklardan gelen para nedeniyle kendi içlerinde bile çatışır hale geldi. Her gelen rektör bir vakıf kurup gelirden pay almaya çalışıyor. Sonunda bu durum akademik ahlakı da bozuyor.

Oğuz Çitçi: Almanya bu işi nasıl yapıyor? Orada akademisyenler belirli aralıklarla sanayide çalışıyor hem sanayiye katkı sağlıyor hem de tecrübe kazanıyor. Biz neden bunu başaramıyoruz?

Tahsin Savaş: Çünkü burada mesele tamamen maddiyata dayanıyor.

Oğuz Çitçi: Üniversitelerde çok teorik bilgiye sahip hocalar var ama sanayiciler onlardan yeterince destek alamıyor. Örneğin, biz Okan Üniversitesi ile bir proje yaptık, hocalar güzel bir tasarım ortaya koydu ama üniversitenin standartlar konusunda bilgi eksikliği vardı. -40°C ile +80°C arasında çalışacak bir sistem yapmamız gerekiyordu ama laboratuvarlarında bu sıcaklıkları test edebilecekleri bir ortam yoktu. Sonuç olarak proje ticari hale getirilemedi ve rafta kaldı.

Tahsin Savaş: Aynı durum askeri projeler için de geçerli. Standartlara uygunluk sağlanamazsa proje hayata geçemiyor. Almanya'da her detay üzerine düşünülerek ilerleniyor. Örneğin, bir sorun çıktığında çözüm basit

olabilir ama kimsenin aklına gelmez. Bir Alman mühendis saatlerce çözüm ararken, bizim bir teknisyen "Fırına koyup test etsenize" diyerek meseleyi saniyeler içinde çözebilir. Yani mesele sadece teorik bilgi değil, pratik zekâ da önemli.

Oğuz Çitçi: Dâhiler de lazım, teorisyenler de uygulamacılar da.

Duran Leblebici: Elektronik mühendisliği çok hızlı gelişen bir alan. Bir öğrenci mezun olduğunda aldığı temel bilgiler, 10 yıl sonra eskiyebilir. Bu yüzden sürekli kendini geliştiren ve pratikle teoriyi birleştiren bir sistem kurmak gerekiyor.

Tahsin Savaş: Bundan yıllar önce verdiğim bir diploma çalışmasını hatırlıyorum. Kendi kendine odaklama yapan bir tüp üzerine çalışmıştık. O zaman çok yeniydi. Mezun olan öğrenci üzerine bir şeyler yaptı ama sonrasında proje bir yerde kaldı.

Ahmet Tarık Uzunkaya: Değerli meslektaşlarım, değerli izleyiciler, Cumhuriyetimizin 100. yılında, 100 yaşına erişmiş değerli hocamız, Hocaların hocası Tahsin Savaş'ı bir saygı buluşmasına davet ettik. Kendisi bizim için büyük bir değer. Verdikleri emekler, bizlere kattıkları için minnettarız. Bir başka buluşmada tekrar görüşmek dileğiyle, hoşça kalın.



Soldan Sağa: Duran Leblebici, Ahmet Tarık Uzunkaya, Oğuz Çitçi, Tahsin Savaş

Tahsin Savaş hocamızla ilgili daha geniş bir söyleşi için: İTÜ'NÜN ÇINARLARI- Birinci Kitap, ELEKTRİK ELEKTRONİK FAKÜLTESİ, 1930-1940'lı Yıllar ANILAR ve GÖRÜŞLER
Yayına Hazırlayanlar: Prof. Dr. Nusret Yükseler ve Ersin Toker, EMO Ağustos 2011
Pdf biçimi için: https://www.emo.org.tr/ekler/36009962f2ffd35_ek.pdf

PROF. DR. HAKAN KUNTMAN

SAYGI BULUŞMASI

E. Orhan Örtücü
orhan.orucu@gmail.com

Geçtiğimiz yıllarda Prof. Dr. Mithat İdemen, Prof. Dr. Duran Leblebici, Prof. Dr. Yıldız Leblebici, Prof. Dr. Atilla Bir, Dr. Fikret Yücel ve Prof. Tahsin Saya ile gerçekleştirilen Saygı Buluşmaları kapsamında Prof. Dr. Hakan Kuntman ile yapılan söyleşi 20 Kasım 2024 tarihinde İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi Ömer Korzay Konferans Salonu'nda düzenlendi. Her şeyden önce bu toplantıyı düzenleyen Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul şubesine yöneticilerine, değerli sınıf arkadaşım Ahmet Tarık Uzunkeya'ya ve Selçuk Esen'e böyle bir toplantı düzenledikleri için teşekkür ederim. Bir teşekkür de bu buluşmada Hakan Hoca'yı yalnız bırakmayan Prof. Dr. Aydoğan Özdemir ve Prof. Dr. Adnan Kaypmaz'a.

Hakan Hoca'nın açılışta söyledikleri ve konuşmasında sözünü ettiği konuları aşağıda paylaşıyorum:

Açılış konuşmasından...

"Değerli konuklar,

Toplantımıza hoş geldiniz,

Her şeyden önce bu toplantıyı düzenleyen elektrik mühendisleri odası İstanbul şubesine yöneticilerine, Sayın Ahmet Tarık Uzunkeya'ya ve Sayın Selçuk Esen'e teşekkür etmek isterim, beni hatırlayıp böyle bir toplantı düzenledikleri için.

Sayın Hocam Duran Leblebici için yapılan çalışmalarla oda bünyesinde ben de katıldım, bir kere Erenköy'deki evine, bir kere de Çımarcık'taki evine gidip söyleşi de yapmıştık,

O toplantının yapılmasına İTÜ de uygun salon bulunamadığı için tarih gecikmişti ve öyle bir tarih buldular ki, o tarihte de ben New York'ta olacaktım, dolayısıyla katılamadım.



Soldan sağa: Ahmet Tarık Uzunkeya, Prof. Dr. Hakan Kuntman, Prof. Dr. Aydoğan Özdemir, Prof. Dr. Adnan Kaypmaz

Daha önce yapılan toplantıları YouTube'dan izledim. İki türlü toplantı görüyorum baktığımda! Bir kısmında sunumlar var, ancak Sayın Hocam Tahsin Saya ve Sayın Fikret Yücel için yapılanlarda da bir sunum gerçekleşmemiş gözüküyor. Bu toplantımız da herhangi bir sunum olmaksızın toplantı olacak!

Alman Lisesi yıllarım;

İstanbul Alman Lisesi'ne 1960 yılında girip 1969'da mezun oldum, toplam dokuz yıl, yani normal lise süresinden çok daha uzun oldu. Alman lisesinin alt sokağındaki Doğan apartmanında başladım, Ataköy'de bitirdim.

Sınıf arkadaşlarımla WhatsApp grubu var, sürekli olarak onlarla haberleşiyoruz, hayatta olanlarla. Bülent Eczacıbaşı'nın sınıf arkadaşıyım. Hazırkıktan 10. Sınıf sonuna kadar.

Hayatta olan Almanca öğretmenim Frau Weisgraeber ile de haberleşiyoruz, benim İTÜ'de ki hocalarımla aynı yaşta, Almanya'nın ilk kadın lise müdürü, Almanya'da kadın akademisyen ve yönetici yaygın değil! Bunun başka örneğini Siemens'den proje alırken de görmüştüm.

Yıl kaybolmasma rağmen Alman Lisesi'nin bana kazandırdıkları da çok fazla bunu söylemek durumundayım.

İTÜ yıllarım;

1969 yolda İTÜ'ye girdim, 1974 de mezun oldum. 1974 yılından 2016'ya kadar yaklaşık 42 yıl İTÜ'de görev yaptım. İTÜ'de yaşadıklarımı 29 bölüm olarak Facebook sayfamda fotoğraflarla birlikte yayımladım bunları bir de kitapta topladım

251. yıl açılış dersleri konumda buradan toparlanmıştır:

- İTÜ radyosu günleri

- Öğrencilik yılları

- Öğretim üyeliği akademik çalışmalar

- Elektronik Anabilim dalı Başkanlığı

- Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölüm Başkanlığı

- İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi Dekanlığı

Geziler;

Fakülteden destek alarak konferanslara katıldık dünyanın dört köşesinde, bunlar sayın Prof. Dr. Aydoğan Özdemir ve Sayın Prof. Dr. Adnan Kaypmaz ile oldu. Onlar da buradalar, Aydoğan Hoca ile 14 gezi yaptığımızı notlarımızdan görüyorum. Bunlar da Adnan Hoca da var; ancak Adnan Hocayla dört tane daha fazla var.

Gezi geleneği fakültemizde vardı, bu tür geziler 2018 sonuna kadar da devam etti. Hem yurtiçi hem de yurt dışı gezilere katıldık daha sonra da kendi grubumuza dünyayı gezdik. Bunlar bilimsel çalışmaları yanı sıra konferansları giderek oldu çoğunlukla."

Prof. Dr. Mithat İdemen, Prof. Dr. Duran Leblebici, Prof. Dr. Yıldız Leblebici'nin izleyiciler arasında yer aldığı buluşmada Prof. Dr. Hakan Kuntman'ın ailesi, yakın arkadaşları, öğrencileri ve EMO üyeleri yer aldı. Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi Dekan Yardımcısı Prof. Dr. Müştak E. Yalçın'ın Prof. Dr. Hakan Kuntman'ın hayatına ilişkin hazırladığı sunum da etkinlik kaydında bulunmaktadır.

EMOİstanbulTV YouTube kanalında yayınlanmakta olan Prof. Dr. Hakan Kuntman Saygı Buluşması'nı EMOİstanbulTV YouTube adresinden izleyebilirsiniz.



PROF. DR. NAZİF TEPEDELENLİOĞLU

anısına

E. Orhan Örcü
orhan.orucu@gmail.com

15 Şubat 1999 günü yitirdiğimiz değerli hocamız Prof. Dr. Nazif Tepedelenlioğlu'nu saygı ile anıyoruz. Odamız yayın organı o zaman ki adı ile "Elektrik Mühendisliği Mecmuası"nın Aralık 1962 yılında yayımlanan 73. sayısında yer alan "BOOLE CEBİRİ VE ANAHTARLI DEVRELERE TATBİKİ" isimli makalesi ile Hocamızı tekrar hatırlatmak istedik.

Boole Cebiri Üzerine Kısa Not:

Boole Cebiri değişkenlerin değerinin doğru ve yanlış olabildiği bir cebir altkoludur. Doğru ve yanlış değerleri genelde sırasıyla 1 ve 0 olarak ifade edilir. Değişken değerlerinin sayı, işlemlerin ise toplama ve çarpma olduğu temel cebirin aksine Boole Cebirinde $\wedge$ işareti ile ifade edilen "ve", $\vee$ işareti ile ifade edilen "veya", $\neg$ ile ifade edilen "değil" işlemleri bulunur.

Boole Cebri ismini George Boole'den alır ve bu ismin ilk kez 1913 yılında Sheffer tarafından önerildiği iddia edilmektedir.

Sayısal devrelerin analiz ve tasarımı Boole Cebirini temel alır. Bu sistemde yer alan "1" ve "0", sırasıyla açık (İngilizcesi: ON) ve kapalı (İngilizcesi: OFF) devrelerle eş anlamlıdır. Sayısal bilgisayar devreleri uygulamasında, ikili değişkenler üzerinde tanımlanan sayısal operasyonları gösterir.

Boole Cebri tamamen 1 ve 0 üzerine kurulu bir matematiktir. Bu 1 ve 0, düşük - yüksek, var - yok, olumlu - olumsuz, gibi terimlere benzetilebilir. Boole Cebirinde, (') işareti tersi, (.) işareti Ve, (+) işareti Veya, ($\bar{A}$) işareti de özel veya manasına gelmektedir.

MIT'den Claude Shannon, Boole Cebirinin tüm sinyallerin "yüksek" (1) veya "düşük" (0) olarak nitelendirildiği açık-kapalı devrelere nasıl uygulanabileceğini fark etti.

1938 tarihli Rôle ve Anahtarlama Devrelerinin Sembolik Analizi başlıklı tezinde, Boole'un teorik çalışmalarını Boole'un asla hayal edemeyeceği bir şekilde kullanarak, bize dijital devreleri tasarlamak ve analiz etmek için güçlü bir matematiksel araç sağladı.

Boole Cebirindeki bu kurallar, dijital devre tasarımında ve mantıksal analizlerde ifadelerin sadeleştirilmesi ve işlemlerin optimize edilmesi için güçlü araçlar sunar.

Özellikle bilgisayar bilimleri ve elektrik mühendisliği gibi alanlarda, bu kuralların doğru bir şekilde uygulanması, hem işlem hızını artırır hem de devre tasarımı kolaylaştırır. Boole Cebri, günümüz teknolojisinin temel yapı taşlarından birini oluşturarak mantıksal işlemlerde verimliliği sağlamaya devam etmektedir.

Claude Ekwood Shannon, Bilgi teorisini tasarlayan ve temellerini atan Amerikalı matematikçi ve bilgisayar bilimcisidir. Teorileri, şu anda dünyayı çevreleyen elektronik iletişim ağlarının temelini oluşturdu.

Claude Ekwood Shannon, 30 Nisan 1916'da Michigan, Petoskey'de doğdu. Komşu memleketi Gaylord'da ilkökul ve ortaokula gittikten sonra Michigan Üniversitesi'nden hem elektrik mühendisliği hem de matematik alanında lisans derecesi aldı. Mezun olduktan sonra Shannon, lisansüstü çalışmalarına devam etmek için Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ne (MIT) taşındı. MIT'deyken, Dr. Vannevar Bush ile erken hesaplama makinelerinden biri olan ve kalkülüsteeki denklemleri çözmek için hassas bir şekilde bilenmiş şaftlar, dişliler, tekerlekler ve diskler sistemi kullanan "diferansiyel analizör" üzerinde çalıştı. Bu tür analog bilgisayarlar, bilgisayar tarihinde dipnollardan biraz daha fazlası olarak ortaya çıksa da, Dr. Shannon, çok daha etkili bir fikir olan dijital elektronikle hızla iz bıraktı. Matematik Bölümü'nde tamamladığı ödüllü bir yüksek lisans tezinde Shannon, rôle anahtarlama devrelerinin tasarımına Boole cebiri adı verilen matematiksel bir mantık biçimini uygulamak için bir yöntem önerdi. Devre tasarımı "bir sanattan bir bilime" dönüştüren ilerleme olarak kabul edilen bu yenilik, günümüzde devre ve çip tasarımının temeli olmaya devam ediyor. Lisans öğrenimi sırasında aldığı Boole Mantığı dersleri Shannon'un ufkunu açtı. Bu yüksek lisans tezi bir anlamda o yıllarda tıkanan haberleşme sektörünün de önünü açtı.

Shannon, 1940 yılında MIT'den hem elektrik mühendisliğinde yüksek lisans derecesi hem de matematikte doktora derecesi aldı.

Shannon'un yüksek lisans tezi tüm zamanların en iyi yüksek tezi olarak kabul edilmektedir.

Shannon üzerine EMO "Shannon'a Saygı" isimli bir kitap yayımlamıştır.

“BOOLE CEBİRİ VE ANAHTARLI DEVRELERE TATBİKİ”

Prof. Dr. Nazif Tepedelenlioğlu, EMM, S.63, Aralık 1962

SAHA

Bir sayı sistemini kullanmadan yani onunla işlemler yapmadan önce o sayı sisteminde hangi çoklukların (quantities) kullanılacağını, hangilerinin sahanın dışında bırakılacağını karşılaştırmak lazımdır.

Mesela reel sayılar sistemini ele alalım. Bu sisteme sadece “reel” dediğimiz sayılar dahildir ki bunların da özellikleri birtakım tariflerle belirtilir. Bunun yanında kompleks sayılar sistemi reel sayıları içine aldığı gibi, bunun yanında, reel sayılar sahasında bulunmayan bir takım başka sayıları da ihtiva eder (3 -f j5 gibi).

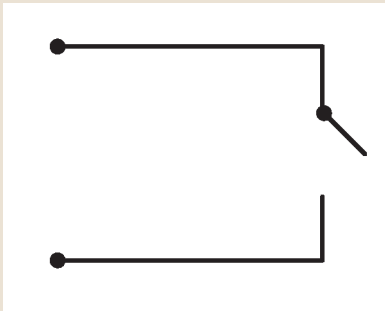
İşte biz de Boole Cebiri’ne başlamadan, onun sahasını belirteceğiz.

Boole Cebiri ile sadece iki sayı üzerinde işlem yapacağız (0 ve 1). Yani nasıl reel sayılar ile işlem yaparken j2 gibi sayıları nazar-ı itibara almıyorsak burada da 0 ve 1’den gayrisi ile alâkadar olmayacağız.

Şu hâlde bu bizim pratik problemleri çözerken değer atfettiğimiz kemiyetlerin 0 ve 1’den gayri değer almayacaklarına delalet eder. (Mesela bir keyfiyetin var olmasına 1, yok olmasına 0 değeri verilebilir.)

Burada bir misal verelim:

Şekil 1



Şekil 1’deki A anahtarı ya açıktır ya da kapalıdır. Şu hâlde bu anahtarın “kapalı olma değeri” 1 ise “açık olma değeri” 0’dır. Yahut anahtar kapalı iken $A=1$ bir açıkken $A=0$ ’dır.

İŞLEMLER

Boole Cebiri’nde sadece toplama ve çarpma işlemleri yapacağız.

AKSİYOMLAR

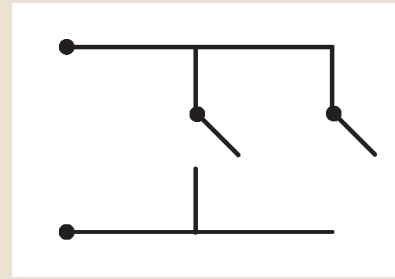
Toplama işlemi (“veya işlemi”, “paralel işlem”)

$$0+0=0$$

$$1+1=1 \text{ (2 sayısı sahamıza dahil değildir)}$$

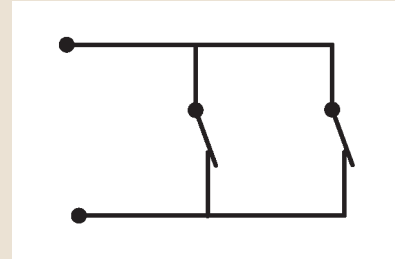
Şimdi bu aksiyonlara misaller verelim:

Devrenin kapalı olması keyfiyetini 1 ile gösterirsek:



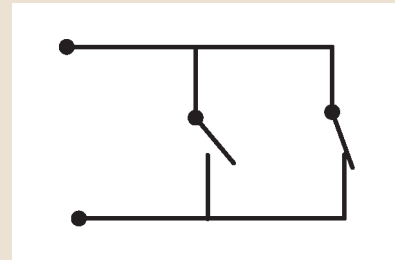
Şekil 2a

Şekil 2a’da iki anahtar da 0 değerini taşıyor. Kolayca görüleceği gibi bu bir açık devredir. Yani $0+0=0$ (0 veya 0 eşit sıfır)



Şekil 2b

Şekil 2b’de iki anahtar da birdirler ve devre kapalıdır. Yani $1+1=1$ (1 veya 1 eşit bir)



Şekil 2c

tarihimizden...

Şekil 2c'de ise bir anahtar 0'dır, öbürü 1'dir ve gene kolayca da görüleceği gibi devre kapalıdır. Dolayısıyla $0+1=1 < 0$ veya $1=1$

Çarpma ("ve işlemi", "seri işlem")

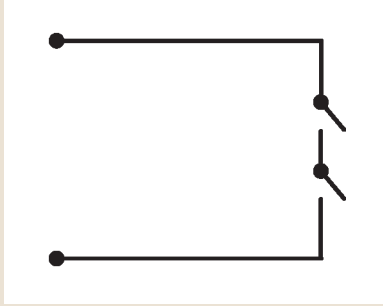
$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 1$$

$$1 \times 1 = 1$$

Misal:

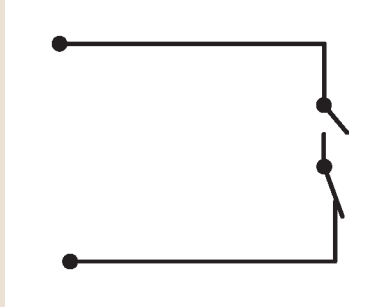
Şekil 3a



Şekil 3a'da iki anahtar da sıfırdır. Dolayısıyla devre 0'dır.

$$0 \times 0 = 0 \text{ (0 ve 0 eşit 0)}$$

Şekil 3b



Şekil 3b'de anahtarlardan biri 1'dir. Ve devre de 0'dır.

$$0 \times 1 = 0 \text{ (0 ve 1 eşit 0)}$$

Nasıl ki cebir işlemlerinde kullandığımız çoklukların yanında, bazı değişken çoklukları göstermek üzere harfler kullanıyorsak, burada da birtakım değişkenler kullanacağız. Mesela aynı şartlar altında kapanması ve açılması lazım gelen anahtarlara "A" anahtarı başka şartlar altında aynı hareketi yapması lazım gelenlere "B" anahtarı diyeceğiz. Ve yukarıda da bahsettiğimiz gibi eğer A, bir anahtarı gösteriyorsa $\bar{A}$ (A değil) de A anahtarı ile tamamiyle zıt hareketleri yapan anahtarı gösterecektir.

Bir değişkende aşağıdaki aksiyonları yazabiliriz

$$A + 0 = A \quad A \times A = A$$

$$A \times 0 = 0 \quad (\bar{A} \sim) = A$$

$$A + 1 = 1 \quad A + A = A'$$

$$A \times 1 = A \quad A \times A = A$$

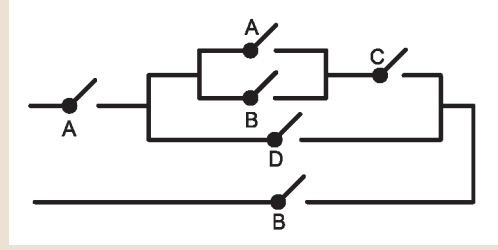
$$A + \bar{A} = 1$$

Eğer birden fazla değişkenimiz varsa aşağıdaki bağıntıları da ilave edebiliriz:

$$(A+B+C) = (\bar{A}) (I) (\bar{C})$$

$$(A \ B \ C) = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$$

Şimdi yukarıda söylediklerimizi bazı anahtar devreleriyle pratikleştirmeye çalışalım.



Şekil 4

Şekil 4'teki devre Boole Cebiri ile şöyle ifade edilebilir.

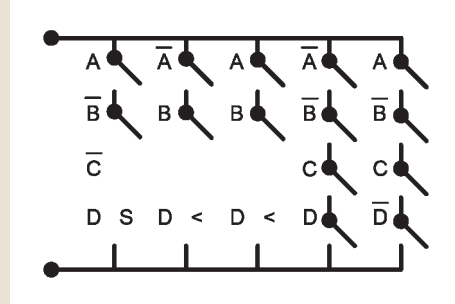
$$A \ D + C \ (A+B) \ B = \bar{C}$$

Aşağıda da belirteceğimiz gibi Boole cebirinin anahtar devrelerine tatbikinin gayesi, mümkün olduğu kadar az anahtar kullanmaktır.

Mesela aşağıdaki misali göz önüne alalım:

$$\bar{C} = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$$

Bu anahtar sistemi kısaltılmadan şekil 5 a'da gösterilmiştir. Fakat birinci ve sonuncu terimleri ABD, ikinci ve üçüncüleri BCD parantezine alırsak:



Şekil 5a

$$\bar{C} = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D$$

$$\bar{C} = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D$$

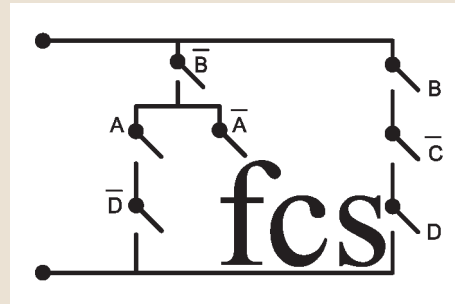
$$\bar{C} = \bar{B} (\bar{A}\bar{D} + \bar{A}CD) + \bar{C}D$$

Bu devre Şekil 5b'de gösterilmiştir. Bu suretle yukarıda 20 anahtar kullanırken şimdi 9 anahtar kullanıyoruz.

Boole cebirinde, bütün çarpanlara ayırma kaideleri doğru olduğu gibi aşağıda verdiğimiz iki işlemde faydalıdır.

$$f(A,B,D) = A f(1,B,C,D) + A f(0,B,C,D)$$

$$f(A,B,C,D) = A + f(0,B,C,D) \bar{A} + f(1,B,C,D)$$



Şekil 5b

Bu bantlardan birincisi standart toplam ikincisi ise standart çarpım olarak bilinir ki burada f (A3,C,D) A,B,C ve D'nin bir fonksiyonudur.

Mesela $f(A,B) = \overline{A}B + A\overline{B}$ olsun bu ifadeye standart çarpım tatbik edersek

$$\overline{A}B + \overline{A}B = A + \overline{O}B + \overline{I}B) \overline{A} + (\overline{I}B + OB) = (A+B) (A \sim + B) \sim \text{bulunur.}$$

$$\text{Gerçekten de } (A+B) (\overline{A} - f \overline{B}) = A\overline{A} + B\overline{B} + B\overline{A} + B\overline{B} \\ = A\overline{B} + B\overline{A}$$

Şimdi Boole cebirini kullanacağımız basit bir misali göz önüne alalım.

Elimizde 4 tane olay olsun A,B,C ve D olayları. Mesela bunlar dört demiryolu peronu olan bir istasyondaki raylarda trenlerin olup olmadığını gösterebilir. Yani mesela birinci peronda tren varsa A=1 yoksa A=0 olsun. İkinci peronda varsa B=1 yoksa B=0 olsun.

Aynı zamanda bir bazı işletme zaruretleri dolayısıyla birinci ikinci peronlar boş, üçüncü dördüncü peronlar dolu iken önümüzdeki kontrol tablosunda bir ışığın yanmasını isteyelim ve bunun gibi aşağıda belirteceğimiz 5 halde de aynı ışık yansın.

Şimdi aşağıdaki doğruluk tablosunu inceleyelim. (Şekil 6)

No	A	B	C	D	Çıkış
1	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0
3	0	1	0	0	1
4	0	0	1	0	1
5	0	0	0	1	1
6	1	1	0	0	0
7	1	0	1	0	0
8	1	0	0	1	0
9	0	1	1	0	0
10	0	1	0	1	1
11	0	0	1	1	1
12	1	1	1	0	0
13	1	0	1	1	0
14	1	1	0	1	0
15	0	1	1	1	0
16	1	1	1	1	0

Rayların boş veya dolu olmasının 16 muhtemel kombinasyonu sol tarafta gösterilmiştir. Mesela üçüncü sıra sadece B rayının treni olduğuna 16ncı sıra ise bütün rayların dolu olduğuna delalet etmektedir. Çıkış kısmında hizada (1) olanlar bizim lambanın yanmasını istediğimiz haller, (0) olanlar ise yanmamasını istediğimiz hallerdir. Yani şu halde birinci, üçüncü, dördüncü, beşinci, onuncu ve onbirinci hallerden herhangi birisinde işaret tablomuzdaki lambamızın yanmasını istiyoruz.

O halde esas problem en az anahtar kullanarak bu performans yapacak devreyi hazırlamaktır.

Şu halde doğruluk tablomuzdan aşağıdaki ifadeyi yazacağız.

$$\begin{aligned} \text{Ç} = & \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}B\overline{C}D \\ & + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}B\overline{C}D \end{aligned}$$

(Bu devre kısaltılması şekil 7a'da gösterilmiştir.)

Burada Ç, (çıkış istediğimiz haller) eşittir: (A değil) ve (B değil) ve (C değil), (D değil) olduğu zaman veya (A değil) ve (B) ve (C değil) ve (D değil) olduğu zaman veya ilh...dır.

(Çarpmanın "ve işlemi", toplamının "veya işlemi" olduğu hatırlatılır.)

Bundan sonra Ç'yi kısaltacağız:

$$\text{Ç} = \overline{A}\overline{B}\overline{C} (\overline{D} + D) + \overline{A}\overline{B}\overline{C} (\overline{D} + D) + \overline{A}B\overline{C} (D + D)$$

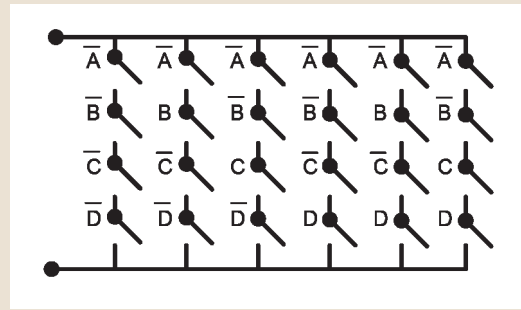
$$\text{Ç} = \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$$

$$\text{Ç} = \overline{A}\overline{C}(B + B) + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$$

$$\text{Ç} = \overline{A}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$$

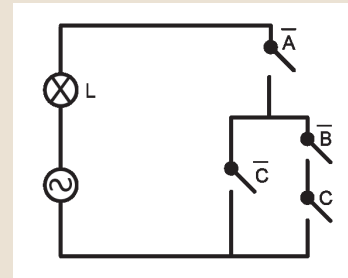
$$\text{Ç} = \overline{A}^1(\overline{A} + BC)$$

Dolayısıyla $\text{Ç} = \overline{A}^1(\overline{C} + B\overline{C})$ bulunur. (Şekil 7b)



Şekil 7a

A anahtarının A rayında tren yokken kapanan, varken açılan, C anahtarının C rayı için, B'nin B rayı için aynı şekilde hareket eden, C anahtarının ise C rayında tren varken kapanıp, yokken açılan bir role olduğu düşünülürse şekil 7b'deki devrenin istediğimiz bütün hallerde (L) lambasını yakacağı kolayca görülebilir.



Şekil 7b

Boole cebirini kullanmasaydık, bu devre 24 anahtardan mürekkep olacaktı (Şekil 7a). Ve A, B, D, D anahtarlarına hiç ihtiyacımız olmadığını görmek pek kolay olmayacaktı, kaldı ki yaptığımız misal çok basit bir misaldir. Bu usulün "computer" gibi binlerce röleye ve "multivibratör"lere ihtiyaç gösteren bazı "logic" (mantık) devrelerinde kullanıldığı düşünülürse, sağladığı ekonominin ve kolaylığın değeri çok daha iyi anlaşılır.

KİM KORKAR MATEMATİKTEN

Ayşegül Yüksel
Cumhuriyet Gazetesi, 13 Ekim 2020*

ODTÜ Elektrik Elektronik Bölümü'nün efsane hocalarından Nazif Tepedelenlioğlu 21 yıldır aramızda değil. Onu çok erken yitirdik, ama ilk kez 1983'te yayımlanan, daha sonra da Nesin Yayınevi'nce basımı sürdürülen kitabı "Kim Korkar Matematikten" bugün de ellerde ve dillerde. Yapıtın ilk basımını yapan Bilim ve Sanat Yayıncılığın, aynı adı taşıyan dergide (sayı 39, Mart 1984, s.21) kendisiyle yaptığı söyleşiye rastladım. Sizlerle paylaşmalıyım.

Sorulardan biri, "Kim korkar matematikten?"
Hoca'nın yanıtı açık:
"Akılcı düşünme alışkanlığı olmayan herkes..."

Tepedelenlioğlu, bu kitabı, teknolojiyi yalnızca tüketmekle yetinen bir toplum oluşumuzdan duyduğu rahatsızlığı dillendirmek için yazmış. "Eğer teknolojiyi yalnızca tüketmeyeceksek, onu geliştireceksek, yenileyeceksek, teknolojiyi serpilten, yenileyen biçimleyen altyapıya gereksinimimiz var" diyor. Bu altyapının genel olarak temel bilimler, özel olarak da matematik olduğunu belirtiyor. "Çünkü" diyor, "matematik her şeyden önce doğru düşünme, akıl yürütme yöntemidir."

'Matematikte aram yoktur' diyenler

Bu noktada aklıma, ortaöğretimde matematikten kötü notlar aldıkları için, üniversite aşamasında edebiyat uzmanı, yazar ya da sanatçı olmaya yönelmiş olan kimi öğrencilerim düşüyor. "Matematikte aram yoktur" diyenler. (Umarım felsefeci olmaya kalkışan da çıkmaz aralarından!) İlahi çocuklar, matematik öğrenemedinizse, "akılcı düşünme" yolunda pek ilerlemiş sayılmazsınız. İnsanoğluna verilmiş en büyük armağan olan bu yeteneği geliştirmeden nasıl mesleğinizin iyileri arasında yer alabileceksiniz?

Eski Yunan'ın "altın çağ"ında, matematik ve öteki temel bilimler, felsefe, edebiyat ve sanat aynı iklimde yeşermiş miydi? "Mona Lisa"nın yaratıcısı büyük Leonardo da Vinci, aynı zamanda Rönesans'ın bir mühendislik ustası değil midir? Ünlü fizikçi/matematikçi Albert

Einstein'ın, Mozart'ın Tanrısal müziğini de yetkinlikle yorumlayabilen bir kemancı olduğunu unutabilir miyiz? Bütün bu başarıların temelinde "akılcı düşünme alışkanlığı" yok mudur? Nobel Fizik Ödülü de Nobel Edebiyat Ödülü de aynı düzeyde "akılcı düşünme"yi kutsamaz mı? Siz siz olun, matematikle aranızı iyi tutmaya bakın çocuklar!

Bu ülke insanı hiçbir şeyden korkmaz

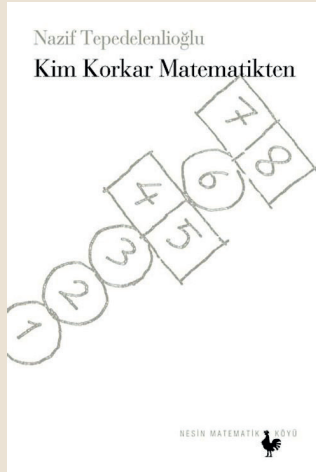
Tepedelenlioğlu, "akılcı düşünme"nin vazgeçilmezliğini şöyle açıklıyor: "Endüstrileşme sürecini tamamlamamış ülkelerin ortak bir yanı var. Çağımızın teknolojisini kavrayamamak... Teknolojiyi üretmiyorsun ki, geliştirmiyorsun ki benimseyesin... Dolmuş şoförü gibi

uçak kullanıyorsun, hamam işletir gibi kömür madeni işletiyorsun, deve sürer gibi araba sürüyorsun. Ağaca çıkar gibi, 35 kilovolt enerji taşıyan direğe tamire çıkıyorsun; maskesiz, eldivensiz. Sonra da çarpılıp ölüyorsun."

Üstat bugünleri görmüş olsaydı, kim bilir daha ne çok örnekle donatırdı söyleşisini. Dahası, insanlarımızın "akılcı düşünme" yönünde, kitabını yazdığının 37. yılında bile ilerleme göstermediğini üzüntüyle izlerdi. Ayrıca, pandemi döneminin (şimdilik) kapsadığı 8-9 aylık dönemde, artık değil matematikten, hiçbir şeyden korkmadığımızı da görürdük.. Öyle ya, tüm uyarılara karşın maske kullanımına kafa tutan; "mesafe kuralı"nı hiçe sayarak toplu taşıma araçlarını ite kaka dolduran; düğünlerde

akrabalarla sarmaş dolaş olan; askere giden kankayı salya sümük omuzlarda dolaştıran; dahası, can kurtarmak için kendi canlarından olma riski taşıyan sağlıkçılara söven, gözdağı veren, saldıran, gerekirse (!!!) canlarına da kasteden biz değil miyiz? "Akılcı düşünme" alışkanlığı bizde yok da kimde var...

Nazif Tepedelenlioğlu ülkemizin yetiştirdiği en zeki, en parlak bilim adamlarındandı. Onu sevgiyle, saygıyla, özlemle anıyoruz.



*<https://www.cumhuriyet.com.tr/yazarlar/aysegul-yuksel/kim-korkar-matematikten-1773096>

EMO 49. Dönem Enerji Daimi Komisyonu'ndan 70. Yıl Etkinliği

EMO Basın

Elektrik Mühendisleri Odası'nın 70. kuruluş yıldönümünde EMO 49. Dönem Enerji Daimî Komisyonu (EDK) tarafından 14 Aralık 2024 Cumartesi günü EMO Genel Merkezi'nde bir etkinlik düzenlendi. 70 yılda elektrik enerjisi konusunda yapılan çalışmaların masaya yatırıldığı etkinlikte, TMMOB EMO Elektrik Enerjisi Temel İlkeleri Güncelleme Çalıştayı da yapıldı.

EMO 47. Dönem Yönetim Kurulu Başkanı Bülent Pala'nın moderatörlüğünde, "70 Yılda Elektrik Enerjisi Alanındaki Çalışmalar" konulu etkinlikte Odamızın kuruluşundan bu yana ülkemiz enerji alanındaki değişimler onar yıllık kesitlerle ele alındı. 1954-1970 yılları arasında 70. Yıl Etkinlikleri Yönetmeni E. Orhan Örcü; 1970-1980 yıllarını EMO 49. Dönem EDK Başkanı ve EMO 25. Dönem YK Başkanı Bülent Damar; 1980-1990 yıllarını EMO 27, 28, 29, 30, 31, 32 ve 34. Dönemler YK Başkanı Teoman Alptürk; 1990-2000 yıllarını EMO 36 ve 37. Dönemler YK Başkanı Ali Yiğit; 2000-2010 yıllarını EMO 38, 42 ve 43. Dönemler YK Başkanı Cengiz Göltaş; 2010-2020 yıllarını EMO 44 ve 45. Dönemler YK Başkanı Hüseyin Yeşil ve 2020-2024 yıllarını EMO 48 ve 49. Dönemler YK Başkanı Mahir Ulutaş hazırladıkları sunumlarla değerlendiler. Sunumların ardından Bülent Damar'ın yönetiminde, "TMMOB EMO Elektrik Enerjisi Temel İlkeleri Güncelleme Çalıştayı" gerçekleştirildi.

Orhan Örcü, 1954-1970 yılları arasında Türkiye'deki elektrik enerjisi sektöründeki gelişmeleri ele aldığı sunumunda o dönemde Türkiye'nin elektrik enerjisi üretim kapasitesinde büyük artış yaşandığını ve kurulan elektrik santralleri ile altyapının güçlendirildiğini aktardı. Örcü, Türkiye'nin sanayileşmesi ve ekonomik kalkınması yolculuğunda Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Devlet Su İşleri (DSİ), Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı (ETKB), Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) gibi kurumların katkılarıyla yerli üretim artması, İstanbul Boğazi üzerinden "boğaz atlama projesi" olarak anılan ilk yüksek gerilim enerji nakil hattının inşa edilmesinin öneminden bahsetti. Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) dönemi, beş yıllık kalkınma planları, mühendislik eğitimi, mühendis maaşları ve dönemin Oda enerji politikalarına değinen Örcü, Odanın ilk kuruluş yıllarına ilişkin ülke ve dünya gündemiyle paralel bir tablo çizdi.

Bülent Damar ise 1970-1980 yılları arasında Odamız tarafından yapılan çalışmaların önemine değindi. Bu dönemde, Türkiye'nin ekonomik krizlerinin ve politik ikliminin elektrik enerjisi sektöründe etkilediğini be-



lirtti. Damar EMO'nun 1970'lerde elektrik enerjisinin bir kamusal hizmet olarak sunulması gerektiğini savunduğunu ve sektördeki özelleştirme ve dışa bağımlılığa karşı yerli kaynakların kullanılmasını önerdiğini vurguladı. Damar, 1973 yılında düzenlenen Elektrik Enerjisi Teknik Kongresi gibi etkinliklerde EMO'nun elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtımındaki kamusal yaklaşımının nasıl öne çıktığını hatırlattı.

1980-1990 yılları arasında Türkiye'deki elektrik enerjisi sektöründeki dönüşümü anlatan Teoman Alptürk, bu dönemde elektrik üretim kapasitesinde büyük artışlar yaşandığını ve TEK eliyle merkezi elektrik sisteminin işleyişini anlattı. Askeri darbe ile tüm demokratik kitle örgütlerinin olduğu gibi meslek odalarının faaliyetlerinin de kısıtlandığını belirten Alptürk, Odamızın bu baskıcı dönemde bile toplumsal çıkar ve kamusal yarar için doğru bildiklerini söylemekten geri durmadığını aktardı.

1990'larda başlayan özelleştirme süreci ve enerji sektöründe devletin piyasalardan çekilmesinin olumsuz etkilerine dikkat çeken Ali Yiğit, özelleştirmenin başlangıçta bazı kesimler tarafında ekonomik verimlilik adına savunulmasına rağmen, kısa sürede anlaşıldığı üzere toplumsal eşitsizlikleri derinleştirdiğini belirtti. Yiğit, TEK'in 1993'te bölünerek iki ayrı şirkete dönüştürülmesiyle Türkiye Elektrik Üretim ve İletim AŞ (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ (TEDAŞ) adını alan yapılar, özel sektör tarafından yönetilmeye başlandığını aktardı. Ayrıca, 1999'da yapılan anayasa değişiklikleriyle, kamu hizmetleriyle ilgili imtiyaz sözleşmelerinin uluslararası tahkim yoluyla çözülmesinin önünün açıldığından bahseden Yiğit "en temel kamu hizmetlerinin özelleştirilmesi, toplumsal refahı azaltmakta, eşitsizliği arttırmakta ve birçok kamu hizmetine erişimi zorlaştırmaktadır" dedi.



2000-2010 yılları arasında enerji alanında yaşananları değerlendiren Cengiz Göltaş, EMO'nun bu alandaki kamusal yaklaşımını aktararak bugün elektrik üretiminde dışa bağımlılığın arttığını ve bu durumun yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını engellediğini ifade etti. Göltaş EMO'nun 2000'li yıllarda özellikle yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği konularında önemli çalışmalar yaptığını dile getirdi.

Sunumunda 2010-2020 yılları arasında Odamızın ve TMMOB'nin bir anlamda enerji alanındaki fikri üretimini ve takibini sağlayan Enerji Sempozyumlarına detaylı bir bakış sunan Hüseyin Yeşil sempozyumların öne çıkan önermelerine vurgu yaptı. Küresel enerji politikalarının kısacasında ülkemiz enerji politikalarını sosyal, ekonomik ve jeopolitik açılardan ele alan sempozyumlarda her zaman kamusal bakış açısının korunduğunu ve bu yaklaşımın hala ısrarla savunulması gereken bir enerji politikası olduğunu ifade etti.

2020 sonrası elektrik enerjisi alanındaki mevcut durumu Mahir Ulutaş anlattı. Ulutaş bugün geline nokta Türkiye'de elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım süreçlerinin büyük oranda özel sektör tarafından yürütüldüğünü, fosil yakıtlara ve dışa bağımlı bir elektrik enerjisi modelimiz olduğunu vurguladı. Ulutaş elektrik enerjisi piyasasının borsa modeliyle yönetildiğini, maliyet düşüşlerinin tüketiciye yansıtılmadığını ve yüksek fiyatlandırmaların enerji yoksulluğuna sebep olduğunu belirtti.

Özel sektör elinde bulunan elektrik dağıtım şebekelelerinin yetersiz bakım ve denetimsizlik nedeniyle teknik olarak sürdürülemez olduğu, bu durumun şebeke güvenliği ve sürekliliği açısından ciddi riskler taşıdığını ifade eden Ulutaş, elektrik arzının, planlama gerektiren karmaşık bir süreç olduğunu ve serbest piyasa kurallarına teslim edilemeyeceğini savundu. Ulutaş elektrik enerjisine ulaşmanın temel bir insan hakkı olduğunun altını çizerek elektrik dağıtım şebekelerinin yeniden ve gerçekten kamulaştırılması çağrısında bulundu.

Sunumların son bulmasının ardından 20.05.2015 tarihinde onaylanarak yayınlanan TMMOB EMO Elektrik

Enerjisi Temel İlkeleri'ni güncellemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirildi. 14 Aralık 2024 tarihinde güncellenme çalışması yürütülen Elektrik Enerjisi Temel İlkeleri'ne ilişkin ana başlıklar şöyle:

1. Elektrik enerjisi kullanımı bir insan hakkıdır. Kimse bu haktan mahrum bırakılamaz.
2. Elektrik enerjisi kolay ulaşılabilir ve erişiminde herkes eşit olmalıdır.
3. Elektrik enerjisi kullanımı yoksul kesimlere ekonomik yük oluşturmamalıdır.
4. Elektrik enerjisi güvenilir, kaliteli, sürekli ve yeterli olmalıdır.
5. Elektrik enerjisi serbest piyasa koşullarına terk edilmemelidir
6. Elektrik enerjisi kaynaktan kullanımına kadar çevreyle uyumlu, toplumsal denetime açık ve planlı olmalıdır.
7. Elektrik enerjisi üretimi kaynak çeşitliliği içerisinde, önceliği yerli, yenilenebilir kaynaklara vererek, sosyal yapı ve çevresel etkenler göz önüne alınarak yapılmalıdır.
8. Elektrik enerjisinin üretiminde dışa bağımlılığı en az seviyeye düşürecek önlemler alınmalıdır.
9. Elektrik enerjisi kaynaktan tüketimine kadar tüm aşamalarında etkin ve verimli kullanılmalı, bu konuda toplumsal bilinç oluşturulmalıdır.
10. Üretim, iletim, dağıtım ve tüketiminde yerli elektromekanik sanayi ve ar-ge çalışmaları özendirilerek geliştirilmelidir.

Bu etkinliğin sunumları da ayrıca önümüzdeki günlerde e-kitap olarak üyelerimizle ve ilgilileriyle buluşmak üzere yayına hazırlanmaktadır.





II. TESEM KURULTAYI 23-24 MAYIS 2025 GÜNLERİNDE BURSA’da GERÇEKLEŞECEK

Mustafa Dayanıklı

Kurultay Düzenleme ve Yürütme Kurulu Başkanı
mustafa.dayanikli@emo.org.tr

“TESEM” – “Türkiye Elektronik Sanayi ve Elektronik Mühendisliği Kurultayı” ilk kez 22-23 Mayıs 2015 tarihinde TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) adına, EMO Bursa Şube organizasyonunda Bursa Akademik Odalar Birliği (BAOB) Yerleşkesinde gerçekleştirilmiştir. Kurultayın iki yılda bir yapılması planlanmış olsa da 2. kurultay değişik nedenlerle gecikerek 10 yıl sonra 23-24 Mayıs 2025 tarihinde aynı yerde gerçekleştirilecektir. Alanında tek olan TESEM kurultayı ve sonrasında yayınlanacak TESEM raporunun EMO tarafından her iki yılda bir düzenlenmesi hedeflenecektir.

TESİD (Türk Elektronik Sanayicileri Derneği) ve Bursa Uludağ Üniversitesi desteği ile gerçekleştirilecek kurultay, sekiz oturum ve iki panel olarak planlanmıştır.

- Elektronik Sanayinde Arge, Yeşil Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik,
- Savunma Sanayiinde Elektronik Sistemler
- Akıllı Şehirler ve Elektronik Uygulamaları
- Yapay Zeka ve Elektronik Sistemlerin Entegrasyonu
- Mikro ve Nano Elektronik Teknolojileri
- Elektrikli ve Otonom Araç Sistemleri
- Elektronik Eğitimi ve İnsan Kaynağı Gelişimi (PANEL)
- Sağlık Teknolojilerinde Elektronik Uygulamaları
- Telekomünikasyon ve Gelecek İletişim Teknolojileri

- Teknoloji Politika ve Sosyolojisi (PANEL)

Güncel program alt başlıklarına ve ayrıntılı bilgilere www.tesem.org.tr kurultay resmi internet sitesinden ulaşılabilir...

Bugüne kadar elektronğin önemi ilgili tüm platformlarda hep vurgulanmıştır. Hiç şüphesizdir ki geldiğimiz nokta, varmak istediğimiz nokta olmayıp eksikliklerin kapsamlı olarak ele alınması gerekir. Elbette ülkemizdeki sanayi dallarının tümünün kendine özgü ayrı önemleri vardır. Ama sizi destekleyecek ve stratejinizin temelini oluşturacak elektronik sanayinin önemini ayrı tutmak gerekir. Eğer ulusal elektronik sanayimiz amaçlanan belli hedeflere ulaşacaksa; bu elektronik mühendislerinin çabası, bağımsız teknoloji yönetim politikalarının etkinliği ve entellektüel sermaye kültürünün birikimi sayesinde gerçekleştirilebilir.

TESEM Kurultayı sonrasında, “TESEM Raporu” birinci kurultayda olduğu gibi, kurultayın yapıldığı yılın sonunda hazırlanması planlanmış olup, birikimler ve bilgiler TMMOB-EMO tarafından kamuoyu ile paylaşılacaktır.

TESEM Kurultay Danışma Kurulu Toplantısı 08 Şubat 2025 tarihinde EMO Bursa şubede geniş katılımı ile gerçekleştirildi.



ETUK 2025 İÇİN GERİ SAYIM BAŞLADI

VIII. Elektrik Tesisleri Ulusal Kongresi için Bildiri Çağrısı

Elektrik Mühendisleri Odası adına EMO İzmir Şubesi tarafından 2009 yılından bu yana düzenlenen Elektrik Tesisleri Ulusal Kongre ve Sergisi'nin sekizincisi, 22-23-24 Ekim 2025 tarihlerinde İzmir Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi'nde gerçekleştiriliyor. Teorik bilgilerin yanında deneyim aktarma köprüsü işlevlerini de üstlenen kongre için akademisyenlere, yerli ve yabancı uzmanlara ve mühendislere 30 Haziran 2025 tarihine kadar bildiri çağrısı yapıtı.

Mühendisliğin geleceğine ışık tutan etkinlikte bilim insanları, üreticiler, tasarımcılar, uygulayıcılar ile kamu ve özel sektör temsilcileri bir araya gelecek. Kongrede, "Enerji Sektöründe Dijitalleşme", "Elektrikli Araçlar ve Şarj Teknolojileri", "Fotovoltaik Sistemler", "Yan-gın Algılama ve Alarm Sistemleri", "Enerji Mevzuatı", "Enerjide Depolama", "Yapı Elektronik Sistemleri", "Yıldırımdan Korunma", "Karbon Nötr Bina", "Ulusal Yeşil Sertifikası", "Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar", "Hidrojen Depolama Teknolojileri", "Endüstriyel Bakım Teknolojileri", "Yapay Zeka ile Kestirimci Bakım", "Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik", "Sanal Gerçeklik Tabanlı Mesleki Eğitim", "Kesinti Yönetiminde Dijitalleşme", "Akıllı Şebekelerde Enerji Verimliliği" ve "Beşinci ve Altıncı Nesil Telekomünikasyon Şebekeleri" konularına ilişkin oturumlar, paneller ve özel oturumlar düzenlenecektir.

Kendi alanlarında ulusal ve uluslararası çapta uzmanlıklarıyla tanınan mühendisler ve akademisyenlerin katılımıyla gerçekleştirilecek olan kongre, ülkemizin mühendislik birikimini artırmayı hedeflemektedir. Bilim dünyasını ve mühendisleri buluşturacak 3 günlük etkinlik boyunca, ulusal ve uluslararası firmalar da kongre ile eş zamanlı düzenlenecek sergide yeni teknolojileri ve hizmetlerine ilişkin katılımcılara bilgi sunacak.

Son olarak 2023 yılında düzenlenen kongreye, ülkemizin farklı illerinden, çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarından, üniversite ve yükseköğretim kurumlarından, elektrik, elektronik, inşaat, sanayi sektöründen binlerce mühendis ve teknik eleman katılım sağladı. Birbirine paralel olarak 3 salonda Türkçe ve İngilizce sunumların gerçekleştirildiği kongreye, enerji, telekomünikasyon, bilişim, elektrik, elektronik, inşaat başta olmak üzere taahhüt, sanayi sektörlerinden yoğun katılım sağlandı. Katılımcılar, akademik bildirilerin yanı sıra uygulayıcı mühendislerin sunumlarıyla, bilgi ve deneyim paylaşımı platformunun parçası oldular. Ülkemizde bilim ve mühendisliğin ge-

lişimine kolektif bir katkı sağlamayı hedefleyen kongre kapsamındaki 1647 metrekarelik alanda düzenlenen sergiye ulusal ve uluslararası ölçekte 59 firma, kurum ve kuruluş katılım sağladı.

Geçmiş yıllarda olduğu gibi ülkemizin dört bir yanından gelen nitelikli katılımcıları, sergi alanlarında yer alan firmalar ve kurumların yeni teknolojileri ve çözümleriyle buluşturmayı hedefleyen etkinlik aynı zamanda, ülkemizin mühendislik birikimi büyümeyi amaçlamaktadır.

VIII. ELEKTRİK TESİSLERİ ULUSAL KONGRE ve SERGİSİ

BİLDİRİ ÇAĞRISI 22-23-24 Ekim 2025
Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi
İzmir

KONULAR

- ❖ Güç ve Enerji Sistemleri
- ❖ Elektrik Tesisatı
- ❖ Dijitalleşme ve Yapay Zeka Uygulamaları
- ❖ Yapı Elektronik Sistemleri
- ❖ Bakım Teknolojileri
- ❖ Otomasyon
- ❖ Aydınlatma

BİLDİRİ GÖNDERİLMİŞ TARİHİ
30 Haziran 2025

BİLDİRİ DEĞERLENDİRME SONUÇLARI
16 Temmuz 2025

DÜZELTİLMİŞ BİLDİRİLERİN GÖNDERİLMESİ
4 Ağustos 2025

EMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi

KONGRE TAKVİMİ

VIII. Elektrik Tesisleri Ulusal Kongre ve Sergisi

Tarih: 22-23-24 Ekim 2025

Yer: İzmir Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi
Son Bildiri Gönderme Tarihi: 30 Haziran 2025

Değerlendirme Sonuçlarının Bildirilmesi: 16 Temmuz 2025

Bildirilerin Düzeltilmiş Halinin Gönderilmesi: 4 Ağustos 2025

Ayrıntılı Bilgi: <https://etuk.org.tr>

VIII. Elektrik Tesisleri Ulusal Kongre ve Sergisi

22-24 Ekim 2025 // Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi-İzmir



EMO ÇOCUK KULÜBÜ

Prof. Dr. Alkan Alkaya
EMO Mersin Şubesi Yönetim Kurulu Başkanı
 alkan.alkaya@emo.org.tr



Elektrik Mühendisleri Odası Mersin şube 13. Dönem yönetim kurulu üyeleri Cumhuriyetimizin 100. Yılında meslektaşlarımızın çocuklarına armağan olarak EMO Çocuk Kulübü'nü kurdu ve hizmete açtı.

28 Ekim 2023 tarihinde Mersin Büyükşehir Belediye Başkanı Sn. Vahap Seçer EMO Çocuk kulübümüzün açılışını meslektaşlarımızın çocukları ile birlikte gerçekleştirdi. Açılışa Mersin Üniversitesi Rektör Yrd. Sn. Prof. Dr. Mehmet İsmail Yağcı ve meslek odası başkanları katılım sağladı.

EMO Çocuk kulübü açılışı tam bir festival havasında gerçekleşti. Çocuklarla Felsefe atölyesi, Duyusal oyun seramik atölyesi, Müzik atölyesi ve Çocukların çok sevdiği ŞUBADAP Çocuk Şarkıları Konser etkinlikleri yoğun bir ilgi gördü.

EMO Mersin Şube hizmet binamızın bodrumunda bulunan ve kullanılmayan alan İç Mimar Esin Kızıltaş tarafından tasarlandı. Gönüllü olarak tasarlanan projenin hayata geçmesi için gerekli tüm maliyetleri de EMO Mersin şubemizin değerli üyelerinin katkıları ile sağlandı.



EMO Çocuk Kulübünü kuruluş amacı, çocukların Elektrik Mühendisleri Odası ile bağını güçlendirmek, gerek teknik gerekse de sosyal ve felsefe etkinlikleri ile gelişimlerini sağlamaktır. Ayrıca Meslektaşlarımızın hafta sonlarında Çocuklarını atölyelere getirerek odamıza gelmeleri ve çocuklar etkinlikte bulunurken diğer meslektaşları ile sohbet etme ve vakit geçirme zamanı bulmaları da diğer önemli amaçlardan birisidir.

Bugüne kadar yapılmış etkinliklerden birkaç örnek vermek gerekirse;

- Mersin Bilim Merkezi Ziyareti
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları Atölyesi
- Enerji Tasarrufu Atölyesi
- Sağlıklı Sınırlar ve Duygu Düzenleme Atölyesi
- Mersin Büyükşehir Belediyesi 23 Nisan Uluslararası Çocuk Festivali
- Toroslar Belediyesi Çocuk Hakları Günü
- Mersin Barosu Çocuk hakları Sergisi
- İngilizce Atölyesi



Üniversitelerdeki Öğrenci komisyonumuz olan EMOGENÇ üyeleri robotik kodlama etkinlikleri için çalışmalarını tamamlamış bulunmaktadır. Önümüzdeki haftalarda EMOGENÇ üyeler Meslektaşlarımızın çocuklarına kodlama kursları vermeye başlayacaklar. Hem kendilerini geliştirecekler hem de EMO çocuk kulübü etkinliklerinin sürdürülebilirliğini artıracaklar.

Mersinde bulunan Meslek odaları ve Sivil Toplum Kuruluşları arasında ilk olma özelliği taşıyan Çocuk Kulübümüz diğer odalara da örnek teşkil etmiş ve bu yönde çalışmalar yapılmasına ön ayak olmuştur.

EMO Çocuk kulübüne emek veren, destek veren ve gelişimini sağlayan herkese şükranlarımı sunuyorum.

DÜNYA NÜKLEER ENDÜSTRİ DURUM RAPORU 2024

(WORLD NUCLEAR INDUSTRY REPORT 2024)

TÜRKİYE SUNUMU

Nedim Bülent Damar
TMMOB EMO 49. Dönem Enerji Daimi Komisyonu YK Başkanı
n.bulent.damar@emo.org.tr

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Enerji Daimi Komisyonu olarak Dünya Nükleer Endüstri Durum Raporu 2024 isimli çalışmanın Türkiye Sunumunu 11-13 Şubat 2025 tarihleri arasında Raporun Baş yazarı Mycle Schneider'in konuşmacı olduğu etkinlikler ile gerçekleştirdik.

Nükleer enerji santrallerinin ticari anlamda dünyada yapımına başlandığı 1960'lı yıllardan beri nükleer enerji santralleri Türkiye de gündemden hiç düşmedi. 1970 yıllarından başlayarak çeşitli fizibilite, ihale şartnameleri, ihaleler hazırlandı, hatta ihaleler sonlandırıldı, iptal edildi, yenilendi ancak 2010 yılına kadar Türkiye'de nükleer enerji santrali yapılması yönünde bir anlaşma yapılamadı. 2010 yılında ise bugün de iktidarda olan siyasi parti yönetimi dünyada bir ilke imza attı ve Türkiye sınırları içerisinde Mersin'in Gülnar ilçesinde Rus devlet şirketinin mülkiyetinde olan bir nükleer santral yapılmasını kabul etti. Üstelik 15 yıl boyunca yüksek bir fiyattan üretilecek elektriğin yarısına alım garantisi verdi. Yani bir nükleer santralin kaza riskini aldı ve yanında çok yüksek fiyatla elektrik almayı garanti etti. Tüm bunları Türkiye de bir arz sorunu yokken ve Türkiye elektrik enerjisi sahasında yenilenebilir kaynaklarının kullanılmasına daha yeni başlamış iken yaptı. Yani anlaşılması çok güç bir adım attı. Bugün bu nükleer enerji santrali halen inşa ediliyor. Önümüzdeki yıllarda devreye alınacağı söyleniyor.

Biz TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası olarak nükleer enerji santrallerine karşı çıktık, nükleer enerji santrali yapılmasının Türkiye gerçekleri ile bağdaşmadığını ve bir kaza durumunda bu santralin yaratacağı felaketin telafi edilemez boyutlarda olacağını anlatmak yanında bu santraldan üretilecek elektriğin birim satış fiyatının pahalı olduğunu, Türkiye'de arz talep dengesi açısından bir nükleer enerji santralına ihtiyaç olmadığını yıllar boyu anlatarak bu konuda yurttaşları ve yönetenleri uyarmaya çalıştık.

Bu gerçeklere karşılık tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de nükleer lobi nükleer enerji ile ilgili kamuoyu yaratmaya yönelik özellikle devlet destekli olarak pek çok çalışmalar yaptı ve yapıyor. Bu konuda o kadar ileri gidiliyor ki dünyadaki gerçek durum bile tersine çev-

rilerek Türkiye'ye sunuluyor. Böylece halkın Akkuyu nükleer enerji santralından satın alınacak elektriğin pahalı olmasına tepkisinin azaltılmasına çalışılıyor.

TMMOB EMO olarak yapmış olduğumuz gerçekleri anlatma çalışmaları yanında bu konuda dünya çapında tanınan, uzun zamandır bu konuda çalışmalar yapan ve güvenilirliği tüm kesimler tarafından kabul gören World Nuclear Industry Status Report (kısaca WNISR) -Dünya Nükleer Endüstri Durum Raporu isimli periyodik olarak her yıl yayınlanan raporun 2024 yılına ait olanının içerdiği bilgileri, nükleer enerji santrallerinin dünyadaki durumunu, başka ülkelerin bakış açılarını bu raporların baş yazarı ve editörü Mr. Mycle Schneider tarafından yapılacak sunumlarla Odamız vasıtası ile kamuoyuna duyurmanın çalışmalarımıza güç katacağını düşünerek bu etkinliği gerçekleştirdik.



Dünya Nükleer Endüstri 2024 Durum Raporu Türkiye Sunumu | **World Nuclear Industry Status Report 2024 Turkey Launch**

Konuşmacı
Mycle Schneider

TARİH 12.02.2025 **SAAT** 10.30-12.30

MÜLKİYE KÜLTÜR MERKEZİ TOPLANTI SALONU
MÜLKİYELİLER BİRLİĞİ
İletişim: Yüksel Caddesi No: 12 Kızılay Ankara

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası
İhlamur sokak No: 10 Kat:3 Kızılay Çankaya / Ankara

1994

<https://emo.org.tr> [f](#) [emoorgtr](#) [emoorgtr](#)

Şekil:1- Etkinlik Afışı

Yayıncıları tarafından “WNISR 2024 Türkiye Sunumu” olarak adlandırılan etkinlikte tanıtılan 2024 yılı Dünya Nükleer Endüstri Durum Raporu isimli rapor ilki 1992 yılında yayınlanan raporların 2024 yılının değerlendirilmiş olduğu rapordur.

1992 yılından sonra aralıklarla yayınlanan rapor 2008 yılından itibaren her yıl yayınlanmaya başlamıştır. İlk yıllarda Avrupa Parlamentosu içerisindeki Yeşiller Grubu, daha sonra Almanya Çevre, Doğayı Koruma ve Reaktör güvenliği Bakanlığı, daha sonra Atomic Scientists, Worldwatch gibi kuruluşlar tarafından yayınlanan rapor 2012’den itibaren bugünkü yayıncıları tarafından bağımsız bir çalışma olarak yayınlanmaya başlanmıştır.

Rapor 2012 yılından buyana her yıl yayınlanmakta olup nükleer endüstrinin yıllık olarak dünyadaki durumunu irdelemektedir.

Kısaca WNISR olarak adlandırılan bu rapor her yıl dünya da o yıl içerisinde nükleer reaktörlerin durumunda meydana gelen değişiklikleri, kapanan ve devreye giren reaktörleri, yapımına yeni başlanan reaktörleri ve bunların hangi ülkelerde olduğunu, işletmede olan reaktörlerin performanslarını ve benzeri pek çok bilgiyi fiili durumları göz önüne alarak incelemektedir. Bunun yanında teknolojiadaki gelişmeleri ve bunların pratikteki uygulamalarıda ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Bu raporun en önemli kısımlarından birisi nükleer enerji santrali olan veya inşası devam eden ülkeler ile nükleer santral yapmayı planlayan ülkelerin raporda ayrı ayrı incelenmeleridir. Bu raporda genellikle o ülkede yapılmakta olan nükleer tesis ile ilgili bir çok bilinmeyen gün yüzüne çıkmaktadır. 2024 raporunda aralarında Türkiye’nin de olduğu onaltı ülke incelenmiştir.

A Mycle Schneider Consulting Project
Paris, September 2024

The World Nuclear Industry Status Report 2024



Şekil:2- WNISR 2024 Ön kapağı

2024 yılı raporu 513 sayfa olup hepsi konularında uzun yıllar ihtisas yapmış 20 yazar tarafından hazırlanmıştır.

2024 yılı Dünya Nükleer Endüstri Durum Raporunu tanıtmak etkinliklerinde raporu sunan ve Raporun baş yazarı olan Mr. Mycle Schneider, enerji ve nükleer politika konusunda bağımsız uluslararası analist olarak çalışmaktadır.

Mycle Schneider, yılda bir yayınlanan WNISR- Dünya Nükleer Sanayi Durum Raporu’nun Koordinatörü, başyazarı ve yayıncısıdır. ABD’deki Uluslararası Enerji Danışma Konseyi’nin (IEAC) Kurucu Yönetim Kurulu Üyesi ve Sözcüsü, Viyana’daki Uluslararası Nükleer Risk Değerlendirme Grubu’nun (INRAG) Kurucu Üyesi’dir. Temmuz 2018’den beri Washington D.C.’deki Stimson Merkezi’nin ev sahipliği yaptığı Uluslararası Nükleer Güvenlik Forumu (INSF) de görev yapmaktadır. 2007 yılından bu yana ABD Princeton Üniversitesi bünyesinde bulunan Uluslararası Fissile Malzemeler Paneli’nin (IPFM) üyesidir. 2013 yılında, Güney Kore’nin Seul Büyükşehir Belediyesi’ne danışmanlık yapan Seul Uluslararası Enerji Danışma Konseyi’nin (SIEAC) kuruculuğunu ve 2019’a kadar koordinatörlüğünü yapmıştır. Şubat 2010 ile Haziran 2011 arasında, altı Asya ülkesinde enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerjileri artırmak için bir politika çerçevesi geliştirmeye odaklanan USAID tarafından finanse edilen Asya Temiz Enerji Politika Borsası’nda Baş Danışman olarak görev yapmıştır.

2004-2009 yılları arasında Fransa’nın Nantes kentindeki Ecole des Mines’de Çevre ve Enerji Mühendisliği Proje Yönetimi Uluslararası Yüksek Lisans Programının da Çevre ve Enerji Stratejileri Dersleri vermiştir.

2000-2010 yılları arasında Alman Çevre Bakanlığı’nda danışmanlık yapmış, 2006-2007 yıllarında Avrupa Komisyonu adına nükleer santrallerin devre dışı bırakılması ve atık yönetimi finansmanı konularını değerlendiren bir projede çalışmıştır. 2005-2006 yıllarında Birleşik Krallık (İngiltere) Radyoaktif Atık Yönetimi Komitesi’ne (CoRWM) danışmanlık yapmak üzere nükleer güvenlik uzmanı olarak çalışmıştır. 1998-2003 yılları arasında Fransa Çevre Bakanlığı Ofisi’nde ve Belçika Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma Bakanlığı’nda danışmanlık yapmıştır. 1983-2003 yılları arasında WISE-Paris enerji bilgi servisini yönetmiştir.

Mycle Schneider Avusturya, Avustralya, Belçika, Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, Ürdün, Hollanda, Polonya, Slovakya, Güney Kore, İsveç, İsviçre, Tayvan, Tayland, İngiltere, ABD gibi 18 ülkede ulusal parlamentolarda ve Avrupa Parlamentosu’nda görüş ve brifingler vermiş, son 35 yıldır dört farklı siyasi gruba mensup Avrupa Parlamentosu üyelerine danışmanlık yapmıştır ve bu görevine halen devam etmektedir. Bir düzineden fazla ülkede 20’den fazla üniversite ve mühendislik okulunda dersler vermiş veya öğretim üyeliği yapmıştır.

Mycle Schneider, Avusturya Çevre Ajansı, Avrupa Komisyonu, Avrupa Parlamentosu Araştırma Genel

Nuclear Reactors Under Construction (as of 1 January 2025)

Country	Units (Domestic Design)	Other Vendor	Capacity (MW net)	Construction Start	Scheduled Grid Connection	Units Behind Schedule
China	29 (25)	Russia: 4	31 038	2017 - 2024	2025 - 2029	2
India	7 (3)	Russia: 4	5 398	2004 - 2021	2025 - 2027	5
Russia	6 (6)		3 960	2018 - 2024	2025 - 2030	3
Egypt	4 (0)	Russia: 4	4 400	2022 - 2024	2028 - 2031	0
Turkey	4 (0)	Russia: 4	4 456	2018 - 2022	2025 - 2028	4
Bangladesh	2 (0)	Russia: 2	2 160	2017 - 2018	2025 - 2026?	2
South Korea	2 (2)		2 680	2017 - 2018	2025 - 2026?	2
UK	2 (0)	France : 2	3 260	2018 - 2019	2030 - 2031	2
Argentina	1 (1)		25	2014	2028	1
Iran	1 (0)	Russia: 1	974	1976	2028	1
Japan	1 (1)		1 325	2007	2030	1
Pakistan	1 (0)	China: 1	1 100	2024	2030	0
Slovakia	1 (0)	Russia: 1	440	1985	2025	1
World	61 (38)		61 216	1976 - 2024	2025 - 2031	24
Total per Vendor Country: Russia: 26 – China: 26 – India: 3 – South Korea: 2 – France: 2 – Argentina: 1 – Japan: 1						

Sources: WNISR, with IAEA-PRIS, 2025

Şekil-3- 01.01.2025 tarihi itibarı ile dünyada yapımına devam edilen nükleer reaktörler

Müdürlüğü, Fransa Radyasyon Koruması ve Nükleer Güvenlik Enstitüsü (IRSN), Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA), Doğal Kaynakları Savunma Konseyi (NRDC), Nükleer Savaş Önleme Uluslararası Hekimleri (IPPNW), Kore Enerji Bilgi Ajansı, Macquarie Bank ve daha birçok kuruluş dahil olmak üzere çok çeşitli kuruluşlara bilgi ve danışmanlık hizmetleri sağlamıştır.

1997 yılında Doğru Yaşam Ödülü'ne ("Alternatif Nobel Ödülü") layık görülmüştür.

Yukarıda kısaca tanıtılan Mycle Schneider'ın nükleer enerji konusundaki çalışmaları ile bu konuda çok önemli deneyim sahibi olduğu açıkça görülmektedir. Mr. Mycle Schneider bu konudaki deneyimlerini WNISR 2024 raporunu kısaca özetlediği sunumlarında katılımcılarla samimi bir şekilde paylaşmıştır.

Etkinlik paylaşımlarını kısa başlıklarla aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

-2023 yılı itibarı ile 2.6 Twh seviyesinde olan nükleer enerjiden elektrik üretimi 2010 yılında meydana gelen Fukushima felaketinin yarattığı şok üretim düşüklüğünden sonraki yükselişini yıllık zikzaklar ile sürdürmeye devam etmektedir. Ancak dünya elektrik üretimi içerisindeki payı düşme eğilimini devam ettirmekte olup %9,15 seviyesine gerilemiştir.

-2010 yılından bu yana Çin'de yapılan nükleer enerjiden elektrik üretimi ayrı tutulursa dünya nükleer elektrik üretimi düşme eğilimine zikzaklı olarak devam etmektedir.

-2005-2024 yılları arasında dünyada 104 nükleer reaktör projesi devreye alınmış ,101 nükleer reaktör kapatılmıştır. Yani dünyada son 20 yıldır devreden çıkartılan

ve devreye alınan nükleer reaktörlerin sayısında büyük bir fark yoktur. Devreye alınan 104 reaktörün 51 adedi Çin'de dir ve Çin de hiç kapatılan reaktör yoktur. Yani Çin dışında dünyada 53 devreye alınan reaktöre karşı 101 reaktör kapatılmıştır. Buradan görülen dünyadaki nükleer reaktör gelişiminin en önemli aktörünün Çin olduğudur.

-2024 yılı itibarı ile dünyada işletmede olan 411 adet reaktör olup toplam kurulu gücü 371,1 GW(e)dir. 2024 yılı reaktör sayısı en fazla reaktörün devrede olduğu 2002 yılından (438 adet) 27 adet daha azdır.

-2024 yılı itibarı ile dünyada yapımı devam eden 61 reaktör vardır. Bunların 29 adedi Çin'dedir. Çin dışı inşa halindeki reaktör sayısı 32'dir.

-2024 yılında inşası devam eden reaktörlerin yapıldığı ülkeler ve reaktör yapımcılarının hangi ülkeden olduğu aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir.

-Dünyada bulunan reaktörlerin büyük bir çoğunluğu yakıt açısından Rusya'ya bağlıdır. Aşağıdaki iki tabloda bu durum gösterilmektedir.

-Dünyada yapılan nükleer reaktörlerin yapım süreleri ve maliyetleri öngörülene göre çok fazla artmaktadır.

-1990 yılından bu yana Avrupa Birliği'nin de yalnızca 2 reaktör devreye alınmıştır.

-Dünyada işletmede olan nükleer reaktörlerin teknik işletme süre ortalamaları 32.1 yıla ulaşmıştır. Aşağıda dünya ortalaması ve 5 büyük nükleer enerji santrali işleten ülkelerdeki reaktörlerin yaş ortalamaları gösterilmektedir.

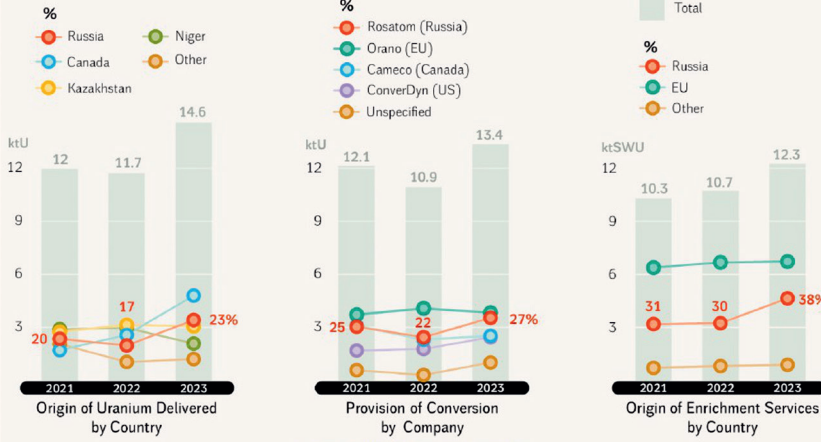
-Almanya nükleer reaktörleri kapanması nedeni ile kö-

WNISR2024+

RUSSIA DEPENDENCIES – Nuclear Fuel Services to the European Union

Natural Uranium, Conversion and Enrichment Services to the E.U., by Provider Country 2021–2023

in Thousand Tons of Uranium (ktU) and Thousand Tons of Separative Work Units (ktSWU)



Source: ESA, 2022 and 2024

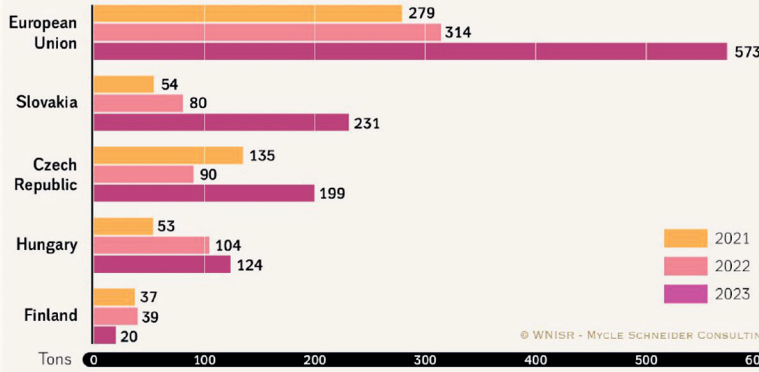
Şekil:4- Avrupa Birliğine nükleer yakıt tedarik eden ülkeler

WNISR2024+

RUSSIA DEPENDENCIES – Nuclear Fuel Assembly Imports

Nuclear Fuel Elements Imports from Russia, 2021–2023

in Tons



Due to rounding, numbers may not add-up

Source: Comtrade Database, 2024

Şekil:5- Rusya'dan nükleer yakıt ithal eden Avrupa ülkeleri

mür kullanımı ve elektrik ithalatı söylendiği gibi büyük oranda artmamıştır. Almanya yenilenebilir kaynakları ve enerji verimliliğini artırarak nükleer reaktörlerin kapatılması ile eksilen elektrik üretim kapasitesini kapatmıştır.

-Çok sözü edilen küçük modüler nükleer reaktörler 2024 yılında yapım lisansı almış tek bir örneği bile yok-

tur. Çin ve Rusya'da yapıldığı söylenen küçük modüler nükleer reaktörler hakkında pek fazla bilgi yoktur.

-Dünyada yenilenebilir enerji kaynakları için alınan yatırım kararları nükleer enerji santralleri öngörülen yatırım miktarlarından çok fazladır.

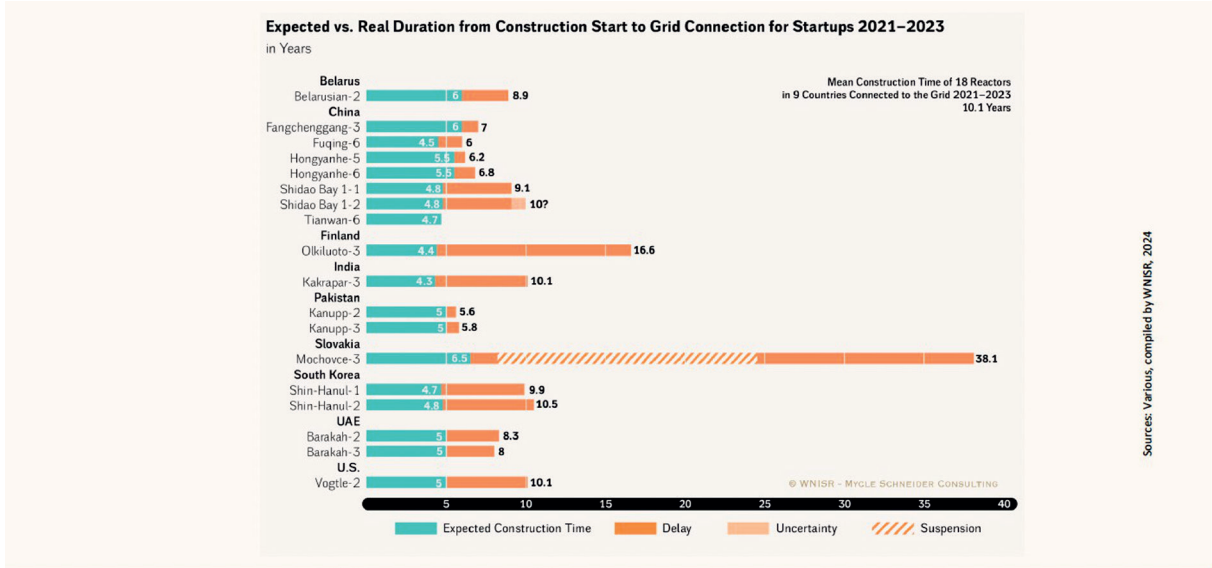
-Nükleer enerji santrallerinin birim(KW) kuruluş(-yatırım)bedeli ve elde edilen elektriğin birim (Kwh)

maliyet bedeli öteki kaynaklar ile karşılaştırıldığında en yüksek durumdadır.

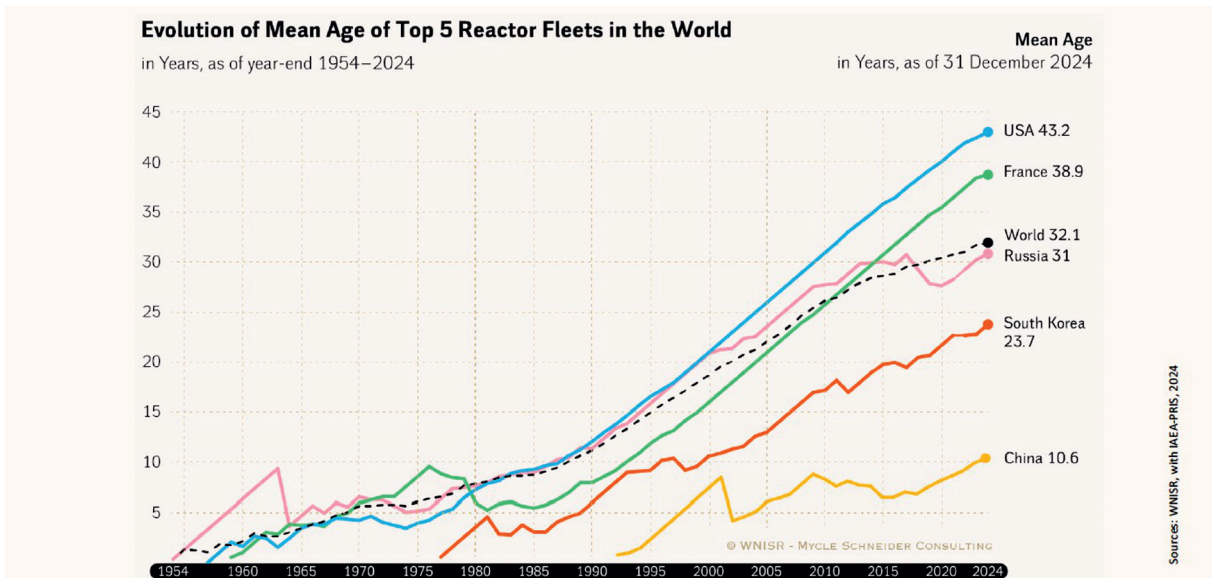
Yukarıda kısaca özetlemeye çalıştığımız WNISR 2024 raporunun Mr. Mycle Schneider tarafından yapılan sunun özeti, raporun tamamında verilen nükleer enerji santrallerinin dünyadaki durumu ile ilgili olarak çok kapsamlı bilgilerin kısa bir özetidir. 513 sayfalık bu raporun tamamına WNISR web sitesinden ulaşmak mümkündür.

WNISR 2024 raporunun yayıncıları tarafından hazırlanmış olan özeti, yayıncıların kendi rapor formatında Odamız tarafından kısa bir süre sonra yayınlanacaktır.

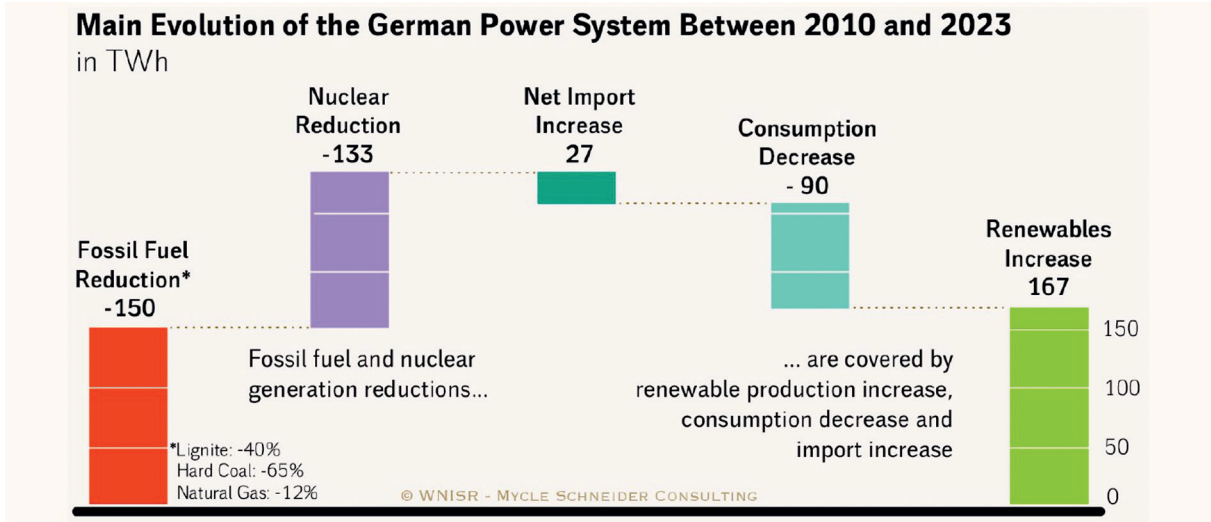
Üç ayrı etkinlikle değişik dinleyici grupları ile gerçekleştirdiğimiz bu etkinlik ile dünyada nükleer enerji santralleri ile ilgili doğru bilgilerin sunulmasını sağlayarak EMO olarak yurttaşlarda farkındalık yarattığımıza inanıyoruz.



Şekil:6-2021-2023 yılları arasında devreye alınan reaktörlerin planlanan ve gerçekleşen yapım süreleri karşılaştırması



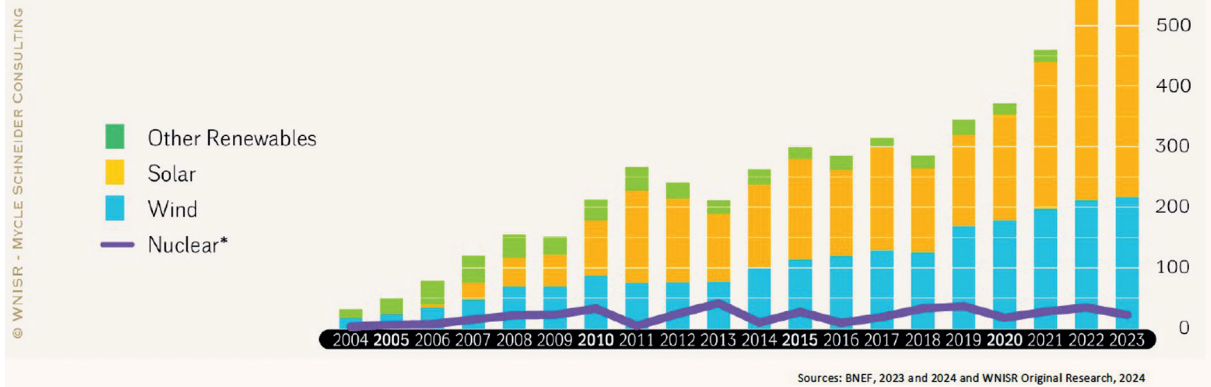
Şekil:7-Dünya ve diğer 5 ülkede işletmedeki reaktörlerin yaş ortalamaları



Şeki:8-2010 ve 2023 yılları arası Almanya Elektrik Enerjisi Sistemi Durumu (Twh olarak üretim değişiklikleri)

Global Investment Decisions in New Renewables and Nuclear Power

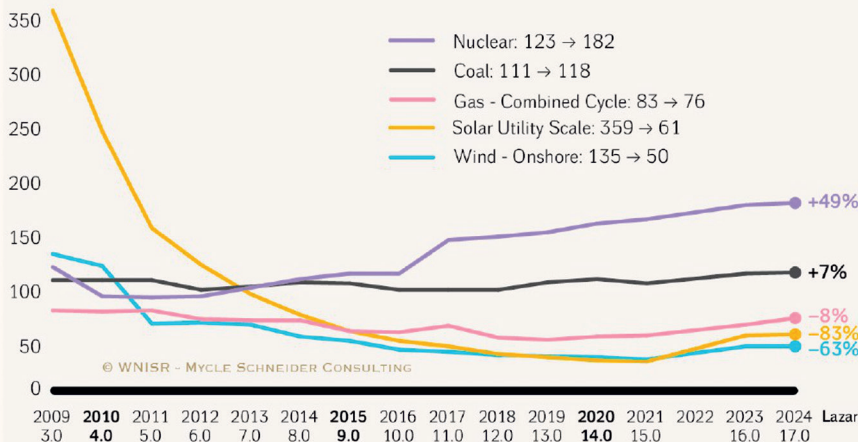
in US\$ billion, 2004–2023



Şekil:9-Dünyada yeni Yenilenebilir Enerji kaynakları be nükleer enerjiye yapılan yatırım karşılaştırması

Selected Historical Mean Costs by Technology

LCOE values in US\$/MWh *



* Reflects total decrease in mean LCOE since Lazard's LCOE VERSION 3.0 in 2009.

- Large cost improvements in renewables vs. nuclear
- Investment scale drives learning opportunities, cost declines.
 - Nuclear: 61 reactors under construction worldwide (5–10/yr).
 - Wind: tens of thousands/year.
 - PV modules: hundreds of millions/year.

Şekil :10- Seçili bazı kaynakların yıllara göre birim üretim maliyeti (USD/Mwh)

Hafızanın İzinde: EMO TV’de Geçmişe Saygı

EMO TV Çalışma Grubu

Elektrik Mühendisleri Odası 49. Dönem Yönetim Kurulunun gündeme aldığı ve gerçekleştirdiği bazı çalışmalar, gerek anlamı gerekse önüne koyduğu hedefler açısından dikkate değer bir özelliğe sahiptir. Dönemin önemli bir kamuoyu görüntüsü olarak EMO TV, Ağustos 2025 itibarıyla haftada bir düzenli canlı yayın söyleşilerine başlamış, oldukça ilgi toplamış ve düzenli sayılabilecek bir izleyici kitlesine ulaşmıştır. Oda gündeminin sıcak konularının yanı sıra, üyelerin ilgi alanlarına da hitap eden konular özenle seçilmektedir.

EMO TV yayınlarının ilgiyle izlenmesi, elbette bu yayın formatının bu haliyle sürdürüleceği anlamına gelmiyor.

Mutlaka daha iyi seviyelerin hedeflenmesi gerekiyor ki bu konuda bir çalışma grubu halihazırda bu çerçevede çalışmaktadır. Gidilecek daha çok yol, yapılacak yenilikler vardır.

Bu dönem Yönetim Kurulu’nun bir başka düşüncesi de odamıza emek vermiş değerlere gösterilecek vefa konusundaydı.

Halen aramızda olanlar ile artık aramızda olmayanlar ayrımı yapılmaksızın, emektarlarımıza, meslek büyüklerimize, odamıza ve mesleğimize değer katmış kişilere gösterilmesi gereken bir vefa borcumuz bulunmaktadır.

EMO TV’nin bu anlamda da bir işlev göreceği öngörülerek, önce 3 Aralık 2011 yılında kaybettiğimiz “hocaların hocası” Güney Gönenç anması, 4 Aralık 2024 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Format olarak bir ilk deneme olması açısından bazı riskler taşısa da yapılan ön çalışmalar ve değerlendirmeler sonucunda ortaya çıkan kurgu şablonu, yayın sonrası çok olumlu geri dönüşler almıştır. Güney Gönenç ve Nazif Tepedelenlioğlu anmaları, Oda Başkanının açılışıyla başlamış ve bir özgeçmiş gösterimiyle devam etmiştir.

Güney Hoca anmasında, Dr. Ömürhan Soysal moderatörlüğünde, Ordu Üniversitesi’nden Dr. Özgür Narin, “Yapay Zeka’nın Unutturulan Toplumsal Tarihi” ve Bilgisayar Mühendisi İzlem Gözükeleş, “Yapay Zeka ve Etik” başlıklarıyla sunumlar gerçekleştirmiştir. Ardından izleyici soruları yanıtlanmıştır.

Söyleşinin ardından, Güney Gönenç’in çalışma arkadaşları, dostları ve öğrencilerinin hoca ile ilgili anı, gözlem ve yorumlarını aktardıkları kısa videolar gösterime girmiştir. “Güney Gönenç’in kendi sesinden mektuplar” olarak adlandırılan ve çok bilinmeyen fotoğraflarını paylaşan dostlarının

duygulu anlatımları da izleyenleri derinden etkilemiştir. Nazif Tepedelenlioğlu hocamızın anması da benzer bir kurgu ile yapılmıştır. Oda Başkanının açış konuşması sonrası Nazif Hoca’nın özgeçmişi gösterime girmiş, ardından yakın mesai ve çalışma arkadaşı, aynı zamanda bölümdeki oda arkadaşı Erbil Payzın, “Türkiye’de Elektronik Sanayi: Dününe ve Bugününe Kısa Bir Bakış” konulu sunumunu, moderatör Mehmet Bozkırlioğlu eşliğinde sohbet havasında gerçekleştirmiştir. Ciddi bir emek ürünü olan bu sunum, izleyicilerden çok olumlu tepkiler almıştır.

Söyleşi bitiminde, Nazif Hoca’nın akademisyen olan oğlu Cihan Tepedelenlioğlu başta olmak üzere, çalışma

arkadaşları ve öğrencileri de anı, gözlem ve duygularını aktardıkları videolarla anmaya katılmışlardır.

Her iki etkinlik de format açısından birbirine çok benzer şekilde kurgulanmış ve çok beğenilmiştir. Güney Hoca anma yayınında Nazif Hoca’dan, Nazif Hoca anma yayınında ise Güney Hoca’dan

bahsedilmemesi eksiklik olurdu; nitekim her iki hocamızın dostları da diğerini anmada unutmamıştır.

Nazif Hoca anmasında, anma programlarımızın formatına bir ilave yapılarak, anmanın yapıldığı ayda vefat etmiş diğer değerlerimizin de adları anılmış, anılarına duyulan saygı dile getirilmiştir.

Bu anma yayınlarından edinilen önemli bir deneyim de şudur: Anması yapılan değerlerimizin yakın dostları bizlere çok güzel yol göstermiştir. Güney Gönenç anmasında değerli hocamız Y. Önder Yüksel’in önerileri ve bizimle paylaştığı bilgiler, kurgumuza çok ciddi katkıları sağlamıştır. Y. Önder Yüksel Hocamıza bir kez daha teşekkür ederiz.

Keza, Nazif Hoca anmasında da bilgisine başvurulmasında fayda görülen isimler, öğullarının iletişim bilgileri ve çalışma alanıyla ilgili çok değerli bilgileri bize, değerli hocamız Melek D. Yücel sağlamıştır. Melek Hocamıza da teşekkürü borç biliriz.

Vefamızı daha güzel göstermeye devam etmek, aramızdan ayrılan değerlerimizin anılarını ve mücadelelerini geleceğe taşımak, odamızın bugünlere gelmesinde emeği geçenlere minnettarlığımızı sunmak bizim vazgeçilmezimizdir. Hedefimiz ve dileğimiz; bu değerlerimizin daha iyi tanınması, anlaşılması ve anılarının yaşatılması için daha kalıcı çalışmalar yapmak, EMO’nun ahde vefasını göstermektir.





Doğal Tekel, Özel Tekele Dönüşmesin TEİAŞ'DA ÖZELLEŞTİRME ISRARINI SÜRDÜRMEYİN

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Resmi Gazete’de 3 Temmuz 2021 tarihinde yayımlanan, 2 Temmuz 2021 tarihli ve 4222 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararıyla özelleştirme kapsamına alınmış ve özelleştirme hazırlık işlemlerinin 31 Aralık 2022 tarihine kadar tamamlanmasının öngörüldüğü belirtilmişti.

Hatırlanacağı üzere Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) karara karşı Danıştay’a başvurmuş ve TEİAŞ’ın özelleştirme kapsamına alınmasına karşı Danıştay 13. Dairesi’nde açılan davada 14 Haziran 2022 tarihinde red kararı verilmiş olmakla birlikte, Danıştay 13. Dairesi ve Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu üyeleri tarafından kararlara yazılan karşı oylarla, kurumun özelleştirme kapsamına alınmasına dair Cumhurbaşkanlığı kararının hukuka aykırı olduğu net bir şekilde ortaya konmuştu. Söz konusu karşı oylarda 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nda, TEİAŞ’ın özelleştirilebilecek kuruluşlar arasında sayılmadığına dikkat çekilerek, iletim faaliyetinin de tekel niteliğinde olması nedeniyle özel bir kanun çıkarılmadan TEİAŞ’ın özelleştirilmesinin olanaklı olmadığına vurgu yapılmıştı. TEİAŞ’ın yerli veya yabancı sermaye gruplarının eline geçme olasılığına karşı da düzenleme yapılması gerektiğine dikkat çekilerek, tekel niteliğindeki kamu hizmeti olan iletimin, gerçek ve tüzel kişilere yaptırılmasının hukuken olanaksız olduğu ifade edilmişti.

Erteleme Kararları Neden Gizleniyor?

Dava süreci devam ederken hazırlık çalışmalarına ilişkin 2022 sonuna kadar hiçbir açıklama yapılmadı. Sürenin dolmasının ardından 2023’ün ilk günlerinde süre uzatımı yapıldığına ilişkin spekülasyonlar yayıldı. Açık kaynaklardan ve Resmi Gazete’den bilgi edinilememesi üzerine Odamız, 6 Şubat 2023 tarihinde Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı ve Özelleştirme İdaresi Başkanlığı’na resmi yazılar göndererek, süre uzatımı yapıp yapılmadığı soruldu. Özelleştirme İdaresi’nin verdiği yanıtta ise Cumhurbaşkanının 10 Ocak 2023 tarihli ve 6663 sayılı Kararı ile TEİAŞ’ın halka arza yönelik olarak özelleştirme hazırlık işlemlerinin 31 Aralık 2024 tarihine kadar uzatıldığı açıklandı.

Söz konusu yazışmaların üzerinden iki yıl geçti ve Özelleştirme İdaresi’ne verilen hazırlık süresi bir kez daha doldu. Benzer şekilde 2025’in ilk günlerinde de süre uzatımına ilişkin haberler yayıldı. İnternette dolaşan resmi yazı örneğinde kamuoyuna açıklanmayan ve Resmi Gazete’de yayımlanmayan bir Cumhurbaşkanlığı Kararı’ndan bahsediliyordu. Doğrulama kodu ile yapılan kontrolde yazının ekinde 27 Aralık 2024 tarihli ve 9326

sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı olduğu ortaya çıktı. Kararda, “Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketinin özelleştirme hazırlık işlemlerinin 31/12/2026 tarihine kadar uzatılmasına, 4046 sayılı Özelleştirme Uygulamaları Hakkında Kanunun 3. maddesi ile 703 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamenin geçici 8. maddesi gereğince karar verilmiştir” ifadeleri yer alıyordu.

2021’e Geri Dönüldü

Sonuç olarak, Temmuz 2021’de başlatılan ve 31 Aralık 2022 tarihine kadar tamamlanmasının öngörülen özelleştirme hazırlıkları için 2026 sonuna kadar süre uzatımı yapıldığı anlaşıldı. Böylece yaklaşık 1.5 yılda tamamlanması öngörülen süreç için toplamda 4 yılı bulan ek süre verilmiş oldu. Elektrik şebekesinin omurgası olan iletim şebekesinin işleten TEİAŞ’a ilişkin bu önemli kararın; kamuoyundan, TEİAŞ çalışanlarından gizlenmesi ve kararın Resmi Gazete’de yayımlanmaması kabul edilemez. TEİAŞ, elektrik enerjisinde arz güvenliğinde kamusal teminatıdır. Özelleştirilmesi halinde ekonominin temel girdisi olan elektrik enerjisinin bütünüyle yabancı tekelin kontrolüne girme riski oluşacaktır. Kurumun temel görevlerini yerine getirebilmesi; güvenli, kaliteli ve sürdürülebilir elektrik hizmetinin sağlanabilmesi için üretim ve dağıtım şirketlerinden bağımsız bir yapıya sahip olmasına bağlıdır.

Elektrik dağıtım bölgelerinde maliyetlerin ve kayıp-kaçığın düşürüleceği ve kalitenin artacağı iddiasıyla yapılan özelleştirmeler tersine sonuçlar vermiş, pahalı, kalitesiz ve büyük kesintilerin olduğu karanlık bir Türkiye yaratmıştır. TEİAŞ özelleştirilmesi ise enerji alanında kronikleşen hastalıkların kansere dönüşmesine neden olur. TEİAŞ’ın özelleşmesi durumunda; vatandaşın sırtında kambur haline gelen dağıtım şirketlerinin yükünü katlayacak bir yük oluşur. Yurttaşlarımızın özelleştirme sonrası TEİAŞ’ın gelir “ihtiyacını” karşılaması mümkün değildir. Bu özelleştirmenin tetikleyeceği zam dalgası bir tsunamiye dönüşür. Enerjinin ucuz, kaliteli ve sürekli olarak sağlanmasını teminat altına almak için elektrik alanında üretimden dağıtıma kadar tüm süreçleri yönetecek dikey entegre bir kamu tekelini yeniden kurulmalıdır. Kamu kaynaklarının sonu belirsiz bir biçimde özel sektöre transfer edilmesine artık son verilmelidir.

Elektrik Mühendisleri Odası
49. Dönem Yönetim Kurulu
7 Ocak 2024



Yangın Algılama ve Söndürme Sistemleri Hayat Kurtarır YANGINI MÜHENDİSLİK ve BİLİM ÖNLER

Bolu, Kartalkaya Kayak Merkezi'nde bulunan bir otelde bu gece (21 Ocak 2025) çıkan yangında son açıklamalara göre 66 yurttaşımız hayatını kaybetmiş, 51 yurttaşımız ise yaralanmıştır. Görgü tanıkları yangının, ahşap binanın alt katında yer alan mutfak bölümünde başladığını ve kısa sürede tüm binayı sardığını bildirmektedir. Öncelikle hayatını kaybedenlerin ailelerine başsağlığı, yaralı yurttaşlarımıza ise acil şifalar diliyoruz.

Yangının çıkış nedeni ve binanın yangın güvenlik önlemleri hakkında yapılacak resmi bilirkişi incelemeleriyle netlik kazanacak olsa da, yangın ihbarı ve tahliye süreçlerinde eksikliklerin olduğu anlaşılmaktadır. Sosyal medyada ve basında yayımlanan görüntüler, binanın zamanında tahliye edilmesinde ciddi aksaklıkların olduğunu göstermektedir. Merdiven boşluklarının dumanla dolması, üst katlardan atlamak dışında seçenek bırakmamış, dehşet verici görüntülere yol açmıştır.

Gelişen teknoloji ile birlikte, elektronik yangın algılama ve uyarma sistemleri sayesinde, can kaybı olmadan tahliye gerçekleştirilmesi mümkündür. Özellikle otel, hastane, okul, alışveriş merkezi gibi kamuya açık binalarda bu yangın ihbar ve söndürme sistemlerin doğru şekilde kurulması ve işlevsel kalmasının sağlanması hayati önem taşımaktadır. Aynı şekilde modern bir yapıda yangın algılama, alarm ve söndürme sistemleri hem kendi içerisinde hem de havalandırma ve geçiş kontrol sistemleri ile entegre bir şekilde tesis edilmelidir.

Söz konusu binada çalışır durumda bir yangın algılama ve uyarma sistemi bulunup bulunmadığı, yangın söndürme sistemi olup olmadığı henüz bilinmemektedir. Dahası, bu tür sistemlerin zorunlu olup olmadığı da bir soru işareti oluşturmaktadır. Şöyle ki, binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'teki "mevcut yapı" tanımı, eski binaların yangın önlemleri için zorunlulukları kaldırmış durumdadır. 29 Haziran 2017 tarihinde Resmi Gazete'de yapılan değişiklikle; 2007'den önce yapı ruhsatı başvurusu yapılmış ve o tarihten önce tamamlanmış binalar, "mevcut yapı" olarak kabul edilmiştir. Bu değişiklik, geçmişte mevzuat eksiklikleri nedeniyle alınması gereken yangın önlemlerinin eksik uygulanmasına yol açmıştır. Odamız uzun yıllardır bu düzenlemenin eksikliklerine dikkat çekmekte ve özellikle kamuya açık binalarda yangın güvenliği önlemlerinin yeterli olmadığı konusunda uyarılarda bulunmaktadır. Son yaşadığımız yangın da mevzuat eksiklerin giderilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Elektrik kaynaklı yangınları en aza indirmek için, binalardaki elektrik ve elektronik tesisatlarının düzenli bakım ve testleri hayati öneme sahiptir. Elektrik tesisatının, uzman mühendisler tarafından projelendirilmesi, standartlara uygun malzeme kullanımı ile kurulumunun yapılması gereklidir. Ayrıca, tesisatın periyodik olarak uzman mühendisler tarafından kontrol edilmesi, olası yangın tehlikelerinin önüne geçmek için önemlidir. Bu vesileyle, Elektrik İç Tesisatları Yönetmeliği'nin eksikliklerinin de giderilmesi gerektiğini bir kez daha hatırlatıyoruz. Yangın algılama ve uyarma sistemlerinin kurulması tek başına yeterli değildir. Bu sistemlerin sürekli çalışır durumda tutulabilmesi için düzenli bakım ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Odamız, binalardaki yangın güvenliğine ilişkin sistemler başta olmak üzere tüm elektronik sistemlerin sürekli çalışmasını sağlamak amacıyla, "Yapı Elektronik Sistem ve Tesisatları İşletme Sorumlusu" unvanını içeren mevzuatı oluşturmuştur. 2012 yılında yayımlanan EMO Yapı Elektronik Sistem ve Tesisatlarına Ait Mühendislik Hizmetleri Yönetmeliği'nin hükümleri hayata geçirilerek, ilgili bakanlıklar tarafından yönetmeliklerde gerekli değişiklikler yapılmalı ve uygulanmalıdır.

EMO olarak, can güvenliği için alınacak önlemleri "kaynak israfı" olarak gören anlayışın terk edilmesi gerektiğini savunuyoruz. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'te acilen değişiklik yapılarak, Yapı Elektronik Sistem ve Tesisatları İşletme Sorumlusu tanımlanmalı ve kamuya açık tüm binalar için uzman mühendis bulundurma zorunluluğu getirilmelidir. Yangın algılama ve uyarma sistemlerine ilişkin zorunlu periyodik bakım ve kontroller tanımlanarak, bu sistemlerin her an çalışır durumda tutulması sağlanmalıdır. Mevzuat eksiklikleri nedeniyle zafiyetler oluştuğunu bir kez daha hatırlatıyor, gerekli düzenlemeler yapılabilecek kadar yurttaşlara, bina yöneticilerine, işletmecilere, hastane, otel, yurt ve okul yönetimlerine, "zorunlu" olmasalar da önlem almaya çağırıyoruz. Elektrik ve elektronik sistemlerinin kontrol edilmesi için EMO birimlerine ve uzman üyelerimize başvurabileceklerini hatırlatıyoruz.

Elektrik Mühendisleri Odası
49. Dönem Yönetim Kurulu
21 Ocak 2025



Elektrikli Araçların Bireysel Şarjında YASAL DÜZENLEME GEREKMEKTEDİR!

Otomotiv sektörüne hızlı bir giriş yapan elektrikli araçlar son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de trafiğe çıkmış ve sayıları her geçen gün artmaktadır. Elektrikli araç talebindeki bu hızlı artış batarya ve dolum problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Bilindiği üzere elektrikli araçların batarya dolum (şarj) işlemi şarj istasyonlarında veya bireysel şarj cihazlarında olmak üzere iki türlü yapılmaktadır. Şarj istasyonları ticari olarak kurulmakta ve ülkemizde son 10 yılda yayımlanan yönetmelikler ile yasal çerçevesi belirlenmeye çalışılmaktadır.

Bireysel şarj cihazlarının tesis edilmesi ve kullanımı ise herhangi bir yasal düzenlemeye tabii değildir ve gerekli denetimden de uzaktır. Elektrikli araç sahipleri konutlarında tesis ettikleri bireysel şarj cihazları ile araçlarını şarj edebilmektedir. Elektrikli araç batarya kapasiteleri, tek dolum ile gidilecek yolu arttırmak amacıyla yapılan yeni çalışmalar sayesinde artmaktadır. Günümüzde elektrikli araç bataryaları ortalama olarak 70-80 kWh değerlerinde olup 100-120 kWh ve daha fazla batarya kapasitesine sahip elektrikli araçlar da vardır. Elektrikli araç batarya şarj süreleri kapasitelerine göre değişmekle birlikte, hızlı şarjda yarım saat ile bir saat, yavaş şarjda ise dört-beş saat sürmektedir. Özet olarak; elektrikli aracın şarj için elektrik şebekesine bağlandığı noktada, hızlı şarjda bir saat süresince 60-70 kWh, yavaş şarjda ise dört-beş saat süreyle saatte 15-20 kWh elektrik enerjisi çekilecektir. Bu miktarlar, konutlarda ortalama günlük elektrik tüketiminin yaklaşık 8-10 kWh olduğu dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Bireysel şarj cihazlarının güvenli bir şekilde kullanımı için mühendis uzmanlığına ve yasal düzenlemelere ihtiyaç vardır!

Konutlarda elektrikli araçların batarya şarjı için bireysel şarj cihazı kullanımında birçok teknik konuya dikkat edilmesi ve tedbirler alınması gerekir. İster müstakil konutlarda olsun ister apartmanlarda olsun bireysel şarj cihazı kullanımı için öncelikle elektrik tesisatının yeterli olup olmadığı veya ne kadar fazladan güç çekilebileceği SMM (Serbest Müşavir Mühendis) belgeli mühendisler tarafından belirlenmelidir. Mevcut bina ve şebeke elektrik tesisatının yeterliliği belirlendikten sonra, yine SMM belgeli mühendisler tarafından "tadilat projeleri" hazırlanıp ilgili mercilerce onaylanmalı ve onaylı projeye göre uygulama yapılmalıdır.

Son zamanlarda Odamıza başvurup, konuyla ilgili bilgi talep eden çok sayıda apartman ve site yönetimi bulun-

maktadır. Özellikle büyük apartmanlarda ve sitelerde herhangi bir mühendislik hizmeti alınmadan tasarlanan elektrikli araç şarj işleminin bireysel şarj cihazlarıyla yapılması çok tehlikelidir. Bu tehlikeler sigortaların atması, tesisattaki cihaz ve bağlantı elemanlarının aşırı ısınması, bina ana besleme kablosunun ve diğer kabloların yanması gibi durumlarla ortaya çıkabilir ve felaketle sonuçlanabilecek yangınlara davetiye çıkarabilir.

EMO olarak Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nı, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nu, Elektrik Dağıtım Şirketlerini, Valilikleri, İtfaiye Daire Başkanlıklarını ve Müdürlüklerini uyararak istiyoruz: Bu konuda en kısa zamanda gerekli yasal düzenlemeler yapılmalı, uygulamalar sıkı denetimlere tabi tutulmalı ve periyodik kontrollerle olası güvenlik açıklarının önüne geçilmelidir. Bu vesileyle EMO olarak ilgili mevzuat çalışması süreçlerinde görev almaya hazır olduğumuzu kamuoyunun bilgisine sunarız.

Elektrik Mühendisleri Odası
49. Dönem Yönetim Kurulu
13 Mart 2025



Nükleer Karşıtı Platform (NKP) 17 Şubat 2025 tarihinde "Otoriter Yönetimler ve Nükleer Tehdit" başlıklı bir basın açıklaması yayımladı. Sekreteryası Odamız tarafından yürütülen NKP'nin açıklamasında otoriter rejimlerin dünyamızı sürüklediği nükleer risklerin büyüklüğüne dikkat çekilirken nükleer tehditlere karşı birlikte mücadele çağrısı yapıldı. Açıklama metnine web sayfamızdan ulaşabilirsiniz.



EÜAŞ'tan Ucuza Alıp Katlayarak Satacaklar ENERJİ ŞİRKETLERİNE “SON KAYNAK” AKTARIMI

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), dağıtım şirketlerinin ikiz kardeşi olan görevli tedarik şirketlerinin son kaynak tedariki kapsamındaki fahiş rakamlarla yurttaşlara sattığı enerjiyi, kamunun elektrik üretim şirketi Elektrik Üretim Anonim Şirketi'nden (EÜAŞ) ucuza temin etme olanağı sağladı.

Resmi Gazete'de 22 Mart 2025 tarihinde yayımlanan Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun (EPDK) 13400 sayılı kararına göre, görevli tedarik şirketleri, son kaynak tedariki kapsamındaki tüketiciler için temin edecekleri elektrik enerjisinin yüzde 50'sinden az olmayacak miktarını EÜAŞ'tan temin edecekler. Karara göre, görevli tedarik şirketleri 31 Aralık 2029 tarihine kadar takvim yılı bazında yüzde 50'sinden az olmayacak şekilde enerjilerini EÜAŞ'tan alabilecekler.

Söz konusu EPDK kararı, Elektrik Piyasası Kanunu'nun 26'ncı maddesinin 11'inci fıkrasında yer alan “Kurul tarafından son kaynak tedarikçisi olarak yetkilendirilen tedarikçiler, son kaynak tedarikçisi kapsamındaki müşteriler için temin ettiği elektrik enerjisinin Kurul tarafından belirlenecek oranı kadarını EÜAŞ'tan temin etmekle yükümlüdür” hükmüne dayanmaktadır. Söz konusu kanun maddesi, enerji tedarik şirketleri için kurul tarafından belirlenecek oranda EÜAŞ'tan temin etme zorunluluğu getirmeyi amaçlasa da uygulamada EÜAŞ için yeni bir yük yaratmıştır.

Öncelikle, söz konusu EPDK kararı “yüzde 50'sinden az olmayacak şekilde” ifadeleriyle görevli tedarik şirketlerine, son kaynak tedariki kapsamındaki tüketiciler için yüzde 100'e kadar EÜAŞ'tan enerji alabilme olanağı sağlamaktadır. Görevli elektrik tedarik şirketlerine bir zorunluluk getirilmişçesine yapılan bu düzenleme, EÜAŞ'ın en son Kasım 2023'te değiştirilen piyasa şartlarına göre çok düşük kalan bir tarifeye şirketlere enerji temin etmek zorunda kalmasına neden olacaktır.

EPDK'nın 9 Kasım 2023 tarihli kararına göre, kamu elektrik üretim şirketi olan EÜAŞ, Kasım 2023'ten bu yana görevli tedarik şirketlerine yapılan satışlarda aktif elektrik enerji bedelini kWh başına 48,2187 kuruş olarak uygulamaktadır. Üstelik, Ağustos 2023'te 110 kuruş olan bu rakam Kasım 2023'te yüzde 56'yı aşacak şekilde indirilmiş, yüksek enflasyona rağmen ülkedeki hiçbir metada örneğine rastlanmayacak şekilde bugüne kadar da artış yapılmamıştır.

EÜAŞ, esasen elektrik dağıtım şirketlerine kayıp enerji kapsamında birim fiyatı 175 kuruş, genel aydınlatma kapsamında ise 380 kuruş olan bir tarife uygulamak-

tadır. Genel aydınlatma faturaları kamu tarafından ödenirken, kayıp enerji bedeli ise dağıtım bedeli içinde yurttaşların faturalarına otomatik olarak eklenmektedir. Bu bedeller yüksek tutulurken, elektrik dağıtım şirketlerine - kâğıt üstünde yapışık ikiz kardeşleri olan - görevli tedarik şirketlerine ise 48,2187 kuruştan enerji temin edilmesi, liberal piyasa şartlarına göre bile açıkça kaynak aktarımıdır.

Yurttaşlardan alınan vergilerle finanse edilen kamu şirketinden 48,2187 kuruştan enerji alan görevli tedarik şirketi, bu enerjiyi son kaynak tedariki kapsamındaki tüketicilere fahiş rakamlarla satma olanağı elde etmektedir. EPDK'nın sitesinde yer alan fatura hesaplama aracına göre, son kaynak tedariki kapsamında örneğin 1 Mart - 23 Mart 2025 tarihleri arasında 1000 kWh tüketimi olan bir konut için 2.675,22 TL'si enerji, 1.365,18 TL'si dağıtım, 551,18 TL'si ise vergilerden oluşan toplamda 4.591,57 TL'lik bir fatura ödenecektir.

Bu faturadan tahsil edilen 551,18 TL vergi olarak kamuya aktarılacakken, 2.675,22 TL görevli tedarik şirketine, 1.365,18 TL ise dağıtım şirketine kalacaktır. Birbirlerinin ikizi olan ve yalnızca muhasebeleri kâğıt üzerinde ayrıştırılan bu şirketlere toplamda 4.040 TL aktarılacaktır. Basit bir hesaplama, konut kullanıcısına sunulan enerji için tedarik şirketinin EÜAŞ'a yalnızca 482,1 TL ödeyeceği görülmektedir. EPDK'nın, Resmi Gazete'de bir gece yayımladığı bir kararla şirketlere bu ölçüde kâr marjı yaratmasına izin verilmemelidir.

Tedarikçisini seçme hakkının bile kâğıt üzerinde kaldığı bu sözde serbest piyasanın yurttaşlara maliyeti artık sürdürülemez bir noktaya gelmiştir. Görevli tedarik şirketlerine mahkûm edilmek bir yana, bu şirketlere düzenli olarak kamu kaynaklarının aktarılmasının zorunluluk haline gelmesi kabul edilemez. Enerji maliyetlerinin enflasyon üzerindeki etkisini sınırlamak için kamunun bir an önce doğrudan yatırım yapması ve elektrik dağıtım hizmetlerini de maliyetine sürdürmesi gerekir. Elektrik alanında üretimden dağıtıma kadar tüm süreçleri yönetecek dikey entegre bir kamu tekeli yeniden kurulmalıdır. Kamu kaynaklarının sonu belirsiz bir biçimde özel sektöre transfer edilmesinin aracı haline dönüşen EPDK kapatılarak yerine, kamulaştırma işlemlerini yürütecek Kamulaştırma İdaresi Başkanlığı kurulmalıdır.

Elektrik Mühendisleri Odası
49.Dönem Yönetim Kurulu
24 Mart 2025



Asgari Konut Faturasında Dağıtım Bedeli Dizginlenemiyor FATURADA ARTAN YÜK: DAĞITIM BEDELİ

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) açıkladığı yeni elektrik tarifesıyla, 5 Nisan 2025'ten itibaren geçerli olmak üzere konutlarda yüzde 25 zam yapılmıştır. Tarife değişikliğinden, son kaynak tedarik tarifesini için belirlenen yıllık tüketim limitlerini aşmayan perakende satış tarifesini kapsamındaki aboneler etkilenecektir. Resmi Gazete'de bugün (5 Nisan 2025) yayımlanan ve yürürlüğe giren tarife değişikliği incelendiğinde; konutlar için günlük 8 kWh olarak belirlenen limitin altında kalan abonelere uygulanan perakende enerji bedeline zam yapılmazken, yüksek kademedeki abonelere 1 kWh için 1,391181 TL olarak uygulanan birim fiyat, yüzde 16,1 artışla 1,61546 TL'ye yükseltilmiştir. Konut abonelerine 1,365179 TL olarak uygulanan dağıtım bedeli ise yüzde 34,5 artışla 1,836166 TL olmuştur. Böylece, konut abonelerinin dağıtım bedeline her iki kademede yüzde 34,5 artış yapılarak, fatura toplamına yüzde 25 zam yansıtılmıştır.

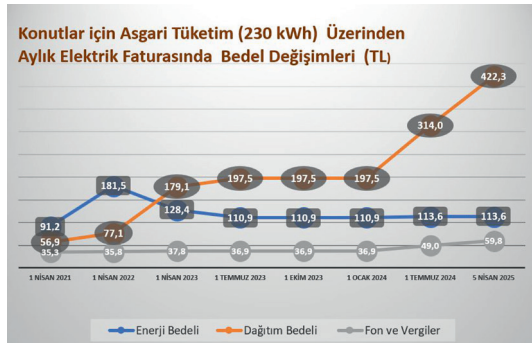
Konutlar için Asgari Tüketim (230 kWh) Üzerinden Aylık Elektrik Faturasındaki Bedel Değişimleri (TL)			
Bedeller	1 Nisan 2021 TL	5 Nisan 2025 TL	Fark %
Enerji Bedeli	91,2	113,6	24,5
Dağıtım Bedeli	56,9	422,3	642,1
Fon ve Vergiler	35,3	59,8	69,6
Fatura Toplamı	183,4	595,8	224,8

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) hesaplamalarına göre, 4 kişilik bir ailenin asgari yaşam standartlarını korumak için aylık 230 kWh enerji tüketeceği varsayılmaktadır. Günlük ortalaması 8 kWh'i geçmeyen bu tüketim için aile bütçesinden ayrılması gereken 476,6 TL, bu zamlarla birlikte 595,8 TL'ye yükselmiştir. Nisan 2025 itibarıyla oluşacak düşük tüketimli konut faturasının yalnızca yüzde 19,1'i enerji bedelinden oluşacaktır. Faturanın yüzde 70,9'unu ise dağıtım bedeli oluşturmaktadır. Fon ve vergilerin oranı ise yüzde 10'da kalmaktadır. Son tarife değişikliğiyle, zaten yüzde 65,9

düzeyinde olan dağıtım bedelinin payı artarak yüzde 70'i de aşmıştır. 2022 yılında 4 kişilik bir ailenin asgari tüketim faturasının toplamında yüzde 22 düzeyinde olan dağıtım bedelinin, Nisan 2025'te faturanın yüzde 70'ini aşması kabul edilemez. 1 Nisan 2021'de 4 kişilik ailenin elektrik asgari faturası 183,4 TL idi. Aradan geçen 4 yıllık dönemin sonunda, 1 Nisan 2025 itibarıyla yüzde 224,8 artışla 595,8 TL'ye yükselmiştir. Değişimin detaylarına bakıldığında, dağıtım bedeli yüzde 642 artarken, enerji bedeli yalnızca yüzde 24,5 artmıştır. Özetle, dağıtım bedelindeki fahiş artış yaşanmasa, dağıtım maliyetlerindeki artış enerji üretim maliyetlerindeki gibi şekillense, fatura toplamına yansıyan artış yüzde 24,5 ile sınırlı kalırdı. Bu durumda, 1 Nisan 2025 itibarıyla aynı tüketime sahip konutlara 595,8 TL yerine 228 TL fatura edilirdi. Aradaki fark, elektrik dağıtım özelleştirmelerinin yurttaşlara yarattığı yükün son 4 yıllık kısmı olarak nitelendirilebilir. Bu rakamlar, enerji üretim maliyetlerinin artmadığı koşullarda bile dağıtım bedeline zam yapıldığını ve özellikle dar gelirli vatandaşlardan dağıtım şirketlerine kaynak aktarıldığını işaret etmektedir.

Özerk Yönetime Devredilmeli

Doğal olarak faturanın en önemli kalemi olması gereken enerji bedelinin, dağıtım bedelinin çok gerisinde kalması, piyasanın çarpık bir biçimde yapılandığını gözler önüne sermektedir. Dağıtım bedelindeki bu artış, hizmetin fahiş fiyatla verildiğinin temel göstergesidir. Ucuz, kaliteli ve güvenilir enerjiye erişim, tüm yurttaşlar için temel haktır. Kamu eliyle yürütülmesi gereken hizmetin özelleşmesi, pahalılık yaratmanın yanında, kamu kaynaklarının özel sektöre sınırsızca aktarılmasına yol açmıştır. Dağıtım şirketlerine kaynak aktarıldığı bir Türkiye tablosu, artık geride bırakılmamalıdır. Enerji alanında, ticari ve siyasi çıkarlardan uzak, üretim sektörleri başta olmak üzere genel ekonomiyi destekleyecek şekilde tarifeleri belirleyebilecek özerk bir yönetim hayata geçirilmelidir. Arz güvenliğini sağlamak ve toplam maliyeti düşürmek için özelleştirilen üretim tesisleri ve dağıtım bölgelerinin kamulaştırılması acilen gündeme alınmalıdır. Kamu kaynaklarının sonu belirsiz bir biçimde özel sektöre transfer edilmesi dışında işlevi kalmayan EPDK kapatılarak, yerine kamulaştırma işlemlerini yürütecek Kamulaştırma İdaresi Başkanlığı kurulmalıdır.



Elektrik Mühendisleri Odası
49. Dönem Yönetim Kurulu
5 Nisan 2025



Elektrik Mühendisleri Odası tarafından yayımlanan Aydabir, üyelerine ve kamuoyuna yönelik aylık bir özet bilgilendirme bültenidir. Her ayın başında yayımlanan Aydabir ile, gerçekleşen Oda faaliyetlerini ve planlanan etkinliklerini özetleyerek üyelerinin oda gündemini yakından takip edebilmesi hedeflenmektedir.

Aydabir'in İçeriği

1. EMO'dan Haberler: Oda Yönetim Kurulu faaliyetleri, basın açıklamaları ve önemli gelişmeler bu bölümde yer alır. Yönetim kurulu toplantıları ve kamuoyuna yönelik açıklamalar bu başlık altında sunulmaktadır.
2. Komisyon Çalışmaları: EMO bünyesindeki çeşitli komisyonların toplantı tarihleri, gündemleri ve alınan kararlar detaylı bir şekilde paylaşılmaktadır. Bu sayede üyeler, meslek alanlarındaki gelişmeleri ve komisyonların çalışmalarını takip edebilmektedirler.

3. Eğitim ve Seminerler: Meslek İçi Sürekli Eğitim Merkezi (MİSEM) tarafından düzenlenen eğitimler, webinarlar ve seminerler hakkında bilgiler verilmektedir.

4. EMO TV ve Webinarlar: EMO TV'de yayımlanan programların tarihleri ve içerikleri hakkında bilgiler sunulmaktadır.

5. Dönemsel ve Özel Etkinlikler: EMO'nun düzenlediği veya katıldığı özel etkinlikler, sempozyumlar ve toplantılar hakkında bilgiler verilmektedir.

Aydabir, eğitim duyurularını ve mesleki etkinlikleri üyelerine sunarak onların mesleki gelişmelerine katkı sunmayı da amaçlamaktadır. Ayda bir içeriği ve formatı, kurumsal bir kimlik oluşturmak için gelen öneri ve eleştiriler doğrultusunda her sayıda yeniden gözden geçirilmektedir. Dijital olarak yayımlanan Ayda bir'e www.emo.org.tr ve <https://aydabir.emo.tr/> adreslerinden ulaşabilirsiniz.

ELEKTRİK FATURALARINDA YENİ DÜZENLEME İLE OLUŞAN ARTIŞIN İADESİ TALEP EDİLEBİLİR!



Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun 16.11.2024 tarih ve 32724 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 07.11.2024 tarih ve 12989 sayılı Kurul Kararı ile Son Kaynak Tedarik Tarifelerinin Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ'in 5. maddesi ile tüketim miktarlarına ilişkin değişiklik elektrik faturalarına yansımaya başladı. Elektrik Mühendisleri Odası tarafından yurttaşların faturalarına yansıyan bu haksız bedellerin iadesi talebiyle verebilecekleri örnek dilekçe hazırlandı.

Yurttaşlar web sayfamızda yer alan dilekçeyi, aboneliklerinin bulunduğu elektrik dağıtım şirketleri hakkında, Tüketici Hakem Heyetleri'ne sunabilirler.



Haziran ayında 6 farklı merkezde düzenlenecek Bitirme Projeleri Sergisi'ni EMO 49. Dönem Yönetim Kurulu Üyesi Bülent Özgümüş ile konuştuk...

Elektrik Mühendisleri Odası'nın üniversitelerle iş birliğinden bahsederek başlayalım mı?

Örgütümüzde 1970'lerden bu yana üniversitelerin elektrik, elektronik ve ilgili mühendislik bölümleriyle yakın çalışmaya dayalı, birbirini besleyen, gözetken bir anlayış hâkim. Kongreler, sempozyumlar, çalıştaylar derken, akademiyle meslek odası arasında yıllar içinde güçlü bir köprü kurulmuş durumda. Hatta bu yıl yayınladığımız 70. Yıl Özel Sayısı'nda, geçmiş etkinliklerimizin bir dökümünü de paylaştık, geçmişten günümüze akademinin paydaş olduğu etkinlikleri orada da görmek mümkün.

Şu anda 49. Dönem'deyiz ve şubelerimiz kendi bölgelerinde etkinlikler düzenlerken aynı zamanda merkezi bir büyük organizasyona hazırlanıyorlar: Bitirme Projeleri Sergisi (BPS). Geçtiğimiz günlerde Bilgisayar Mühendisleri Odası ile birlikte "Geleceğin Teknolojileri ve Teknoloji Politikaları" başlıklı bir etkinliği TMMOB adına düzenledik. Bu da yine oldukça akademik katılımı yüksek bir etkinlikti. Bir de 2025 sonunda TMMOB adına düzenleyeceğimiz Enerji Sempozyumu var. Kısacası, hareketli ve üretken bir dönemden geçiyoruz.

BPS'yi biraz anlatır mısınız? Nedir amacı?

BPS, mühendislik öğrencilerinin mezuniyet öncesinde emek verdiği projeleri sergilediği hem bilimsel hem de sosyal bir etkinlik. Elektrik, elektronik, biyomedikal gibi bölümlerden mezun olacak öğrenciler, danışmanları rehberliğinde hazırladıkları projeleri burada sunuyor. Kimi bir elektronik devre tasarlıyor, kimi bir yazılım prototipi geliştiriyor, kimi de teorik bir çalışmayla katkı sunuyor. Ancak BPS'nin en önemli özelliği, bir yarışma değil, paylaşım odaklı bir "bir araya geliş" olması. Biz diyoruz ki: "Bütün projeler bir incil" Çünkü her biri emekle, özenle hazırlanmış çalışmalar.

Neden yarışma formatını tercih etmiyorsunuz?

Çünkü mühendislik bir dayanışma mesleği. Projeleri birbiriyle kıyaslamak yerine, bilgi paylaşımını teşvik ediyoruz. Bir kere, her değerlendirme öznel olabilir. Ayrıca, farklı alanlardaki projeleri aynı kriterlerle ele almak da adil değil. En önemlisi, genç mühendislere "Hoş geldin" derken, bir yandan da "Kazanamadın" demek istemiyoruz. Onlar için bu sergi, mesleğe attıkları ilk adımın kutlandığı bir platform, bir meslektaş ağı.

BPS'yi kimler düzenliyor? Ne sıklıkla yapılıyor?

EMO ve üniversiteler el ele vererek bu sergiyi hayata

geçiriyor. İlk kez 2011'de düzenlendi ve o günden sonra her yıl daha da büyüdü.

Amacımız sadece projeleri sergilemek değil. Yeni mezunların birbirleriyle tanışmasını, fikir alışverişi yapmasını ve hatta belki gelecekte birlikte çalışacakları meslektaşlarını tanımasını sağlamak. Geçmişte, farklı üniversitelerden öğrencilerin projelerini birleştirip daha büyük sistemler üretmek istediğini duyduk. İşte bu dayanışma ve iş birliği kültürünü yakalamak en büyük hedefimiz.

Bu yılki BPS nerede düzenlenecek?

Bu yıl bir ilk yapıyoruz! Ankara, İstanbul, İzmir, Diyarbakır, Mersin ve Samsun olmak üzere altı şehirde sergiler açacağız. Böylece daha fazla öğrenciye ulaşmayı hedefliyoruz. Katılımcılar, başvuru sırasında hangi şehirdeki sergiye katılmak istediklerini belirtecek. Konaklama için üniversite yurtları ve sponsor desteklerini değerlendireceğiz.

Sergiye kimler katılabilir?

EMO ile ilgili bölümlerde (Elektrik-Elektronik, Biyomedikal, Otomasyon vb.) okuyan son sınıf öğrencileri, danışman onayı alarak başvurabilir. Tek yapmaları gereken, 31 Mayıs 2025'e kadar <https://bps.emo.tr/basvuru> adresinden formu doldurmak.

Peki bu serginin öğrencilere ne gibi katkıları olacak?

Öncelikle, bu sergi mesleki çevreye ilk adımı atma fırsatı sunuyor. Firmalar burada yetenekleri keşfedebilir, hatta bazı öğrenciler iş teklifi alabilir. Ayrıca, projelerini sunarak özgüven kazanacaklar ve CV'lerine değer katacak bir Katılım Belgesi alacaklar. Tabii bir de tüm projelerin özetlerinin yer aldığı bir kitapçık hazırlayacağız, isimleri burada da yer alacak.

Son olarak, eklemek istediğiniz bir şey var mı?

Bilimsel çalışmaların daha da artması, bu çalışmaların toplumda hem bilgi hem de kullanılabilirlik bağlamında yaygınlaşması gerektiğine inanıyoruz. Bu çerçevede gerek üniversitelerin gerek kamu kuruluşlarının ve endüstriyel kuruluşların bu etkinliği ve gelecek yıllardaki devamını desteklemelerini bekliyoruz. Mühendislik çalışmalarının sonuçları toplumun refah düzeyini artırıcı etkilere sahiptir, bunu hep birlikte daha ileriye taşımak hepimizin görevidir. Bu çalışmalarını yaparken hem bilimsel bilgiyi paylaşalım hem de mühendisliğin bir ekip çalışması olduğunu aklımızdan çıkarmayalım.



**YAPILARDA
ORTA GERİLİM
ALÇAK GERİLİM
TESİSLERİNDE
DEPREM
GÜVENLİĞİ**

Konuşmacı
Sabri Günaydın
Elektrik Mühendisi
Moderatör
Mehmet Mazmanoğlu
EMO Yönetim Kurulu
Başkan Yardımcısı

EMO
Elektrik Mühendisleri Odası

05
ŞUBAT
2025
SAAT: 20.30

05 Şubat 2025, 20.30
Çarşamba

CANLI YAYIN İÇİN TIKLAYINIZ
Canlı Yayın Adresine: <https://www.youtube.com/TW406580U7V6>



KISA DEVRE HESAPLARI



>> Rifat Haldun BARIŞ
Elektrik Mühendisi

**WEBINAR**

**TARİH**
17.02.2025

**SAAT**
20.00

KAYIT İÇİN LÜTFEN TIKLAYINIZ





Yüksek
TMMOB
Elektrik Mühendisleri
Odası



Murat ERARSLAN
Elektrik Mühendisi
EMO MİSEM Eğitmeni

YÜKSEK GERİLİM İŞLETME SORUMLULUĞUNDA PERİYODİK KONTROL



Salı
25 Şubat 2025



Saat
20.00



<https://emo.org.tr>



/emoorgtr



@emoorgtr



Canlı
WEBINAR

KAYIT İÇİN TIKLAYINIZ ➡

Dr. Martin Manzel ile
Bir Bakışta Yeni Nitelikli
İş Gücü Göçü Yasası

Konuşmacı Dr. Martin Manzel
 (Avukat)

Moderatör Murat Kocaman
 (Elektrik Elektronik Mühendisi)

EMO

Canlı Yayın İçin Tıklayınız
 Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTV>

TARİH 27.02.2025 **SAAT** 20.30

ENDÜSTRİYEL VE GENEL KAMU ŞEBEKELERİNDE GÜÇ KALİTESİ

Arızalarda fabrikalar ve şebeke arasındaki sorumluluk paylaşımı

Konuşmacı
MERT DİRİK
 Elektrik-Elektronik Mühendisi

TARİH: 03 MART 2025
SAAT: 20.00

Kayıt için tıklayınız

Canlı WEBINAR

YERİMİÇİ SEMİNER

1954

ÇALIŞMA ALANLARININ AYDINLATMA TASARIMI

Konuşmacı
YEŞİM ÇELİKKOL
 Elektrik Mühendisi

PAZARTESİ
 10 MART 2025

SAAT
 20.30

EMO

Canlı WEBINAR

1954
 TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası

Söyleşi **TARİH** 12.03.2025 **SAAT** 20.30

KADIN MÜHENDİS

Konuşmacı
Hacer Şekerci Öztura
 Elektrik ve Elektronik Mühendisi
 EMO 49. Dönem Onur Kurulu Üyesi

Moderatör
Gülefer Mete
 Elektrik ve Elektronik Mühendisi
 EMO 49. Dönem Kadın Komisyonu başkanı

Canlı Yayın İçin Tıklayınız
 Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTV>

EMO

EMO

IEC 62305 STANDARDINA GÖRE YILDIRIMDAN KORUNMA SİSTEMLERİ VE UYGULAMALARI

1954
 TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası

TARİH 08 Ocak, 2025 **SAAT:** 20:30

Moderatör: Ali Fuat Aydın
 İzmir Şube Teknik Müdürü

Konuşmacı: Eren İpek
 MİSEM eğitmeni

Canlı Yayın İçin Tıklayınız
 Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTV>

1954
 TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası

Temay Kıymık
 Elektrik Elektronik Mühendisi

ORTA GERİLİM'DE MALZEME SEÇİMİ

13 Ocak 2025, Pazartesi
Saat: 20.00

Kayıt için tıklayınız

<https://emo.org.tr> [/emoorgtr](https://emoorgtr) [/emoorgtr](https://emoorgtr)

Otomotiv Sistemlerinde Fonksiyonel Emniyet

ISO26262 STANDARDI

Tarih: 20 Ocak 2025, Pazartesi
Saat: 20.00

Hüseyin Mert KÜLAHÇI
Elektrik-Elektronik Mühendisi

Canlı WEBINAR

Kayıt için tıklayınız

ENDÜSTRİ 4.0'DAN DİJİTAL DÖNÜŞÜME YOLCULUK

Moderatör İlhan Bağören
Elektrik-Elektronik Mühendisi

Konuşmacılar Gönül Kamalı
YASAD (Yazılım Sanayicileri Derneği) Yönetim Kurulu Başkanı
İlhan Özdemir
TREX Dijital Üretim Sistemleri A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı

22 Ocak 2025, Çarşamba
20.30

EMO

CANLI YAYIN İÇİN TIKLAYINIZ
Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTVlive>

Mühendisler için YAPAYZEKA Destekli Verimlilik

Dr. Sinan Onur ALTINUÇ
Bilgisayar Mühendisi

27 OCAK 2025
SAAT: 20.00

Canlı WEBINAR

KAYIT İÇİN LÜTFEN TIKLAYINIZ

WEBINAR

YANGINI MÜHENDİSLİK ve BİLİM ÖNLER

Konuşmacı: Özcan Uğurlu
MİSEM Eğitmeni
Elektrik Mühendisi

Moderatör: Burak ÖZGEN
EMO Bursa Şube Yönetim Kurulu Başkanı

28 Ocak 2025, Salı
20.00

CANLI YAYIN İÇİN TIKLAYINIZ
Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTVlive>

YAKIN YÖRÜNGE (LEO) UYDULARININ DÜNYÜ, BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

Konuşmacı: Cem Bilsel
Elektrik Elektronik Yüksek Mühendisi

Moderatör: Neşe Akkoç
EMO Örgütlenme Sekreteri

29 Ocak 2025, Çarşamba
20.30

CANLI YAYIN İÇİN TIKLAYINIZ
Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTVlive>

EMO

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

03 Şubat 2025, Pazartesi
20.00

A. Naci IŞIKLI
Enerji Verimliliği Uzmanı
ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Danışmanı

ENERGY EFFICIENCY
57%
ENERGY SAVINGS

CANLI YAYIN İÇİN TIKLAYINIZ
Canlı Yayın Adresiniz: <https://www.youtube.com/TMMOBEMOTVlive>